

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Systemy osvětlení silničních vozidel

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Lachnit, Ph.D.

Autor práce: Petr Blažíček

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Blažíček

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Systémy osvětlení silničních vozidel

Název anglicky

Lighting systems of road vehicles

Cíle práce

Zpracovat přehled základních legislativních požadavků na systémy osvětlení silničních vozidel. Uvést řešení světelných zdrojů a světlometů silničních vozidel a další vývoj v této oblasti.

Metodika

Na základě platné legislativy uvést základní požadavky na světelné systémy vozidel. Charakterizovat konstrukční řešení a vlastnosti světelných zdrojů a světlometů vozidel. Uvést předpokládaný další vývoj osvětlovacích systémů vozidel.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

osvětlení silničních vozidel, světlomety, žárovky světlometů

Doporučené zdroje informací

Šťastný, J., Remek, B.. Autoelektrika a autoelektronika. Praha: Nakladatelství Malina, 2003, ISBN 80-86293-02-5.

Vlk, F.. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakl. Vlk, 2003. ISBN 80-238-5276-0

Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích v platném znění

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

Ing. František Lachnit, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 14. 1. 2014

doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 11. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: systémy osvětlení silničních vozidel vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne:

.....

Petr Blažíček

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Františku Lachnitovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultace při vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině a všem, kteří mě při studiu podporovali.

Abstrakt: Tato bakalářská práce je zaměřena na osvětlení silničních vozidel. Zpracovává přehled problematiky zkoušení, jednotlivých předpisů, směrnic, norem, souvisejících zákonů a legislativních požadavků na hlavní světelná zařízení. Dále se práce zabývá světlem a jeho veličinami, popisem používaných světelných zdrojů, jejich vlastnostmi a porovnáním. Popisuje konstrukci světelných zařízení, především světlometů, a adaptivní systémy používané u moderních vozidel. U každé kapitoly je stručně uvedena historie a vývoj v dané oblasti. Poslední část práce je zaměřena na nové trendy, možnosti a inovace stávajících technologií osvětlení, nastíní blízkou budoucnost a předpokládaný vývoj v této oblasti.

Klíčová slova: osvětlení silničních vozidel, světlometry, žárovky světlometů, světelné zařízení, světlo, legislativa, LED, adaptivní

Lighting systems of road vehicles

Summary: This thesis is focused on the lighting systems of road vehicles. It provides an overview of issues related to testing, various regulations, directives, standards, related laws and legislative requirements for major lighting devices. Furthermore, the thesis deals with light and its variables, presents a description of light sources and their characteristics and compares these. It describes the design of lighting devices, especially headlamps, and adaptive systems used in modern vehicles. As part of each chapter there is a brief outline of the history and development in the particular domain. The last part is focused on new trends, options and upgrades to existing lighting technologies, and it outlines the near future and expected developments in this area.

Key words: road vehicles lighting, headlights, headlamp bulbs, lighting device, light, legislation, LED, adaptive

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	3
2.1	Cíl práce	3
2.2	Metodika	3
3	Zkoušení a schvalování světelných zařízení.....	3
3.1	Kontrola světelného zařízení.....	4
3.2	Požadavky pro schválení samotného světelného zařízení.....	4
3.3	Požadavky pro schválení světelného zařízení z hlediska montáže	5
4	Legislativa	7
4.1	Historie legislativy osvětlení vozidel.....	7
4.2	Předpisy EHK/OSN, směrnice EHS/ES.....	8
4.3	Přehled legislativy týkající se světelných zařízení vozidel.....	8
4.3.1	Předpisy EHK/OSN.....	8
4.3.2	Směrnice EHS/ES (EU).....	10
4.3.3	České normy ČSN.....	10
4.3.4	Mezinárodní normy ISO.....	11
4.3.5	Zákony a vyhlášky České republiky	12
4.4	Legislativní požadavky na světelná zařízení motorových vozidel kategorie M, N, O z hlediska jejich montáže.....	12
4.4.1	Dálkové světlomety.....	12
4.4.2	Potkávací světlomety.....	13
4.4.3	Přední mlhové světlomety	14
4.4.4	Zpětné světlomety	15
4.4.5	Směrové svítilny.....	16
4.4.6	Výstražný signál	18

4.4.7	Brzdové svítilny	18
4.4.8	Denní svítilny	20
4.4.9	Přední obrysové svítilny	21
4.4.10	Zadní obrysové svítilny	22
5	Světelné zdroje	23
5.1	Světlo.....	23
5.1.1	Elektromagnetické záření, citlivost oka	23
5.1.2	Barevná teplota – teplota chromatičnosti	24
5.1.3	Veličiny a jednotky	25
5.2	Typy světelných zdrojů	26
5.2.1	Žárovky	26
5.2.2	Xenonové výbojky	28
5.2.3	Diody LED	31
5.2.4	Laserové diody	33
6	Světelná zařízení.....	35
6.1	Historie a postupný vývoj	35
6.2	Konstrukce světlometů.....	37
6.2.1	Reflexní světlometry.....	38
6.2.2	Projekční světlometry	40
6.2.3	LED světlometry.....	40
6.2.4	Laserové světlometry.....	41
6.3	Adaptivní systémy osvětlení	42
6.3.1	Automatická aktivace a deaktivace světlometů.....	42
6.3.2	Statické a dynamické osvětlování zatáček	42
6.3.3	Adaptivní funkce světlometů AFS	43
6.3.4	Adaptivní dálkové světlometry.....	44

7	Předpokládaný vývoj	47
8	Závěr.....	50
	Seznam použitých zdrojů	52
	Seznam obrázků	59
	Seznam příloh	61

1 Úvod

Světelná zařízení plní základní funkce pro bezpečný pohyb na komunikacích - vidět a být viděn. Podle odborných studií klesá vizuální vnímavost v noci a při nedostatečném osvětlení až na pouhých 4 %, proto je kvalitní osvětlení za těchto podmínek základním předpokladem pro bezpečí všech účastníků silničního provozu. [1]

Statistika nehodovosti v ČR ukazuje, že v roce 2014 bylo šetřeno 21 588 nočních nehod, což je 25,1 % z celkového počtu nehod. Při těchto nehodách zemřelo 207 osob – 32,9 % z celkového počtu usmrcených osob. Chodců bylo při nehodách v noci usmrceno 65, to je 58 % z celkového počtu usmrcených chodců. Při pohledu na stav zemřelých chodců a cyklistů do 30 dnů od nehody oproti usmrceným při nehodě (chodci: 130, tj. +16,1 %, cyklisté: 68, tj. +19,3 %) je patrné, že tyto bohužel celkem časté nehody s chodci a cyklisty mívají vážné následky. Nejtragičtější byly pro chodce měsíce s nejkratším dnem – listopad, prosinec, ve kterých bylo v průměru měsíčně usmrceno 2,5x více chodců než v měsících duben–srpen. Snahou tato čísla chodců snížit je například novela zákona o provozu na silničních komunikacích, platná od 20. února 2016, obsahující povinnost chodců nosit na silnicích za snížené viditelnosti mimo obec reflexní prvky. Na reflexní prvky na světlém oblečení řidiči reagují až 30x dříve než na postavu v tmavém oblečení bez reflexních doplňků. Například v Estonsku v roce 2002 používalo reflexní doplňky 38 % chodců a počet usmrcených za tmy činil 27. O 11 let později, po zavedení povinnosti jejich používání, používalo reflexní doplňky 79 % chodců a o rok později počet usmrcených klesl na 16, z nichž 12 reflexní doplňky nemělo. Vzhledem k tomu, že intenzita provozu v noci je až o 80 % nižší než ve dne, statistiky ukazují zvýšenou nehodovost a úmrtnost při snížené viditelnosti v noci. [2], [3]

