

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel

Bc. Tomáš Grof

Diplomová práce

2008



Univerzita
Pardubice
Dopravní fakulta
Jana Pernera

Fakulta / Vysokoškolský ústav: **Dopravní fakulta Jana Pernera**
Katedra / Ústav : **Katedra dopravních prostředků**
Akademický rok : **2006/2007**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro: **Bc. Tomáš Grof**

Studijní program: **DOPRAVNÍ INŽENÝRSTVÍ A SPOJE**

Studijní obor: **DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY – SILNIČNÍ VOZIDLA**

Název tématu: **Aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel**

Zásady pro zpracování – osnova :

Práci orientujte na zhodnocení vlivu osvětlení současných osobních vozidel na aktivní bezpečnost vozidla. Provedte analýzu všech druhů osvětlení, kterými musí, nebo může, být vozidlo vybaveno a stanovte kritéria, která jsou důležitá z hlediska aktivní bezpečnosti. Navrhněte a proveďte porovnávací zkoušky různých technologií používaných v rámci druhu osvětlení. Zhodnoťte současné možnosti v osvětlení vozidel s ohledem na aktivní bezpečnost.

Vypracovat:

1. Úvod
2. Analýza současného stavu v osvětlení vozidel
3. Porovnávací zkoušky technologií v rámci druhu osvětlení mající vliv na aktivní bezpečnost
4. Měření parametrů majících vliv na aktivní bezpečnost
5. Vyhodnocení naměřených údajů
6. Závěr

Seznam odborné literatury:

1. VLK, F.: *Elektrická zařízení motorových vozidel*, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno, 2005, 251 s., ISBN 80-239-3718-9
2. VLK, F.: *Karoserie motorových vozidel*, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno, 2000, 243 s., ISBN 80-238-5277-9

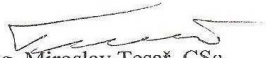
Rozsah: 40 – 60 stran textu

Vedoucí práce: **Ing. Jan Pokorný**
Katedra dopravních prostředků, DFJP

Datum zadání práce: **20. 02. 2007**

Termín odevzdání práce: **25. 05. 2007**


Prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan


Doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří přispěli ke zdárnému dokončení mé diplomové práce. Děkuji Ing. Janu Pokornému za konzultace a cenné připomínky při sestavování této práce.

Děkuji také všem za pomoc při přípravě i realizaci měření, bez jejichž pomoci by tato práce nemohla vzniknout.

Také děkuji za zapůjčení automobilů, které byly použity při měření.

ABSTRAKT

Úkolem této diplomové práce je aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel. Práce je rozčleněna do šesti částí, které zároveň představují jednotlivé kapitoly. Úvodní část práce popisuje bezpečnost automobilů. Druhá část pojednává o současném stavu osvětlení vozidel. Další část popisuje současný stav a vývoj mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů. V experimentální části jsou měřeny hladiny intenzity osvětlení vozovky dvou vozidel. Pro měření byly vybrány automobily Audi A6 Avant Quattro s xenonovými světlomety a Ford Focus se světlomety halogenovými. V šesté části práce jsou porovnávány naměřené hodnoty intenzity osvětlení vozovky, které jsou zaznamenány v grafické podobě.

KLÍČOVÁ SLOVA

bezpečnost, intenzita, osvětlení, světlomety

TITLE

Active safety focused on vehicle lighting systems

ABSTRACT

The task of the diploma thesis is active safety with focus on vehicle lighting systems. The entire work is divided into six parts, which represent the particular chapters. Opening chapter describes vehicle safety. Following chapter discuss current state of vehicles lights systems. The following part describes current stage and development of international regulations of automotive lightings. The levels of intensity of road illumination of two vehicles are measured in the experimental part. The vehicles chosen for the measurements are Audi A6 Avant Quattro equipped with xenon light system and Ford Focus fitted with conventional halogen lights. The measured values light intensity on the road are presented in the sixth chapter together with graphs.

KEYWORDS

safety, intensity, lighting, headlamps

OBSAH

ÚVOD	9
1 BEZPEČNOST AUTOMOBILŮ	10
1.1 Aktivní bezpečnost	10
1.2 Pasivní bezpečnost	10
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V OSVĚTLENÍ VOZIDEL	11
2.1 Základní pojmy	11
2.2 Osvětlovací systémy	13
2.3 Zdroje světla	14
2.3.1 Žárovky	14
2.3.2 Výbojky	19
2.3.3 Zářivky	19
2.3.4 Xenonové výbojky	19
2.3.5 Elektroluminiscenční zdroje	21
2.3.6 Kapalné krystaly LCD	21
2.4 Konvenční světlomety	21
2.4.1 Hlavní světlomet	24
2.4.2 Parabolické světlomety	28
2.4.3 Elipsoidní světlomety	28
2.4.4 Světlomety s volnou plochou	29
2.4.5 Kombinované světlomety	29
2.4.6 Systém světlometu „Litronic“	30
2.4.7 Projekční světlomety	33
2.4.8 Reflexní světlomety	33
2.4.9 Bi-Litronic	34
2.5 Adaptivní světlomety	35
2.5.1 Adaptivní světlomety AFL (Adaptive Forward Lighting)	39
2.5.2 Automatická aktivace světél ALC (Automatic Lighting Control)	42
2.6 Inovativní zdroje osvětlení vozidla	43
2.6.1 Světlo emitující dioda LED (Light Emitting Diode)	43
2.6.2 Brzdová světla a směrová světla LED	44
2.6.3 Adaptivní brzdová světla	45
2.6.4 Pixelové světlomety	46
2.6.5 Uvítací světlo (Welcome light)	46
2.6.6 Funkce „Doprovod' mě domů“ (Follow-me-home)	46
2.7 Regulace dosahu světlometů	47
2.7.1 Statický systém	47
2.7.2 Dynamický samočinný systém	48
2.8 Systémy pro noční vidění	48
2.9 Zobrazovač virtuálního obrazu Head-up Display (HUD)	54
2.9.1 Průhledový zobrazovač HUD	56
3 SOUČASNÝ STAV A VÝVOJ MEZINÁRODNÍCH PŘEDPISŮ PRO OSVĚTLENÍ AUTOMOBILŮ	57
3.1 Soustavy předpisů pro automobily a jejich vybavení	58
3.2 Proces vytváření a úpravy předpisů	59
3.3 Vývoj předpisů pro automobilové osvětlení	60
3.4 Přehled homologačních předpisů EHK	62
4 OSVĚTLENÍ A BEZPEČNOST	67
4.1 Viditelnost	67
4.2 TÜV studie: Xenonové světlomety mohou zabránit nehodám	69

5 METODIKA EXPERIMENTU	70
5.1 Statické měření dosvitu vozidla	70
5.2 Metodika statického měření	70
5.3 Technické prostředky experimentu	71
6 VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ	74
6.1 Statické měření hodnoty osvětlení vozovky luxmetrem	74
6.2 Výsledky měření:	74
6.2.1 <i>Vyhodnocení měření intenzity ve výšce 25 cm nad vozovkou</i>	88
6.2.2 <i>Vyhodnocení měření intenzity ve výšce 50 cm nad vozovkou</i>	102
ZÁVĚR	103
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	104
SEZNAM TABULEK	105
SEZNAM OBRÁZKŮ	106
SEZNAM GRAFŮ	107
SEZNAM PŘÍLOH	108

ÚVOD

Z historického pohledu je světelné zařízení jednou z prvních příslušenství, kterým byla silniční motorová vozidla vybavená. V roce 1913 vyrobil Robert Bosch první elektrické osvětlení pro automobil. Osmiwattové dynamo dávalo proud pro nabíjení čtyřvoltovému akumulátoru, který napájel jeden přední reflektor a jednu zadní svítilnu, která současně sloužila jako montážní svítilna. Světlomet s hladkým krycím sklem vyzařoval do dálky všechno světlo ve světelném kuželu, čímž neosvětloval vozovku před vozidlem. Dalším zajímavým poznatkem bylo, že poprvé zde bylo použito rozvodu s ukostřeným minus pólem. V roce 1924 firma Osram ve spolupráci s firmou Bosch zavedla výrobu dvouvláknové žárovky se stínítkem pro tlumená světla. Zvyšování jízdních parametrů vozidel si vyžadovalo i vyšší požadavky na osvětlení, přičemž musely být dodrženy určité zásady, aby nebyla ohrožena bezpečnost ostatních účastníků silničního provozu. Z tohoto důvodu bylo nutno postupně zavést legislativu do této oblasti technického vybavení vozidel. V současné době jsou stanoveny mezinárodní a národní zákonné předpisy, kde jsou zakotveny zásady a požadavky na osvětlovací soustavu EU 76/56 (97/28). Ty pak jsou zpracovány ve vyhlášce MD č. 301/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, kde jsou definovány požadavky na zdrojovou soustavu, elektrický rozvod instalace vozidla. Dále jednotlivé paragrafy určují požadavky na osvětlení vozidel, světlomety vozidel, obrysová a parkovací světla, osvětlení poznávací značky, brzdová světla, směrová světla, odrazky, světlomety a svítilny se světly do mlhy, zpětná světla, hledací světla, světelná výstražná zařízení, zvláštní výstražná světla, vnitřní osvětlení vozidel atd.

1 BEZPEČNOST AUTOMOBILŮ

1.1 Aktivní bezpečnost

Vše, co může zabránit nehodám, tvoří systém aktivní bezpečnosti. Patří k němu přesné řízení, které zaručuje dostatečný kontakt s vozovkou, dobré vlastnosti podvozku, optimální trakce, účinné brzdy a motory s dostatečným výkonem v celém rozsahu otáček. K pohodlí řidiče přispívají sedadla bránící únavě, jasný výhled, dobrá klimatizace, přehledné a jednoduché obslužné prvky a signalizace.

Elektronické systémy: ABS, ASR, EBV, EDS, ESP, aj.

1.2 Pasivní bezpečnost

Pod pojmem pasivní bezpečnost rozumíme všechna konstrukční opatření, která slouží k tomu, aby byli cestující ve vozidle patřičně chráněni, popř. aby se alespoň zmírnilo nebezpečí zranění. Pojem se vztahuje zvláště na chování vozidla při kolizích (nárazové zkoušky) a zohledňuje kromě ochrany vlastní i ochranu jiných účastníků provozu. K nejdůležitějším bezpečnostním znakům dnešních vozidel patří vedle systémů bezpečnostních pásů airbagy, deformaci odolný prostor pro cestující a deformační zóny v přídi, zádi a po stranách vozidla. V těchto zónách dochází k pohlcování energie nárazu, což mimořádně zvyšuje bezpečnost a ochranu cestujících. [7, 9, 11]

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V OSVĚTLENÍ VOZIDEL

Velmi podceňovaný prvek aktivní bezpečnosti. Dobře svítící vozidlo je z velké dálky viditelné a tak se jen obtížně přehlédne. V městském provozu jsou nejhorším případem nefungující brzdová světla. Je známo, že na brzdící vozidlo s nefungujícími brzdovými světly zareaguje za ním jedoucí řidič se zpožděním až 3,5 s. To je nebezpečně dlouhá doba, často se řidiči nepodaří vozidlo včas zastavit, ovšem na vině je on, známé to „nedodržení bezpečné vzdálenosti“ se těžko vysvětluje. Řidič s nesvítícími brzdami sice může dostat pokutu za špatný technický stav vozu, ale vina je na tom vzadu.

2.1 Základní pojmy

Světlo

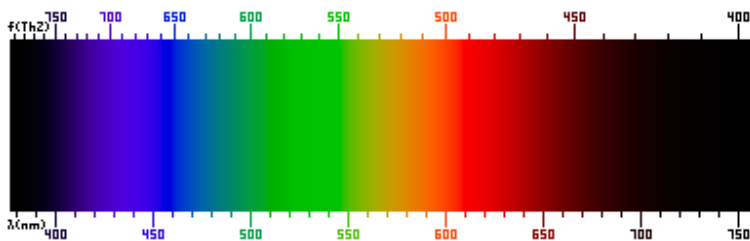
Světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce viditelné okem, obecněji elektromagnetické vlnění v rozmezí od infračerveného po ultrafialové. Jednotlivé druhy (pásma) záření se od sebe liší vlnovou délkou a svými účinky.

Vlnové délky viditelného elektromagnetického záření (světla) leží v rozsahu 380 nm až 760 nm. Světlo různých vlnových délek se od sebe navzájem liší svým zabarvením. Světlo s největší vlnovou délkou je červené, světlo s nejmenší vlnovou délkou fialové. Lidské oko je nejcitlivější na světlo s vlnovou délkou 550 nm (žlutozelené).

V některých oblastech vědy a techniky může být světlem chápáno i elektromagnetické záření libovolné vlnové délky. Tři základní vlastnosti světla (a elektromagnetického vlnění vůbec) jsou svítivost (amplituda), barva (frekvence) a polarizace (úhel vlnění). Studium světla a jeho interakcemi s hmotou se zabývá optika.

Barva a vlnová délka světla

Různé frekvence světla vidíme jako barvy, od červeného světla s nejnižší frekvencí a nejdelší vlnovou délkou po fialové s nejvyšší frekvencí a nejkratší vlnovou délkou.



Obr. 1 Barva a vlnová délka světla

Hned vedle viditelného světla se nachází ultrafialové (UV), směrem do kratších vlnových délek, a infračervené záření (IR), směrem do delších délek. Přestože lidé nevidí IR, mohou blízké IR cítit jako teplo svými receptory v pokožce. Ultrafialové světlo se zase na člověku projeví zvýšením pigmentace pokožky, známým opálením.

Jas L

Jas je veličina, na kterou bezprostředně reaguje zrakový orgán. Označuje se L a udává se v cd/m^2 (kandelách na m^2), dříve označována názvem *nit* (nt).

Osvětlení E

Osvětlení (též intenzita osvětlení nebo jen osvětlení) je fotometrická veličina vyjadřující světelný tok dopadající na určitou plochu. Je tedy podílem světelného toku (v lumenech) a plochy (v metrech čtverečních).

Jednotkou osvětlení je lux (lx), což je osvětlení způsobené světelným tokem 1 lm dopadajícím na plochu 1 m^2 . Běžná hodnota osvětlení ve vnitřních prostorách se pohybuje v rozmezí 100–2000 lx, ve slunečný letní den na volném prostranství lze naměřit hodnoty větší než 70 tisíc lx (v zeměpisné šířce ČR). Jasná měsíční noc při úplňku představuje osvětlenost do 0,5 lx. Lidský zrak je natolik adaptabilní, že dokáže vnímat určité světelné podněty ještě při hladině 10^{-9} lx, samozřejmě bez možnosti rozlišovat jakékoliv předměty; a naopak, člověk je schopen číst výrazný text při osvětlení zhruba 10^8 lx.

Světelný tok Φ

Světelný tok je množství světelné energie vydané zdrojem světla za jednu sekundu. Hlavní jednotkou světelného toku je lumen (lm).

Svítilivost zdroje

Svítilivost udává prostorovou hustotu světelného toku zdroje v různých směrech. Svítilivost lze určit pouze pro bodový zdroj, tj. pro zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné v porovnání se vzdáleností zdroje od kontrolního bodu. Jednotkou je kandela (cd). [11]

2.2 Osvětlovací systémy

Podle prostoru působení se u motorových vozidel rozlišují světla nebo osvětlení vnější nebo vnitřní

Podle účelu:

- *osvětlovací světla* – světla vyzařovaná světlomety určená k osvětlování jízdní dráhy na vzdálenost vyhovující provedení vozidla. Osvětlovací světla jsou dálková, tlumená (potkávací) a světla do mlhy.
- *návěstní světla* – světla vyzařovaná svítilnami vozidla určená k zajištění jeho viditelnosti, k upozornění při zpomalení jízdy při brždění, na změnu směru jízdy apod. Návěstní světla jsou obrysová, koncová, brzdová a směrová.

Podle typu světelného zařízení:

- *světlomety* – svítidla se zdrojem spojeným s optickou soustavou, vysílají světlo do určitého vymezeného prostoru.
- *svítilny* – svítidla zpravidla s menším světelným výkonem, vydávají světlo usměrněné i neusměrněné.
- *odrazky* – zařízení se sklem (odrazová skla) upravená opticky tak, aby za předepsaných podmínek odrážela světlo vysílané cizím zdrojem.

Hlavní části svítidla:

1. *světelný zdroj* – žárovka, výbojka, dioda LED apod.
2. *optický systém* – je tvořen odražející plochou a průsvitným krytem, jehož část, kterou vystupuje světlo se skládá, z optických útvarů upravujících prostorové rozložení vystupujícího světla – *výstupní plocha*,
3. *pouzdro* - do něj je vestavěn světelný zdroj s optickou soustavou.

Podle vzájemného uspořádání prvků se rozeznávají svítidla:

- *samostatná* – samostatný zdroj světla, samostatná výstupní plocha, samostatné pouzdro
- *sdrúžená* – společný zdroj světla, společné pouzdro, samostatné výstupní plochy

- *sloučená* – samostatné světelné zdroje nebo společný světelný zdroj pracující za rozdílných světelných podmínek, společná výstupní plocha, společné pouzdro [11]

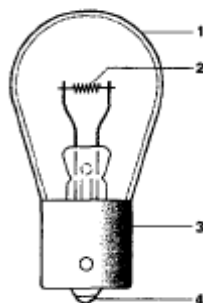
2.3 Zdroje světla

2.3.1 Žárovky

Představují stále nejrozšířenější druh zdrojů světla pro motorová vozidla. Žárovky patří mezi žárové zdroje světla, u nichž je vznik světla podmíněn vysokou teplotou svítící látky. Žárovky mají spojité spektrum, tzn., že vyzařované světlo obsahuje všechny barvy od červené až po fialovou. Při teplotách dosažitelných u vláken žárovek je však převaha vyzařované energie na straně tepla, takže jejich světelná účinnost je velmi malá.

Konvenční žárovka

Skládá se ze skleněné baňky, wolframového vlákna, nosného systému vlákna a patice, ke které je baňka přitmelena.



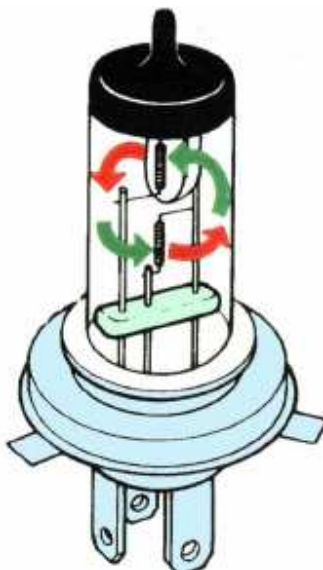
Obr. 2 Konvenční žárovka

1 – světelná baňka, 2 – wolframové žhavené vlákno, 3 – patice, 4 – elektrický kontakt

U motorových vozidel se používají žárovky plněné netečným plynem, většinou směs dusíku a argonu. Tímto opatřením se snižuje emise materiálu vlákna, která vzniká při vysokých teplotách. Emisí materiálu se vlákno zeslabuje a v místě zeslabení dojde k přetavení nebo přetržení vlákna. Navíc se emitovaný materiál pohybuje směrem od vlákna k baňce, na jejímž vnitřním povrchu se usazuje a tím se snižuje světelná účinnost žárovky.

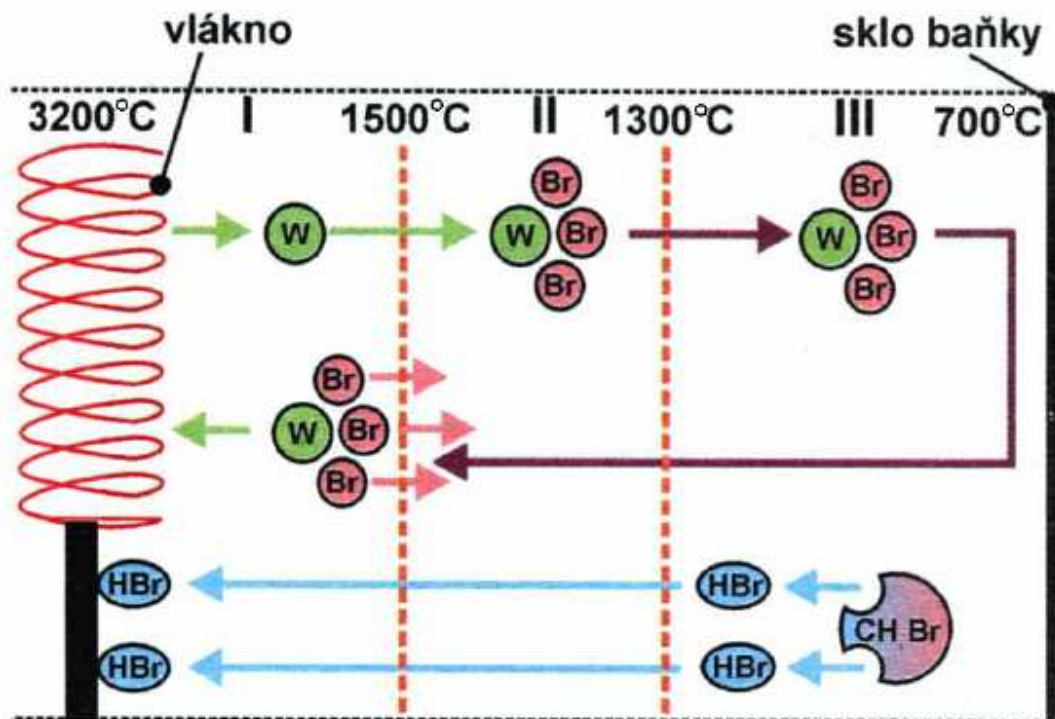
Halogenové žárovky

Halogenové žárovky mají vyšší svítivost i delší dobu života než žárovky běžné. Baňka žárovky je plněna plynem s příměsí halových prvků. U motorových vozidel se používá jako plnicí plyn metylenbromid a jako halový prvek *brom*. Proces, který probíhá uvnitř banky, se nazývá halogenový cyklus.



Obr. 3 Halogenová žárovka

Doba života halogenových žárovek je dvojnásobná a při stejném příkonu se dosahuje až dvojnásobku světelného toku. Halogenová žárovka má v porovnání s běžnou žárovkou menší baňku, aby se uvnitř dosáhlo požadované teploty. Baňka je vyrobena z křemičitého skla, které je velmi citlivé na znečištění zejména mastnotou. Proto je nutné dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci s žárovkou a v případě znečištění povrch baňky odmastit. Je třeba rovněž dodržovat předepsané napájecí napětí a zajistit jeho minimální kolísání.



Obr. 4 Halogenový cyklus

V zóně I se z wolframového vlákna rozžhaveného na 3200 °C uvolňují atomy wolframu, které se v zóně II při teplotě 1400 °C slučují s volně se pohybujícími atomy bromu na bromid wolframu. Bromid wolframu se pohybuje k rozžhavenému vláknu, kde se rozpadá na brom a wolfram, který se usazuje na vláknu. Tím je halogenový cyklus uzavřen. V zóně III se při teplotě nad 500 °C rozpadá methylenbromid. Díly žárovky, které leží v chladné zóně III, jsou chráněny neagresivním bromovodíkem a nejsou tedy chemicky napadány. Teoreticky by mělo mít vlákno v tomto cyklu neomezenou dobu života. Ve skutečnosti se však wolfram nevrací na každé místo v množství v jakém se z tohoto místa odpařil. Přesto je doba života halogenových žárovek dvojnásobná a při stejném příkonu se dosahuje až dvojnásobku světelného toku. Halogenová žárovka má ve srovnání běžnou žárovkou menší baňku, aby se uvnitř dosáhlo požadované teploty.

Žárovka BlueVision

Žárovky BlueVision vyrábí firma Philips. Žárovka dává bílé světlo podobné dennímu podobně jako xenonová výbojka, je však levnější. Jedná se o speciální úpravu halogenových žárovek H1, H4 a H7. Podobné žárovky vyrábí i firma Osram pod názvem Cool Blue. Některé firmy nabízejí za účelem změny barvy světla běžných žárovek zvláštní nástavce, které mají změnit barvu světla na bílou. Bylo prokázáno výrazné snížení světelného toku obou vláken halogenové žárovky, a to u vlákna tlumeného (potkávacího) světla zhruba o 40 % a u vlákna dálkového světla dokonce o 60 %.

Vlákna žárovek

Jsou vyráběna z wolframu, jehož teplota tání je 3350 °C. Vlákna jsou vinuta v jednoduché šroubovici. Šroubovice je buď rovná nebo má tvar oblouku, případně je ve tvaru písmene V. Počet vláken v žárovce je jedno nebo dvě. U obyčejných dvouvláknových žárovek se pro dálkové světlo používá vlákno ve tvaru oblouku nebo písmene V. Pro tlumené světlo se používá vlákno rovné. Umístění vláken je závislé na druhu odrazové plochy. U halogenových žárovek, u nichž je šroubovice kompaktnější, se používají rovné šroubovice buď v ose nebo kolmo k ose žárovky.

Patice žárovek

Patice musí umožňovat mechanicky spolehlivé uchycení žárovek tak, aby nedocházelo vlivem otřesů ke změně polohy vzhledem k optickému systému. Dále je třeba zajistit snadnou vyměnitelnost se zabezpečením proti nevhodné montáži. Tvar patic je normalizován a přiřazen jednotlivým druhům žárovek.

Bajonetová patice

Bajonetová patice patří mezi nejrozšířenější, je přitmelena k baňce. Na zadní části jsou umístěny kontakty, a to jeden nebo dva podle toho, jedná-li se o žárovku jednovláknovou nebo dvouvláknovou. Ukostření žárovky zajišťuje přímo patice. Poloha žárovky v objímce je zajištěna aretačními výstupky. Žárovky s bajonetovou paticí se obvykle používají jako signalizační, u nichž není přesné dodržení polohy vzhledem k optickému systému rozhodující. Mohou však být použity i jako světlomety, pak musí být zajištěna správná orientace žárovky a její přesná poloha vzhledem k odrazové ploše.

Přírubová patice

Přírubové patice se používají zejména pro světlometry, poněvadž umožňují jednoznačnou montáž přesnou polohu žárovky vzhledem k optickému systému. Patice je opatřena přírubou, která je nedílnou součástí patice. Na přírubě jsou obvykle tři aretační výstupky, které zajišťují správnou montáž. Aretační výstupky jsou umístěny nepravidelně, horní výstupek je širší. Poněvadž patice by nezaručovala dokonalé ukostření, je za tímto účelem vyveden samostatný kontakt. Žárovky mohou být jednovláknové i dvouvláknové.

Sulfidová patice

Umožňuje montáž žárovky zasunutím mezi dva pružné kontakty. U této patice nejsou použity žádné aretační výstupky. Slouží většinou pro osvětlení např. vnitřních prostorů karoserie.

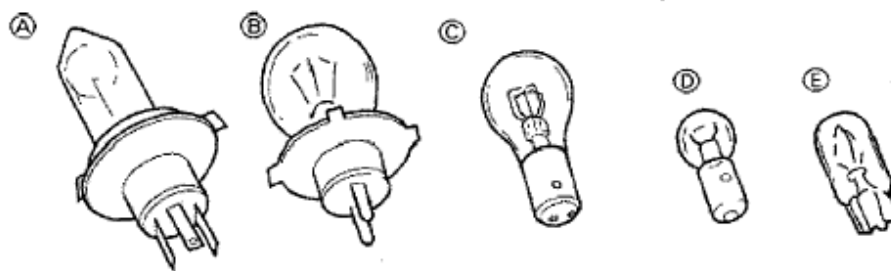
Bezpaticové žárovky

Používají se poměrně často pro osvětlení a signalizaci, kde nejsou na polohu žárovky kladeny příliš přísné požadavky. Funkci patice zde zastávají vodiče zatavené přímo do skla.

Běžně používané žárovky mají následující parametry:

- jmenovité napětí – 6 V až 24 V
- jmenovitý příkon – 2 W až 75 W
- světelný tok – 20 lm až 2150 lm

Základní typy žárovek:



Obr. 5 Typy žárovek pro motorová vozidla

A – halogenová žárovka do hlavního světlometu, B – klasická (vakuová) dvouvláknová žárovka do hlavního světlometu, C – žárovka do směrového světla, pro koncové a brzdové světlo, D,E – žárovka pro osvětlení přístrojů a pro výstražné a kontrolní svítílny

2.3.2 Výbojky

U výbojek vzniká světlo výbojem mezi elektrodami, které jsou umístěny ve zředěném plynu nebo parách některých kovů. Výbojka je skleněná trubice naplněná příslušným mediem, do jejichž konců jsou zataveny přívody k elektrodám, které jsou buď studené nebo jsou žhaveny procházejícím proudem. Připojí-li se elektrody nevhodné napětí, rozzáří se plyn mezi nimi vydává obvykle barevné monochromatické (jednobarevné) světlo. Výbojka je v provozu jen mírně teplá, poněvadž teplo, které se u ní vytváří, není podmínkou světla, ale pouze průvodním jevem.

2.3.3 Zářivky

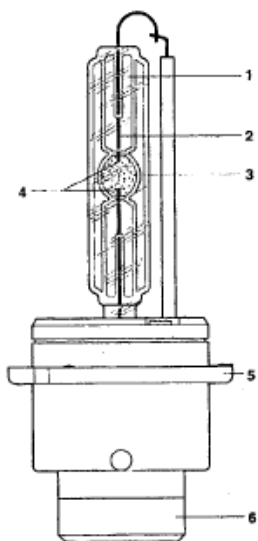
Jsou v podstatě nízkotlaké rtuťové výbojky tvaru trubice, na jejíž vnitřní straně je vrstva fluorescenční látky. Fluorescenční látka mění podle svého druhu neviditelné ultrafialové záření na viditelné světlo. Barva světla může být denní (namodralá), bílá a narůžovělá. Vzhledem k negativní napěťové charakteristice zářivek musí být proud pro jejich napájení stabilizován. Zářivky se používají téměř výhradně k vnitřnímu osvětlení prostorů karoserie vozidel pro hromadnou dopravu osob.

2.3.4 Xenonové výbojky

V tomto případě je zdrojem světla xenonová výbojka. Skleněná trubice se zatavenými elektrodami naplněná xenonem s přísadou metalitických solí je vyrobena z čistě křemičitého skla. K zapálení výboje je zapotřebí střídavé napětí 24 kV. Přeskokem jiskry mezi oběma elektrodami dojde k ionizaci plynné náplně, a vytvoří se elektrický oblouk. Rozdělení světla není závislé na napětí palubní sítě, protože řídicí elektronika zajišťuje provoz výbojky s konstantním výkonem po celou dobu provozu.

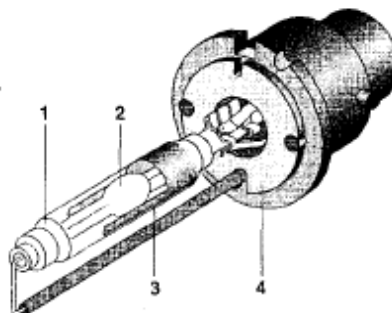
V současné době se používají dva druhy výbojek:

- D2S pro projekční systémy
- D2R pro čistě odrazové (reflexní) plochy



Obr. 6 Xenonová výbojka D2S

- 1 – skleněná baňka s ultrafialovým filtrem
- 2 – elektrická průchodka
- 3 – vybíjecí prostor
- 4 – elektrody
- 5 – patice
- 6 – elektrický kontakt



Obr. 7 Xenonová výbojka D2R

- 1 – skleněná baňka
- 2 – vybíjecí prostor
- 3 – spínač
- 4 – patice

Elektronická řídicí jednotka zapaluje výbojku vysokonapěťovým impulsem 24 kV. Řídicí jednotka dále řídí příkon výbojky a reguluje jej na hodnotě 35 W. Součástí řídicí jednotky jsou i kontrolní a bezpečnostní systémy, které chrání obvod proti přetížení a které vypínají elektroniku, pokud hodnota proudu přesáhne 20 mA. Měnič stejnosměrného napětí zajišťuje potřebné zapalovací napětí z napětí palubního (12 V, popř. 24 V). Můstek poskytuje střídavé napětí o frekvenci 300 Hz. Do nových typů řídicích jednotek může být integrována i zapalovací elektronika.

Výhody xenonových výbojek:

- ve srovnání s halogenovou žárovkou mají více než dvojnásobný světelný tok
- světlo je podobné dennímu
- zajišťují lepší osvětlení krajnic

2.3.5 Elektroluminiscenční zdroje

U těchto zdrojů se využívá fyzikálního jevu, při kterém dochází působením střídavého elektrického pole na určité sloučeniny k přímé přeměně elektrické energie na světelnou. V podstatě se jedná o kondenzátor s jednou průsvitnou a jednou neprůsvitnou elektrodou. Mezi elektrodami je vrstva aktivní hmoty, která má funkci dielektrika. Jas zdroje je funkcí napětí a frekvence střídavého proudu (rozsah 10 V až 500 V a 30 Hz až 10 kHz), barva světla závisí na aktivátoru a výrobní technologii. Prozatím se tyto zdroje používají ojedinelé jako kontrolní svítily nebo displeje přístrojů. Jejich výhodou je velká provozní spolehlivost a odolnost vůči vibracím.

2.3.6 Kapalné krystaly LCD

Nejedná se vlastně o zdroje světla, ale o zobrazovače. Princip spočívá v působení elektrického pole na krystal, který tím mění svůj kontrast. Pro zajištění čitelnosti je nutno zobrazovač osvětlovat denním nebo umělým světlem. Výhodou těchto zobrazovačů je malý příkon a možnost zobrazovat velmi rozmanité znaky. V současné době se často používají jako signalizační a kontrolní prvky na přístrojové desce. [1, 5, 11]

2.4 Konvenční světlomety

Světlomet, resp. svítilna je zařízení, určené k osvětlení silnice (světlomet) nebo k vyzařování světelného signálu. Zařízení k osvětlení zadní registrační značky a odrazky se rovněž považují za svítily. Každé motorové vozidlo musí být vybaveno světlomety s potkávacími a dálkovými světly. Potkávací i dálková světla musí být bílé barvy a mohou být sloučena do jednoho světlometu s jinými světly svítícími dopředu. Činnost dálkového světla musí být signalizována nepřerušeně svítícím světlem sdělovačem modré barvy v zorném poli řidiče.

Vozidla kategorie M, N a motorová vozidla kategorií L2 a L3, širší než 1,3 m musí být vybavena dvěma světlomety s potkávacím světlem a dvěma nebo čtyřmi světlomety a dálkovým světlem. Nejvyšší souhrnná svítivost dálkových světel nesmí překročit hodnotu 225 000 cd.

Přepínání potkávacích a dálkových světel musí být provedeno tak, že nesmí dojít k jejich současnému vypnutí. Dálková světla mohou být zapnuta buď všechna současně, nebo ve

dvojicích. Potkávací světla mohou svítit současně s dálkovými. Po přepnutí z dálkových světél na potkávací musí být vypnuta všechna dálková světla.

Motorová vozidla kategorie M, A, L2, a L5 vybavená více než jednou dvojicí dálkových světél mohou mít jednu dvojici dálkových světél pohyblivou v závislosti na řízení vozidla. Vozidla kategorií L1, L3 a L4 mohou mít potkávací a dálková světla pohyblivá v závislosti na řízení vozidla.

Rozsvícení potkávacích nebo dálkových světél nesmí být možné, nejsou-li současně v činnosti obrysová světla a osvětlení zadní registrační značky. Tato podmínka neplatí pro použití potkávacích nebo dálkových světél jako světelného výstražného zařízení.

Každé motorové vozidlo, které má nejméně čtyři kola, a každé motorové vozidlo se třemi koly uspořádanými symetricky k podélné střední rovině vozidla, musí být vybaveno k označení vnějších obrysů dvěma předními obrysovými světly bílé barvy a dvěma zadními obrysovými světly červené barvy. Dvoukolová motorová vozidla, s výjimkou mopedů, musí být vybavena jednou přední obrysovou svítlnou vyzařující světlo bílé barvy a jednou zadní obrysovou svítlnou vyzařující světlo červené barvy. Všechna obrysová světla musí při zapnutí svítit současně. Činnost obrysových světél musí být signalizována nepřerušovaně svítícím sdělovačem zelené barvy v zorném poli řidiče; sdělovač se nevyžaduje, je-li možné osvětlení přístrojové desky zapnout i vypnout jen současně s obrysovými světly. Každé vozidlo musí mít zařízení pro osvětlení zadní tabulky registrační značky, pokud jí bude vozidlo vybaveno.

Každé vozidlo kategorií M, N, O, T, L2, L5 a jiná vozidla jejichž konstrukční rychlost je vyšší než $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, musí být opatřena vzadu dvěma brzdovými světly červené barvy.

Každé motorové vozidlo, s výjimkou dvoukolových motorových vozidel, musí být vybaveno dvěma zadními odrazkami červené barvy netrojúhelníkového tvaru, stejného typu, případně může být vybaveno dvěma předními odrazkami bílé barvy netrojúhelníkového tvaru a stejného typu.

Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola, a motorová vozidla se třemi koly uspořádanými symetricky k podélné střední rovině vozidla, mohou být vybavena dvěma předními světlomety shodného provedení se světlem do mlhy bílé nebo žluté selektivní barvy. Vozidla, která mají nejméně čtyři, a motorová vozidla se třemi koly uspořádanými souměrně k podélné střední rovině, mohou být vybavena jednou nebo dvěma zadními svítilnami se světlem do mlhy červené barvy, jedním nebo dvěma světlomety se zpětným světlem bílé barvy

a jedním hledacím světlometem. V případě použití jedné svítilny se světlem červené barvy do mlhy musí být tato svítilna umístěna v levé polovině vozidla.

Současně se světlometry se světlem do mlhy a svítilnami se světlem do mlhy musí svítit obrysová světla a osvětlení zadní tabulky registrační značky. Přední světlometry se světlem do mlhy musí být možné zapnout a vypnout nezávisle na dálkových a potkávacích světlech a jejich činnost musí být signalizována v zorné poli řidiče scelovačem zelené barvy. Rozsvícení zadních svítilen se světlem do mlhy musí být možné, pouze, svítí-li potkávací světla nebo dálková světla nebo i přední světlometry se světlem do mlhy. Zadní svítilny se světlem do mlhy musí být možno vypnout nezávisle na jakýchkoliv jiných světelných zařízeních vnějšího osvětlení vozidla. Zapnutí zadních svítilen se světlem do mlhy musí být signalizováno v zorném poli řidiče sdělovačem oranžové barvy.

Světlomet se zpětným světlem může být v činnosti pouze při zařazeném zpětném chodu, a jsou-li zapojena zařízení pro jízdu.

Každé motorové vozidlo, s výjimkou vozidel kategorií L1, L2, LM a T musí být vybaveno výstražným světelným zařízením. Zapojení výstražného světelného zařízení musí být uspořádáno tak, aby i při vypnutých světelných zařízeních vnějšího osvětlení vozidla umožňovalo zapínání světel dálkových nebo potkávacích. Výstražné světelné zařízení musí být zapojeno tak, aby nemohlo být v činnosti, pokud řidič nepůsobí na jeho ovládací ústrojí, a nesmí umožňovat ani rozsvícení ani zhasnutí ostatních světelných zařízení vnějšího osvětlení vozidla.

Karoserie nebo kabina řidiče motorových vozidel kategorií M a N a osobních autobusových přívěsů nebo návěsů musí být uvnitř osvětlena tak, aby za snížené viditelnosti byl řidiči a spolujezdcům (cestujícím) osvětlen vstup a výstup. Osvětlení musí mít zvláštní ovladač, aby se dalo zapnout i bez světelných zařízení pro vnější osvětlení vozidla.

Kontrolní přístroje pracovního prostoru řidiče musí být osvětleny při zapnutí světelných zařízení vnějšího osvětlení vozidla; osvětlení přístrojů nesmí řidiče oslňovat ani působit rušivě při řízení vozidla a přístroje se nesmějí zrcadlit v čelním skle.

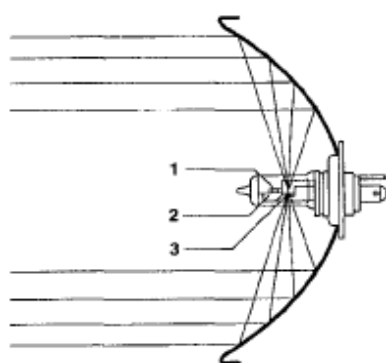
2.4.1 Hlavní světlomet

Sestává se z reflektoru, do kterého je zezadu zastrčena jedna nebo dvě objímky se žárovkou. Reflektor soustředí světelné paprsky ze žárovky a usměrňuje je dopředu před vozidlo.

Hlavní světlometry soudobých vozidel jsou opatřeny tzv. čirou optikou. Odrážecí (optické vložky), které jsou vyvinuté počítačovou technologií, nepotřebují usměrňování světelných paprsků dezénem skla. Světlometry jsou opatřeny čirými skly. Kryt („sklo“) je z materiálu PC (polykarbonát), který nemá rýhování. Čirá optika lépe využívá světelnou energii, a má tedy lepší účinnost. Světlomet je rozdělen na komory. Rozptylu světla se dosahuje tvarem reflexních ploch komor, které jsou samostatné pro jednotlivá světla, a mají tedy i samostatné žárovky pro světla potkávací, dálková, obrysová a do těles světlometů integrovaná směrová světla s oranžovými žárovkami. Při zapnutí světel dálkových zůstávají svítit i světla potkávací, čímž je docíleno mnohem lepšího osvětlení vozovky a tím i zlepšení bezpečnosti jízdy.

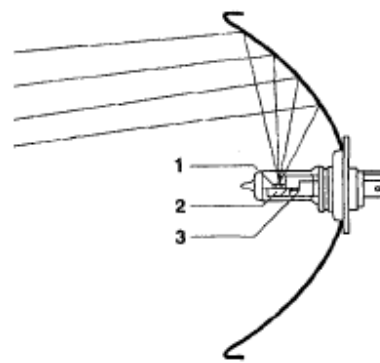
Světlometry mají ručně ovládané zařízení, kterým je možné plynule přizpůsobovat jejich sklon podle zatížení vozu.

Paprsky dálkového světla jsou usměrňovány do kužele a s menším sklonem, aby měly co největší záběr a aby vykrývaly slepé prostory Obr. 8. Paprsky ještě před opuštěním světlometu procházejí sklem, které je cíleně rozptyluje tak, aby paprsky tlumeného světla měly širší a plošší záběr a aby byly skloněné více dolů Obr. 9.



Obr. 8 Dálkové světlo

- 1 – vlákno pro tlumené světlo
- 2 – krytka
- 3 – spirála pro dálkové světlo v ohnisku

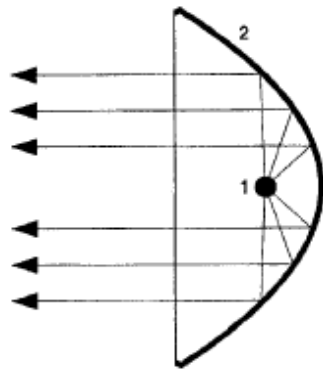


Obr. 9 Tlumené světlo

- 1 – vlákno pro tlumené světlo
- 2 – krytka
- 3 – spirála pro dálkové světlo v ohnisku

Reflektor

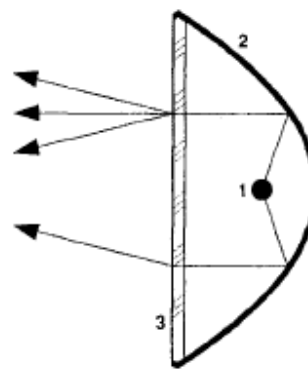
Reflektor je citlivá přesně tvarovaná součást s chromovaným povrchem. Reflektoru se pokud možno nedotýkáme a v případě nutnosti ho čistíme pouze čistým hadříkem a teplou mýdlovou vodou. Pokud je reflektor matný nebo zrezivělý, musíme ho vyměnit. Reflektor je často pevně spojen se sklem, takže tyto součásti tvoří jeden celek a nejdou od sebe oddělit.



Obr. 10 Reflektor světlometu vytváří

paralelní světelné paprsky

1 – žárovka, 2 – reflektor

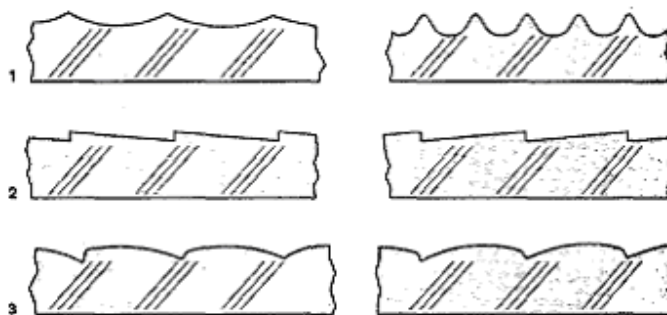


Obr. 11 Rozptylové sklo vytváří požadovaný

výstup světla

1 – žárovka, 2 – reflektor, 3 – Rozptylové sklo nebo plast

Odrazová plocha (reflektor) se dříve vyráběla z ocelového plechu, v poslední době jsou však vzhledem k tomu, že tvar odrazových ploch je velmi složitý, stále více používány plasty. Světelná účinnost závisí nejen na tvaru odrazové plochy, ale také na jejím povrchu, který musí být hladký, trvanlivý, s malou pohltivostí a musí dobře odrážet světelné paprsky. Dříve užívané postříbřené a leštěné odrazové plochy jsou dnes nahrazovány plochami s hliníkovou vrstvou napařenou ve vakuu, na které je nanesen ochranný lakový nebo křemenný povlak.



Obr. 12 Optické prvky rozptylového skla; plastu

1 – čočkové prvky, 2 – prizmatické prvky, 3 – kombinované prvky

U některých odrazových ploch nelze dosáhnout vhodného rozložení světla jen úpravou tvaru odrazové plochy, případně polohou světelného zdroje. V takovém případě je nutno použít tvarované krycí sklo, které světelné paprsky vhodně láme a usměrňuje Obr. 12.

Na krycím skle může být několik polí s různým charakterem tvarování a působením do určitých směrů. Sklo musí být čiré, bez kazů a s vysokou optickou propustností. Pro dosažení požadované úpravy světelného toku je nutné, aby krycí sklo bylo svislé. V poslední době se používají i krycí skla z mechanicky a tepelně vysoce odolných plastů a požadovanými optickými vlastnostmi. U moderních odrazových ploch je možno dosáhnout toho, že světelný tok je zcela upraven již samotnou odrazovou plochou a krycí sklo může být hladké, bez optických elementů. Takové krycí sklo může být skloněno vzhledem ke svislé rovině o značný úhel a rovněž celkový estetický dojem je lepší než u skel tvarovaných. Kromě úpravy světelného toku má krycí sklo za úkol chránit vnitřek světlometu před nečistotami a mechanickým poškozením. Utěsnění vnitřního prostoru světlometu se dosahuje buď vloženým těsněním mezi krycí sklo a odrazovou plochu, nebo jsou obě části spolu pevně spojeny, což je sice nákladnější, ale z hlediska prachotěsnosti i vodotěsnosti mnohem vhodnější.

Pouzdro slouží jako nosná část celého světlometu, tzn., že musí zajistit pevné a neměnné spojení dílčích částí světlometu. Pomocí objímky je navíc světlomet upevněn na vozidle. Toto upevnění musí být spolehlivé a trvalé, přičemž konstrukce musí také umožňovat v určité míře nastavení zamontovaného světlometu do předepsané polohy.

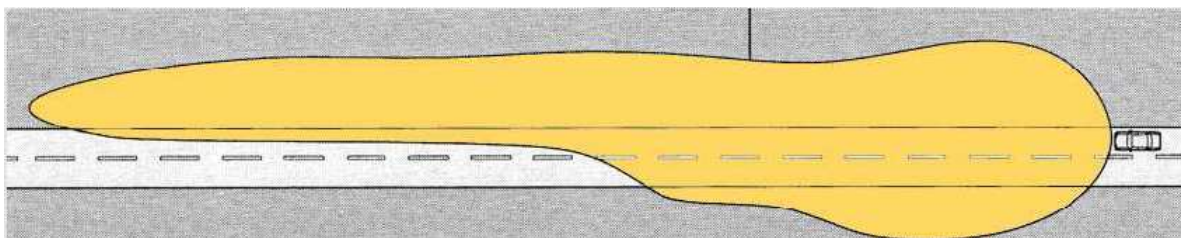
V praxi se používají tři systémy tlumených světél odvozené ze dvou základních typů - evropského a angloamerického.

Evropský systém se vyznačuje klopením světelného kužele tlumených světel směrem dolů a výrazným potlačením světelných paprsků v horní polovině světelného kužele. Existují dvě možnosti:

- **symetrické tlumené světlo** – má vodorovné rozhraní potlačeného světla souměrné vpravo i vlevo (tento systém se používal v Evropě před zavedením asymetrického systému, dnes ho používají jen někteří výrobci motocyklů)
- **asymetrický evropský systém** – je normalizován předpisy EHK OSN

Americký systém se vyznačuje klopením tlumených světel šikmo dolů na stranu od protijedoucích vozidel. Tento systém lépe osvětluje, ale více oslňuje.

Původní, tzv. symetrické rozdělení světla postupně zaniklo, když se v roce 1957 zavedlo tzv. asymetrické rozdělení světla. Asymetrické rozdělení světla v úrovni vozovky, kde rozhraní světla a tmy vzrůstá na pravé straně (u vozidel s pravostranným řízením) umožnilo výrazné zvětšení délky dosahu tlumeného světla, aniž by docházelo k oslnění protijedoucích vozidel.



Obr. 13 Asymetrické rozdělení světla v úrovni vozovky

U soudobých vozidel se používají tato světla:

- parabolická světla
- elipsoidní světla
- světlomety s volnou plochou
- kombinace elipsoidního světlometu a světlometu s volnou plochou

2.4.2 Parabolické světlometry

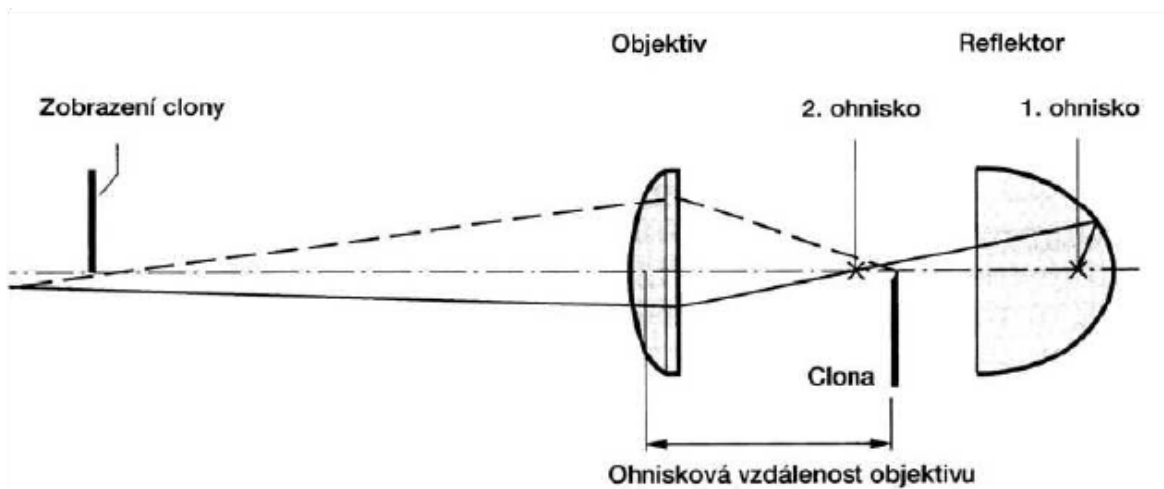
U parabolických světlometů je plocha reflektoru tvořena povrchem paraboloidu (parabola, která se otáčí kolem své osy). Při pohledu do světlometu zepředu, pro tlumené světlo se využívá jeho horní část. Rotační paraboloid má jedno ohnisko, jehož poloha je rozhodující pro průběh světelného toku. Odrazové plochy s malou ohniskovou vzdáleností zajišťují homogenní osvětlení před vozidlem, plochy s velkou ohniskovou vzdáleností zaručují větší dosah světla. Tato skutečnost působí určité problémy při konstrukci světlometů, v nichž jsou sdružena dálková i tlumená světla. Pokud je zdroj světla umístěn v ohnisku, odráží se světelné paprsky od plochy rovnoběžné s osou paraboloidu (dálková světla), pokud je zdroj světla před ohniskem, odráží se světelné paprsky směrem k ose (tlumená světla). Kromě odražených paprsků vystupují i přímé paprsky, které vytvářejí tzv. rozptylový kužel světla.

Zdroj světla je umístěn tak, že nahoru vyzářené světlo je reflektorem odraženo přes optickou osu na vozovku. Paprsky světla jsou přitom vyzařovány rovnoběžně (pomineme-li jejich rozptyl, který závisí na velikosti vlákna a umístění žárovky). Rozdělení světla na vozovku podle zákonných požadavků a bezpečnosti se docílí pomocí optických forem na krycím skle, a sice svislým válcovým profilem pro horizontální rozdělení světla a prizmatickou strukturou ve výšce optické osy, sloužící k posunu světla, aby bylo dosaženo potřebného asymetrického osvětlení vozovky.

2.4.3 Elipsoidní světlometry

Elipsoidní světlomet má podle svého názvu tvar plochy reflektoru elipsoidní. Umožňuje konstruovat světlometry o zvláště malých rozměrech s vysokým světelným výkonem. Takovéto světlometry pracují na podobném principu jako projekční zařízení, a proto se také označují jako projekční světlometry. Elipsoidní světlomet přebírá světlo zdroje a soustřeďuje je do druhého ohniska.

První ohnisko leží stejně jako u parabolického světlometu uvnitř reflektoru. Clonka ohraničuje rozdělení světla a vytváří hranici světla a tmy. Čočka funguje jako objektiv u projekčního přístroje a promítá rozdělení světla. Projekční světlometry jsou vhodné do mlhy, protože vytvářejí velmi ostrou hranici světlo – tma. Uplatňují se proto zejména u mlhových světlometů.



Obr. 14 Princip zobrazovací optiky projekčního světlometu

2.4.4 Světlometry s volnou plochou

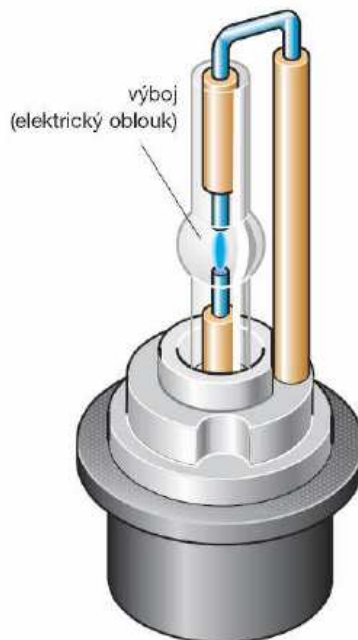
Světlomet s volnou plochou má plochu reflektoru volně vytvořenou v prostoru (není to symetrický prostorový útvar). Jednotlivé segmenty osvětlují různé části vozovky. Tímto způsobem se může pro tlumné světlo využít prakticky celá plocha reflektoru. Návrh se provádí pomocí výpočetní techniky a plochy jsou uspořádány tak, že světlo ze všech spodních segmentů je odraženo na vozovku. Ohyb světelných paprsků a rozptyl světla se vytváří přímo pomocí ploch reflektoru. Proto se může použít čisté krycí sklo bez optických elementů. To kromě efektního vzezření odstraňuje ještě jeden problém. U některých soudobých vozidel je plocha krycího skla skloněna natolik, že by bylo prakticky nemožné použít ji pro usměrnění světelných paprsků. Rozdělení světla na povrch vozovky se může dobře přizpůsobit konkrétním požadavkům.