Ze smyslových orgánů přijímáme nejvíce informací z vnějšího prostředí zrakem. Dle odhadů asi 90 % informací přijímá řidič pomocí zraku. Těmito informacemi jsou světelné a barevné podněty. Dobré vidění a správné vnímání je předpoklad pro bezpečný pohyb po komunikacích. Na rozdíl od zraku, který je smyslem, neboli schopností přijímat informace z okolí, vnímání je složitý psychologický proces, kterým člověk organizuje svoje počitky a poznává skutečnost. Vidění je proces příjmu informace, která je zachycená fotoreceptory v sítnici oka, viz obrázek 1. Výběr a zpracování informace, včetně převedení optických podnětů na nervové vzruchy, probíhá již v sítnici. Nervové vzruchy vedou

zrakovým nervem k mozkovým centrům vidění, kde vzniká zrakový počitek. Počitek je výsledný element jednoho smyslu. Vytváří obraz některého jednotlivého znaku vnímaného předmětu, např. velikost nebo barvu předmětu. Výsledkem většího počtu počitků je vjem, který je obrazem vnímaného předmětu nebo jevu jako celku, např. velký bílý špinavý automobil. Vhodné světlo a dobré osvětlení mohou přijímání a zpracování výše zmíněných informací významnou měrou usnadnit a urychlit (při jasu $0,15 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ dojde ke vzniku vjemu za přibližně 1 s, při jasu $1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ za 0,5 s).



Obrázek 1 Lidské oko [4]

Výzkumy ukazují, že při rozdělování pozornosti na několik úloh, které musí mozek zpracovávat, dochází k významnému prodloužení reakční doby a ke zvýšení počtu vynechaných reakcí na periferní podněty, tedy ke zhoršení periferního vidění a zúžení zorného pole. Neúplné soustředění se na řízení tedy vede ke zhoršenému zrakovému vnímání a může být jednou z příčin dopravní nehody. [5], [6]

Proto výrobci světelných zařízení věnují velkou pozornost vývoji technologií a systémů osvětlení vozidel.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této práce je bližší seznámení s osvětlením silničních vozidel a pojmy často užívanými v této problematice, vysvětlit základy legislativních požadavků na světelná zařízení, základní principy a vlastnosti světelných zdrojů, popsat konstrukci používaných světelných zařízení a adaptivní systémy. Práce se zmíní o nových trendech, možnostech a inovacích stávajících technologií osvětlení, dále nastíní blízkou budoucnost a předpokládaný vývoj v této oblasti.

2.2 Metodika

K sepsání této bakalářské práce budou informace a data čerpána z důvěryhodných literárních a internetových zdrojů. Mezi literární a internetové zdroje budou patřit jak české, tak i zahraniční prameny, zabývající se problematikou legislativy, konstrukcí a technologiemi světelných zařízení. Z internetových zdrojů budou data čerpána z odborných časopisů v elektronické podobě, webových stránek společností zabývajících se touto problematikou (například firmy Hella, Osram a Automotive Lighting), motoristických serverů a dalších webů. Po obdržení budou informace podrobeny nejprve porovnání, ověření jejich správnosti, důkladnému prostudování a následně poslouží k vypracování práce.

3 Zkoušení a schvalování světelných zařízení

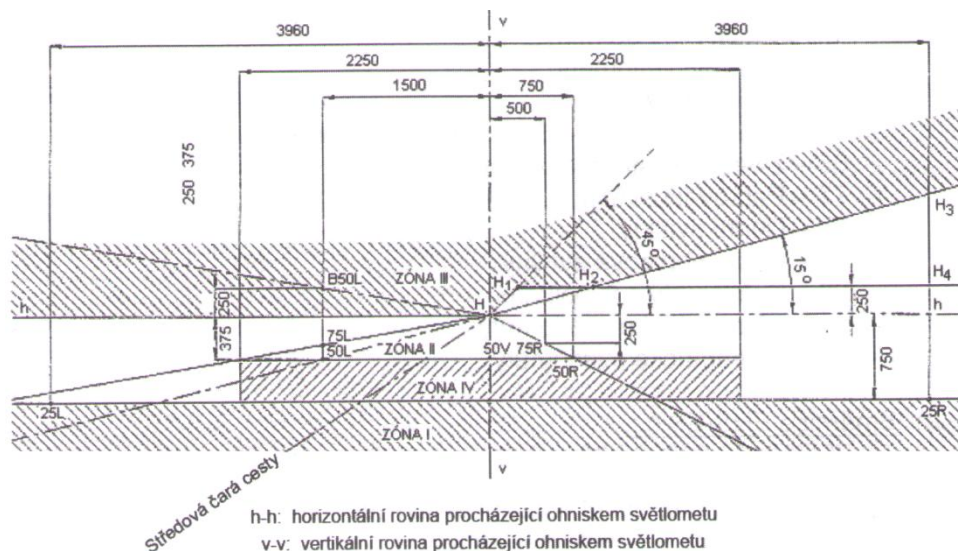
Světelná zařízení, která mohou být podle platné legislativy umístěna na vozidle, podléhají dvojímu schválení: schválení parametrů světelného zařízení nezávisle na vozidle a schválení montáže světelného zařízení na vozidle. [7]

Při schvalování parametrů světelného zařízení se zkoušejí mechanické a geometrické charakteristiky, kolorimetrické charakteristiky, fotometrické charakteristiky a další jiné vlastnosti (např. frekvence).

Při schvalování montáže světelného zařízení se kontroluje jeho přítomnost, počet, uspořádání, poloha, geometrická viditelnost, orientace, elektrické zapojení, indikace a další požadavky (např. max. svítivost). [8]

3.1 Kontrola světelného zařízení

Kontrola světelného zařízení se provádí v měřicí kabině. Je to temná komora, s vnitřním světlo neodrážejícím povrchem, vybavená měřicí rovinou, fotometrickou stěnou a dalšími zařízeními a měřidly. Na měřicí rovinu je přesně umístěno zkoušené světelné zařízení nebo vozidlo. Fotometrická stěna je svislá projekční plocha, na které jsou podle druhu světlometu vyznačeny kontrolní body v daných polohách – viz obrázek 2. Střed obrazce s body musí být v referenční ose světla. Fotometrická stěna je od světelného zařízení vzdálena 25 metrů v případě měření světlometů a 3,16 metrů v případě ostatních svítilek. Z dalších zařízení je v kabině například závaží pro simulaci provozního zatížení. [7]

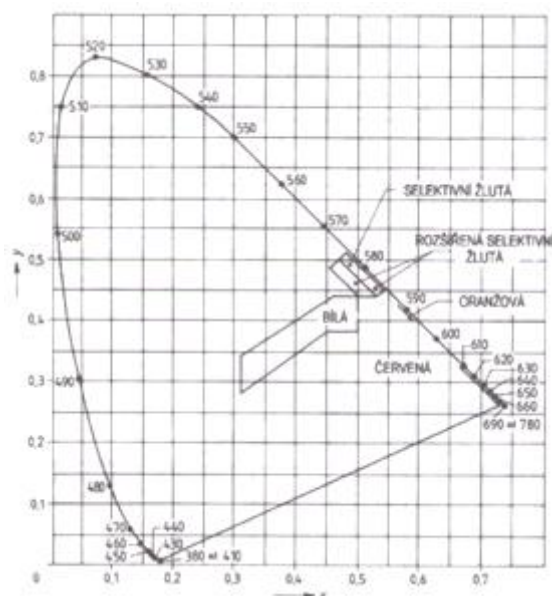


Obrázek 2 Obrazec kontrolních bodů pro asymetrický potkávací světlomet pravostranného provozu na projekční stěně (rozměry jsou udávány v milimetrech na stěně vzdálené 25 metrů) [7]

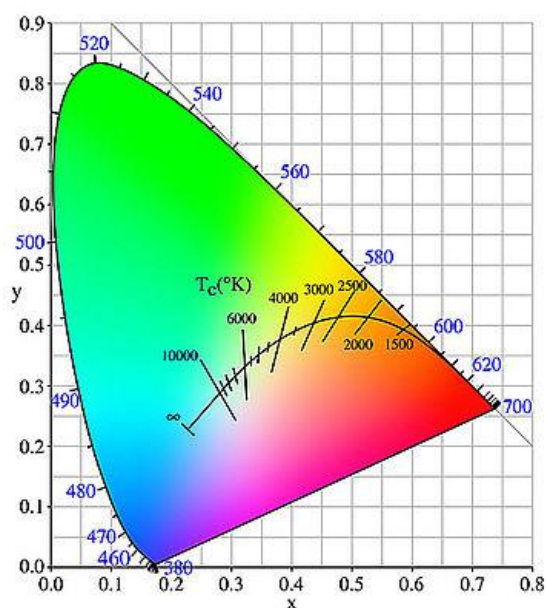
3.2 Požadavky pro schválení samotného světelného zařízení

Pro schválení světelného zařízení patří mezi základní požadavky zajištění jeho dobré funkce a zachování si vlastností předepsané danými předpisy za normálních provozních podmínek bez ohledu na vibrace, kterým může být při užívání vystaveno. Konstrukce zařízení musí být taková, aby žárovka nemohla být upevněna v jiné poloze než v té správné. Rozměry mohou být předpisem pro daný druh zařízení omezeny. Z mechanických vlastností jsou kontrolovány např. odolnost vůči teplotním vlivům, chemickým činidlům, mechanickému narušení.

Dalším požadavkem je kolorimetrická charakteristika neboli barva světla vyzařovaná ze zařízení, která má přesně určené meze barevných odstínů. Těmito mezemi se zabývá například předpis EHK č. 48, který určuje barevné odstíny používaných barev: bílá, selektivní žlutá, oranžová, červená. Meze těchto barev definuje Mezinárodní komise pro iluminaci CIE souřadnicemi v diagramu barevných spekter (chromatičnosti) – viz obrázek 3 a 4. V diagramu jsou číselně vyznačeny vlnové délky světla, které odpovídají výše zmíněným barvám. [8], [7]



Obrázek 3 Diagram chromatičnosti CIE s vyznačenými poli barev používanými na světelných zařízeních vozidel [7]



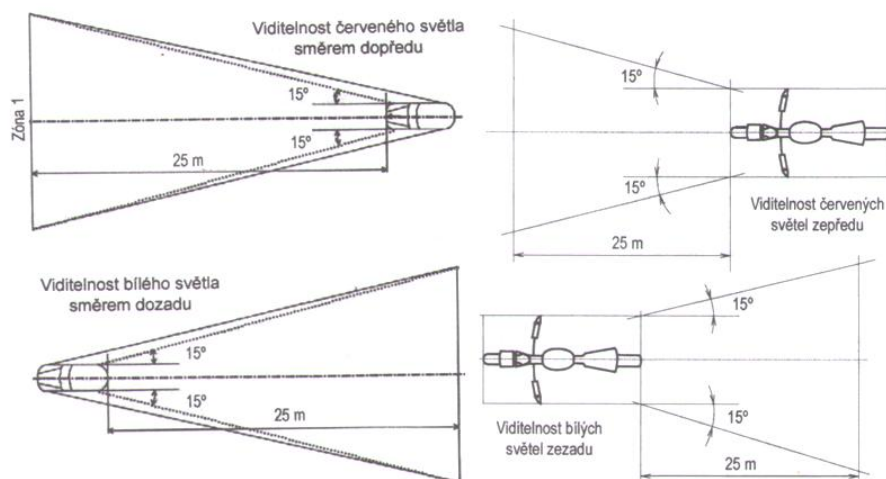
Obrázek 4 Diagram chromatičnosti CIE s vyznačenou Planckovou křivkou teplot chromatičnosti [9]

Fotometrické vlastnosti se měří při rozložení osvětlení na fotometrickou stěnu. Hodnocené jsou veličiny svítivost a osvětlení, dále pak odrazivost. Svítivost a osvětlení jsou ve vyznačených kontrolních bodech předpisy stanoveny podle druhu svítidla. Odrazivost udává množství odraženého světla plochou a je posuzována podle součinitele svítivosti (CIL), což je poměr svítivosti a osvětlení (jednotka milikandela na lux). Podle požadovaných hodnot CIL jsou odrazky rozděleny do tříd. [7]

3.3 Požadavky pro schválení světelného zařízení z hlediska montáže

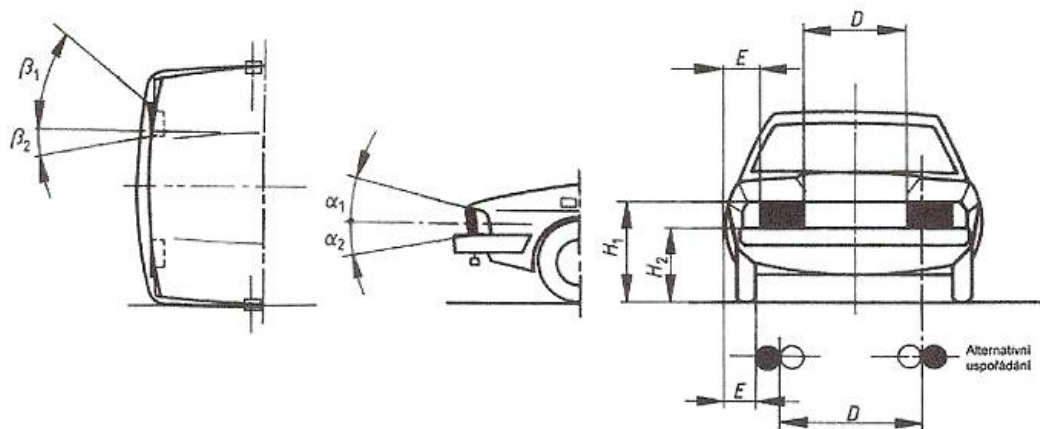
Montáž osvětlení a světelné signalizace musí, kromě již zmíněných požadavků, plnit obecné požadavky. Jedná se o obecné požadavky na elektrické zapojení, na svítidla umístěná na pohyblivých částech. Dále montáž musí za normálních podmínek zajišťovat

stálou polohu zařízení, jde hlavně o její pevnost. Rovina, na které vozidlo stojí, musí být rovnoběžná s referenční osou světla. Červené světlo svítící v zadní části vozu nesmí být vyzařované směrem dopředu a opačně bílé světlo svítící v přední části vozu nesmí být vyzařované směrem dozadu. Hranice viditelnosti těchto vyzařování jsou na obrázku 5. Na výšku je tato mez ohraničena dvěma vodorovnými rovinami umístěnými ve výšce 1 m a 2,2 m nad vozovkou. [7], [8]



Obrázek 5 Zóny nepřipustných viditelností světel a jejich hranice u automobilu (vlevo) a jednostranného vozidla (vpravo): Zóna 1 – nepřipustná viditelnost červeného světla, Zóna 2 – nepřipustná viditelnost bílého světla [7]

Na umístěných světelných zařízeních na vozidle je kontrolována a měřena především poloha a geometrická viditelnost. Při měření polohy světel se měří vzdálenost od základny nebo svislé roviny k referenční ose nebo k okraji referenčních ploch svítidla. Geometrická viditelnost je oblast prostorového úhlu vymezená úsečemi koule, jejíž úhly určují oblast minimální viditelnosti plochy světloometu nebo svítilny – viz obrázek 6. Tyto úhly jsou zjišťovány pomocí projekce světel na tmavou svislou stěnu, případně užitím jiné metody. [7], [8]