2.4.5 Kombinované světlometry

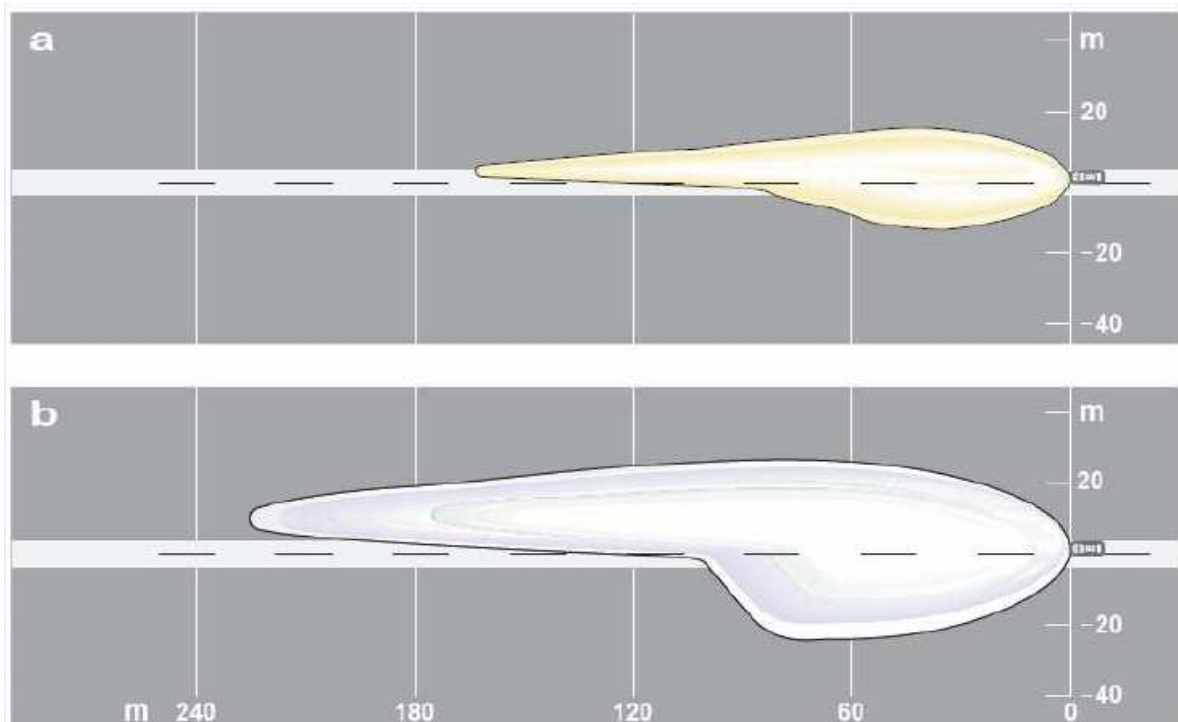
Kombinované světlometry (elipsoid a volná plocha) jsou projekční systémy, u kterých je plocha reflektoru navržena technologií volných ploch. Reflektor zachycuje co možná nejvíce světla od zdroje. Zachycené světlo směřuje tak, aby co možná nejvíce dopadalo přes clonu na čočku (objektiv). Světlo je reflektorem směřováno tak, že ve výšce clony vzniká rozdělení světla, které čočka (ohnisko) promítá na vozovku.

2.4.6 Systém světlometu „Litronic“

Moderní design vozidla předpokládá kompaktní světlometry pro ploché čela vozidel. Systém světlometu "Litronic" (Light–Electronics) s xenonovou výbojkou plní požadavky jako na druh světla a jeho intenzitu, tak i z pohledu kompaktní konstrukce. Až 2500 hodin životnosti jsou postačující pro průměrně potřebný celkový provozní čas osobního vozidla. Protože nedochází k náhlému výpadku jako u žárovek s vláknem, je možná diagnóza a včasná náhrada. Osvětlení vozovky je podstatně lepší než halogenovými žárovkami.



Obr. 15 Systém světlometu „Litronic“ s xenonovou výbojkou



Obr. 16 Rozdělení světla v úrovni vozovky

a – projekční světlomet s halogenovou žárovkou, b – projekční světlomet Litronic s výbojkou D2S

Komponenty světlometu Litronic jsou:

- optická jednotka s výbojkou
- elektronický přeřazený přístroj se zápalným zařízením a řídicí jednotkou

Světlometry Litronic mají v porovnání k halogenovým světlometům vyšší světelný tok se specificky přizpůsobeným rozdělením svítivosti. Tím jsou lépe viditelné okraje vozovky. V obtížných jízdních situacích a při špatném počasí je podstatně zlepšená jak viditelnost tak i orientace. Ve smyslu požadavku podle předpisu EHK–R48 se světlometry Litronic vždy kombinují s automatickou regulací vertikálního sklonu světlometů a čistícím zařízením světlometů, které společně zaručují kdykoliv optimální využití dalekého dosvitu a opticky bezvadný světelný výstup.

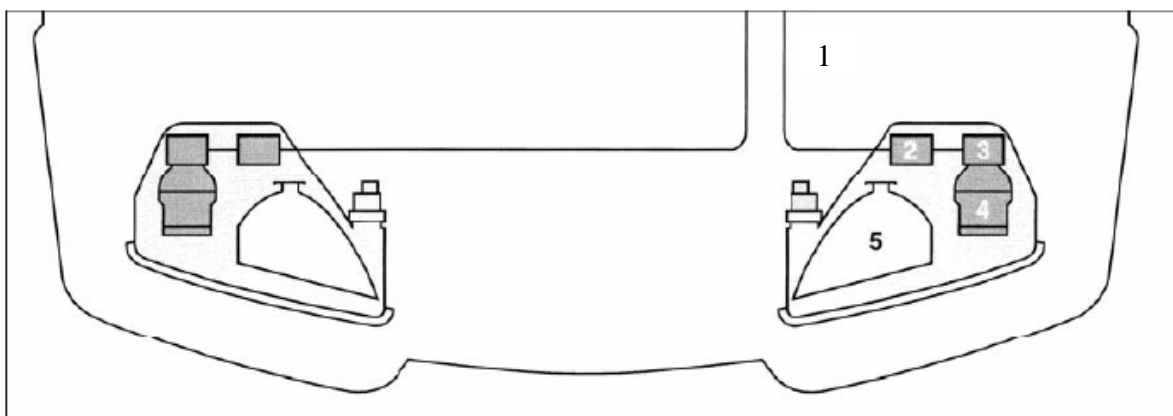
Mezi elektrodami výbojky (plnění inertním plynem xenonem a směsí kovů a kovových halogenidů) se zapálí elektrický oblouk. Přiložením zápalného napětí (do 25 kV) se vytvoří elektrický oblouk, který ionizuje plyn. V průběhu kontrolovaného přívodu střídavého proudu

(cca 400 kHz) se vypaří kapalné a tuhé plnicí látky na základě teplotního nárůstu v ohnisku a přitom vyzařují světlo. Světelný tok 35 W výbojkové lampy D2S je prakticky dvakrát tak větší jako u halogenové žárovky (H1). Provozní napětí činí cca 85 V.

Pro zapálení, provoz a ke kontrole výbojkové lampy se používá elektronický předřadný přístroj. Skládá se ze zápalného zařízení a elektronické řídicí jednotky. Zápalné zařízení dodává vysoké napětí potřebné k zapálení výbojky. Elektronická řídicí jednotka řídí zásobování proudem v náběhové fázi a v stacionárním provozu seřídí hodnoty na výkon výbojky 35 W. V prvních sekundách po zapálení teče zvýšený proud, aby se co nejrychleji dosáhnul provozní stav s plným světelným výkonem. Kolísání palubního napětí se dalekosáhle vyregulují takže odpadnou změny světelného toku.

Když výbojka zhasne např. kvůli extrémnímu poklesnutí napětí v palubní síti, automaticky se zapálí znovu. V případě závady (např. při poškozené lampě) přeruší elektronický předřazený přístroj napájení proudem a tím zabezpečí ochranu proti nebezpečnému dotyku.

Světlomety s výbojkami se přednostně zavádějí pro tlumená světla v tzv. čtyřreflektorovém systému, kombinované s dálkovými reflektory klasické konstrukce Obr. 17. K dispozici jsou různé optické systémy.

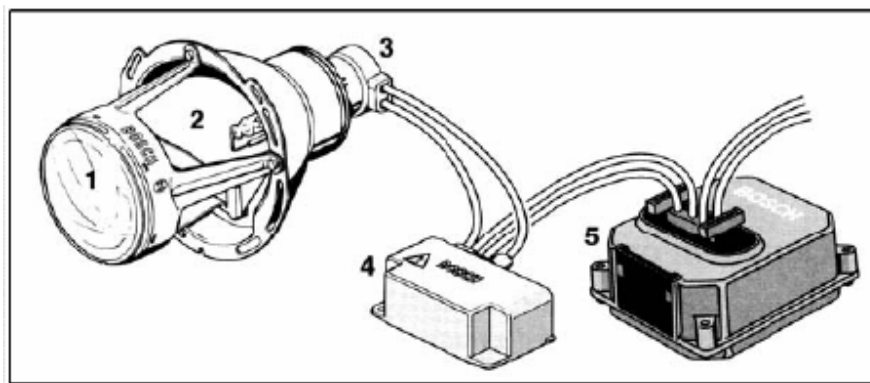


Obr. 17 Čtyřreflektorový systém Litronic

- 1 – palubní napětí, 2 – elektronická řídicí jednotka, 3 – zapalovací zařízení s přípojkou pro výbojku,
4 – reflektorová optika s výbojkou pro tlumené světlo, 5 – halogenové dálkové světlo

2.4.7 Projekční světlometry

V protikladu ke klasickým světlometům, u kterých je pro rozptyl světla potřebné rozptylové sklo, se u projekčního světlometu vyobrazuje už reflektorem vytvořený rozptyl světla, který se přes čočku přenáší na vozovku. Základní konstrukce světlometu se v principu podobá diaprojektoru. V obou případech je podstatné optické zobrazení objektu. Pokud v případě diaprojektoru sestává objekt z diapozitivu samotného, u světlometu ho tvoří reflektorem vytvořený rozptyl světla a hrana clony. Tato hrana vytváří tlumené světlo potřebnou hranici světla a tmy.



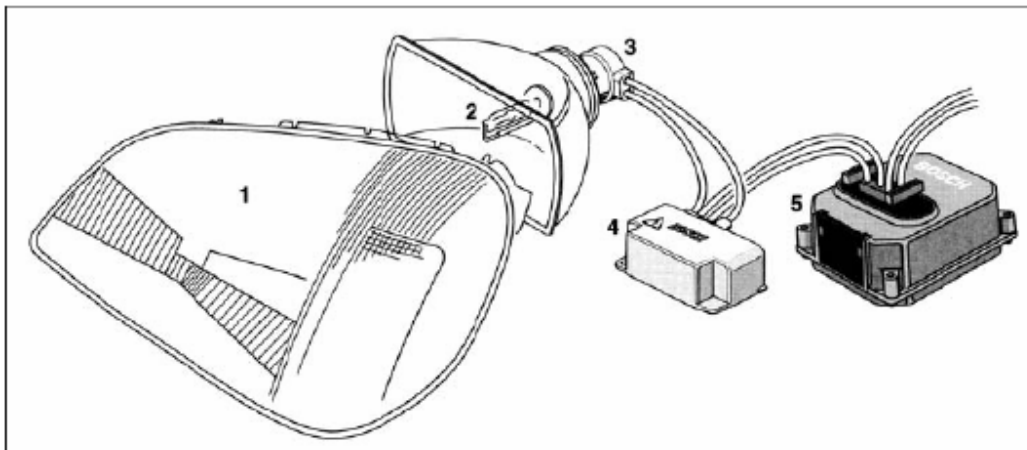
Obr. 18 Systém Litronic 2 v projekčním světlometu

1 – čočka, 2 – výbojka, 3 – konektor, 4 – zapalovací zařízení, 5 – řídicí jednotka

2.4.8 Reflexní světlometry

Když jsou pro výstup světla k dispozici větší plochy, může být Litronic proveden též jako reflexní světlomet. Značně větší plocha pro výstup světla je charakteristická rozptylovým polem, které je integrováno do uzavíracího skla světlometu, nebo leží na jeho vnitřní straně.

Pro tlumené světlo se používá výbojka, která je pro vytváření hranice světla a tmy vybavena stínovými pruhy. Pomocí speciální výbojky se může realizovat také velmi účinný dálkový světlomet.

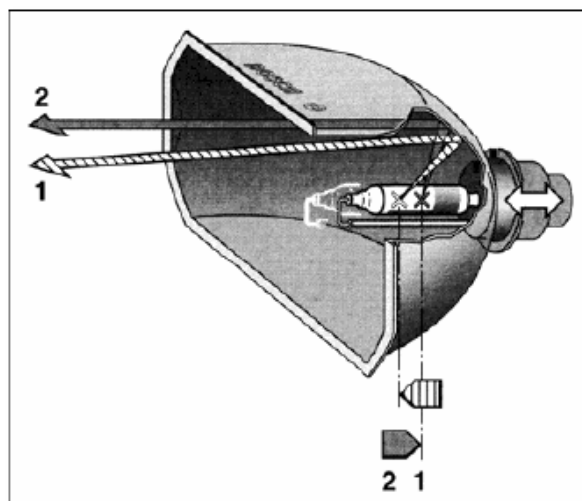


Obr. 19 Systém Litronic 4 v reflexním světlometu

1 – uzavírací rozptylové sklo světlometu, 2 – výbojková lamp, 3 – konektor, 4 – zapalovací zařízení, 5 – řídicí jednotka

2.4.9 Bi-Litronic

Zvláštní polohu zaujímá bifunkční Bi-Litronic. Je produktem vývoje firmy Bosch a spočívá na reflexním principu. Řešení dovoluje pomocí pouze jedné výbojky z dvojsvětlometového systému vytvářet tlumené i dálkové světlo. K tomu při přepnutí přepínače pro dálkové/tlumené světlo uvádí elektromagnetický stavěcí člen výbojku v reflektoru do dvou různých poloh, které pokaždé určí výstup světelného toku pro dálkové nebo tlumené světlo. [1, 5, 7, 11]



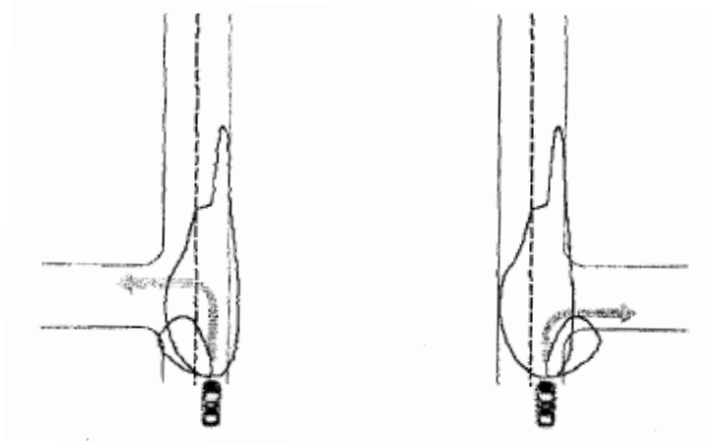
Obr. 20 Bifunkční Litronic „Reflexion“

1 – tlumené světlo, 2 – dálkové světlo

2.5 Adaptivní světlometry

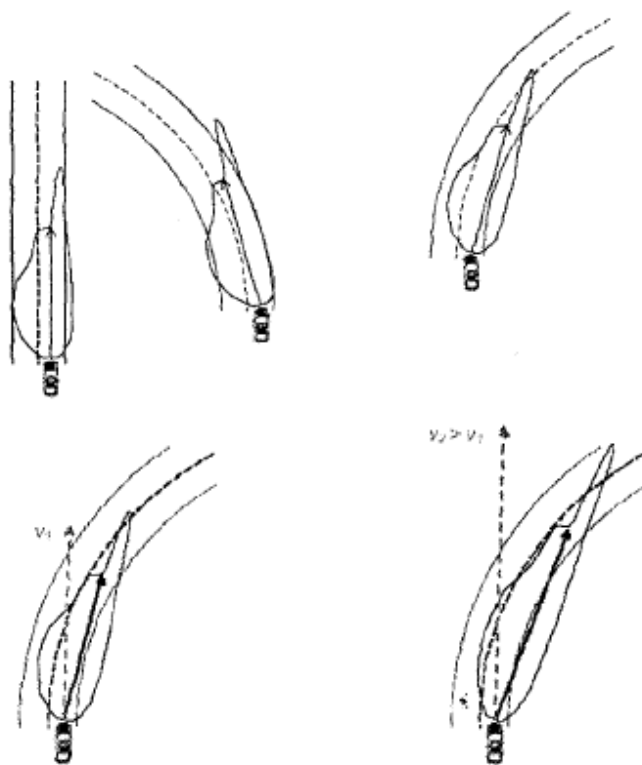
Podle odborných studií klesá vizuální vnímavost v noci a při nedostatečném osvětlení až na pouhých 4 procenta, přitom však 90 procent všech informací potřebných pro řízení vozu přijímá řidič právě prostřednictvím zraku. Proto hraje pro bezpečnost provozu za špatných světelných podmínek mimořádně důležitou roli světelná technika automobilu.

Parametry světlometů osobních automobilů velmi přesně určují předpisy ECE, které povolovaly pouze vertikální změnu úhlu vysílaného paprsku světla, neumožňovaly však natáčení asymetrických světlometů do stran. Normy ECE předepisují pro potkávací světlometry fotometrické hodnoty s přesně definovaným tvarem a rozložením světla. Podmínky na silnicích jsou však často jiné a navíc proměnlivé. Proto vznikl v roce 1993 z iniciativy devíti výrobců automobilů a světlometů projekt ASF Eureka (dnes se na něm podílí již 23 firem), jehož první plody se objevily jako adaptabilní světlometry AFL (Adaptive Forward Lighting), či AFS (Advanced Front Light System) už v prvních vozech na jaře roku 2005. Uvedení světlometů AFL do sériové výroby umožnila poslední změna předpisů ECE R48, jež vstoupila v platnost 31. ledna 2003, a která navazuje na změněné předpisy ECE R98 pro xenonové světlometry a 8112 pro halogenové světlometry. V Evropě předvedl velmi jednoduchou aplikaci světlometů, osvětlujících zatáčku, již v šedesátých letech Citroen DS, u něhož se pomocí mechanického lanovodu natáčely dálkové světlometry v závislosti na poloze volantu. Moderní světlometry AFL používají vyspělé elektronické řízení a jejich uvedení na trh je rozděleno do dvou kroků. Od roku 2005 je dovoleno pouze natáčení světlometu, ale do dvou let by měla následovat druhá generace s doplňkovými funkcemi, jako je například adaptivní distribuce světla pro různé podmínky (špatné počasí, jízda na dálnici, apod.).



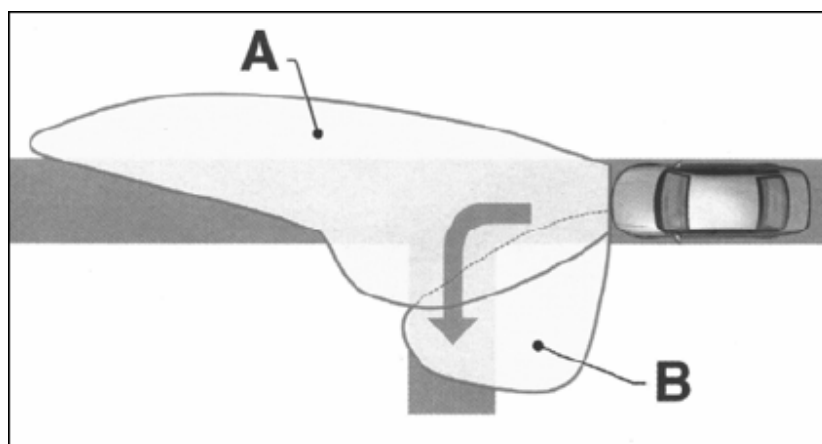
Obr. 21 Statické světlomety pro odbočování

Statický systém je vhodný pro velmi úzké zatáčky, serpentiny, křižovatky a pro manévrování v těsných prostorech se špatnou viditelností kolem vozu. Funkci těchto doplňkových světlometů řídí elektronická jednotka na základě rychlosti jízdy, úhlu natočení volantu a zapnutí směrových světel. Systém pracuje při rychlostech do $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a při zapnutých tlumených světlometech. Přídavné svítivny nezačnou svítit náhle, ale intenzita postranního světelného paprsku plynule narůstá a poté klesá. Adaptivní bi-xenonové moduly s čočkovým projektorovým systémem, natáčené v horizontální rovině při zapnutých tlumených i dálkových světlometech pomocí elektromotorů. Vše řídí elektronická jednotka začleněná do elektronické datové sítě vozu, z níž v reálném čase dostává průběžné informace o úhlu natočení volantu a rychlosti jízdy. Každý modul má svou řídicí jednotku a vlastní elektromotor. U statického světla do zatáčky se jako vstupní veličina pro algoritmus používá spínač směrových světel. Jako akční člen (aktuátor) slouží přídavná halogenová žárovka.



Obr. 22 Adaptivní (dynamické) světlomety

Adaptivní otočné moduly mohou být halogenové, xenonové nebo bi-xenonové. Do budoucna se počítá se světlometem vario-xenon, který dokáže s jediným modulem vytvořit rozličné rozdělení světla na vozovku podle aktuálních podmínek. Natáčení projektoru nebo reflektoru řídí elektronika, přičemž směr, šířka a výška svazku světla se mění v závislosti na rychlosti jízdy a natočení řízených kol. U dynamického světla jsou aktuátory krokové motory, které tlumené světlo natáčejí do požadovaného směru.



Obr. 23 Doplnkové postranní světlomety

A – tlumené světlomety, B – postranní statické světlomety

Společnost Valeo nazývá svůj systém Bending Light a dodává jej pro Porsche Cayenne, jehož bi-xenonové světlomety jsou tvořené eliptickým modulem o průměru 50 mm. Na vývoji se podílely firmy Ichikoh of Japan a Valeo Sylvania of North America, ale princip činnosti je obdobný jako u konkurence. Osvětlení periferních oblastí vidění řidiče se zlepšilo až o 90 %, řidič zaznamená největší přínos v ostrých zatáčkách a na křižovatkách. Valeo vyvinulo podobně jako Hella dynamické a statické adaptivní světlomety. Dynamické řešení je nejvhodnější pro průjezd táhlými zatáčkami střední až vysokou rychlostí. Bi-xenonový modul v projektorovém nebo reflektorovém provedení se natáčí kolem svislé osy až o 15°, zatímco u statického řešení pro osvětlení ostrých zatáček a křižovatek je přídavný projektor nebo reflektor integrovaný do celku světlometu pod úhlem 45°.

Adaptivní světlomety pro osvětlení zatáček nabízí také BMW ve vozech nové řady 6. Kromě rychlosti a polohy volantu ovlivňuje natočení bi-xenonových světlometů rovněž úhlová rychlost vozidla kolem svislé osy. Dalším krokem vyvíjeným v rámci výzkumného a vývojového programu Connected Drive je systém ALC (Cornering Lights with Adaptive Light Control) s variabilním rozdělením světla na vozovku podle jízdní situace. Základem jsou natáčecí modulové světlomety Vario-Xenon (úhel natočení až 15°), vyvinuté ve spolupráci firem BMW a SiMotion. Systém ALC sleduje na základě informací ze satelitního systému GPS a digitalizovaných map silniční sítě, používaných navigačním přístrojem, pohyb vozu po dané vozovce a dokáže například osvětlit zatáčku ještě dřív, než do ní vozidlo vjede. Při jízdě

obcí je světelný paprsek velmi široký, aby osvětlil oblasti přilehlé k vozovce, mimo obec je užší, zato však s větším dosahem.

Samonatačecí elektronicky řízené bi-xenonové světlomety, zajišťující optimální osvětlení v zatáčkách. Jakmile totiž vůz vjede do zatáčky, snímače analyzují v závislosti na poloze volantu úhel natočení kol a automaticky horizontálně natočí do tohoto směru i světlomety. Osvětlí se tak zóny dříve tonoucí ve tmě a výrazně se zlepšuje viditelnost v noci nebo za špatného počasí. Umožňují sledovat profil silnice a v čas odhalit ostatní účastníky silničního provozu a případné překážky. Například u nejnovější verze Citroenu C5, jehož inteligentní světlomety mohou být natačeny v horizontálním směru pod úhlem 15° v obou směrech (8° pro světlomet na vnější straně zatáčky a 15° pro světlomet na vnitřní straně zatáčky). Samonatačecí světlomety tohoto typu zahrnují bi-xenonový eliptický samonatačecí modul, aktivní v poloze „tlumená světla“ a v poloze „dálková světla“, a halogenový světlomet s „dalekým dosahem“, který doplňuje dálková světla.

2.5.1 Adaptivní světlomety AFL (Adaptive Forward Lighting)

Adaptivní světlomety AFL mají elektromechanický systém, který samočinně natačí hlavní světlomety do zatáčky v závislosti na rychlosti jízdy a úhlu natočení volantu. Jízda v noci je tak příjemnější a bezpečnější.

Přídavný světlomet, který při odbočování ve tmě umožňuje vidět do zatáčky, do které vozidlo odbočuje. Odbočovací světlomet je instalován v tělese hlavního světlometu (Audi A8) mezi dálkovým a potkávacím světlem. Adaptivní světlomet se aktivuje jen při rychlostech do 70 km/h a jsou-li současně zapnuta tlumená světla. Zapne se automaticky, když je delší dobu zapnutá směrovka, nebo když řidič hodně stočí volant. Nový směr jízdy je tak osvětlen vždy až tehdy, když bylo použito směrovky. Při zařazení zpětného chodu se adaptivní světlomet automaticky zapne na obou stranách a zlepší tak orientaci při couvání.

Světlomety nové generace mění své charakteristiky podle toho, zda vůz jede po běžných silnicích, po dálnici, ve městě a přizpůsobují se i aktuálním klimatickým podmínkám. Právě tuto přizpůsobivost budou po automobilových světlometech vyžadovat zákonné normy, platné v Evropě.

Adaptivní světlomety společnost Opel AFL (Adaptive Forward Lighting) přizpůsobují svoji činnost a charakteristiky aktuálním jízdám podmínkám a světelným podmínkám. Když vůz

jede rychle v přímém směru, například po dálnici, je nutné, aby světelný paprsek osvětloval vozovku dále před vozem. Naproti tomu zcela jiné podmínky klade na světlomety městský provoz – tady číhá největší nebezpečí v neosvětlených prostorách ležících bokem ke směru jízdy a proto moderní světlomety musí tato „slepá“ místa co nejintenzivněji eliminovat. Temná místa prudkých zákrut, zcela běžných na většině okresních silnic, výrazně lépe osvětlují moderní adaptivní světlomety AFL, které se natáčejí spolu s řízením. Všechny tyto funkce budou světlomety AFL zvládat ještě lépe po propojení se satelitními navigačními systémy – osvětlovací systémy budou díky tomu moci ještě rychleji reagovat na blížící se zatáčky nebo klesání či stoupání silnice.

Moderní světlomety se budou přizpůsobovat i počasí, třeba jízdě za deště, sněžení nebo v mlze. Za těchto situací je řidič často nepříjemně rušen odrazy světlometu od lesklého povrchu vozovky. Světlomety příští generace proto sníží cíleně intenzitu osvětlení centrální části silnice před automobilem a naopak zvýší intenzitu dvou postranních světelných kuželů, které osvětlují ve střední vzdálenosti okrajové sekce vozovky. Vývojoví specialisté se snaží, aby řidič měl za každého počasí co nejlépe osvětlenou cestu, ale zároveň aby v žádném případě nedocházelo k oslňování protijedoucích automobilů.

Stěžejním prvkem adaptivních světlometů AFL příští generace jsou horizontálně i vertikálně natáčejí bi-xenonové světlomety s pohyblivými částmi reflektoru a variabilními filtry a clonami umístěnými do cesty světelného paprsku. Krokové elektromotorky dokážou ve zlomku sekundy změnit nastavení všech těchto elementů, tak, aby osvětlení vždy optimálně odpovídalo aktuální jízdě situaci. Ovládací členy dostávají pokyny z řídicího procesoru prostřednictvím vysokorychlostních datových sítí vozu. Řídící jednotka přitom neustále vyhodnocuje informace z řady citlivých čidel, především ze senzorů sledujících rychlost jízdy, úhel natočení předních kol, naklání karoserie, zatížení vozu a úroveň okolního osvětlení

Výhled řidiče při jízdě v noci zatáčkou s vozem s xenonovými světlomety, které se natáčejí spolu s řízením, je téměř stejný, jako při jízdě za denního světla. Citlivé infrakamery sledující mj. pohyby očí prokázaly, že při jízdě zatáčkou v noci ve voze s adaptivními xenonovými světlomety má řidič výhled do vzdálenosti asi 36 metrů, což je téměř stejně, jako 38 metrů za normálního denního světla. Ovšem ve voze s natáčejími halogenovými světlomety už má řidič výhled pouze do vzdálenosti 27 metrů a jede-li ve voze s pevně fixovanými halogenovými světly, potom jenom do vzdálenosti 24 metrů.

Adaptivní světlomety se natáčejí nejenom do stran, ale za určitých okolností se mění i úhel jejich paprsku ve vertikální rovině. Překročí-li rychlost vozu hranici $115 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, zvedne se automaticky světelný paprsek tlumených světel o něco výš, což zlepší výhled řidiče. Automatický regulační systém, který je standardní součástí světlometů AFL, přitom zabraňuje při tomto tzv. dálničním osvětlení oslnění protijedoucích řidičů – regulační zařízení totiž eliminuje vliv pohybu karoserie (například při akceleraci nebo brždění) na výšku světelného paprsku. Světlomety jsou tedy stále nastavené tak, aby neoslňovaly protijedoucí vozy.

Nastavení natáčecích bi-xenonových světlometů řídí procesor, který získává data ze senzoru snímajících rychlost jízdy a natočení řídicích kol. Na základě vyhodnocení těchto údajů potom krokový elektromotor natáčí světlomety, přičemž rychlost natáčení je úměrná rychlosti jízdy a úhel natočení je úměrný natočení volantu, resp. řídicích kol.

Některé adaptivní světlomety se nejenom dokáží samy natáčet ale také i rozsvěcet. Pokud si řidič zapne automatickou aktivaci světel (zatím výbava na přání), samy se rozsvítí při vjezdu do tunelu a nebo při soumraku. Při vyjetí z tunelu a nebo po rozednění se samy vypnou. Řidič tak má jistotu rozsvícených světel vždy, když je to potřeba a přitom není nijak zatěžován zjišťováním, jestli světla svítí, když to již není třeba.

Adaptivní dálniční osvětlení

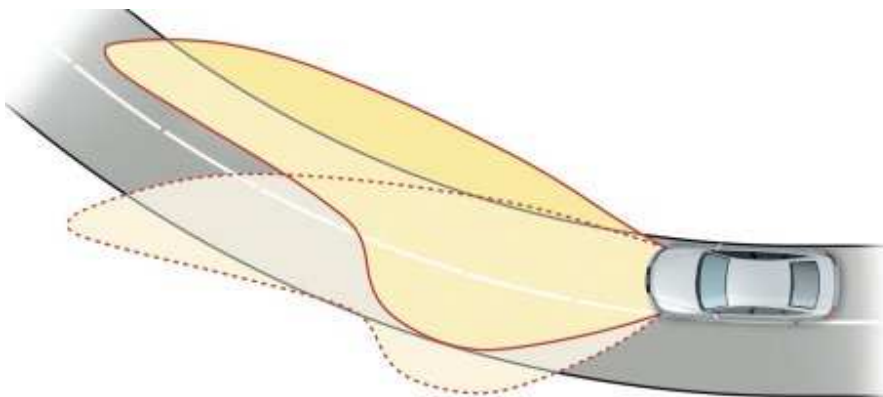
Jede-li vůz vysokou rychlostí - přes cca 115 km/h - v přímém směru, řídicí jednotka Bi-Xenonových světlometů (standardní součást adaptivních světlometů AFL modelů Astra, Vectra a Signum) aktivuje systém nastavování úhlu světelného paprsku ve vertikální rovině. Díky tomu má řidič tlumenými světly lépe osvětlenou vozovku ve větší vzdálenosti před vozem, aniž by ovšem oslňoval protijedoucí řidiče.

Odbočovací světla

Součástí adaptivních světlometů AFL jsou tzv. odbočovací světlomety, které pomáhají osvětlovat místa ležící bokem ke směru jízdy vozu. Do tělesa světlometů je začleněn ještě jeden malý reflektor, který je zaměřený do strany a aktivuje se při použití směrových světel, nebo při odbočování či vyjíždění z přímého směru jízdy, a to při jízdě do rychlosti $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Odbočovací světla mají dosah asi 30 metrů, což znamená až o 90 procent lepší osvětlení sekcí ležících bokem ke směru jízdy. Díky tomuto systému má řidič dokonale osvětlenou nejenom silnici před vozem, ale vidí dobře i do míst, kam hodlá odbočit. Může tedy včas zareagovat na případné nečekané překážky (odstavený automobil, chodci v tmavých šatech, cyklisté).

System dynamického natáčení světel

Hlavní součástí adaptivních světlometů AFL je systém dynamického natáčení světel, díky kterému má řidič až o 90 procent lépe osvětlené zatáčky, protože světla se natáčejí souběžně s řízením. Při jízdě zatáčkou o poloměru 190 metrů má řidič běžného vozu s konvenčními pevnými světlometry osvětlený prostor do vzdálenosti zhruba 30 metrů. Adaptivní světlometry se systémem dynamického natáčení světelného paprsku nabízejí o 25 až 55 metrů více osvětleného prostoru. To se samozřejmě zřetelně projeví ve vyšší bezpečnosti jízdy. Nastavení natáčecích Bi-Xenonových světlometů řídí procesor, který získává data ze senzorů snímajících rychlost jízdy a natočení řídicích kol. Na základě vyhodnocení těchto údajů potom krokový elektromotor natáčí světlometry, přičemž rychlost natáčení je úměrná rychlosti jízdy a úhel natočení je úměrný natočení volantu, resp. řídicích kol.



Obr. 24 Dynamický světlomet

2.5.2 Automatická aktivace světel ALC (Automatic Lighting Control)

System automatické aktivace světel ALC zapne nebo popř. vypne tlumené světlometry v závislosti na intenzitě okolního světla. Tu měří dva senzory v čelním skle. Jedno čidlo hodnotí okolní světlené podmínky, druhé je zaměřené přímo na kvalitu osvětlení přímo ve směru jízdy vozu. Díky tomu systém rozpozná i momenty, kdy vůz jede tunelem. Pokud oba senzory zaregistrují malou intenzitu světla (např. při jízdě tunelem) aktivují se tlumená světla. Pokud potom dopředu zacílený senzor vyhodnotí dostatek světla, ale druhý senzor registruje v okolí vozu stále málo světla (vůz se blíží ke konci tunelu) zůstávají tlumená světla zapnutá.

Pokud oba senzory vyhodnotí dostatečnou intenzitu okolního světla, tlumená světla s malým časovým odstupem zhasnou. Jestliže dopředu zacílený senzor hlásí světlo a druhé prostorové čidlo registruje málo okolního světla (např. krátký podjezd) světla zůstanou vypnutá. [1, 2, 3, 5, 7, 11]

2.6 Inovativní zdroje osvětlení vozidla

U inovativních světlometů se jako zdroj světla používají xenonové výbojky. Ve srovnání s halogenovou žárovkou mají více než dvojnásobný světelný tok, světlo je podobné dennímu a zajišťují lepší osvětlení krajnic.

Bi-Xenonové světlometry využívají pro tlumená i dálková světla jako zdroj jednu společnou plynovou výbojku. Přepínání mezi tlumeným a dálkovým světlem zařizují clonky pohybující se v ose světelného paprsku. Výhodou bi-xenonových světlometů je mimořádně široký světelný paprsek, dobře osvětlující vozovku i po stranách (v režimu tlumených i dálkových světel) a barva vyzařovaného světla, které se velmi podobá dennímu světlu. Díky tomu se oči řidiče dokážou velmi rychle a bez problémů přizpůsobovat měnícím se světelným podmínkám.

2.6.1 Světlo emitující dioda LED (Light Emitting Diode)

Automobilová osvětlovací technika zažívá v současné době období rychlého technického vývoje:

V devadesátých letech byly na trh uvedeny xenonové a bi-xenonové světlometry a kolem roku 2003 se objevila první generace adaptivních světlometů vybavených natáčecími bi-xenony (AFS).

V roce 2007 se na silnicích objevily první auta vybavená 2. generací AFS světlometů – rozložení světla na vozovce se mění podle podmínek jízdy, přibylo dálniční světlo a několik dalších modů světelného svazku.

Ve stále větší míře se pro vnější osvětlení vozidla používají svítící diody (LED). Oproti klasickým žárovkám mají LED diody delší životnost a vyšší světelnou účinnost. Využití LED diod v přední oblasti dříve bylo mařeno jejich nízkým výkonem. Díky dalšímu vývoji se situace v posledních letech výrazně změnila. Nyní se LED diodami osvětluje interiér, LED se

dostává i do venkovního osvětlení vozidel. LED technologie je v současné době na rozcestí. Dnes jsou vysoko výkonové LED diody zajímavé nejen pro signalizaci, ale také pro funkci hlavního osvětlení. LED diody budou v dohledné budoucnosti reálnou alternativou pro halogenové a xenonové světelné zdroje.

Výhodou diod LED je nízký příkon a barevná stálost světla, nevýhodou nepřírozená barva světla a omezený rozptyl, který se musí eliminovat osazením větším počtem LED diod.. Diody LED se používají zejména jako indikační a kontrolní prvky, existují však i supersvítilivé diody použitelné do koncových a brzdových světel osobních automobilů. Světelné diody vyzařují světelné paprsky po dobu více než 5krát delší než konvenční žárovky, používají menší napětí, mají menší spotřebu (přibližně 20 %) a mají rychlejší odezvu. Materiály polovodičů a barvy světelných emisních diod LED: GaAsP, GaAlAs – červená, GaP – zelená, GaN – modrá. Ga – Gallium, As – arsenik, P – fosfor, N – dusík, Al – hliník.

Zajímavá je možnost nahrazení stávajících žárovek LED žárovkami. Osvětlení z vysokosvítilivých LED diod má stále větší uplatnění. Světelný výkon bílých LED diod se v posledních letech zvýšil natolik, že je možné realizovat tlumené a dálkové světlo využívající vícečipové LED diody – automobilky Lexus, Audi a Cadillac mají tyto světlomety na svých vozech. Systém LED diod dosahuje více než 90 %-ního výkonu xenonových světlometů.

Světlomety a svítilny využívající LED diody nabízejí také nové možnosti designu vozu a dávají automobilkám lepší možnost vytvořit vlastní identitu („podpis“) značky. Jako příklad lze uvést kruhové parkovací světlo ve světlometech BMW: použití LED diod při konstrukci takových prvků odpadá některá technická omezení žárovek (teplo, zástavbový prostor, ...), proto se u nových modelů přechází na LED diody.

2.6.2 Brzdová světla a směrová světla LED

Polovodičové LED diody se vyznačují velmi krátkou reakční dobou (dobou potřebnou pro plné rozzáření), a proto se jich využívá v konstrukci brzdových světel. Reakční doba LED brzdových světel činí asi 50 milisekund, tedy výrazně méně než činí reakční doba konvenčních žárovek. To znamená, že vzadu jedoucí řidiči jsou rychleji varováni. Díky rychlejší aktivaci LED diod v brzdových světlech může vzadu jedoucí řidič reagovat rychleji a například při rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ za srovnatelných podmínek zkrátit svou brzdovou dráhu asi o 5,5 m. LED diody vydrží po celou dobu životnosti vozidla.



Obr. 25 Zadní čírá lampa LED červená



Obr. 26 Zadní čírá lampa LED černá

2.6.3 Adaptivní brzdová světla

K účinnějšímu varování okolní dopravy o náhlém brždění jsou blikající koncová brzdová světla, která blikají se čtyřikrát vyšší frekvencí než zapnutá směrová světla. V kritických situacích lze tímto opatřením získat čas asi 0,2 s, což při rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ představuje dráhu 5,5 m. Adaptivní brzdová světla při nouzovém brždění blikají a velice zřetelně tak varují řidiče jedoucího v závěsu, což je pro bezpečné zvládnutí podobných situací přínosem.

Prototyp světlometu LED obsahuje sedm do tvaru plástve uspořádaných zdrojů světla s plastovými optickými čočkami, z nichž čtyři vytvářejí tlumené světlo. Doplnuje je menší světlomet s volnými plochami pro horizontální osvětlení. Pro tlumené, dálkové, směrové a denní světlo byly použity světelné diody.

2.6.4 Pixelové světlometry

Pixelové světlometry jsou považovány za třetí vývojový stupeň světelné techniky po bi-xenonových a adaptivních světlometech. Tato zcela nová revoluční technika umožňuje libovolné programovatelné a na bod přesné rozdělení světla na vozovku. Základem je čip DMD (Digital Micromirror Device), který nese 480 tisíc mikroskopicky malých zrcadel o velikosti jednoho pixelu, jež jsou individuálně řízena a natáčena. Tato zrcátka přebírají funkci běžného reflektoru, ale individuální natáčení 480 tisíc odrazových plošek umožňuje zavedení zcela nových funkcí, jako je například trvale využitelný neoslňující dálkový světlomet, u něhož je oblast ve výši očí protijedoucích řidičů ztmavena, nebo zvlášť jasné a cílené osvětlení dopravního značení. Na vozovku lze tímto způsobem promítat i různé informační symboly, například světelné plochy ve tvaru šipek, kterými navigační systém informuje řidiče o změně směru jízdy. V první fázi se počítá s tím, že pixelové světlometry se stanou nejprve doplňující součástí běžných světlometů pro cílené osvětlování určitých ploch a oblastí mimo dosah běžných světlometů. Pixelové světlometry umožní ještě lepší dynamickou regulaci sklonu a bočního natočení světelného paprsku a zavedení zvláštního osvětlení pro jízdu ve městě, po dálnicích či místních silnicích nebo za špatného počasí. Pixelové světlometry umí nejen velmi dobře osvětlit oblast před vozem, ale lze jimi na vozovku promítat i nejrůznější symboly (např. pokyny navigačního systému).

2.6.5 Uvítací světlo (Welcome light)

Po odemčení vozu se pomalu rozzáří interiérové osvětlení, které se znovu ztlumí zhruba po asi deseti sekundách, zatímco osvětlení přístrojového štítu a středové konzole zůstává aktivováno. Barevný informační displej se automaticky přepíná do režimu den/noc, takže za každých světelných podmínek zaručuje optimální čitelnost zobrazovaných údajů.

2.6.6 Funkce „Doprovod' mě domů“ (Follow-me-home)

Funkce „Follow Me Home“, spojená se systémem automatické aktivace světel, udržuje rozsvícené světlometry po dobu 30 - 45 sekund po vypnutí zapalování. Cílem funkce je zajistit osvětlení okolí po vystoupení z vozidla, například pro otevření dveří do garáže. Tato funkce je samozřejmě přerušena v případě zamknutí vozidla. [1, 2, 3, 5, 7]

2.7 Regulace dosahu světlometů

Regulace dosahu světlometů (regulace sklonu světlometů) má při všech stavech zatížení vozidla zabezpečit stálý dobrý dohled bez oslňování protijedoucích vozidel tím, že úhel sklonu tlumeného světla se přizpůsobí příslušnému stavu zatížení vozidla.

Ruční regulace sklonu světlometů se ovládá otočným regulátorem knoflíkem z místa řidiče. Ze základní polohy se otáčí regulátorem proti směru hodinových ručiček. Korektor je hydraulický a nerozebíratelný. Je naplněn nemrznoucí kapalinou, prostřednictvím níž jsou stlačovány písty naklápějící optické vložky světlometu. Ke světlometům jsou pracovní válce upevněny jen nasunutím a pojistnými západkami, takže se spojí s ovládači ve světlometech. Naklápění optických vložek upravuje řidič podle momentální hmotnosti vozu.

Automatická regulace sklonu světlometů je v protikladu k ručně ovládané verzi ještě bezpečnější a jistější, protože nastavení řidičem je subjektivní a kromě toho se může lehce zapomenout. Pro vozidla s výbojkovými světlometry je zákonem předepsána automatická regulace dosahu světlometů.

Při automatické regulaci sklonu světlometů se rozlišuje mezi statickými a dynamickými systémy. Statické systémy vyrovnávají užitečné zatížení v prostoru pro cestující a v zavazadlovém prostoru, dynamické systémy korigují dodatečně sklon světlometů při rozjezdu, akceleraci a brždění.

2.7.1 Statický systém

Mimo signálů z nápravových snímačů přijímá řídicí jednotka rychlostní signál z elektronického tachometru nebo z řídicí jednotky ABS. Pomocí tohoto signálu systém určí, zda-li vozidlo stojí, pohybuje se nebo jede stálou rychlostí. Statický automatický systém pracuje vždy s velkým útlumem, tzn. že vyreguluje pouze dlouho přetrvávající náklony karosérie.

Po každém rozjezdu vozidla systém koriguje nastavení světlometů v závislosti od naložení vozidla. Toto nastavení se při dosažení konstantní rychlosti znovu zkontroluje a případně zkoriguje. Odchyly mezi požadovanou polohou systém příslušně vyrovná. U statického systému se používají ručně ovládané servomotory.

K regulaci se používají následující součásti:

- snímače úrovně vozidla na přední a zadní nápravě (Hallový snímače)

- řídicí jednotka zabudovaná do předního snímače
- stavěcí elektromotory světlometů (zabudovány do světlometů)

Po výměně nebo opravě součástí se musí systém seřídít pomocí diagnostické testeru.

2.7.2 Dynamický samočinný systém

Tento systém zabezpečuje optimální polohu světlometů v každé jízdě poloze, protože funguje ve dvou provozních režimech. Přídavným rozlišením rychlostního signálu se na rozdíl od statické regulace sklonu světlometů rozpozná i akcelerace a brždění. Při jízdě stálou rychlostí zůstává jak dynamický systém, tak statický systém v režimu s velkým tlumením. Když se rozpozná akcelerace nebo brždění, přepne se systém okamžitě do dynamického režimu. Zkrácené vyhodnocení signálů a zvýšené stavěcí rychlosti servomotorů umožňují přizpůsobení sklonu světlometů za zlomky sekundy. Tak má řidič vždy správný dohled, aby mohl přehledně řešit příslušnou dopravní situaci. Po ukončení akcelerace nebo brždění se systém automaticky přepne opět do pomalého režimu.

Ke komponentům dynamické samočinné regulace sklonu světlometů patří:

- snímače na nápravách vozidla, které velmi přesně zachytí úhel náklonu karosérie
- elektronická řídicí jednotka, která ze signálů snímačů propočte úhel náklonu karosérie a tento porovná s předvolenou hodnotou. Při odchylce vyše příslušné aktivační signály na servomotory

servomotory, které provedou přesné nastavení světlometu [1, 5]

2.8 Systémy pro noční vidění

Zařízení pro noční vidění informuje řidiče o všech překážkách před vozem mnohem dříve, než by je zaregistroval pouhým okem. Při řízení automobilu jsou téměř všechny důležité informace vnímány očima. Videosenzory tak budou hrát u budoucích asistenčních systémů ústřední roli, protože podporují vidění řidiče a pomáhají mu, aby se v obtížných situacích koncentroval na to podstatné. S videosystémem v čelní oblasti vozidla mohou asistenční funkce například kontrolovat udržování jízdě stopy a rozšiřovat komfort Adaptive Cruise Control (ACC). V oblasti zadní části vozidla může videosenzorika v nejjednodušší variantě

podporovat pomoc při parkování na bázi ultrazvuku nebo procesy popojíždění. Podpora řidiče se zakládá na speciálně vyvinuté kameře kombinované s výkonným počítačem a komplexním zpracováním obrazu.

Cestování automobilem v noci vyvolává u mnoha řidičů nejen pocit nejistoty, ale skrývá v sobě i skutečná rizika. Neboť tlumená světla běžného halogenového světlometu dosahují zpravidla jen na vzdálenost 40 metrů a poskytují tak omezené osvětlení vozovky a krajnice. Dálková světla se dají kvůli hustému provozu používat jen zřídka. Z pohledu statistiky zajišťují dálková světla v Evropě lepší osvětlení vozovky jen asi u 15 procent všech ujetých kilometrů. Vyšší riziko při jízdě v noci se odráží i ve statistice dopravních nehod. Ačkoliv řidiči ujedou v noci jen pětinu z celkově najetých kilometrů, stane se téměř 50 procent všech těžkých dopravních nehod v noci nebo za šera.

Kamery s nočním (infračerveným) viděním jsou schopné využít neviditelného infračerveného světla a mohou být využity také u silničních motorových vozidel, aniž by oslňovaly protijedoucí řidiče. Světlo je druh záření (o určité vlnové délce), které existuje ve spektru. Lidské oko dokáže vidět pouze jeho část. Pod modrým světlem, přímo mimo rozsah, který vidí člověk, je ultrafialové světlo a nad ním je infračervené světlo. Infračervené světlo vyzařují všechny objekty - lidé, zvířata i tráva. Objekty s vyšší teplotou mají světlejší barvu, takže chodci a zvířata se budou zobrazovat nejjasněji.

Některé podpůrné systémy nočního vidění Night Vision, založené na snímání infračerveného spektra záření, jsou propojeny s displejem HUD. Získaný obraz se promítá prostřednictvím displeje HUD (Head-Up Display) na sklo čelního okna. Speciální laserové světlometry osvětlují vozovku infračerveným světlem, jehož odraz snímá videokamera a výsledný černobílý obraz vidí řidič na klasickém displeji nebo HUD. Viditelnost při zapnutých tlumených světlometech se tím údajně zvětší z dnešních 40 m až na 150 m, ale největším přínosem bude tato technika v extrémních podmínkách hustého deště, mlhy nebo sněžení. Společnost Valeo uvádí u svého systému Active Infrared Night Vision viditelnost jako u dálkových světlometů bez oslňování protijedoucích řidičů (dosah 200 m namísto 60 až 80 m u potkávacích světlometů), což řidiči ocení zejména v hustém provozu, v němž je využití dálkových světlometů výrazně omezeno. Zdrojem infračerveného světla je halogenová žárovka ve dvou funkčním projektorovém modulu, zvažuje se však náhrada halogenové

žárovky infračervenými diodami LED. Obraz snímá infračervená kamera zabudovaná do vnitřního zpětného zrcátka.

Systém Night Vision BMW využívá technologii far infra-red (FIR), která je podle studie michiganského výzkumného ústavu dopravy UMTRI z prosince 2004 pro zobrazování osob a zvířat vhodnější než technologie near infra-red (NIR). Dosah FIR je 300 metrů, zatímco u NIR je to pouze 150 m. Podle studie rozpoznal systém FIR osoby průměrně na vzdálenost 165 metrů, NIR na 59 m. Systémy NIR jsou navíc citlivé na světla ostatních aut, semaforey, pouliční osvětlení a vysoce reflexní povrchy, jako jsou dopravní značky. FIR naopak zobrazuje pouze objekty vyzařující teplo.

Systém NIR osvětlí oblast před vozidlem infračerveným zdrojem světla. Světlo odražené od objektu, silnice a osob je zachycováno infračervenou kamerou, v procesoru změněno na obraz a znázorněno na obrazovce.

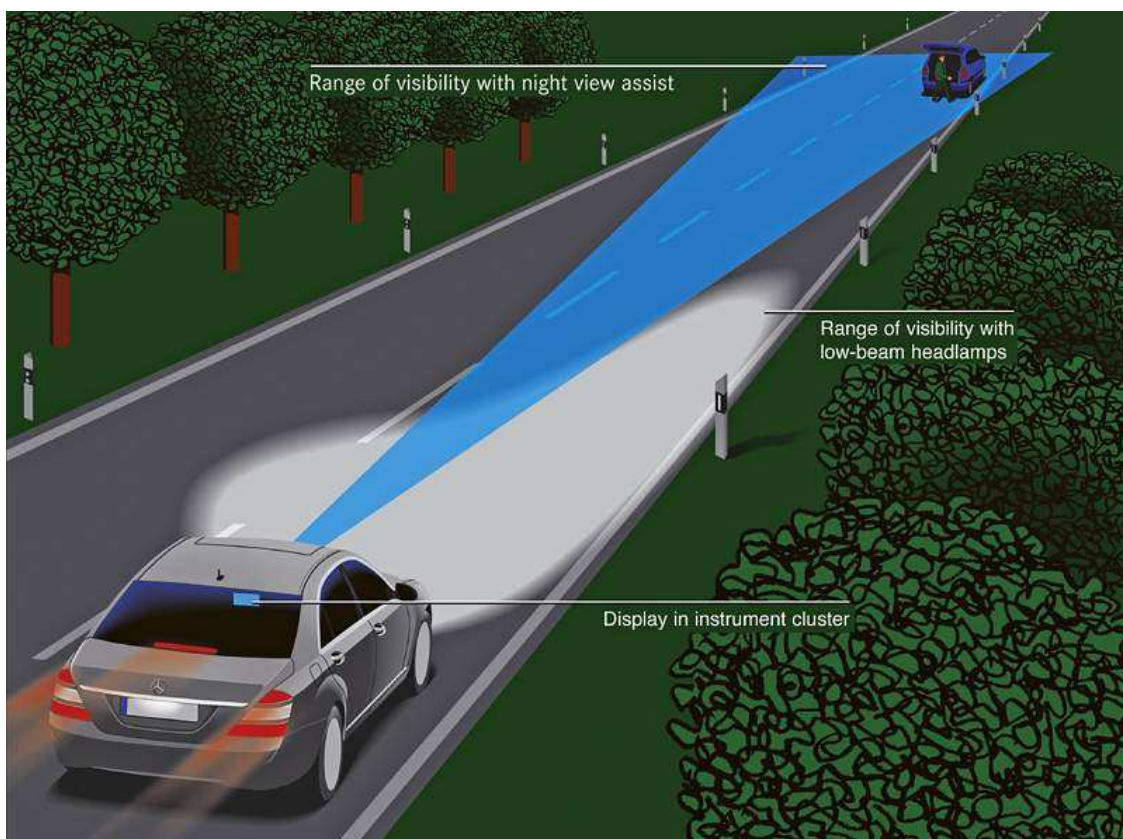
U systému FIR termovizní¹ kamera přímo registruje vyzařované teplo objektů a osob, čímž se separátní zdroj světla na vozidle stává nadbytečným. Tyto informace jsou potom rovněž v počítači převedeny na ikonické znázornění a zobrazeny na obrazovce. Technologií FIR jsou obzvláště zvýrazněny osoby, zvířata a objekty, které vyzařují teplo. FIR neposkytuje detailní obraz příslušné dopravní situace, který by mohl zpomalit rozpoznání jedné osoby v tomto celkovém obraze. Nepodstatné detaily jsou ztlumeny a nerozptylují řidiče. Zdá se že dálková infračervená technologie FIR je pro použití ve vozidlech výhodnější, než technologie NIR. Hlavní předností, kterou tato technologie nabízí je nemožnost oslnění světlometry protijedoucích automobilů. Dosah systému FIR se pohybuje kolem 300 metrů, což je přibližně dvakrát víc než u systémů NIR, které pracují se zbytkovým světlem. Řidič může být proto dříve varován před možným nebezpečím. FIR má méně dílů, opadá zdroj světla, který vyžaduje systému NIR.