Obrázek 6 Geometrie umístění a úhly viditelnosti světel na přední straně vozidla: β – horizontální úhel geometrické viditelnosti, α - svislý úhel geometrické viditelnosti, E – vzdálenost vnějšího okraje referenční plochy svítidla od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla, D – vzdálenost mezi vnitřními okraji referenčních ploch svítidel, H_1 – vzdálenost horního okraje referenční plochy svítidla od základny, H_2 - vzdálenost dolního okraje referenční plochy svítidla od základny [7]

4 Legislativa

Všechna odvětví průmyslové činnosti, včetně automobilového průmyslu, podléhají dodržování různých předpisů a zákonů. Ty přesně definují vlastnosti a funkčnost každé části nebo komponentu, a předepisují, jaké jsou na ni kladeny nároky a požadavky a jak se ověřují. Stejně tak je tomu v oblasti osvětlení automobilů. [10]

4.1 Historie legislativy osvětlení vozidel

Vybavení vozidel světelnými zařízeními bylo jedno z prvních, které bylo zaváděno do výstroje vozidel a zároveň bylo legislativou regulováno. Legislativa týkající se tohoto vybavení je jednou z nejvíce zastoupených, více než čtvrtina předpisů Evropské hospodářské komise se zabývá světelnými zařízeními.

Počátky dopravní legislativy sahají do 19. století. Již v této době se legislativa týkala světelných zařízení. Zákony byly orientovány na rychlost vozidel, signalizaci včetně osvětlení a brzdění vozidel. Mezi důležité historické mezníky patří:

- V říjnu 1909 byla v Paříži uzavřena Mezinárodní smlouva o jízdě automobily.
- 28. 3. 1947 byla založena Evropská hospodářská komise OSN (dále jen EHK), jejíž jedna pracovní skupina zpracovává homologační předpisy motorových vozidel.

- 20. 3. 1958 byla v Ženevě sjednána Dohoda o přijetí jednotných podmínek pro homologaci a vzájemném uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel. Tuto dohodu podepsalo 20 států, včetně Československa.
- od r. 1970 začala Evropská unie v Bruselu vydávat směrnice EHS/ES, které mají vazbu na výrobu a provoz silničních vozidel. Česká republika přistoupila do EU 1. 5. 2004, směrnice však respektovala již od 90. let 20. stol.
- V r. 1998 v Ženevě přijalo OSN Úmluvu o vytvoření první unifikace technických předpisů na celosvětové úrovni. [7]

4.2 Předpisy EHK/OSN, směrnice EHS/ES

Předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) řeší kompletně problematiku předpisů pro motorová vozidla na mezinárodní úrovni. Tyto předpisy jsou závazné pro země, které na ně dobrovolně přistoupí. Po roce 1958 začal ratifikační proces a dosud na jednotlivé předpisy přistoupila většina evropských států, včetně České republiky.

Další orgán řešící tuto problematiku na mezinárodní úrovni, je komise Evropské unie (od r. 2009 jsou předpisy označovány EU), dříve evropského společenství a ještě dříve Evropského hospodářského společenství (EHS/ES). Tyto směrnice evropské unie jsou závazné pro všechny její členy.

S postupem doby se legislativa těchto dvou orgánů stále víc sbližuje, některé směrnice již byly upraveny pro převod na příslušný předpis EHK. Předpisy mnohých velkých mimoevropských států (Austrálie, Kanada, Japonsko) jsou odvozeny z těchto evropských předpisů/směrnic. Předpisy České republiky se odvolávají na předpisy EHK a ve většině případů se příliš neodlišují. [11], [10]

4.3 Přehled legislativy týkající se světelných zařízení vozidel

U jednotlivých předpisů je uveden stručný název.

4.3.1 Předpisy EHK/OSN

- EHK č. 1: Asymetrické světlometry (od 21. 3. 2002 nahrazen předpisem EHK č. 112)
- EHK č. 2: Žárovky asymetrických světlometů (nahrazen předpisem EHK č. 37)
- EHK č. 3: Odrazky
- EHK č. 4: Osvětlení zadní registrační tabulky
- EHK č. 5: Světlometry „sealed beam“ (SB) vozidel kategorie (dále jen vk.) T

- EHK č. 6: Směrové svítilny
- EHK č. 7: Obrysové, brzdové, doplňkové obrysové svítilny
- EHK č. 8: Asymetrické světlomety s halogenovými žárovkami (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 112)
- EHK č. 19: Přední mlhové světlomety
- EHK č. 20: Asymetrické světlomety s halogenovými žárovkami H4 (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 112)
- EHK č. 23: Zpětné světlomety
- EHK č. 31: Halogenové světlomety „sealed beam“ (HSB) vk. M, N a T
- EHK č. 37: Žárovky (nahrazuje předpis EHK č. 2)
- EHK č. 38: Zadní mlhové svítilny
- EHK č. 48: Montáž světelné techniky vk. M, N, O
- EHK č. 50: Svítilny a osvětlení vk. L
- EHK č. 53: Montáž světelné techniky vk. L₃
- EHK č. 56: Světlomety mopedů (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 113)
- EHK č. 57: Světlomety motocyklů (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 113)
- EHK č. 65: Zvláštní výstražná světla
- EHK č. 69: Desky zadního značení pomalých vozidel
- EHK č. 70: Desky zadního značení těžkých a dlouhých vozidel
- EHK č. 72: Světlomety motocyklů asymetrické s halogenovými žárovkami HS1 (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 112)
- EHK č. 74: Montáž světelné techniky mopedů
- EHK č. 76: Světlomety mopedů (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 113)
- EHK č. 77: Parkovací svítilny
- EHK č. 82: Světlomety mopedů s halogenovými žárovkami HS2 (od r. 2004 nahrazen předpisem EHK č. 113)
- EHK č. 86: Montáž světelné techniky vk. T
- EHK č. 87: Denní svítilny
- EHK č. 91: Boční obrysové svítilny
- EHK č. 98: Světlomety s výbojkami
- EHK č. 99: Výbojky
- EHK č. 104: Značení těžkých a dlouhých vozidel vratným odrazem

EHK č. 112: Asymetrické světlomety (od uvedených dat nahrazuje předpisy EHK č. 1, 8, 20 a 72)

EHK č. 113: Symetrické světlomety (od r. 2004 nahrazuje předpisy EHK č. 56,57, 76 a 82)

EHK č. 119: Rohové světlomety

EHK č. 123: Adaptivní přední osvětlovací systémy (AFS)

EHK č. 128: Světlo vyzařující diody (LED)

4.3.2 Směrnice EHS/ES (EU)

76/756/EHS: Montáž světelných zařízení – vk. M, N, O

76/757/EHS: Odrazky – vk. M, N, O

76/758/EHS: Obrysové, brzdové, doplňkové obrysové svítilny

76/759/EHS: Směrové svítilny – vk. M, N, O

76/760/EHS: Osvětlení zadních registračních tabulek

76/761/EHS: Světlomety, žárovky, výbojky

76/762/EHS: Přední mlhové světlomety

77/538/EHS: Zadní mlhové svítilny – vk. M, N, O

77/539/EHS: Zpětné světlomety – vk. M, N, O

77/540/EHS: Parkovací svítilny – vk. M, N

78/933/EHS: Montáž světelných zařízení zemědělských a lesnických traktorů
(od 1. 1. 2010 nahrazeno směrnicí 2009/67/ES)

93/92/EHS: Montáž světelných zařízení vk. L (od 1. 1. 2010 nahrazeno směrnicí 2009/61/ES)

97/24(2)/ES: Světelná zařízení vk. L

2009/61/ES: Montáž světelných zařízení zemědělských a lesnických traktorů
(od 1. 1. 2010 nahrazeno směrnicí 78/933/EHS)

2009/67/ES: Montáž světelných zařízení dvou a tříkolových vozidel
(od 1. 1. 2010 nahrazeno směrnicí 93/92/EHS)

2009/68/ES: Světelná zařízení zemědělských a lesnických traktorů
(od 1. 1. 2010 nahrazeno směrnicí 79/532/EHS)

[12], [13]

4.3.3 České normy ČSN

ČSN 30 4002: Elektrická zařízení motorových vozidel (1. 1. 1976)

- ČSN 30 4304: Optické vložky automobilových světlometů. Základní a připojovací rozměry (1. 1. 1983)
- ČSN 30 4003: Zkouška elektrického a světelného zařízení motorového vozidla (1. 1. 1992)
- ČSN ISO 7227: Silniční vozidla. Osvětlovací a světelné signalizační zařízení. Slovník (1. 1. 1993)
- ČSN ISO 12 509: Stroje pro zemní práce - Osvětlovací a světelná signalizační zařízení, označovací/obrysová světla a odrazky (1. 6. 2005)
- ČSN ISO 6742-1: Jízdní kola. Osvětlovací a odrazná zařízení. Fotometrické a fyzikální požadavky. Část 1: Osvětlovací zařízení (1. 2. 1994)
- ČSN ISO 6742-2: Jízdní kola. Osvětlovací a odrazná zařízení. Fotometrické a fyzikální požadavky. Část 2: Odrazná zařízení (1. 2. 1994)
- ČSN ISO 4210: Jízdní kola. Bezpečnostní požadavky na jízdní kola (1. 4. 1993)
Již neplatné.
- ČSN 30 4302: Vozidla pro silniční motorovou dopravu - osvětlení vozidel (1. 1. 1966)
- ČSN 30 4305: Osvětlovací a návěstní svítilny pro motorová vozidla (1. 10. 1977)
- ČSN 30 4370: Kontrolní svítilny – hlavní rozměry a potřebný volný prostor (1. 6. 1959)

[14], [15]

4.3.4 Mezinárodní normy ISO

- ISO 4148 1978: Varovná a výstražná světla
- ISO 303 1986: Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci motorových vozidel a přípojných vozidel
- ISO 4182 1986: Sklon potkávacího světla jako funkce zatížení
- ISO 9819 1991: Srovnávací tabulky regulace fotometrických požadavků světelných signalizačních zařízení
- ISO 10603 1992: Legislativa týkající se osvětlení a světelné signalizace
- ISO 7227 1993: Terminologie osvětlení a světelné signalizace
- ISO 11842 1997: Srovnání fotometrických požadavků světelných zařízení v různých zemích

[7], [16], [17]

4.3.5 Zákony a vyhlášky České republiky

Zákon 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla)

Zákon 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů

Vyhláška 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

4.4 Legislativní požadavky na světelná zařízení motorových vozidel kategorie M, N, O z hlediska jejich montáže

Jak již bylo uvedeno v odstavci 3.3, požadavky na světelná zařízení jsou: přítomnost, počet, uspořádání, polohu, barvu, geometrickou viditelnost, orientaci, elektrické zapojení, indikaci a další požadavky.

Zdrojem informací je vyhláška 341/2014 Sb., která se odvolává na předpisy EHK/OSN, v tomto případě na předpis č. 48. U ostatních vozidel toto řeší předpisy EHK č. 53, 74 a 86.

Předpis EHK č. 48 specifikuje celkem 25 světlometů a svítilen, proto zde budou uvedeny jen ty nejdůležitější světelná zařízení: světlomet potkávací, dálkový, přední mlhový, zpětný, směrové svítilny, výstražný signál, brzdové svítilny, přední a zadní obrysová svítilna, denní světla.

Úhly geometrické viditelnosti a měření polohy jsou znázorněny na obrázku č. 6.

4.4.1 Dálkové světlometry

Dálkové světlometry podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 31, 98, 112 a 123.

Přítomnost: Povinná na motorových vozidlech, zakázaná na přípojných vozidlech

Počet: 2 nebo 4, u vk. N₃ max. 6

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky

Poloha:

- *na výšku, na šířku:* Žádné zvláštní požadavky.

- *na délku*: Na přední část vozidla; vyzařované světlo nesmí obtěžovat řidiče přímo nebo odrazem.

Barva: Bílá.

Geometrická viditelnost: 5° ve všech směrech.

Orientace: Směrem dopředu. Nejvýše jeden z dálkových světlometů na každé straně vozidla se může stáčet a osvětlovat zatačku.

Elektrické zapojení: Mohou být rozsvěcovány současně nebo v párech, maximálně 2 páry světlometů současně. Při přepnutí na potkávací se musí vypnout všechny dálkové světlometry současně. Potkávací světla mohou zůstat rozsvícena současně s dálkovými. Kromě případů, kdy se používají pro přechodné varovné rozsvěcování v krátkých intervalech, mohou být dálkové světlometry zapnuty pouze v případě, že hlavní spínač světel je v poloze ZAPNUTO pro dálkové světlometry nebo v poloze „AUTO“ (automatický režim) a existují podmínky pro automatické rozsvícení potkávacích světlometů. Ve druhém případě se dálkové světlometry musí automaticky vypnout, když přestanou existovat podmínky pro automatické rozsvícení potkávacích světlometů.

Indikace: Indikace zapojení obvodu je povinná.

Další požadavky: Svítivost všech dálkových světlometů, které lze zapnout současně, nesmí překročit 430 000 cd. Součet všech referenčních hodnot nesmí být větší než 100.

4.4.2 Potkávací světlometry

Potkávací světlometry podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 31, 98, 112 a 123.

Přítomnost: Povinná na motorových vozidlech, zakázaná na přípojných vozidlech.

Počet: 2

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku*: Min. 500 mm, max. 1200 mm nad vozovkou, u vk. N₃G max. 1500 mm.
- *na šířku*: Max. 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla. Min. 600 mm mezi vnitřními okraji světlometů, u vozidel, jejichž šířka je menší než 1300 mm min. 400 mm (nevztahuje se na vk. M₁ a N₁).
- *na délku*: Na přední část vozidla, vyzařované světlo nesmí obtěžovat řidiče přímo, nebo odrazem.

Barva: Bílá.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 15^\circ$ nahoru a 10° dolů
- $\beta = 45^\circ$ ven a 10° dovnitř

Orientace: Směrem dopředu.

Svislá orientace: Meze a výchozí nastavení stanovené výrobcem svislého sklonu je určeno v závislosti na montážní výšce světlometu. Meze svislého sklonu musí být vždy v rozmezí $-0,5\%$ až -3% , u světlometů umístěných výš než 1200 mm až $-3,5\%$. Výchozí nastavení musí být vždy v rozmezí -1% až -2% , u světlometů umístěných výš než 1200 mm až $-2,5\%$.

Elektrické zapojení: Mohou být rozsvíceny současně s dálkovými světlometry. U výbojkových zdrojů světla je toto povinnost. Rozsvícen může být jeden doplňkový zdroj světla nebo jeden nebo několik LED modulů umístěných uvnitř potkávacího světlometu (s výjimkou dálkového světlometu). Potkávací světlometry mohou být zapnuty nebo vypnuty automaticky. Potkávací světlometry však musí být vždy možno zapnout a vypnout ručně.

Indikace: Nepovinná.

Další požadavky: Potkávací světlometry s celkovým skutečným světelným tokem přesahujícím 2 000 lm, musí mít zařízení pro čištění světlometů. Dále musí mít, je-li to pro splnění požadavků na svislou orientaci nezbytné, automatický samočinný ovladač pro seřizování svislého sklonu.