¹ Termovize je bezkontaktní termografická metoda, která na základě detekce infračerveného záření a použití videotechniky zviditelňuje rozložení teplot na zkoumaném povrchu, tedy i na povrchu těla. Lidský organismus i jiné objekty jsou zdrojem tepelné energie. Hlavní část této tepelné energie je vyzařována z povrchu lidského nebo jiných objektů v podobě infračerveného záření. Měření pomocí termovize umožňuje získat viditelnou informaci o rozložení teploty na povrchu snímaného zařízení.

Výzkumní pracovníci společnosti Daimler Chrysler vyvinuli aktivní technologii pro noční vidění, využívající infračervené záření (NIR). Tato technologie je schopna pomocí infračerveného záření identifikovat osoby, zvířata, dopravní značky a ostatní silniční objekty na vzdálenost cca 150 m před automobilem. Tento systém je schopen detekovat jakýkoli objekt nezávisle na jeho teplotě. Dva laserové zářiče osvětlují vozovku před vozidlem, pro lidské oko jsou nezachytitelné, proto tedy neomezují ostatní řidiče. Video kamera přehrává zachycené objekty a ty se posléze řidiči zobrazují v černobílém formátu.

Systém společnosti Automotive Lighting je postaven na bázi infračerveného vidění. Prostor před vozem je osvětlován infračervenými diodami (pracují v pro lidské oko neviditelném pásmu) zabudovanými v předních reflektorech vozu. Obraz je snímán kamerou citlivou na infračervené světlo, které se následně zobrazuje ve viditelném pásmu na displeji před řidičem.

Oproti Mercedesu pracuje BMW s pasivním systémem, který využívá snímání termálního obrazu před vozem. Jeho snímač (kamera FIR), zachycující teplo vyzařované objekty před vozem, je umístěn v levém rohu předního nárazníku a lidskou postavu nebo zvíře je schopen rozpoznat na vzdálenost 300 metrů. Infračervená kamera se skrývá pod nárazuvzdorným sklem na levé straně nárazníku. Čistí se automaticky při aktivaci ostřikovačů a při teplotách pod 5 stupňů je skleněný kryt vyhříván. V rychlostech pod 80 km.h⁻¹ kamera snímá úhel 36 stupňů, při vyšší rychlosti pak úhel 24 stupňů, který se natáčí o 6 stupňů podle pohybů volantu. Ve vysokých rychlostech lze zapnout digitální zoom, který zvětší vzdálené objekty o padesát procent.



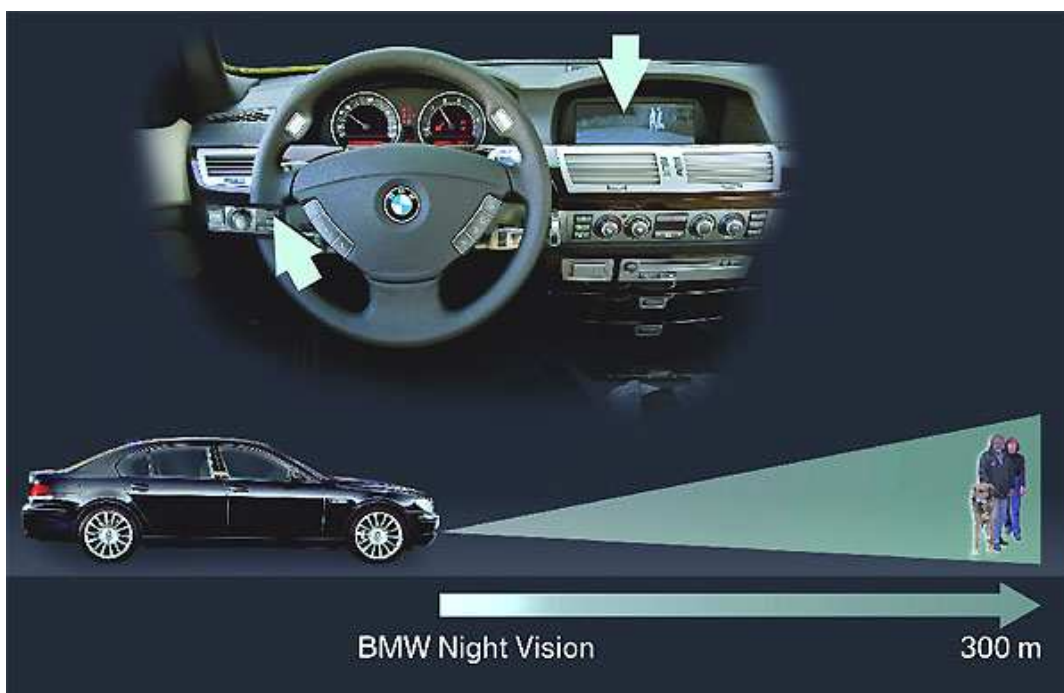
Obr. 27 Porovnání rozsahu viditelnosti u dálkových světlometů a u systému s nočním viděním



Obr. 28 Jízda bez systému s nočním viděním



Obr. 29 Viditelnost u systému s nočním viděním

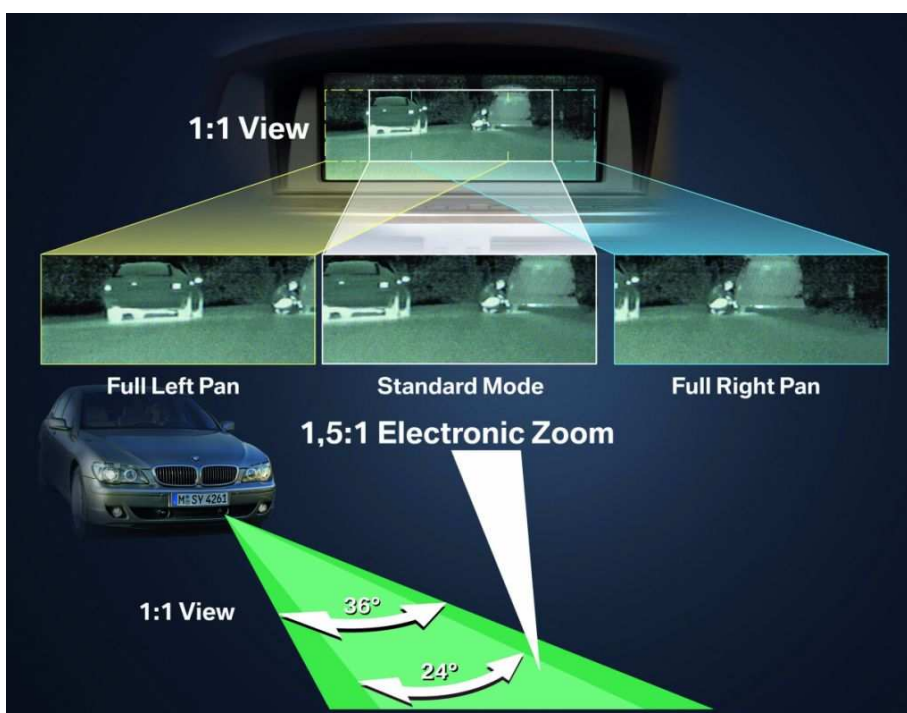


Obr. 30 Asistenční systém pro noční vidění BMW

Noční vidění (Night Vision) umožňuje také videokamera vyvinutá firmou Bosch, která je umístěna za vnitřním zpětným zrcátkem vozidla. Kamera snímá obraz silnice, která je osvětlena pomocí dvou infračervených lamp integrovaných v předních světlometech. Vision pracuje s infračerveným světlem, které lidské oko nedovede vnímat, a proto řidiče v protisměru neoslňuje. Dva infračervené světlometry osvětlují jízdní dráhu a zvyšují tak dohled řidiče při zapnutém tlumeném osvětlení na více než 150 metrů. Tímto způsobem asistent pro vidění v noci dříve rozpozná chodce, cyklisty, parkující automobily nebo jiné překážky. Infračervená kamera na vnitřní straně čelního skla zachycuje odražený obraz dnešního světa na silnici, který je určen pro display. Získaná obrazová data se vyhodnotí v řídicí jednotce a zobrazí se řidiči na displeji jako reálný černobílý obraz s vysokým rozlišením. Řidič s dostatečným předstihem zpozoruje kritické situace a může jim předcházet, protože může zareagovat dříve. S Night Vision vidí řidič přibližně třikrát dále, než s běžnými tlumenými světly, aniž by přitom oslepoval protijedoucí řidiče. Vysoká funkční užitná hodnota videokamery od firmy Bosch se dá v následném vývoji ještě rozšířit, například integrací systému pro rozeznávání jízdních pruhů (Lane Departure Warning). [2, 3]



Obr. 31 Kamera pro systém nočního vidění



Obr. 32 Infračervená technologie s termokamerou pro větší bezpečnost ve tmě

2.9 Zobrazovač virtuálního obrazu Head-up Display (HUD)

Zobrazovač virtuálního obrazu Head-up Display zobrazuje informace (navigaci, rychlost, provozní stavy vozidla) přímo v zorném poli řidiče Obr. 33 a Obr. 34. Virtuální obraz vidí řidič ve vzdálenosti 2,2 metru před sebou ve spodní části zorného pole. Nijak tedy nepřekáží a lze ho podle potřeby vypnout nebo zapnout. Řidič nemusí oči ani na okamžik odtrhnout od vozovky a dopravní situace před vozidlem a jízda je proto bezpečnější. Přes holografické zrcadlo v čelním skle se ve výhledovém poli řidiče objeví virtuální obrazová informace, např.

výstražná dopravní značka (v tomto případě se jedná o propojení na „elektronické“ dopravní značky) nebo navigační signál, údaj o okamžité rychlosti, varování o bezpečné vzdálenosti.

Promítání informací na čelní sklo (Head-up Display) odlehčuje řidiče od sledování navigačního přístroje, který neleží v jeho přímém zorném poli.



Obr. 33 Systém Head-Up Display



Obr. 34 Systém Head-Up Display

2.9.1 Průhledový zobrazovač HUD

Průhledový zobrazovač HUD (projekce nejdůležitějších údajů z palubní desky na čelní sklo) byl vyvíjen původně pro letectví a umožňuje pilotovi sledování přístrojů palubní desky bez ztráty kontaktu s vnější realitou. Komerčně dobře využitelným případem je pak soustava virtuální reality, kdy je divák odpoután od jakékoliv skutečnosti. Jde přitom o promítání dat z obrazovky vhodnou optikou do nekonečna nebo do zvolené vzdálenosti.

Z pohledu řidiče to vypadá, jakoby se asi dva metry nad nárazníkem vznášela čísla z ukazatele. Head-Up display je umístěn mezi volantem a sklem. Tvoří jej tři komponenty. Silný zdroj světla, několik zrcadel a plochá obrazovka. Obraz z monitoru se odráží od čelního skla. Podobně jako při pohledu do zrcadla vidí řidič obraz jakoby trochu v dáli, dva metry nad kapotou. Tím se zmenšuje prodleva, kterou lidské oko potřebuje, aby zaostřilo předměty umístěné různě daleko. Head-Up display se na trhu objevil už koncem 80. let v Americe, například ve vozech značky Oldsmobile. Uměl, ale zobrazit jen jednoduché údaje, třeba rychlost. Nové displeje už nesvazují žádná omezení. Když je zapnutý na Head-Up displeji navigační systém, blikají na něm šipky. Dochází-li olej, svítí varovný signál. Pokud řidič obdrží zprávu SMS, objeví se malá obálka. Moderní soustavy HUD spojily zobrazovací a odrazný systém do jednoho s využitím difrakční (holografické²) optiky. Zjednodušené soustavy HUD se využívá k zobrazení dat pro řidiče automobilu odrazem od předního skla. Obraz se promítá do vzdálenosti předního nárazníku, takže poslouží jako indikátor polohy vozidla.

Řidič potřebuje v průměru jednu sekundu k tomu, aby vyhledal očima údaje o rychlosti nebo o stavu paliva. Pokud jede v tuto chvíli rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, urazí vozidlo během sekundy 14 metrů. ($s = v/t = (50/3,6)/1 = 13,9$). Head-Up display vše zkracuje na půlku. Největší přínos je v tom, že dovede přenést varování přímo před oči řidiče. Například systém nočního vidění odhalí v dálce neosvětleného chodce a obraz ukáže na Head-Up displeji. Videokamera sleduje silnici, kterou osvětlují dvě laserové lampy do infračerveného světla. Obrazová informace se mění na černobílou a je promítána na Head-Up displeji. S touto technikou řidič dříve odhalí překážku na cestě a bude mít více času na to, aby se jí vyhnul. [2, 3]

² *holografie* - způsob zobrazování trojrozměrných předmětů pomocí záznamu a následné rekonstrukce informací nesených světlem

3 SOUČASNÝ STAV A VÝVOJ MEZINÁRODNÍCH PŘEDPISŮ PRO OSVĚTLENÍ AUTOMOBILŮ

Ve všech oblastech průmyslové činnosti, automobilový průmysl nevyjímaje, platí množství předpisů a regulí, které detailně nařizují a popisují, jak má každá část (součást) automobilu fungovat, jaké jsou na ni kladeny nároky a jak se má zkoušet. Nejinak je tomu i v oblasti týkající se osvětlení automobilu.

Podle rozdělení Evropské hospodářské komise při OSN (zkratka EHK) se předpisy pro automobilové součásti a příslušenství dělí do tří základních skupin:

- součásti pro aktivní bezpečnost,
- součásti pro pasivní bezpečnost,
- součásti pro ochranu životního prostředí.

Většina předpisů týkajících se osvětlení automobilu náleží do skupiny pro aktivní bezpečnost, např.:

EHK 7 – obrysové, doplňkové obrysové a brzdové světlo,

EHK 8 – světlomety s žárovkou jinou než H4,

EHK 19 – přední mlhové světlomety,

EHK 20 – světlomety s žárovkou H4,

EHK 38 – zadní mlhovka,

EHK 48 – jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci.

Jiné předpisy spadají do oblasti pro pasivní bezpečnost, např.:

EHK 4 – osvětlení zadní poznávací značky.

3.1 Soustavy předpisů pro automobily a jejich vybavení

Jak již bylo zmíněno v předešlém odstavci, jedním z orgánů, který kompletně a komplexně řeší problematiku předpisů pro automobily a jejich části, je komise EHK při OSN. Předpisy této komise se oficiálně nazývají „Jednotná ustanovení pro homologaci ...(a následuje odborný název součásti či příslušenství)“. Ratifikační proces těchto dokumentů začal po roce 1958 (proto jsou také nazývány „Dohoda roku 58“). Do současné doby byly jednotlivé předpisy ratifikovány naprostou většinou evropských států a na některé předpisy přistoupily a přistupují i velké mimoevropské státy – např. Japonsko.

Mimo to existuje i soustava založená na Směrnících Evropské unie (směrnice ES), jež byly a jsou ratifikovány členy Evropského společenství, ale které jsou nyní používány méně; některé směrnice již byly upraveny pro převod na příslušný předpis EHK.

Ve Spojených státech amerických je oblast osvětlení pro automobily řešena federálním zákonem „*Federal motor vehicle safety standard*“ (označovaným také FMVSS 108), který se pro jednotlivé světelné funkce může odvolávat na normy *Society of Automotive Engineers, Inc.* (SAE). Normy SAE však mají jen doporučující charakter. V některých, např. konstrukčních detailech navíc nabízejí i více řešení nebo způsobů řešení.

V Japonsku jsou jednotlivé požadavky na automobilové příslušenství obsaženy v některých člancích (např. Article 41 – směrová světla, Article 32 – světlometry apod.). Pro lepší a efektivnější práci se zmíněnými texty jsou jednotlivé články a paragrafy každoročně vydávány Japonským centrem pro internacionalizaci automobilových norem (zkratka JASIC) v uceleném svazku s charakteristickým modrým obalem, pro nějž se vžilo označení „modrá kniha“ a jehož oficiální název je „*Automobile Type Approval Handbook for Japanese Certification*“. Japonskou zvláštností v tomto ohledu je, že pro konstrukci některých světelných funkcí (např. tlumené a dálkové světlo) je možné použít verzi původního japonského národního předpisu i novější verzi, která je ve své podstatě odvozena z předpisů EHK. Zde je třeba poznamenat, že Japonsko přistoupilo k procesu uznávání předpisů EHK, mnoho předpisů již uznalo a že tento proces měl být ukončen přibližně v roce 2006.

Pro ostatní větší státy světa obecně platí, že jejich předpisy jsou odvozeny z předpisů EHK (ze směrnic ES) – Austrálie, Nový Zéland a Jihoafrická unie nebo z FMVSS 108 – Kanada. CCC (China compulsory certification) - Čína. Legislativa je pravidelně upravována.

Navíc každý zákazník - automobilka - má své vlastní postupy pro schválení předních/osvětlovacích světelných svazků. Nejčastěji expertním subjektivním hodnocením během jízdy, nebo staticky, v některých případech je využíván vizualizační SW. Z budoucích zkoušek zaměřených na bezpečnost stojí za zmínku testy Euro NCAP, ale jejich použití prozatím není ujasněno.

3.2 Proces vytváření a úpravy předpisů

Proces vzniku, korekce či úpravy stávajících předpisů v Evropě je podobný postupu vzniku zákonů. Pro každé důležité příslušenství v automobilu existuje příslušná pracovní skupina expertů (v případě osvětlení automobilu jde o skupinu označovanou GRE), která vyhodnocuje zprávy a doporučení jednotlivých podskupin pro příslušnou oblast:

- pracovní skupina světelných zdrojů,
- pracovní skupina bezpečnostního a vizuálního provedení,
- pracovní skupina pro harmonizaci,
- pracovní skupina pro fotometrii
a další.

Po doporučujícím vyjádření GRE se dokument dostane do komise Pracovní skupiny pro konstrukci vozidel – WP.29 a tam nabývá podoby tzv. konečného návrhu. Poté je dokument vyhlášen tajemníkem OSN jako doplněk, oprava či nová verze předpisu a datem vyhlášení taktéž vstupuje v platnost. V jednotlivých skupinách jsou činní experti a odborníci pro příslušný obor. Jsou jmenováni svým mateřským závodem, institucí (ústavem) či státem. Práce v těchto skupinách a komisích je dobrovolná.

Výsledkem aktivity zmíněných skupin může být jedna z těchto možností:

- oprava textu stávajícího předpisu (corrigendum),
- doplnění předpisu o nové požadavky (supplement),
- nová série změn (revision) – v případě podstatné změny ve smyslu předpisu, v požadavcích a měřicích hodnotách,

- vznik zcela nového předpisu – při zavádění zásadní novinky v příslušné oblasti nebo může určitým způsobem slučovat již upravené stávající předpisy.

Časový interval nutný pro vznik dokumentu je variabilní a pohybuje se od několika měsíců v případě opravy (corrigendum) až po několik let v případě vzniku nového předpisu.

3.3 Vývoj předpisů pro automobilové osvětlení

Vývoj v oblasti mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

- vývoj v technickém směru,
- vývoj v legislativní oblasti.

Vývoj v legislativní oblasti spočívá v harmonizaci stávajících a hlavně nově vzniklých předpisů tak, aby byly uznávány a používány ve všech vyspělých státech světa současně. To by snížilo náklady na vývoj, výrobu a zkoušení produktů, poněvadž výrobci světelné techniky doposud často musí své osvětlovací zařízení přizpůsobovat jak evropským, tak americkým normám. Kromě toho zůstanou v platnosti některé původní předpisy zemí, ale hlavní pole působnosti se bude přesouvat směrem k harmonizovaným předpisům. Takto vejde v platnost např. světlomet s tzv. harmonizovaným tlumeným svazkem nebo harmonizovaný přední mlhový světlomet a rovněž shodné podmínky pro instalaci a umístění jednotlivých funkcí na automobilu (současný EHK 48).

V technické oblasti obecně směřuje vývoj k zavedení pohyblivých a variabilních světlometových systémů, které budou schopny měnit svou intenzitu, rozložení a směr svícení v závislosti na počasí, rychlosti vozu, místě nebo dopravní situaci a směru jízdy.

Nejjednodušší systém je s pohyblivým zdrojem a nebo odražečem; nazývá se „*bifunctional system*“. S tímto řešením se již lze setkat u vozů luxusnějších značek vybavených xenonovými výbojkami. Principem jejich funkce je pohyb světelného zdroje vůči reflektoru nebo reflektoru vůči pevnému světelnému zdroji při přepínání tlumeného světla na dálkové a naopak. Stejného výsledku se u světlometů s elipsoidním odražečem a projekční čočkou docílí pohybem clony za projekční čočkou. Systém musí být zabezpečen tak, aby se

při poruše automaticky vrátil do pozice tlumeného světla. Výhoda tohoto systému spočívá především v úspoře jednoho světelného zdroje (není zapotřebí zdroj dálkového světla a jeho reflektor), v menší zástavbě světlometu a v ušetřeném elektrickém příkonu (celý bifunkční systém má příkon jen asi 35 W).

Další velmi zajímavý systém se nazývá „*adaptive front lighting systém*“ (AFS). Jeho princip spočívá v tom, že vozidlo je vybaveno elektronickou řídicí jednotkou, která má za úkol shromažďovat a vyhodnocovat signály od senzorů (senzory vnějšího osvětlení, rychlosti, úhlu natočení volantu, zapnutí směrových světel apod.) a řídit zapínání, vypínání a natáčení (horizontální a vertikální) světelných jednotek uvnitř světlometu. Oproti současnému stavu bude možné s těmito světlometry svítit svazkem tlumeného světla s více modifikacemi: normální jízda (tzv. basic mode); na dálnici bude mírně zvětšeno světelné rozhraní a tím se prodlouží svítící rozsah; ve městě se svazek více rozptýlí do stran pro lepší osvětlení cyklistů, chodců a značek; za deště a při mokré vozovce se spustí funkce tzv. wet road (mokrý vozovka) a navíc bude systém schopen osvětlovat zatáčky natočením světlometu v závislosti na úhlu pootočení volantu. Podobný systém, ale na zádi vozidla, pod označením „*adaptive rear lighting system*“ (ARS) bude používán pro osvětlení vozidla zezadu.

Důležitou novinkou pro osvětlování automobilů bude tzv. distributive lighting system (DLS). V systému bude umístěn jeden centrální zdroj a světlo bude vedeno světlovody k jednotlivým funkcím. Tento systém se skládá ze světelného zdroje, světelného modulu, světlovodů a vnější činné optiky. Světlovod pracuje na principu úplného vnitřního odrazu a světelný modul (projektor) má za úkol „sbírat a sdružovat“ světlo emitované zdrojem. Systém bude obsahovat i náhradu (substituting system) za tlumené světlo pro případ, že by nastala porucha ústředního zdroje.

Pro nejvyšší komfort jízdy mohou být tyto systémy ovládány satelitní navigací a přepínat se do jednotlivých funkcí vnějším signálem podle polohy, kde se právě nacházejí a jaká je jejich rychlost.

Vývoj v oblasti osvětlení automobilů se tedy ubírá směrem k složitějším a také dražším systémům, které ovšem spolu se zdokonaleními i v jiných částech a podskupinách automobilů přispějí ke zvýšení komfortu a bezpečnosti cestování, což je vlastně jediná cesta rozvoje současného již tak intenzivního provozu. [10, 12, 13]

3.4 Přehled homologačních předpisů EHK

EHK 1

Jednotná ustanovení pro homologaci světlometů motorových vozidel s asymetrickým potkávacím světlem a/nebo dálkovým světlem a vybavených žárovkami kategorií R2 a/nebo HS 1

SMĚRNICE KOMISE (1999/17/ES) ze dne 18.března 1999, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/761/EHS o světlometech motorových vozidel, které slouží jako dálkové nebo potkávací světlometry, a žárovkách pro tyto světlometry

SMĚRNICE RADY (70/156/EHS) ze dne 6.února 1970 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (76/756/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (76/761/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se světlometů motorových vozidel, které slouží jako dálkové nebo potkávací světlometry, a žárovek pro tyto světlometry

SMĚRNICE KOMISE (89/517/EHS) ze dne 1.srpna 1989, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/761/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se světlometů motorových vozidel, které slouží jako dálkové nebo potkávací světlometry, a žárovek pro tyto světlometry

SMĚRNICE KOMISE (97/28/ES) ze dne 11.června 1997, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/756/EHS o montáži zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

EHK 2

Jednotná ustanovení pro homologaci elektrických žárovek pro světlometry s asymetrickým tlumeným světlem a/nebo dálkovým světlem nebo s oběma světly

Ustanovení předpisu EHK 2 byly nahrazeny ustanoveními předpisu EHK 37.

EHK 3

Jednotná ustanovení pro homologaci odrazek pro motorová vozidla a jejich přípojná vozidla

SMĚRNICE RADY (76/757/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se odrazek motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (97/29/ES) ze dne 11.června 1997, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/757/EHS o odrazkách motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

EHK 4

Jednotná ustanovení pro homologaci zařízení pro osvětlení zadních registračních tabulek motorových vozidel (s výjimkou motocyklů) a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (76/760/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se svítlen zadních registračních tabulek motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (97/31/ES) ze dne 11.června 1997, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/760/EHS o svítlnách zadních registračních tabulek motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

EHK 5

Jednotná ustanovení pro homologaci světlometů motorových vozidel typu "sealed beam" (SB), které vyzařují evropské asymetrické potkávací světlo nebo dálkové světlo nebo obojí

Předpisy k EHK 5 viz předpis EHK 1.

EHK 6

Jednotná ustanovení pro homologaci směrových svítlen motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (1999/15/ES) ze dne 16.března 1999, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/759/EHS o směrových svítlnách motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (76/759/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se směrových světil motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (89/277/EHS) ze dne 28.března 1989, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/759/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se směrových světil motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (98/91/ES) ze dne 14.prosince 1998 o motorových vozidlech a jejich přípojných vozidlech určených pro silniční přepravu nebezpečných věcí a o změně směrnice 70/156/EHS o schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

EHK 7

Jednotná ustanovení pro homologaci předních a zadních obrysových světil, brzdových a doplňkových obrysových světil motorových vozidel (s výjimkou motocyklů) a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (76/758/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se doplňkových obrysových světil, předních obrysových světil, zadních obrysových světil a brzdových světil motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (89/516/EHS) ze dne 1.srpna 1989, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/758/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se doplňkových obrysových světil, předních obrysových světil, zadních obrysových světil a brzdových světil motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (97/30/ES) ze dne 11.června 1997, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/758/EHS o doplňkových obrysových světlárnách, předních obrysových světlárnách, zadních obrysových světlárnách a brzdových světlárnách motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

EHK 8

Jednotná ustanovení pro homologaci světlometů pro motorová vozidla, vyzařujících asymetrické potkávací světlo nebo dálkové světlo nebo obojí, a vybavených halogenovými žárovkami (H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR2 a/nebo H11)

Předpisy k EHK 8 viz předpis EHK 1.

EHK 48

Jednotné ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci

SMĚRNICE RADY (76/756/EHS) ze dne 27.července 1976 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (80/233/EHS) ze dne 21.listopadu 1980, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/756/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (82/244/EHS) ze dne 17.března 1982, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/156/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE RADY (83/276/EHS) ze dne 26.května 1983, kterou se mění směrnice 76/756/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (84/8/EHS) ze dne 14.prosince 1983, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/156/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (89/278/EHS) ze dne 28.března 1989, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/156/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (91/663/EHS) ze dne 10.prosince 1991, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/156/EHS o montáži zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel

SMĚRNICE KOMISE (97/28/ES) ze dne 11.června 1997, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 76/156/EHS o montáži zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a jejich přípojných vozidel [10]

4 OSVĚTLENÍ A BEZPEČNOST

4.1 Viditelnost

Význam dobré viditelnosti v silničním provozu je potvrzen ve statistikách nehod: zatímco tam, kde je asi o 33 procent nižší provoz na silnicích v noci, je riziko smrtelných dopravních nehod, při setmění nebo ve tmě dvakrát tak vysoké jako během dne.