4.4.3 Přední mlhové světlometry

Přední mlhové světlometry podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 19.

Přítomnost: Nepovinná na motorových vozidlech. Zakázaná na přípojných vozidlech.

Počet: 2

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Min. 250 mm, max. u vk. M_1 a N_1 1200 mm nad vozovkou, u vk. N_3G 1500 mm, pro všechna ostatní vozidla 1200 mm nad vozovkou. Nesmí být výše než potkávací světlometry.
- *na šířku:* Max. 400 mm od nejbližšího vnějšího okraje vozidla.
- *na délku:* Na přední část vozidla, vyzařované světlo nesmí obtěžovat řidiče přímo, nebo odrazem.

Barva: Bílá nebo selektivní žlutá.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 5^\circ$ nahoru a dolů
- $\beta = 45^\circ$ ven a 10° dovnitř

Orientace: Směrem dopředu.

Svislá orientace: Svislý sklon musí být u předních mlhových světlometů třídy „B“ – 1,5 % nebo nižší. U světlometů třídy F3 jsou meze a výchozí nastavení stanovené výrobcem svislého sklonu určeny v závislosti na montážní výšce světlometu. U světlometů umístěných níž než 800 mm jsou meze – 1 % až – 3 %, výchozí nastavení je – 1,5 % až – 2 %. U světlometů umístěných výš než 800 mm jsou meze – 1,5 % až – 3,5 %, výchozí nastavení je – 2 % až – 2,5 %.

Elektrické zapojení: Musí být možné zapínání a vypínání nezávisle na dálkových a potkávacích světlometech, nejsou-li přední mlhové světlometry užity jako součást jiné funkce osvětlení v adaptivním systému osvětlení. Funkce zapínání musí mít přednost před funkcí, pro niž jsou přední mlhové světlometry užity jako součást.

Indikace: Indikace zapojení obvodu je povinná.

Další požadavky: Je možné nasměrování a svítivost předního mlhového světla třídy „F3“ automaticky přizpůsobovat vzhledem k daným okolním podmínkám.

4.4.4 Zpětné světlometry

Zpětné světlometry podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 23.

Přítomnost: Povinná na motorových a přípojných vozidlech, kromě vk. O₁.

Počet: Na motorových vk. M₁ a vozidlech, jejichž délka nepřesahuje 6000 mm, je jeden povinný, druhý nepovinný. Na vozidlech, jejichž délka přesahuje 6000 mm, kromě vk. M₁, 2 povinné a 2 nepovinné.

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Min. 250 mm, max. 1200 mm nad vozovkou.
- *na šířku:* Žádné zvláštní požadavky.
- *na délku:* Na zadní část vozidla.

Barva: Bílá.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 15^\circ$ nahoru a 5° dolů
- $\beta = 45^\circ$ ven i dovnitř, jsou-li světlometry dva, pak $\beta = 45^\circ$ ven a 30° dovnitř

Orientace: Směrem dozadu.

Elektrické zapojení: Světlomety se smějí rozsvítit jen tehdy, je-li zařazen zpětný převod a je-li zařízení ovládající spouštění nebo zastavení motoru v takové poloze, že je chod motoru možný. Nesmí se rozsvítit nebo zůstat rozsvícené, nejsou-li splněny obě uvedené podmínky. Pro nepovinné světlomety platí zvláštní požadavky stanovené předpisem EHK č. 23 v odstavci 6.4.7.2.

Indikace: Indikace zapojení obvodu je nepovinná.

4.4.5 Směrové svítilny

Směrové svítilny podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 6.

Přítomnost: Povinná. Typy směrových svítlen jsou rozděleny do kategorií (1, 1a, 1b, 2a, 2b, 5 a 6), jejichž soustava na jednom vozidle představuje uspořádání („A“ a „B“). Uspořádání A se vztahuje na všechna motorová vozidla, uspořádání B pouze na přípojná vozidla.

Počet: Dle způsobu uspořádání, u motorových vk. M a N minimálně 6.

Uspořádání:

Uspořádání A:

- 2 přední směrové svítilny kategorií 1, 1a, 1b. Použití jednotlivých kategorií je omezeno podle vzdálenosti od potkávacího/mlhového světlotmetu.
- 2 zadní směrové svítilny kategorií 2a nebo 2b.
- 2 nepovinné svítilny kategorií 2a nebo 2b na vk. M₂, M₃, N₂, N₃.
- 2 boční směrové svítilny kategorií 5 nebo 6.
- Max. 3 nepovinná zařízení kategorie 5, nebo 1 nepovinné kategorie 6 na každé straně vozidla kategorie M₂, M₃, N₂, N₃ přesahujícího 9 metrů délky.

Uspořádání B:

- 2 zadní směrové svítilny kategorií 2a nebo 2b.
- 2 nepovinné svítilny kategorií 2a nebo 2b na vk. O₂, O₃, O₄.
- Max. 3 nepovinná zařízení kategorie 5, nebo 1 nepovinné kategorie 6 na každé straně vozidla kategorie O₂, O₃, O₄ přesahujícího 9 metrů délky.

Poloha:

- na *výšku*: Pro boční směrové svítilny kat. 5 nebo 6: min. 350 mm (vk. M₁, N₁), 500 mm pro ostatní kategorie vozidel od nejnižšího bodu. Max 1500 mm od nejvyššího bodu (výjimka 2300 mm). Pro směrové svítilny kat. 1, 1a, 1b, 2a a 2b: min. 350 mm, max. 1500 mm (výjimka 2100 mm). Jsou-li namontovány další

nepovinné zadní směrové svítilny, musejí být minimálně 600 mm nad povinnými svítilnami.

- *na šířku*: Max. 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla. Min. 600 mm mezi vnitřními okraji světlometů, u vozidel, jejichž šířka je menší než 1300 mm min. 400 mm.
- *na délku*: Boční směrové svítilny: max. 1800 mm od přední příčné roviny vozidla. Max. 2500 mm u vk. M_1 a N_1 a u všech ostatních vozidel, pokud jejich konstrukce neumožňuje dodržet minimální úhly viditelnosti. Nepovinné svítilny kat. 5 musí být montovány a rozloženy rovnoměrně podél vozidla, nepovinná svítilna kat. 6 musí být montována mezi první a poslední čtvrtinu délky přívěsu.

Barva: Oranžová.

Geometrická viditelnost: znázornění vodorovných úhlů geometrické viditelnosti směrových svítlen viz příloha I.

- přední směrové svítilny:
 $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, pak svislý úhel dolů může být 5° (20° v případě snížení úhlu β dovnitř u vk. M_1 a N_1).
 $\beta = 45^\circ$ dovnitř a 80° ven
- boční směrové svítilny:
 $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů (kat. 5), jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, tak svislý úhel dolů může být 5° . Pro kategorii 6: 30° nahoru a 5° dolů, jsou-li svítilny namontovány výše než 2100 mm nad vozovkou, může být svislý úhel dolů 5° .
 $\beta = \text{min. } 60^\circ \text{ od vozidla, max. } 5^\circ \text{ od vozidla}$
- zadní směrové svítilny:
 $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, může být svislý úhel dolů 5° .
 $\beta = 45^\circ$ dovnitř a 80° ven, nebo podle rozhodnutí výrobce pro vk. M_1 a N_1 : svislé úhly α stejné jako v předešlém odstavci, vodorovné úhly β viz příloha I

Orientace: Dle případných specifikací výrobce pro montáž.

Elektrické zapojení: Směrové svítilny musí být zapínány nezávisle na ostatních světlometech nebo svítilnách. Všechny směrové svítilny na téže straně vozidla se musí zapínat a vypínat tímž ovládacím zařízením a musí svítit přerušovaně ve shodné fázi. U vozidel kategorií M1 a N1 kratších než 6 m a s uspořádáním – viz obrázek 8, musí případné namontované oranžové boční obrysové svítilny také svítit přerušovaným světlem stejnou frekvencí (a ve shodné fázi) jako směrové svítilny.

Indikace: Povinná u směrových svítilen kategorií 1, 1a, 1b, 2a a 2b. Může být optická, zvuková nebo obojí. Pro nepovinné směrové svítilny není indikace činnosti povinná.

Další požadavky: Světlo musí být přerušované s frekvencí 90 ± 30 krát za minutu. Po uvedení spínače v činnost musí nejdéle do jedné sekundy následovat rozsvícení světla a nejdéle do jedné a půl sekundy první zhasnutí světla.

4.4.6 Výstražný signál

Přítomnost: Povinná; signál se dává současnou funkcí směrových svítilen.

Počet, uspořádání, poloha, barva, geometrická viditelnost, orientace: Stejně jako u směrových svítilen.

Elektrické zapojení: Signál musí být ovládán samostatným ručně ovládaným spínačem. Výstražný signál může být aktivován automaticky při srážce vozidla nebo po deaktivaci signálu nouzového brzdění, v takových případech může být vypnut ručně. Výstražný signál musí zůstat schopný činnosti, i když je zařízením pro spouštění nebo zastavení motoru, chod motoru nemožný.

Indikace: Povinná, stejně jako u směrových svítilen.

Další požadavky: Shodné s dalšími požadavky směrových svítilen. Výstražný signál se musí dát uvést v činnost také na přípojných vozidlech.

4.4.7 Brzdové svítilny

Brzdové svítilny podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 7.

Přítomnost: Zařízení kategorií S1 nebo S2: povinná, zařízení kategorie S3 nebo S4: povinná na vk. M₁ a N₁, s výjimkou podvozků s kabinou a těch vozidel kategorie N₁, která mají otevřený prostor pro náklad; nepovinná na ostatních kategoriích vozidel.

Počet: 2 zařízení kategorií S1 nebo S2 a jedno zařízení kategorie S3 nebo S4 na vozidlech všech kategorií. Pokud není namontováno zařízení kategorie S3 nebo S4, je možno na vozidlech kategorií M₂, M₃, N₂, N₃, O₂, O₃ a O₄ namontovat dvě nepovinná zařízení

kategorie S1 nebo S2, nebo zařízení kategorie S3 nebo S4 jiných typů, případně je jinak specificky umístit.

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Zařízení kat. S1/S2: min. 350 mm a max. 1 500 mm nad vozovkou (max. 2 100 mm, nedovoluje-li tvar karoserie dodržet výšku 1 500 mm a nejsou-li namontovány nepovinné svítlny). Případné nepovinné svítlny musí být min. 600 mm nad povinnými svítilnami. Zařízení kat. S3/S4: buď max. 150 mm pod vodorovnou rovinou zasklení zadního okna, nebo min. 850 mm nad vozovkou. Nad brzdovými světly kat. S1/S2.
- *na šířku:* Zařízení kat. S1/S2: u vk. M_1 a N_1 max. 400 mm od vnějšího obrysu na kterékoli straně vozidla. Vzdálenost mezi brzdovými světly neupravuje žádný předpis. U všech ostatních kategorií vozidel min. 600 mm mezi oběma brzdovými světly, u vozidel s šířkou do 1 300 mm min. 400 mm. Zařízení kat. S3/S4: vztažený střed musí být umístěn na střední podélné rovině vozidla. Pokud jsou montována dvě brzdová světla, musí být umístěna po jedné co nejbližší střední podélné rovině na jejich obou stranách. V případě vysunutí jediného brzdového světla kat. S3/S4 mimo střední podélnou rovinu, nesmí vzdálenost překročit 150 mm.
- *na délku:* Zařízení kat. S1/S2: na zadní část vozidla. Zařízení kat. S3/S4: žádné zvláštní požadavky.

Barva: Červená.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů (zařízení kategorií S1 nebo S2), jsou-li svítlny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, pak svislý úhel dolů může být 5° . Svislý úhel nahoru může být 5° v případě nepovinných svítilen min. 2100 mm nad vozovkou. U zařízení kategorie S3 nebo S4: $\alpha = 10^\circ$ nahoru a 5° dolů.
- $\beta = 45^\circ$ ven i dovnitř (zařízení kategorií S1 nebo S2), $\beta = 10^\circ$ ven i dovnitř (zařízení kategorie S3 nebo S4)

Orientace: Směrem dozadu.

Elektrické zapojení: Po sešlápnutí brzdy se musí současně všechny brzdové svítlny rozsvítit. Nemusí svítit, pokud je zařízení pro spouštění a/nebo vypínání motoru v poloze, která motoru neumožňuje provoz.

Indikace: Nepovinná. Je-li indikátor namontován, musí se jednat o indikátor činnosti vydávající nepřerušované výstražné světlo, které se rozsvítí v případě selhání brzdových svítilen.

Další požadavky: Zařízení kategorie S3 nebo S4 nesmí být sloučeno s jakoukoli jinou svítilnou a může být montováno vně vozidla, nebo ve vozidle. Je-li montováno ve vozidle, vyzařované světlo nesmí obtěžovat řidiče přes zařízení pro nepřímý výhled nebo jiné plochy vozidla.

4.4.8 Denní svítilny

Denní svítilny podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 87.

Přítomnost: Povinná na motorových vozidlech. Zakázaná na přípojných vozidlech.

Počet: 2

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Min. 250 mm, max. 1500 mm nad vozovkou.
- *na šířku:* Min. 600 mm mezi oběma denními svítilnami.
- *na délku:* Na přední část vozidla, vyzařované světlo nesmí obtěžovat řidiče přímo, nebo odrazem.

Barva: Bílá.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 10^\circ$ nahoru i dolů
- $\beta = 20^\circ$ ven i dovnitř

Orientace: Směrem dopředu.

Elektrické zapojení: Automatické zapnutí, pokud je zařízení pro spouštění a/nebo vypínání motoru v poloze, která motoru umožňuje provoz. Denní svítilny se musí automaticky vypnout, když je zařízení pro spouštění a/nebo vypínání motoru v poloze, která motoru neumožňuje provoz, nebo jakmile se rozsvítí přední mlhové nebo jiné světlomety s výjimkou přechodného výstražného rozsvěcení v krátkých intervalech. Je-li vzdálenost mezi denní svítilnou a přední směrovou svítilnou menší než 40 mm, denní svítilny se musí vypnout, nebo mít během směrového cyklu sníženou svítivost. Jsou-li tyto dvě svítilny sloučené, denní svítilna se na příslušné straně musí během směrového cyklu vypnout.

Indikace: Nepovinná.

4.4.9 Přední obrysové svítilny

Přední obrysové svítilny podléhají schválení typu podle příslušného předpisu EHK č. 7.

Přítomnost: Povinné pro všechna motorová vozidla a pro přípojná širší než 1600 mm. Pro přípojná vozidla s menší šířkou nepovinná.

Počet: 2

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Min. 350 mm a max. 1 500 mm nad vozovkou (maximálně 2 100 mm u vk. O₁ a O₂ nebo u vozidel ostatních kategorií, nedovoluje-li tvar karoserie dodržet výšku 1 500 mm).
- *na šířku:* Max. 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla. U přípojných vozidel max. 150 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla. U všech kategorií vozidel, kromě vk. M₁ a N₁, musí být svítilny od sebe min. 600 mm, u vozidel s šířkou do 1 300 mm min. 400 mm.
- *na délku:* Žádné zvláštní požadavky.