Kromě toho ve věku 40 let, každý začíná trpět snížením vidění. Studie, kterou Německý výzkumný institut provedl ukazuje, že řidiči starší 40 let trpí sníženým viděním při řízení v soumraku a zvýšenou citlivostí na oslnění. Německý demografický vývoj odráží závažnost tohoto problému: před dvaceti lety byl pouze jeden řidič z deseti starší 60 let, nyní to jsou z deseti řidičů řidiči čtyři.

Průzkum, který výzkumný institut od roku 2007 provedl ukazuje, že mnoho řidičů také nemá odpovídající úroveň, která je důležitá pro zrakovou ostrost. Přibližně jedna třetina dotázaných se obávala, že oční optik nebo oční lékař by byl nespokojen s jejich zrakem.

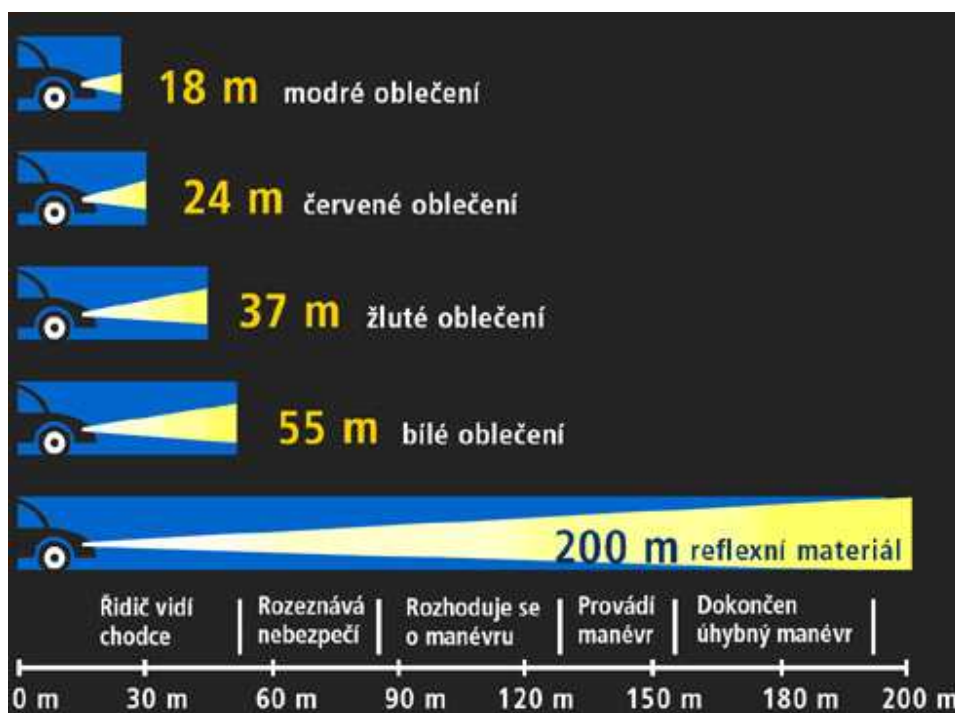
Jednoduchý test může ukázat, zda mohou řidiči vidět dostatečně: podle německého "Gutes sehen" (nezávislá iniciativa podporující vidění pravidelné kontroly a oční zdraví), řidič s perfektním viděním může přečíst dálniční známky ze vzdálenosti 100 metrů. Pokud řidič nemůže známky přečíst, měly by být jeho oči zkontrolovány očním optikem nebo lékařem. Optimální zraková ostrost je důležitá zejména pro noční jízdy. Při jízdě za soumraku se snižuje úroveň viditelnosti přibližně o polovinu, a v úplné tmě o 90 procent.

Také chodci a cyklisté by měli vždy nosit světle barevné oblečení (mít na sobě tmavé oblečení je bezpečnostní riziko) v provozu na pozemních komunikacích. Viditelnost lze zvýšit vhodnou barvou oblečení a doplňky z fluorescenčních a reflexních materiálů, které zvyšují světelný kontrast vůči pozadí a prodlužují tak vzdálenost, na jakou může řidič chodce nebo cyklistu zaznamenat.

Fluorescenční materiály – zvyšují viditelnost za denního světla a za soumraku, ve tmě však svou funkci ztrácejí. Nejčastěji používanými barvami jsou jasně žlutá, zelená a oranžová.

Reflexní materiály – odrážejí světlo v úzkém kuželu zpět ke zdroji a to až na vzdálenost kolem 200 metrů. Výrazně zvyšují viditelnost za tmy a za snížené viditelnosti.

Reflexní materiál je v noci vidět na 3x větší vzdálenost než bílé oblečení a více než na 10x větší vzdálenost než oblečení modré. Při rychlosti 75km/h potřebuje řidič nejméně 31 metrů (1,5 sekundy) na to, aby si uvědomil nebezpečí a odpovídajícím způsobem zareagoval. Pouze s reflexními materiály chodci a cyklisté dají dostatek času. [12,13, 15, 16]



Obr. 35 Viditelnost různých barev oblečení z pohledu řidiče

4.2 TUV studie: Xenonové světlomety mohou zabránit nehodám

Z toho důvodu je proto studie zaměřena na druh osvětlení při noční jízdě a řízení ve špatném počasí. Studie porovnává především bezpečnost osvětlení. Vědecký výzkum ukázal, že stav osvětlovací techniky je skutečný podnět k bezpečnosti. Studie zveřejněná TUV v září 2007 ukázala, že silnější blesk xenonových světlometů, může předejít nehodám. Pokud by byly všechny registrované vozy vybaveny takovými druhy světlometů namísto konvenčních halogenových světlometů, počet závažných nehod na silnicích v noci by mohl být snížen každoročně o více než 50 procent, a více než 30 procent na dálnicích.

Ve studii, TUV odborníci srovnávají četnosti nehod vozidel s a bez xenonových světlometů. Odborníci byli schopni ukázat, že xenonové světlomety mají statisticky významný vliv na úrazové četnosti, bez ohledu na jiné technologické inovace, jako je ABS nebo ESP.

Ještě lepší způsob, jak řídit by bylo, pokud by technologie měly v noci stejný výkon jako ve dne. Podle výzkumu na Technické univerzitě v Darmstadtu v oddělení osvětlovací techniky toho lze téměř dosáhnout adaptibilními předními světlomety AFL. Měření pohybu očí řidiče, vědcům ukázalo, že viditelnost v křivkách při řízení v noci spojené s řídicími xenonovými světlomety se blíží denním limitům. Během složité série testů, systém sledování pohybů oka zachytil více než 50 různých zkušebních předmětů během své cesty s vysoce citlivou infra-červenou kamerou. Zkušební skupina zahrnovala 18-ti leté řidiče, kteří právě dostali jejich první řidičský průkaz, profesionální řidiče a zkušené důchodce do 68 let věku.

Video zobrazování a zrcadlení dvou infračervených paprsků, jejichž cílem je zkušební předměty zobrazovat žákům ukázal tyto výsledky: křivka viditelnosti při noční jízdě založená na technologii xenonových světlometů dosahuje 36 metrů, což je téměř ideální. Při podmínkách běžného denního světla tato křivka dosahuje hodnoty 38 metrů. Ve srovnání s konvenčními statickými halogenovými světlomety produkovat viditelnost v rozmezí pouhých 24 metrů v noci. Dalším argumentem ve prospěch xenonové osvětlovací techniky je také nižší spotřeba paliva vozů vybavených těmito světlomety. Vzhledem k tomu, že zapálit plyn u světlometů vyžaduje podstatně nižší výkon (35 namísto 60 wattů za světla). [12, 13]

5 METODIKA EXPERIMENTU

V experimentální části této práce jsou porovnávány dvě vozidla. První Audi A6 Avant Quattro s xenonovými světlomety a druhé Ford Focus se světlomety halogenovými. Jsou měřeny stanovené hladiny intenzity osvětlení. Výsledky jsou zaznamenány do grafické podoby.

5.1 Statické měření dosvitu vozidla

Statické měření dosvitu spočívá v měření osvětlení vozovky stojícím vozidlem s rozsvícenými potkávacími světly. Cílem statického měření je zjištění hodnot osvětlení vozovky a sestavení grafického modelu osvětlení pomocí křivek shodného osvětlení izolux. Tyto výsledky je možné použít k analytickému řešení.

5.2 Metodika statického měření

Statické měření spočívá v měření dosvitu potkávacích světlometů luxmetrem.

První fáze měření představuje přípravu měřicí sítě na vozovce:

Vyznačení měřicí sítě na vozovce, kde se bude měřit osvětlení vozovky, s krokem v příčném směru 0,5 m na levou i pravou stranu od osy vozidla a v podélném směru s krokem 1 m od předních světlometů automobilu.

Druhá fáze představuje přípravu vozidla:

Zápis údajů vozidla. Kontrola světlometů. Znečištění, poškození. Nastavení světlometu na dané zatížení a kontrola tlaku v pneumatikách. Ustavení vozidla na místo měření.

Třetí fáze nastavení měřícího zařízení a změření hodnoty osvětlení přirozeného pozadí:

Na měřícím zařízení je potřeba nastavit výšku měřícího čidla (25 cm a následně 50 cm nad povrch vozovky) a měřící rozsah. Měřící rozsah měníme v průběhu měření tak, abychom pokud možno mohli odečítat co nejpřesnější hodnoty osvětlení.

Čtvrtá fáze měření hodnoty osvětlení

S měřícím zařízením postupně procházíme celou zakreslenou síť a měříme stanovené hodnoty intenzity osvětlení. Měříme hodnoty 5, 10, 20, 40, 60, 80 a 100 lx. První měření provádíme ve výšce 25 cm nad vozovkou u vozidla Audi A6. Postupně zapisujeme příslušné hodnoty intenzity osvětlení a jí příslušnou vzdálenost od osy vozidla v příčném i podélném směru. Tím získáváme před vozidlem průběh křivek intenzity osvětlení tzv. izolux, v závislosti na příčné vzdálenosti od osy vozidla. Po zjištění všech stanovených hodnot intenzity osvětlení pro vozidlo Audi A6 ve výšce 25 cm nad vozovkou, provedeme měření intenzity osvětlení ve výšce 50 cm nad vozovkou. Měření intenzity osvětlení ve výšce 25 cm a 50 cm nad vozovkou opakujeme i u vozidla Ford Focus.

5.3 Technické prostředky experimentu

Luxmetr PU 550



Obr. 36 Luxmetr PU 550

Pro statické měření dosvitu byl použit luxmetr následujících technických parametru:

PU 550 Luxmetr s číslicovou indikací

Přístroj je určen pro provozní měření osvětlení v průmyslových provozech a na pracovištích za účelem údržby nebo kontroly intenzity osvětlení. Lze jím měřit osvětlení komunikací a provádět některá laboratorní měření v rozsahu jeho technických možností.

Přednosti:

- měřicí sonda je vybavena kosinovým nástavcem pro korekci směrové chyby měřeného záření
- součástí čidla umístěného v měřicí sondě je soustava optických filtrů, zajišťujících spektrální citlivost blízkou spektrální citlivosti lidského oka
- funkce HOLD pro uchování výsledků měření stisknutím tlačítka využitelná např. při měření malých intenzit osvětlení
- možnost externího napájení
- snadná obsluha a minimální údržba

Měřicí rozsahy:

20, 200, 2 000 lx,

20, 100 klx

Přesnost:

± 1 % z měřené hodnoty

± 0,5 % z měřicího rozsahu

+ celková chyba fotometrické sondy

Celková chyba fotometrické sondy:

a) odchylka proudu čidla od lineárního průběhu pro různé intenzity osvětlení
 $L = \max 4\%$.

b) odchylka relativní citlivosti čidla od normované relativní citlivosti lidského oka
 $O = \max. 8\%$ - viz protokol, který je součástí průvodní dokumentace

c) relativní směrová chyba R je dána konstrukcí kosinového nástavce fotometrické sondy

Pro úhly dopadu měřeného optického záření v rozmezí 0° až 60° je hodnota směrové chyby $R = \max 5\%$.

Rozsah pracovních teplot: 0°C až 40°C

Teplotní koeficient: $\pm 0,20\%$ / $^\circ\text{C}$ z měřeného rozsahu

Napájení: baterie 9 V IEC 6 F22 nebo externí zdroj 9 V = [14]

Osobní automobily

K měření byly použity osobní automobily:

Audi A6 Avant Quattro			
Rozměry		Motor	
Délka	4796 mm	Zdvihový objem	2496 cm ³
Šířka	1810 mm	Počet válců	4 v řadě
Výška	1479 mm	Rozvod	DOHC
Rozvor náprav	2843 mm	Maximální výkon	110kW při 4000 ot/min
Hmotnost	2260 kg	Maximální točivý moment	310 Nm při 1500 ot/min

Tabulka č. 1 Technické parametry vozidla Audi A6

Ford Focus			
Rozměry		Motor	
Délka	4342 mm	Zdvihový objem	1560 cm ³
Šířka	1840 mm	Počet válců	4 v řadě
Výška	1447 mm	Rozvod	DOHC
Rozvor náprav	2640 mm	Maximální výkon	80 kW při 4000 ot/min
Hmotnost	1260 kg	Maximální točivý moment	240 Nm při 1750 ot/min

Tabulka č. 2 Technické parametry vozidla Ford Focus

6 VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ

6.1 Statické měření hodnoty osvětlení vozovky luxmetrem

Protokol z měření intenzity osvětlení:

Datum měření: 9.5.2007

Místo měření: příjezdová komunikace k závodišti, Pardubice

Povětrnostní podmínky: bezvětří, sucho, zataženo

Stav povrchu komunikace: suchý

Intenzita osvětlení okolí: 0,04 lx

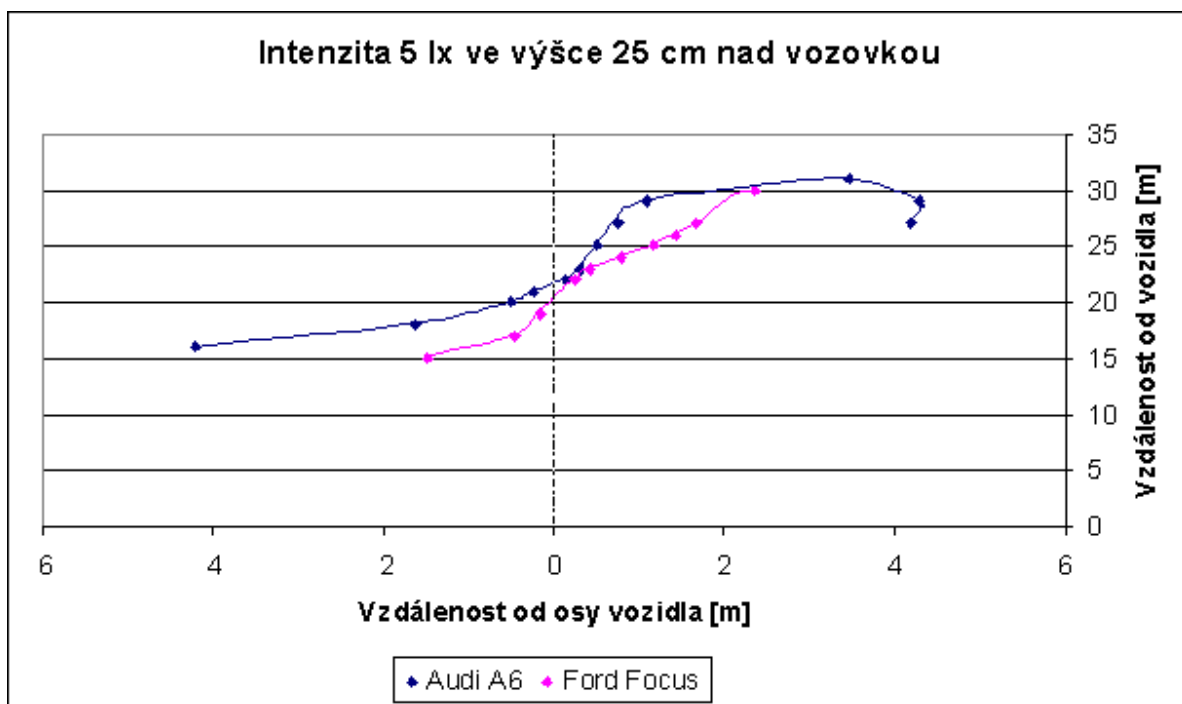
Měřicí zařízení: Luxmetr PU 550 s číslicovou indikací

měřicí rozsah: 20 lx – 100 klx

přesnost: $\pm 1 \%$

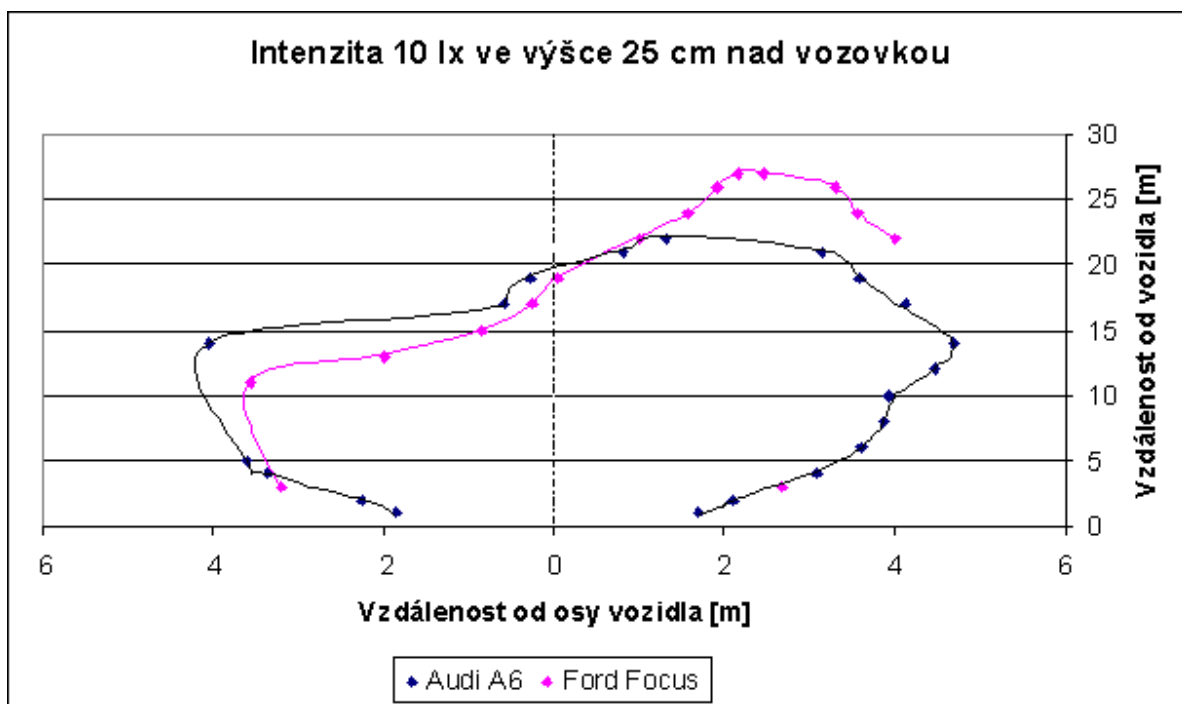
6.2 Výsledky měření:

Naměřené hodnoty intenzity osvětlení vozovky jsou zaznamenány v grafické podobě a jejich vyhodnocení je uvedeno v následující části práce.



Graf č. 1 Intenzita 5 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

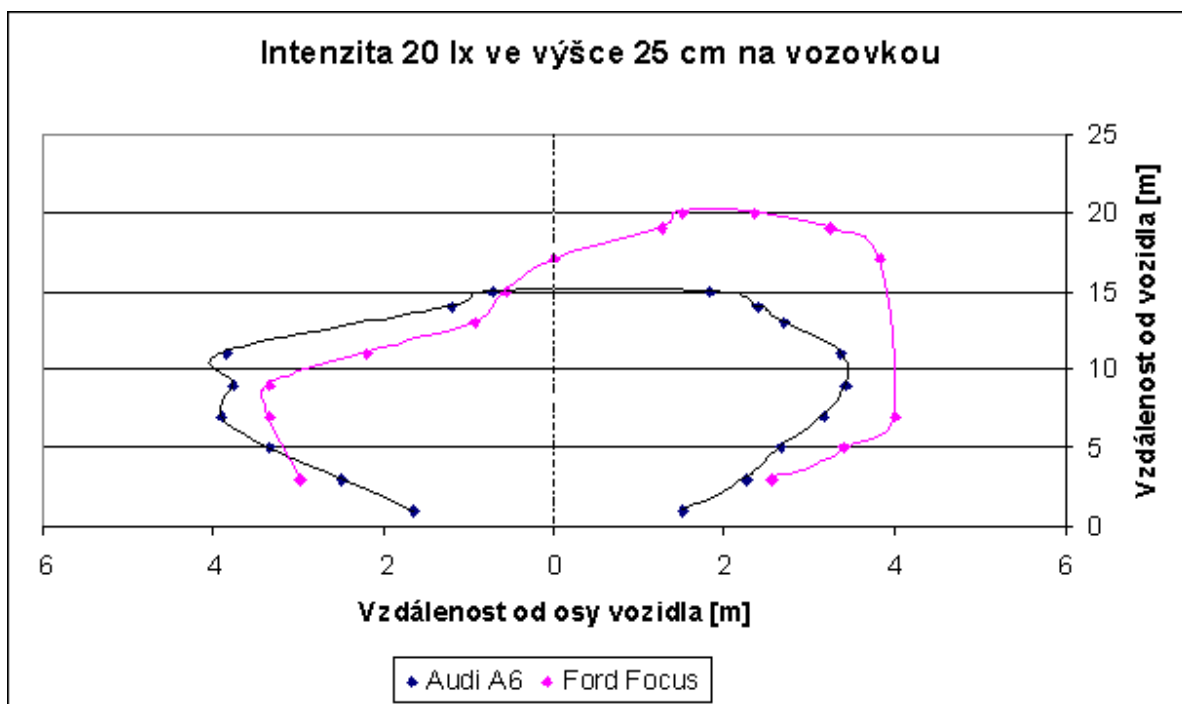
V grafu č. 1 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 5 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která nám udává hranici pro intenzitu osvětlení 5 lx. Z grafu č. 1 vyplývá, že při nejmenší intenzitě osvětlení, tj. 5 lx, osvítí pravé světlo u obou vozidel předmět ve vzdálenost cca 30 m, zatímco levým světlem předmět ve vzdálenosti cca 17 m od vozidla. Měření tedy ukazuje, že oba typy automobilů poskytují intenzitu osvětlení 5 lx maximálně do vzdálenosti cca 30 m od vozidla. Při větší vzdálenosti se již hodnota intenzity snižuje. Vzhledem k nedostatečné šířce vozovky nebylo možné dostatečně proměřit hodnoty osvětlení ve větší vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro hodnotu intenzity osvětlení 5 lx jsou naměřené hodnoty srovnatelné pro oba typy použitých světel.



Graf č. 2 Intenzita 10 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

Naměřené hodnoty, při kterých byla dosažena intenzita osvětlení 10 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou opět u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6), jsou uvedeny v grafu č. 2 v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Křivka, kterou lze opět vytvořit spojením bodů, ohraničuje oblast intenzity 10 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 5 lx (graf č. 1). Graf č. 2 dále ukazuje, že halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět při intenzitě 10 lx ve vzdálenosti cca 27 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (10 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo poloviční cca 13 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť rozdíl vzdáleností, při kterých lze osvětlit předmět pravým a levým světlem (10 lx) se od sebe liší o cca 7m, zatímco u halogenových světel (Ford Focus) je tento rozdíl cca 14 m. Pro pravé světlo (Audi A6) je tedy maximální vzdálenost pro osvětlení předmětu při intenzitě osvětlení 10 lx cca 21 m a pro levé cca 14m. Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti je schopen automobil osvětlit daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro Audi A6 je tato vzdálenost pro obě světla cca 4m od podélné osy vozidla, zatímco pro Ford Focus je tato hodnota pro levé světlo cca 3 m, pro pravé světlo se vzhledem k nedostatečné šířce vozovky

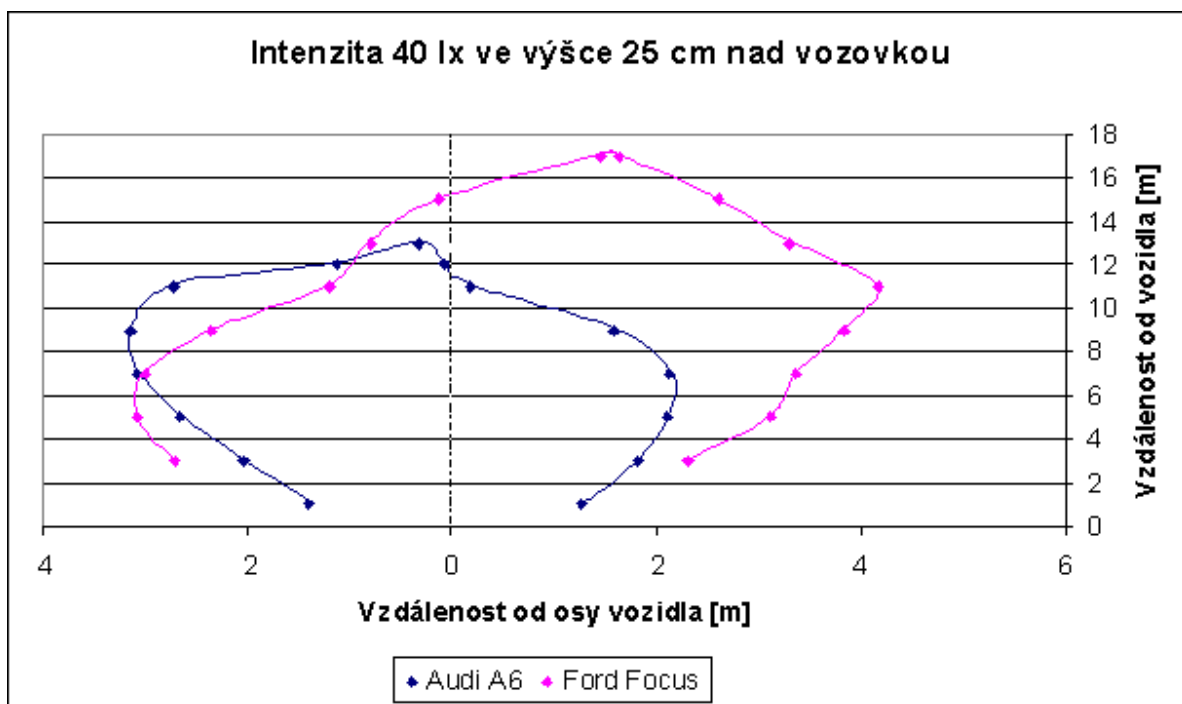
nepodařilo změřit tuto maximální hodnotu. Měření potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky.



Graf č. 3 Intenzita 20 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

V grafu č. 3 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 20 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 20 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 10 lx (graf č. 2). Z grafu č. 3 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 20 lx, osvítil halogenová světla (Ford Focus) předmět ve vzdálenosti cca 20 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (20 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 12 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvítil předmět pouze ve vzdálenosti cca 15 m, což je o cca 5 m méně než světla halogenová. U levého světla (Audi A6) je vzdálenost, ve které uvidí řidič předmět přibližně srovnatelná se světly halogenovými (Ford Focus). Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti jsou schopny automobily osvítil daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro Audi A6 je tato vzdálenost pro levé světlo cca 4m od podélné osy vozidla, zatímco pro Ford Focus je tato hodnota pro levé světlo cca 3,5 m. U pravého světla je vzdálenost v obrácené pořadí, což znamená u vozidla Audi A6 3,5m od podélné osy a u

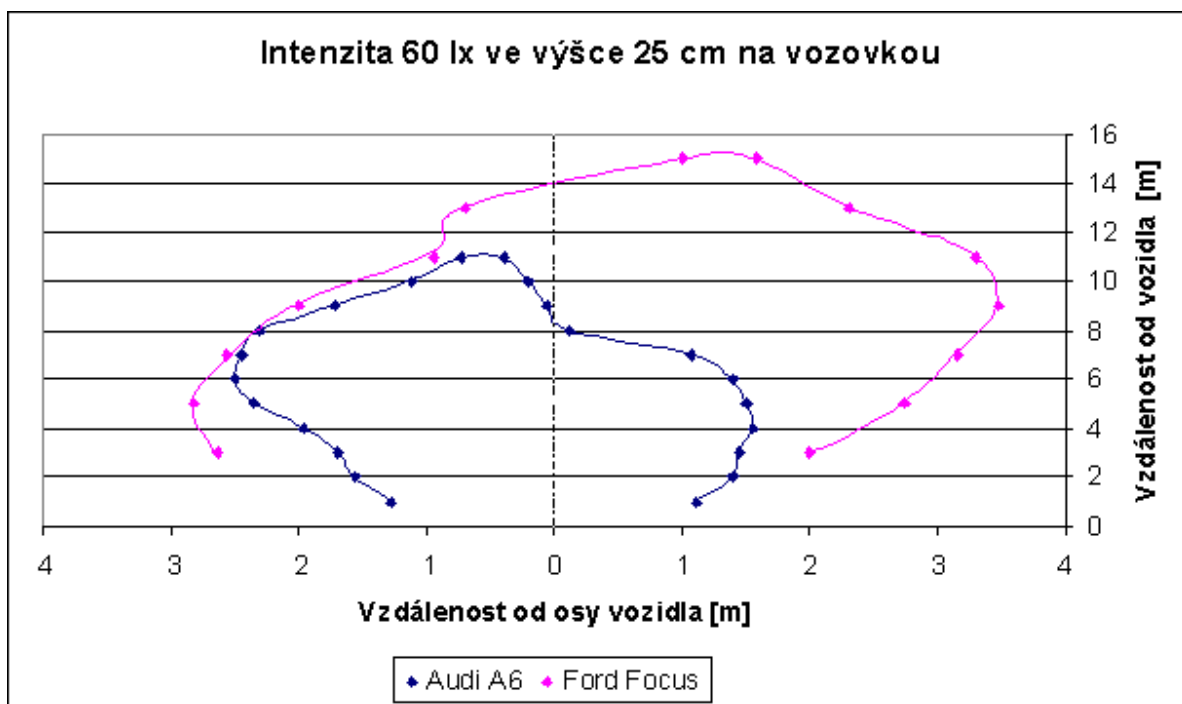
vozidla Ford Focus 4 m od podélné osy automobilu. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky. Tento jev lze pozorovat hlavně u pravých světel, kde se vzdálenost zkracuje o výraznější hodnotu. U levých dochází ke zkracování vzdálenosti daleko pozvolněji.



Graf č. 4 Intenzita 40 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

V grafu č. 4 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 40 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 40 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 20 lx (graf č. 3). Graf č. 4 ukazuje, že u xenonových světel se rozložení světla mezi levým a pravým světlem posouvá spíše do levé části od podélné osy vozidla. Dále z grafu č. 4 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 40 lx, osvítí halogenová světla (Ford Focus) předmět ve vzdálenosti cca 17 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (40 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 10 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvítí předmět pouze ve vzdálenosti cca 10 m, což je o cca 7 m méně než světla halogenová. U levého světla (Audi A6) je vzdálenost, ve které uvidí řidič předmět přibližně srovnatelná se světly halogenovými (Ford Focus). Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti jsou schopny automobily osvítit daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro obě vozidla Audi A6 i Ford Focus je tato vzdálenost pro levé světlo srovnatelná a to cca 3,5 m od podélné osy vozidla. U pravého světla při intenzitě 40 lx

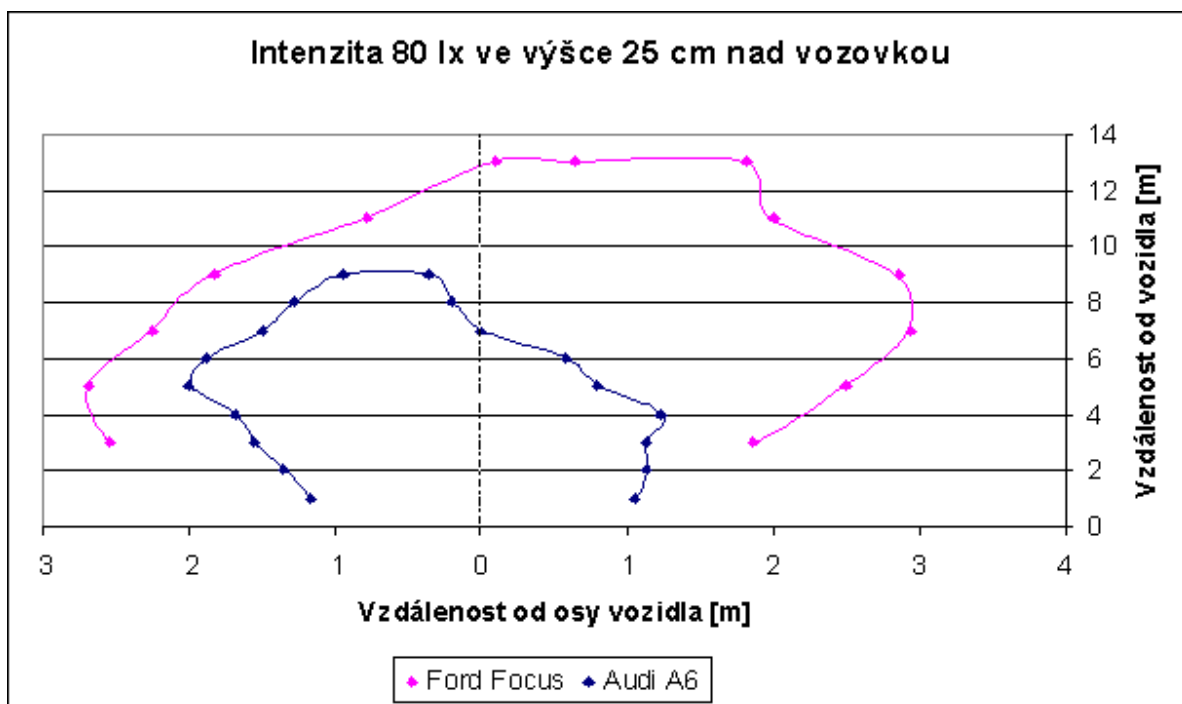
je vzdálenost u vozidla Audi A6, kterou světlo osvítí cca 2m. U vozidla Ford Focus osvítí pravé světlo předmět ve dvojnásobné vzdálenosti než u vozidla se světly xenonovými (Audi A6). Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou cca 4m. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky. Tento jev lze pozorovat hlavně u pravých světel, kde se vzdálenost zkracuje o výraznější hodnotu cca 6m obou vozidel. U levých dochází ke zkracování vzdálenosti daleko pozvolněji cca 3m.



Graf č. 5 Intenzita 60 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

V grafu č. 5 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 60 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 60 lx. Tato křivka osvětlení (60 lx) neleží již tak výrazně pod hraniční křivkou s intenzitou 40 lx (graf č. 4). Graf č. 5 ukazuje, že rozložení světla mezi levým a pravým světlem se u vozidla s xenonovými světly (Audi A6) posouvá spíše do levé části od podélné osy vozidla. Dále z grafu č. 5 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 60 lx halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 15 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (60 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 11 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvětlí předmět pouze ve vzdálenosti cca 7 m, zatímco levé světlo osvětlí předmět ve vzdálenosti až 11 m, což je o cca 4 m více než světlo pravé. Při intenzitě 60 lx je jak u světel halogenových (Ford Focus), tak i u světel xenonových (Audi A6) osvětlená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět, téměř totožná. Pro pravé světlo u vozidla s xenonovými světly (Audi A6) je vzdálenost,

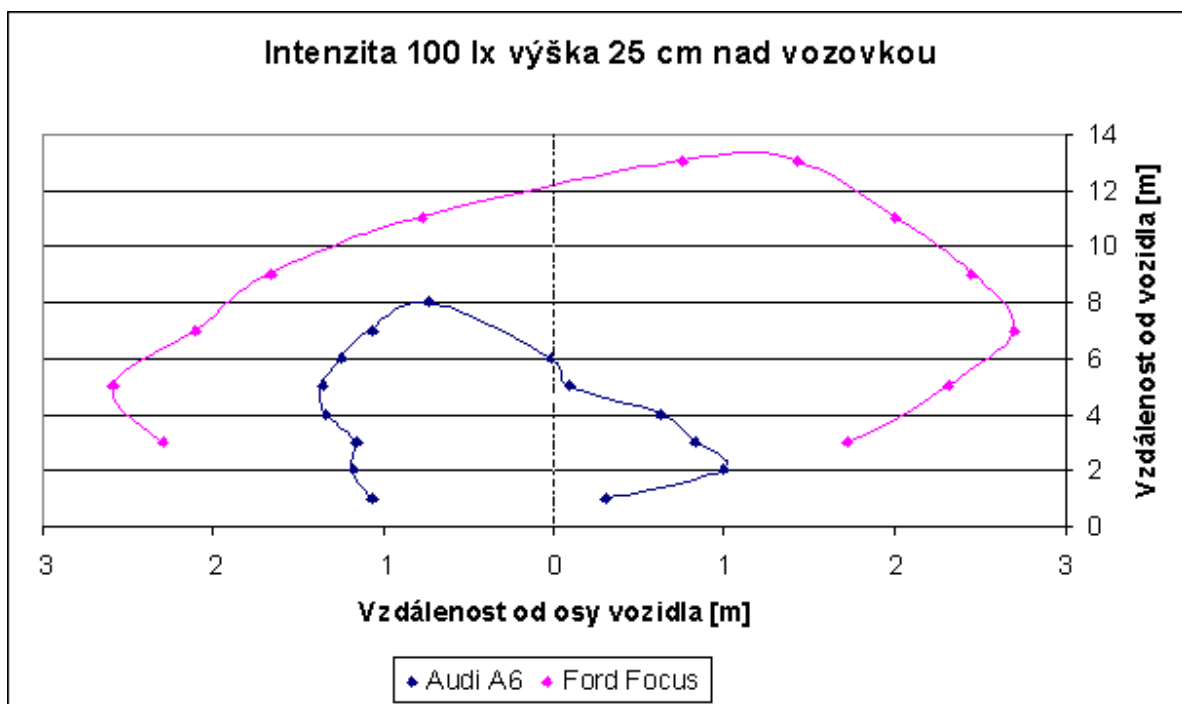
kterou světlo osvítí cca 1,5 m. U vozidla se světly halogenovými (Ford Focus) osvítí pravé světlo předmět až ve dvojnásobné vzdálenosti od podélné osy vozidla než u vozidla s xenonovými světlomety. Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou cca 3,5 m. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky. Tato vzdálenost se u světel halogenových (Ford Focus) i světel xenonových (Audi A6) nezkracuje již tak výrazně jako u předchozích hodnot intenzity osvětlení. Oproti intenzitě 40 lx se tato vzdálenost u intenzity 60 lx zkrátí cca o 1m.



Graf č. 6 Intenzita 80 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

V grafu č. 6 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 80 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 80 lx. Tato křivka leží pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) téměř ve stejné vzdálenosti od podélné i příčné osy vozidla jako křivka pro hladinu osvětlení 60 lx (graf č. 5). U vozidla se světlomety xenonovými (Audi A6) je vzdálenost této křivky od podélné i příčné osy kratší než pro intenzitu osvětlení 60 lx (graf č. 5). Graf č. 6 ukazuje, že rozložení světla mezi levým a pravým světlem se u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6) se opět posouvá spíše do levé části od podélné osy vozidla. Dále z grafu č. 6 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 80 lx, halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 13 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (80 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo jen nepatrně kratší a má hodnotu cca 11 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvětlí předmět pouze ve vzdálenosti cca 6 m, zatímco levé světlo osvětlí předmět ve vzdálenosti až 9 m, což je o cca 3 m více než světlo

pravé. Tento jev není u vozidel žádoucí, protože může dojít k oslnění protijedoucích vozidel. Žádoucí by bylo delší osvětlení pravé části vozovky, kde se může pohybovat cyklista nebo chodec a řidič tak může na překážku ve vozovce dříve reagovat. Při intenzitě 80 lx je osvětlená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět, pro vozidlo s halogenovými světly (Ford Focus) větší než u vozidla se světly xenonovými (Audi A6). Pravé světlo u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6) osvítí předmět ve vzdálenosti, přibližně stejné jako u intenzity 60 lx a to cca 1,3 m. U vozidla se světly halogenovými (Ford Focus) osvítí pravé světlo předmět ve vzdálenosti více než dvojnásobné od podélné osy vozidla než u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6). Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou cca 3 m.



Graf č. 7 Intenzita 100 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou

V grafu č. 7 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 100 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která nám udává hranici pro intenzitu osvětlení 100 lx. Tato křivka je pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) téměř totožná s křivkou pro hladinu osvětlení 80 lx (graf č. 6). Rozdíl je pouze v pozvolnějším přechodu jednotlivých bodů. U vozidla se světlomety xenonovými (Audi A6) je vzdálenost této křivky od příčné osy taktéž téměř totožná s křivkou pro hladinu osvětlení 80 lx, vzdálenost křivky od podélné osy se liší od křivky pro osvětlení 80 lx v pravé části od této osy (graf č. 6). Dále z grafu č. 6 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 100 lx, halogenová světla (Ford Focus) osvítlí předmět ve vzdálenosti cca 13 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (100 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo jen nepatrně kratší a má hodnotu cca 11 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť levé světlo osvítlí předmět ve vzdálenosti cca 8 m, zatímco pravé světlo osvítlí předmět ve vzdálenosti cca 4 m, což je o cca polovinu méně než světlo pravé. Tento jev není u vozidel žádoucí, protože může dojít

k oslnění protijedoucích vozidel. Žádoucí by bylo delší osvětlení pravé části vozovky, kde se může pohybovat cyklista nebo chodec a řidič tak může na překážku ve vozovce dříve reagovat. Při intenzitě 100 lx je osvětlená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět, pro vozidlo s halogenovými světly (Ford Focus) větší než u vozidla se světly xenonovými (Audi A6) a to téměř dvojnásobně. Pravé světlo u vozidla s halogenovými světly (Ford Focus) osvítí oblast před vozidlem, v daleko větším rozsahu než vozidlo se světly xenonovými (Audi A6). U vozidla Ford Focus je vzdálenost hranice křivky osvětlení 100 lx cca 3 m od podélné osy od vozidla, zatímco u vozidla Audi A6 je tato vzdálenost pro stejnou intenzitu (100 lx) pouze 1 m.

6.2.1 Vyhodnocení měření intenzity ve výšce 25 cm nad vozovkou

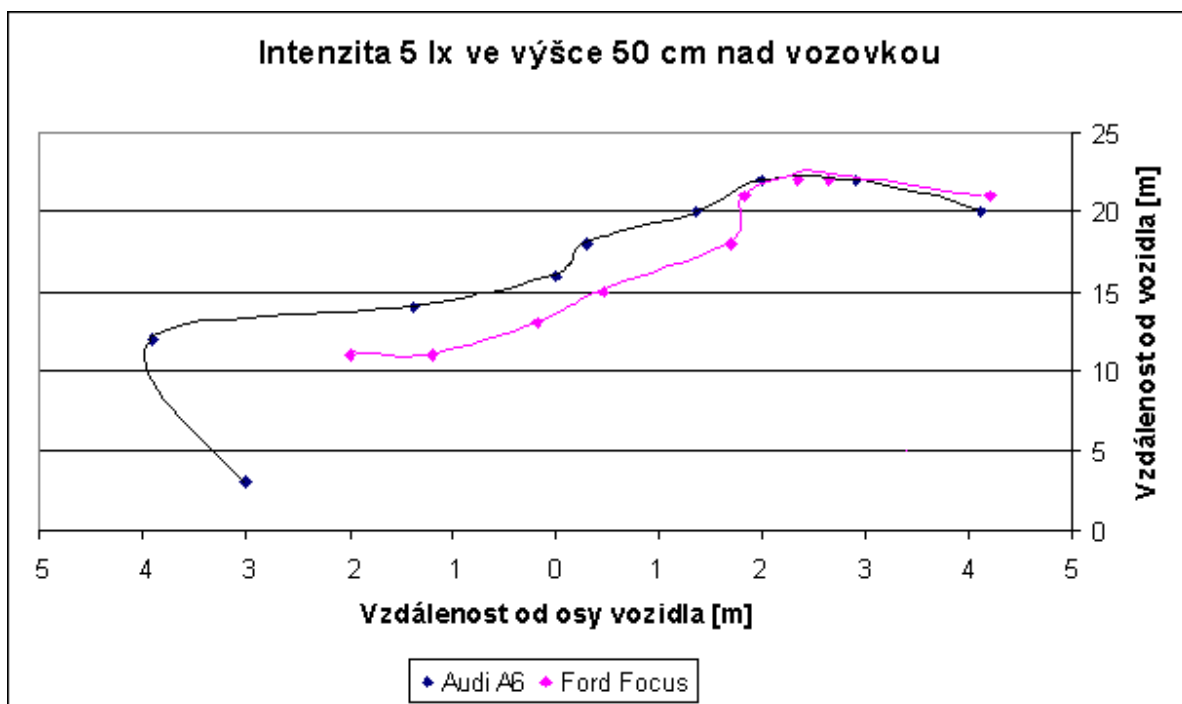
Při nejnižší měřené intenzitě osvětlení (5 lx) jsou výsledky pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) i vozidlo s xenonovými světlomety (Audi A6) srovnatelné. Hraniční křivka intenzity osvětlení vzniklá spojením naměřených bodů se pro obě vozidla téměř shoduje. Při nejnižší intenzitě osvětlení (5 lx) se nepodařilo zjistit body ve větších vzdálenostech od podélné osy vozidla pro nedostatečnou šířku komunikace, na které bylo měření prováděno.

Pro intenzitu 10 lx již jsou rozdíly ve tvaru křivek intenzity osvětlení, které vzniknou spojením naměřených bodů. Xenonové světlomety (Audi A6) osvítily komunikaci dále od podélné osy vozidla v levé části, zatímco halogenové světlomety (Ford Focus) osvítily předmět ve větší vzdálenosti od vozidla.

U intenzity osvětlení 20 lx je vzdálenost od vozidla u světlometů halogenových (Ford Focus), kdy řidič zpozoruje předmět před vozidlem téměř o jednu čtvrtinu větší než u světlometů xenonových (Audi A6).

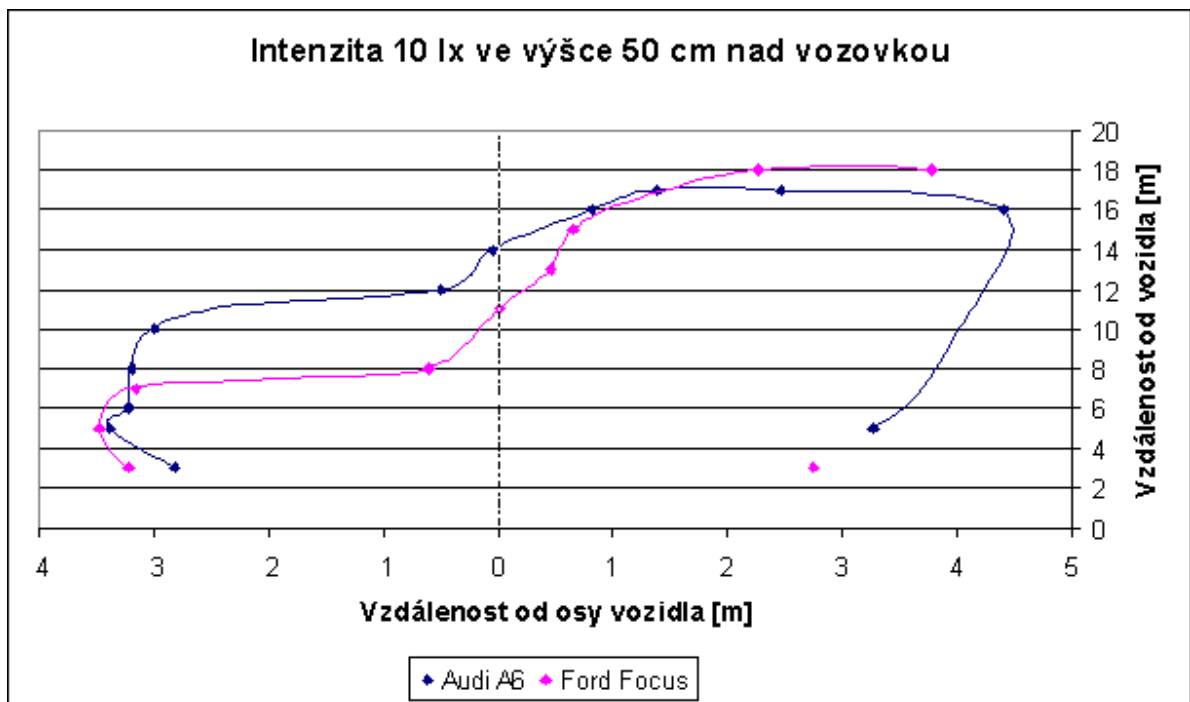
Hraniční křivky intenzity osvětlení pro intenzitu 40 lx je u obou vozidel dosti rozdílná. Xenonové světlomety (Audi A6) osvítily předmět téměř ve stejné vzdálenosti v levé části od podélné osy vozidla, zatímco v pravou část osvítily lépe světlomety halogenové (Ford Focus).

Pro měřené intenzity 60, 80 a 100 lx lze z vypracovaných grafických průběhů vyčíst, že jsou výrazně lepší světlomety halogenové. Halogenové světlomety (Ford Focus) osvítily předmět před vozidlem ve větší vzdálenosti v levé i pravé části od podélné osy vozidla i ve vzdálenosti od vozidla než světlomety xenonové (Audi A6).



Graf č. 8 Intenzita 5 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

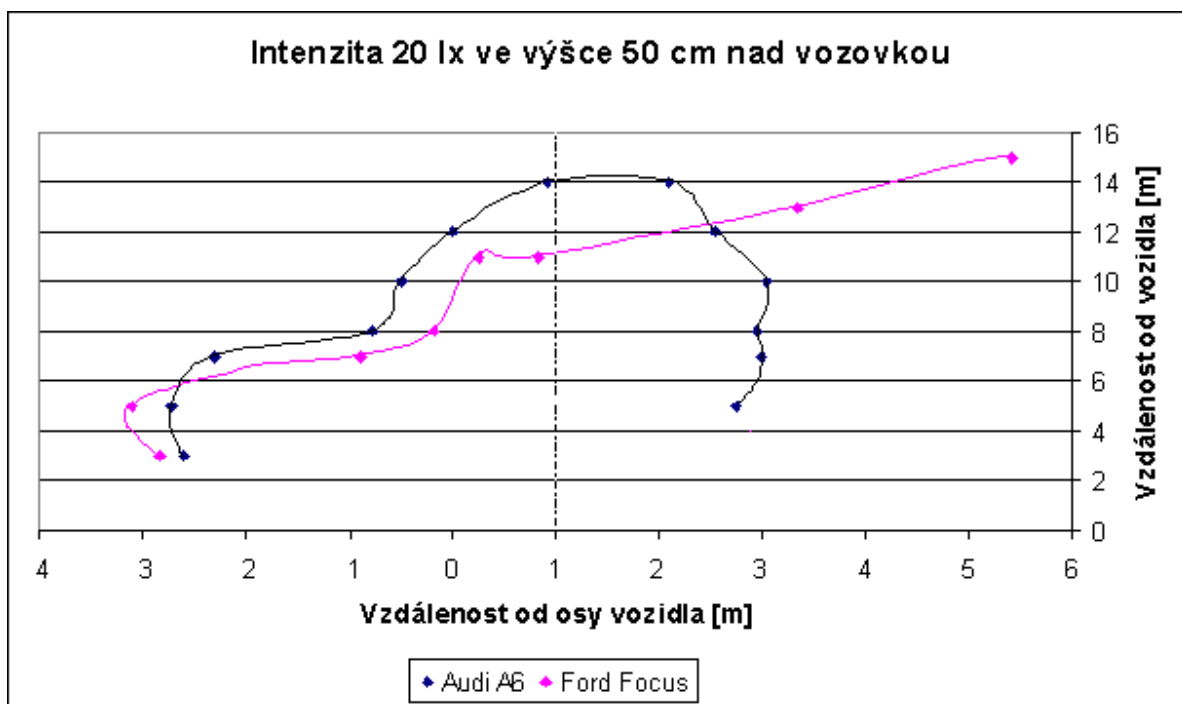
V grafu č. 8 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 5 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 5 lx. Z grafu č. 8 vyplývá, že při nejmenší měřené intenzitě osvětlení, tj. 5 lx, osvítí pravé světlo u obou vozidel předmět ve vzdálenost cca 23 m, zatímco levým světlem u vozidla s xenonovými světly předmět ve vzdálenosti cca 14 m od vozidla a u vozidla se světlomety halogenovými ve vzdálenosti 12 m. Měření tedy ukazuje, že oba typy automobilů poskytují intenzitu osvětlení 5 lx maximálně do vzdálenosti cca 23 m od vozidla. Při větší vzdálenosti se již hodnota intenzity snižuje. Vzhledem k nedostatečné šířce vozovky nebylo možné dostatečně proměřit hodnoty osvětlení ve větší vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro hodnotu intenzity osvětlení 5 lx jsou naměřené hodnoty srovnatelné pro oba typy použitých světel.



Graf č. 9 Intenzita 10 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

Naměřené hodnoty, při kterých byla dosažena intenzita osvětlení 10 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou opět u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6), jsou uvedeny v grafu č. 9 v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Křivka, kterou lze opět vytvořit spojením bodů, ohraničuje oblast intenzity 10 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 5 lx (graf č. 8). Graf č. 9 dále ukazuje, že halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět při intenzitě 10 lx ve vzdálenosti cca 18 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (10 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo jen přibližně třetinová cca 7 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť rozdíl vzdáleností, při kterých lze osvětlit předmět pravým a levým světlem (10 lx) se od sebe liší o cca 6 m, zatímco u halogenových světel (Ford Focus) je tento rozdíl cca 10 m. Pro pravé světlo (Audi A6) je tedy maximální vzdálenost pro osvětlení předmětu při intenzitě osvětlení 10 lx cca 17 m a pro levé cca 11 m. Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti je schopen automobil osvětlit daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro Audi A6 je tato vzdálenost pro pravé světlo cca 4,5 m, pro levé přibližně metry tři od podélné osy

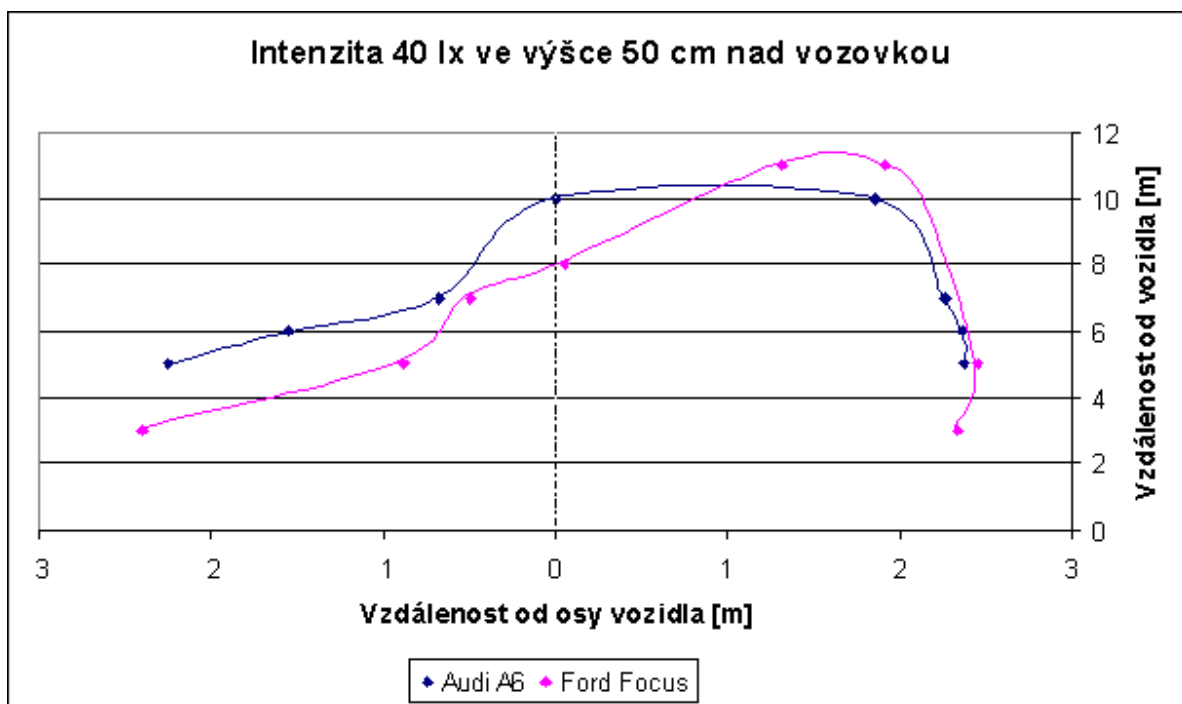
vozidla, zatímco pro Ford Focus je tato hodnota pro levé světlo cca 3,5 m, pro pravé světlo se vzhledem k nedostatečné šířce vozovky nepodařilo změřit tuto maximální hodnotu. Měření potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky.



Graf č. 10 Intenzita 20 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

V grafu č. 4 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 20 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 20 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 10 lx (graf č. 9). Z grafu č. 10 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 20 lx, osvítí halogenová světla (Ford Focus) předmět ve vzdálenosti cca 14 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (20 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 7 m. U xenonových světel (Audi A6) nejsou výsledky až tak odlišné od světel halogenových (Ford Focus) jako u intenzity 10 lx, neboť pravé světlo osvítí předmět ve vzdálenosti cca 14 m, což je shodné se světly halogenovými. U levého světla (Audi A6) je vzdálenost, ve které uvidí řidič předmět přibližně o 1 m delší než u světel halogenových (Ford Focus). Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti jsou schopny automobily osvítit daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro Audi A6 je tato vzdálenost pro levé světlo cca 3 m od podélné osy vozidla, u vozidla Ford Focus je tato hodnota pro levé světlo větší pouze o cca 0,5 m. U pravého světla je vzdálenost u vozidla Audi A6 cca 3m od podélné osy a u vozidla Ford Focus nelze zjistit

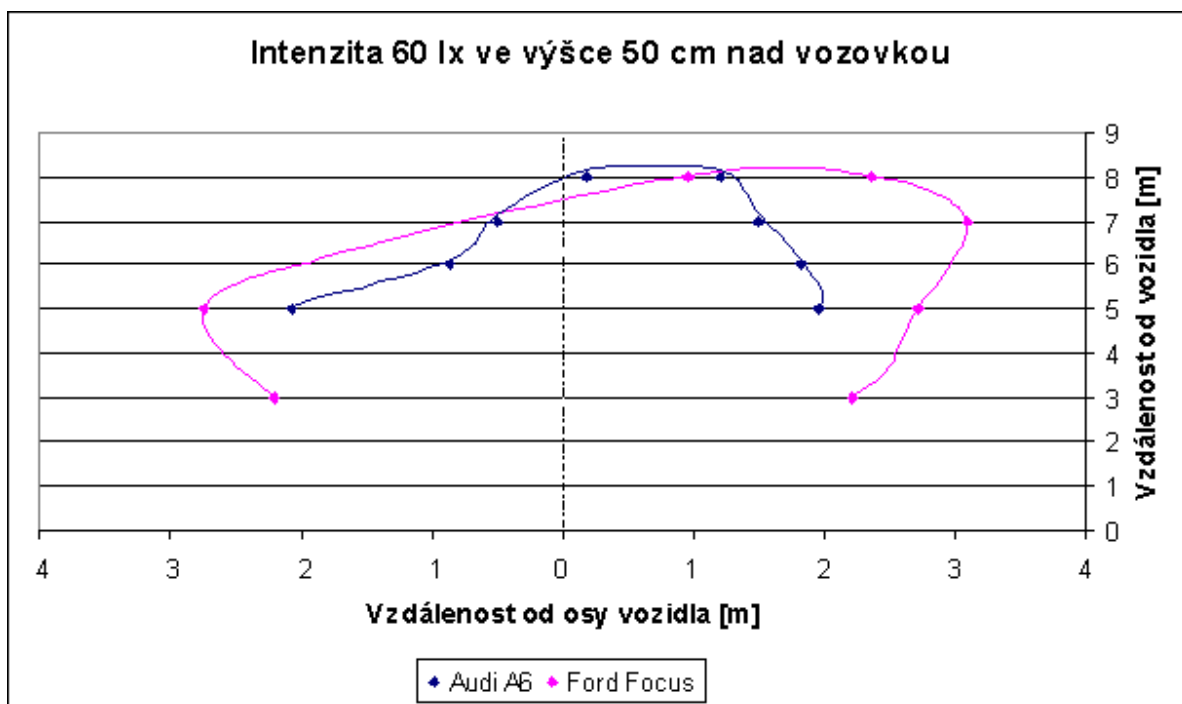
maximální hodnotu od podélné osy automobilu z důvody nedostatečné šířky komunikace. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky.



Graf č. 11 Intenzita 40 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

V grafu č. 11 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 40 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 40 lx a leží pod hraniční křivkou s intenzitou 20 lx (graf č. 10). Graf č. 11 ukazuje, že u xenonových i halogenových světel zůstává rozložení světla mezi levým a pravým světlem u intenzity 40 lx ve výšce 50 cm na vozovkou téměř rovnoměrné, zatímco rozložení světla u stejné intenzity ve výšce poloviční se posouvá spíše do levé části od podélné osy vozidla. Dále z grafu č. 11 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 40 lx, osvítí halogenová světla (Ford Focus) předmět ve vzdálenosti cca 11 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (40 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 5 m. U xenonových světel (Audi A6) nejsou výsledky již tak odlišné od světel halogenových (Ford Focus) jako u měření intenzity ve výšce poloviční, neboť pravé světlo u vozidla s xenonovými světlomety osvítí předmět ve vzdálenosti cca 10 m, což je jen o cca 1 m méně než světla halogenová. U levého světla (Audi A6) je vzdálenost, ve které uvidí řidič předmět také přibližně srovnatelná se světly halogenovými (Ford Focus). Rozdíl u obou druhů

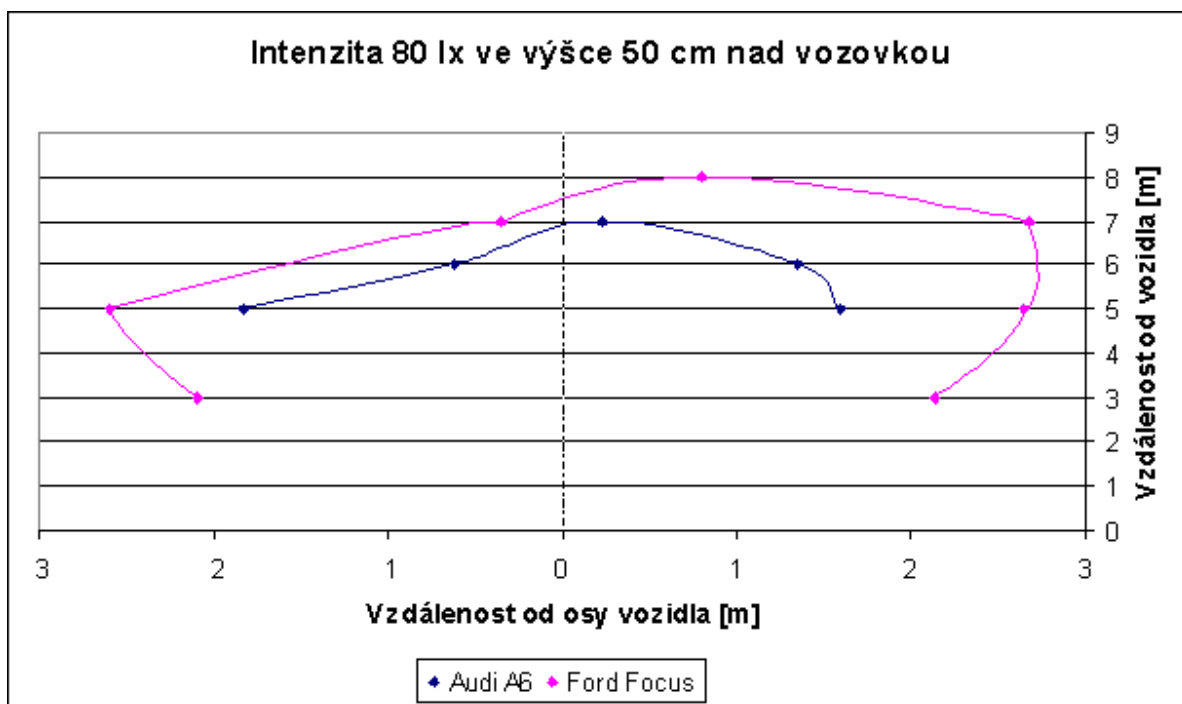
světla je pouze přibližně jeden metr. Dále lze hodnotit, do jaké vzdálenosti jsou schopny automobily osvětlit daný předmět ve vzdálenosti od podélné osy vozidla. Pro obě vozidla Audi A6 i Ford Focus tuto vzdálenost pro levé světlo nelze zjistit z důvodu šířky komunikace, na které měření probíhalo. U pravého světla při intenzitě 40 lx je vzdálenost u vozidla Audi A6, kterou světlo předmět osvětlí cca 2,5 m. U vozidla Ford Focus osvětlí pravé světlo předmět v přibližně stejné vzdálenosti jako u vozidla se světly xenonovými (Audi A6). Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou taktéž cca 4 m. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky. Tento jev lze pozorovat hlavně u pravých světla, kde se vzdálenost zkracuje o výraznější hodnotu cca 3 m obou vozidel. U levých dochází ke zkracování vzdálenosti daleko pozvolněji cca 1 m.



Graf č. 12 Intenzita 60 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

V grafu č. 12 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 60 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 60 lx. Tato křivka osvětlení (60 lx) neleží již tak výrazně pod hraniční křivkou s intenzitou 40 lx (graf č. 11). Graf č. 5 ukazuje, že rozložení světla mezi levým a pravým světlem je u vozidla s xenonovými světly (Audi A6) téměř stejnoměrně rozloženo na obě strany od podélné osy vozidla. Dále z grafu č. 5 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 60 lx halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 8 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (60 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo cca 6 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky poměrně stejné jako u světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 8 m, zatímco levé světlo osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 5 m, což je o cca 3 m méně než světlo pravé. Při intenzitě 60 lx již není vzdálenost od podélné osy, kdy řidič zpozoruje předmět, tak shodná jako u předchozích hodnot intenzit osvětlení. U vozidla se světly halogenovými (Ford Focus), je tato vzdálenost cca 3m. U světel xenonových (Audi A6)

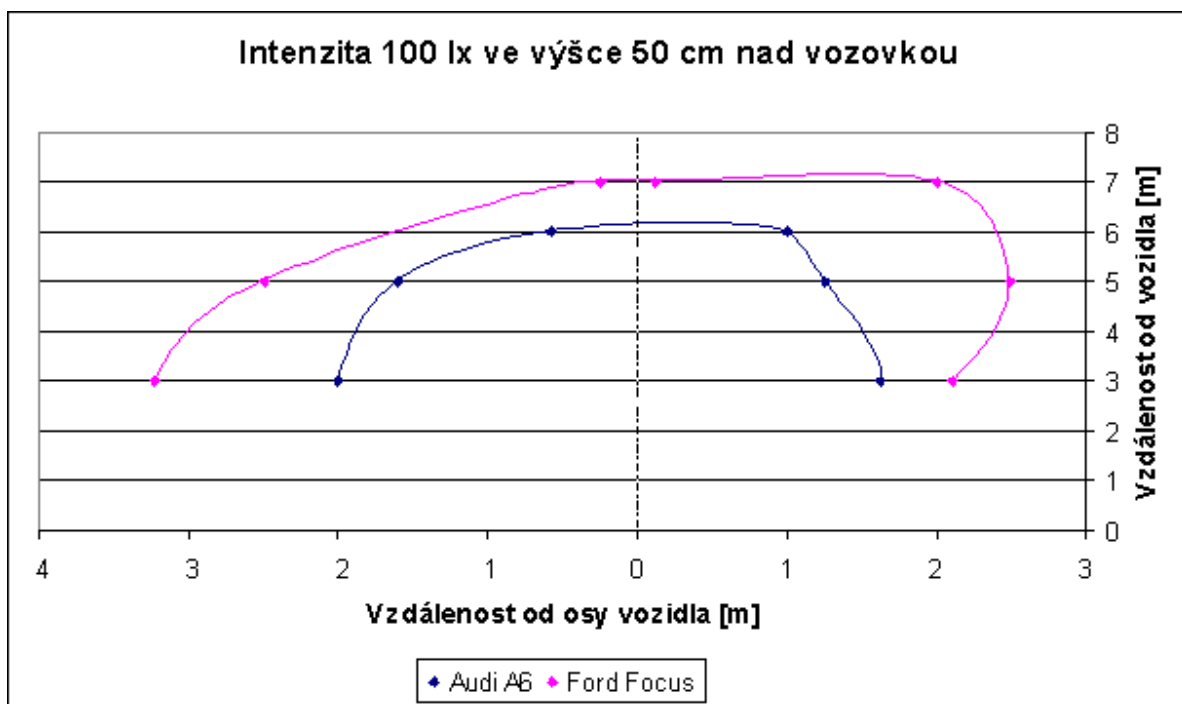
je osvícená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět přibližně totožná jako u světel halogenových. Pro pravé světlo u vozidla s xenonovými světly (Audi A6) činí vzdálenost, kterou světlo osvítí cca 2 m. U vozidla se světly halogenovými (Ford Focus) osvítí pravé světlo předmět téměř ve vzdálenosti o polovinu větší od podélné osy vozidla než u vozidla s xenonovými světly. Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou cca 3 m. Měření opět potvrdilo, že s rostoucí intenzitou se zkracuje vzdálenost osvětlení vozovky. Tato vzdálenost se u světel halogenových (Ford Focus) i světel xenonových (Audi A6) nezkracuje již tak výrazně jako u předchozích hodnot intenzity osvětlení. Oproti intenzitě 40 lx se tato vzdálenost u intenzity 60 lx zkrátí cca o 2 m.



Graf č. 13 Intenzita 80 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

V grafu č. 13 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 80 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která udává hranici pro intenzitu osvětlení 80 lx. Tato křivka leží pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) téměř ve stejné vzdálenosti od podélné i příčné osy vozidla jako křivka pro hladinu osvětlení 60 lx (graf č. 12). U vozidla se světlomety xenonovými (Audi A6) je vzdálenost této křivky od příčné osy kratší přibližně o 1 m než pro intenzitu osvětlení 60 lx (graf č. 12). Graf č. 13 ukazuje, že rozložení světla mezi levým a pravým světlem u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6) je opět téměř shodně rozloženo od podélné osy vozidla na obě strany. Dále z grafu č. 13 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 80 lx, halogenová světla (Ford Focus) osvětlí předmět ve vzdálenosti cca 8 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (80 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo kratší a má hodnotu cca 6 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky odlišné od světel halogenových (Ford Focus), neboť pravé světlo osvětlí předmět pouze ve vzdálenosti cca 7 m, zatímco levé světlo osvětlí předmět ve vzdálenosti 6 m, což je již jen o cca 1 m méně než světlo

pravé. Tento jev je u vozidel žádoucí, protože řidič může zpozorovat předmět v pravé části vozovky, kde se může pohybovat cyklista nebo chodec a řidič tak může na překážku ve vozovce dříve reagovat. Při intenzitě 80 lx je osvětlená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět, pro vozidlo s halogenovými světly (Ford Focus) větší než u vozidla se světly xenonovými (Audi A6) a to cca o 0,5 m. Pravé světlo u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6) osvítí předmět ve vzdálenosti, přibližně stejné jako u intenzity 60 lx a to cca 1,5 m. U vozidla se světly halogenovými (Ford Focus) osvítí pravé světlo předmět ve vzdálenosti téměř dvojnásobné od podélné osy vozidla než u vozidla s xenonovými světlomety (Audi A6). Tato vzdálenost od podélné osy automobilu jsou cca 3 m.



Graf č. 14 Intenzita 100 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou

V grafu č. 14 jsou znázorněny body, při kterých byla naměřena intenzita osvětlení 100 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou u 2 typů světel – halogenová světla (Ford Focus) a xenonová světla (Audi A6) v závislosti na vzdálenosti od podélné a příčné osy vozidla. Spojením bodů lze vytvořit křivku, která nám udává hranici pro intenzitu osvětlení 100 lx. Hranice této křivky je pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) posunuta přibližně o 1 m blíže k vozidlu (graf č. 13) než u intenzity 80 lx. U vozidla se světlomety xenonovými (Audi A6) je vzdálenost této křivky od příčné osy téměř totožná s křivkou pro hladinu osvětlení 80 lx, (graf č. 13). Dále z grafu č. 14 vyplývá, že při intenzitě osvětlení 100 lx, halogenová světla (Ford Focus) osvítlí předmět ve vzdálenosti cca 7 m (pravé světlo) od vozidla a při stejné intenzitě (100 lx) je tato vzdálenost pro levé světlo jen nepatrně kratší a má hodnotu cca 6 m. U xenonových světel (Audi A6) jsou výsledky vzdáleností, kdy řidič zpozoruje osvětlený předmět pro levé i pravé světlo téměř shodné. Tato vzdálenost je cca 6 m. Při intenzitě 100 lx je osvětlená oblast od podélné osy vozidla pro levé světlo, kdy řidič zpozoruje předmět, pro vozidlo s halogenovými světly (Ford Focus) větší než u vozidla se světly xenonovými (Audi A6) a to více než o 1 m. Pravé světlo u vozidla s halogenovými světlomety (Ford Focus) osvítlí

oblast před vozidlem, v daleko větším rozsahu než vozidlo se světlometry xenonovými (Audi A6). U vozidla Ford Focus je vzdálenost hranice křivky osvětlení 100 lx cca 2,5 m od podélné osy od vozidla, zatímco u vozidla Audi A6 je tato vzdálenost pro stejnou intenzitu (100 lx) pouze 1,5 m.

6.2.2 Vyhodnocení měření intenzity ve výšce 50 cm nad vozovkou

Při nejnižší měřené intenzitě osvětlení (5 lx) jsou výsledky pro vozidlo s halogenovými světlomety (Ford Focus) i vozidlo s xenonovými světlomety (Audi A6) srovnatelné. Hraniční křivka intenzity osvětlení vzniklá spojením naměřených bodů se pro obě vozidla téměř shoduje. Při nejnižší intenzitě osvětlení (5 lx) se nepodařilo zjistit body ve větších vzdálenostech od podélné osy vozidla pro nedostatečnou šířku komunikace, na které bylo měření prováděno.

Pro intenzitu 10 lx již jsou rozdíly ve tvaru křivek intenzity osvětlení, které vzniknou spojením naměřených bodů. Xenonové světlomety (Audi A6) osvětlí komunikaci dále od podélné osy vozidla v levé části, zatímco halogenové světlomety (Ford Focus) osvětlí předmět ve větší vzdálenosti od vozidla.

U intenzity osvětlení 20 lx je vzdálenost od podélné osy vozidla u světlometů halogenových (Ford Focus), kdy řidič zpozoruje předmět před vozidlem větší než u světlometů xenonových (Audi A6). Tuto maximální hodnotu se vzhledem k nedostatečné šířce komunikace nepodařilo zjistit.

Pro měřené intenzity 40 a 60 lx lze z vypracovaných grafických průběhů vyčíst, že pro oba druhy světlometů jsou křivky intenzity osvětlení jak v levé tak i pravé části od podélné osy vozidla i ve vzdálenosti od vozidla téměř totožné.

Hraniční křivky intenzity osvětlení pro intenzity 80 a 100 lx jsou u halogenových světlometů v obou případech o 1 m více vzdáleny od vozidla než pro světlomety xenonové (Audi A6).

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce byla aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel. Úvodní část práce popisuje aktivní a pasivní bezpečnost automobilů. Druhá část je zaměřena na současný stav osvětlení vozidel. Práce také pojednává o současném stavu a vývoji mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů. Vývoj v oblasti osvětlení automobilů se ubírá směrem k složitějším a také dražším systémům, které ovšem spolu se zdokonaleními i v jiných částech a podskupinách automobilů přispívají ke zvýšení bezpečnosti vozidel a tím i provozu na pozemních komunikacích. Osvětlení nově vyvíjených automobilů musí také splňovat stále náročnější provozní podmínky (např. vyšší teploty) a musí mít stále menší rozměry. Také čas pro vývoj se postupně zkracuje a vývoj je stále více založen na počítačových modelech a výpočtech. Světlomety a svítilny jsou výrazným stylistickým prvkem vozu a tomu odpovídá pozornost, kterou jim věnují designéři. Všechny tyto vlivy a faktory dělají ze světlometů výrobek, který je zajímavý pro odborníky z různých oborů. Při vývoji světlometu se uplatní konstruktéři, optičtí inženýři a fyzici, elektronici, grafici a projektoví manažeři.

V experimentální části této práce bylo provedeno měření statického dosvitu světlometů dvou vozidel. První Audi A6 Avant Quattro s xenonovými světly a druhé Ford Focus se světly halogenovými. Pro statické měření dosvitu byl použit luxmetr PU 550 s číslicovou indikací. Tento přístroj je určen pro provozní měření osvětlení v průmyslových provozech a na pracovištích za účelem údržby nebo kontroly intenzity osvětlení. Lze jím měřit osvětlení komunikací a provádět některá laboratorní měření v rozsahu jeho technických možností. Statické měření dosvitu spočívá v měření osvětlení vozovky stojícím vozidlem s rozsvícenými potkávacími světly. Cílem statického měření bylo zjištění hodnot osvětlení vozovky a sestavení grafického modelu osvětlení pomocí křivek shodného osvětlení izolux.

Přílohou této práce jsou grafické průběhy naměřených hodnot intenzity osvětlení pro jednotlivá vozidla.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] VLK, František. Elektrická zařízení motorových vozidel. 1. vydání. Brno: VLK, 2005. ISBN 80-239-3718-9
- [2] VLK, František. Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy. 1. vydání. Brno: VLK, 2006. ISBN 80-239-6462-3
- [3] VLK, František. Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy. 1. vydání. Brno: VLK, 2006. ISBN 80-239-7062-3
- [4] VLK, František. Karoserie motorových vozidel. 1.vydání. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9
- [5] VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel 2. 1. vydání. Brno: VLK, 2002. ISBN 80-238-7282-6
- [6] ČERNÝ, Josef. Světla a osvětlení silničních vozidel. 1. vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a turistiky, 1995. ISBN 80-85884-18-6
- [7] GRAJA, Milan. Přednášky z předmětu Technický provoz vozidel silničních a MHD
- [8] GREGORA, Stanislav. Přednášky z předmětu Vybrané statě z konstrukce vozidel
- [9] SLAMKA, Juraj. Přednášky z předmětu Bezpečnost silničního provozu
- [10] Homologační předpisy EHK
- [11] Ústav techniky a automobilové dopravy
<http://old.mendelu.cz/~agro/af/technika/html/main.htm>
- [12] GM Media Online GM Europe
<http://media.gm.com/eur/gm/en/index.html>
- [13] GM Media Online Opel International
<http://media.gm.com/intl/opel/en/index.html>
- [14] Měřicí a optické přístroje
<http://www.merici-opticke-pristroje.cz>
- [15] Ministerstvo dopravy ČR
www.mdcr.cz
- [16] Bezpečně na silnicích
<http://www.cyklistikakrnov.com/Bezpecnost/bezpecne-na-silnicich.htm>

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Technické parametry vozidla Audi A6	73
Tabulka č. 2 Technické parametry vozidla Ford Focus	73

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Barva a vlnová délka světla	12
Obr. 2 Konvenční žárovka	14
Obr. 3 Halogenová žárovka	15
Obr. 4 Halogenový cyklus	16
Obr. 5 Typy žárovek pro motorová vozidla	18
Obr. 6 Xenonová výbojka D2S	
Obr. 7 Xenonová výbojka D2R	20
Obr. 8 Dálkové světlo	
Obr. 9 Tlumené světlo	24
Obr. 10 Reflektor světlometu vytváří	
Obr. 11 Rozptylové sklo vytváří požadovaný	25
Obr. 12 Optické prvky rozptylového skla; plastu	26
Obr. 13 Asymetrické rozdělení světla v úrovni vozovky	27
Obr. 14 Princip zobrazovací optiky projekčního světlometu	29
Obr. 15 Systém světlometu „Litronic“ s xenonovou výbojkou	30
Obr. 16 Rozdělení světla v úrovni vozovky	31
Obr. 17 Čtyřreflektorový systém Litronic	32
Obr. 18 Systém Litronic 2 v projekčním světlometu	33
Obr. 19 Systém Litronic 4 v reflexním světlometu	34
Obr. 20 Bifunkční Litronic „Reflexion“	34
Obr. 21 Statické světlometry pro odbočování	36
Obr. 22 Adaptivní (dynamické) světlometry	37
Obr. 23 Doplnkové postranní světlometry	38
Obr. 24 Dynamický světlomet	42
Obr. 25 Zadní čírá lampa LED červená	
Obr. 26 Zadní čírá lampa LED černá	45
Obr. 27 Porovnání rozsahu viditelnosti u dálkových světlometů a u systému s nočním viděním	52
Obr. 28 Jízda bez systému s nočním viděním	
Obr. 29 Viditelnost u systému s nočním viděním	52
Obr. 30 Asistenční systém pro noční vidění BMW	53
Obr. 31 Kamera pro systém nočního vidění	54
Obr. 32 Infračervená technologie s termokamerou pro větší bezpečnost ve tmě	54
Obr. 33 Systém Head-Up Display	55
Obr. 34 Systém Head-Up Display	55
Obr. 35 Viditelnost různých barev oblečení z pohledu řidiče	68
Obr. 36 Luxmetr PU 550	71

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 Intenzita 5 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	75
Graf č. 2 Intenzita 10 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	76
Graf č. 3 Intenzita 20 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	78
Graf č. 4 Intenzita 40 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	80
Graf č. 5 Intenzita 60 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	82
Graf č. 6 Intenzita 80 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	84
Graf č. 7 Intenzita 100 lx ve výšce 25 cm nad vozovkou	86
Graf č. 8 Intenzita 5 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou	89
Graf č. 9 Intenzita 10 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou	90
Graf č. 10 Intenzita 20 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou.....	92
Graf č. 11 Intenzita 40 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou.....	94
Graf č. 12 Intenzita 60 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou.....	96
Graf č. 13 Intenzita 80 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou.....	98
Graf č. 14 Intenzita 100 lx ve výšce 50 cm nad vozovkou.....	100

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A – Intenzita osvětlení vozidla Audi A6 ve výšce 25 cm nad vozovkou
- Příloha B – Intenzita osvětlení vozidla Audi A6 ve výšce 50 cm nad vozovkou
- Příloha C – Intenzita osvětlení vozidla Ford Focus ve výšce 25 cm nad vozovkou
- Příloha D – Intenzita osvětlení vozidla Ford Focus ve výšce 50 cm nad vozovkou