Barva: Bílá.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, tak svislý úhel dolů může být 5° .
- $\beta = 45^\circ$ dovnitř a 80° ven, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou a v případě snížení úhlu α dolů na 20° , může být úhel dovnitř snížen. U přípojných vozidel může být úhel dovnitř 5° .
- u vk. M₁ a N₁ lze v případě rozhodnutí výrobce a je-li namontována přední boční obrysová svítilna, použít úhly: $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, tak svislý úhel dolů může být 5° ; $\beta = 45^\circ$ ven i dovnitř, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou a v případě snížení úhlu α dolů na 20° , může být úhel dovnitř snížen.

Orientace: Směrem dopředu.

Elektrické zapojení: Musí být provedeno tak, aby bylo možno přední a zadní obrysové světlo, boční obrysové světlo a osvětlení zadní registrační značky zapínat a vypínat jen současně. Je-li svítilna sloučená se směrovou svítilnou, obrysová svítilna se na příslušné straně musí během směrového cyklu vypnout.

Indikace: Povinná, nevyžaduje se, dá-li se osvětlení přístrojové desky zapnout jen současně s předními obrysovými svítilnami.

Další požadavky: Pokud je v přední obrysové svítilně namontován infračervený zářič/zářiče, může být zapnut, pouze pokud je na stejné straně vozidla rozsvícen světlomet a vozidlo se pohybuje dopředu. V případě, že je namontován systém AFS zajišťující režim osvětlení v zatáčce, může být přední obrysová svítilna pootočena společně s jednotkou osvětlení, s níž je sloučena.

4.4.10 Zadní obrysová svítilny

Zadní obrysová svítilny podléhají schválení typu podle příslušného předpisu (EHK) č. 7.

Přítomnost: Povinné pro všechna motorová vozidla – zařízení kategorie R nebo R1 nebo R2.

Počet: 2, nejsou-li namontovány doplňkové obrysová svítilny, je možno na vk. M₂, M₃, N₂, N₃, O₂, O₃, a O₄ namontovat dvě nepovinné obrysová svítilny.

Uspořádání: Žádné zvláštní požadavky.

Poloha:

- *na výšku:* Min. 350 mm a max. 1 500 mm nad vozovkou (maximálně 2 100 mm, nedovoluje-li tvar karoserie dodržet výšku 1 500 mm a nejsou-li namontovány nepovinné obrysová svítilny). Případné nepovinné svítilny musí být min. 600 mm nad povinnými svítilnami a souměrně umístěny.
- *na šířku:* max. 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla. To neplatí pro nepovinné zadní obrysová svítilny. U všech kategorií vozidel, kromě vk. M₁ a N₁, musí být svítilny od sebe min. 600 mm, u vozidel s šířkou do 1 300 mm min. 400 mm.
- *na délku:* Na zadní část vozidla.

Barva: Červená.

Geometrická viditelnost:

- $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány níže než 750 mm nad vozovkou, pak svislý úhel dolů může být 5° a jsou-li nejméně 2 100 mm nad vozovkou, pak svislý úhel nahoru může být 5° .
- $\beta = 45^\circ$ dovnitř a 80° ven
- U vk. M₁ a N₁ lze v případě rozhodnutí výrobce, a je-li namontována zadní boční obrysová svítilna, použít úhly: $\alpha = 15^\circ$ nahoru i dolů, jsou-li svítilny namontovány

níže než 750 mm nad vozovkou, tak svislý úhel dolů může být 5° ; $\beta = 45^\circ$ ven i dovnitř.

Orientace: Směrem dozadu.

Elektrické zapojení: Musí být provedeno tak, aby bylo možno přední a zadní obrysové světlo, boční obrysové světlo a osvětlení zadní registrační značky zapínat a vypínat jen současně. Je-li svítilna sloučená se směrovou svítilnou, obrysová svítilna se na příslušné straně musí během směrového cyklu vypnout.

Indikace: Povinná, indikátor musí být sdružený s indikátorem předních obrysových svítílen.

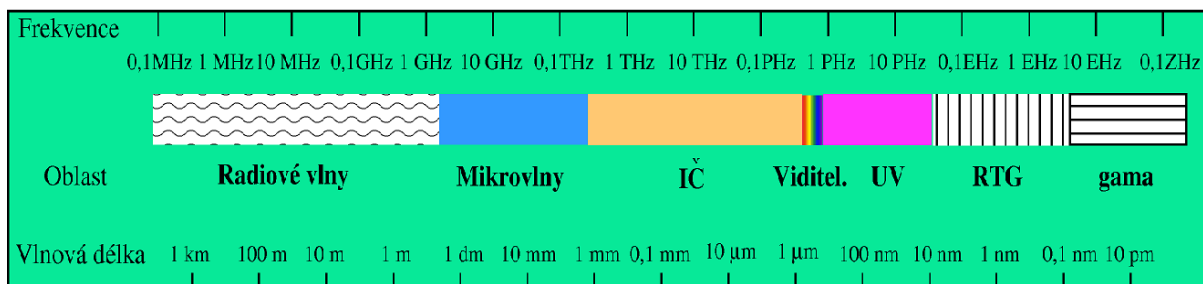
5 Světelné zdroje

Ke konci 19. století se k osvětlení využívalo plamenu hořící svíce a dále hořícího petroleje nebo acetylenu. V roce 1908 byla žárovka, 29 let po jejím vynálezu, použita v kompletním systému elektrického osvětlení firmou Pockley Automobile Electric Lighting Syndicate. Vývoj žárovek dále pokračoval dvouvláknovou žárovkou bilux (1924) a následně vynálezem halogenové žárovky (1962). V roce 1991 byla poprvé na vozidle představena xenonová výbojka. Vůbec první použití světlo emitujících diod LED v osvětlení automobilů bylo v roce 2004 na denních svítílnách Audi A8. O tři roky později byly poprvé použity vysoce svítivé diody v hlavním světlometu. Nejnovější je technologie s laserovými diodami, která byla v sériové výrobě poprvé použita v roce 2014 na dálkových světlometech. [18], [19], [20]

5.1 Světlo

5.1.1 Elektromagnetické záření, citlivost oka

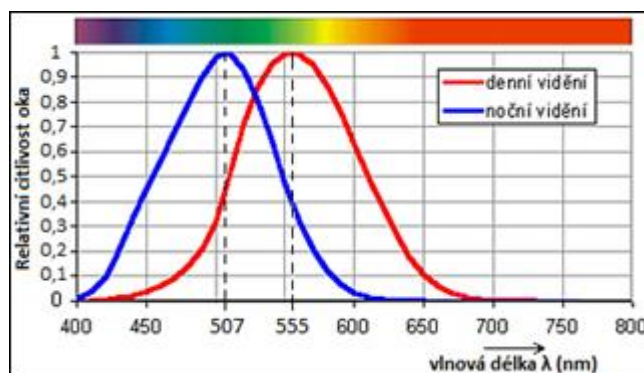
Světlo je viditelná oblast elektromagnetického záření, které lze charakterizovat frekvencí nebo vlnovou délkou. Viditelné záření je ohraničeno infračerveným zářením (IČ) a ultrafialovým zářením (UV). Vlnové délky tohoto viditelného záření se obvykle uvádí v rozmezí $380 \div 780$ nm, přesné meze ale nelze stanovit, neboť jsou závislé na zářivém toku a citlivosti oka pozorovatele. Světlo různých frekvencí vyvolává u člověka různý vjem, který je charakterizován jako barva světla. Rozložení barevných tónů ve spektrální oblasti viditelného záření poskytuje obrázek 7. [21], [22]



viditelné záření

Obrázek 7 Elektromagnetické záření a jeho viditelná oblast [23]

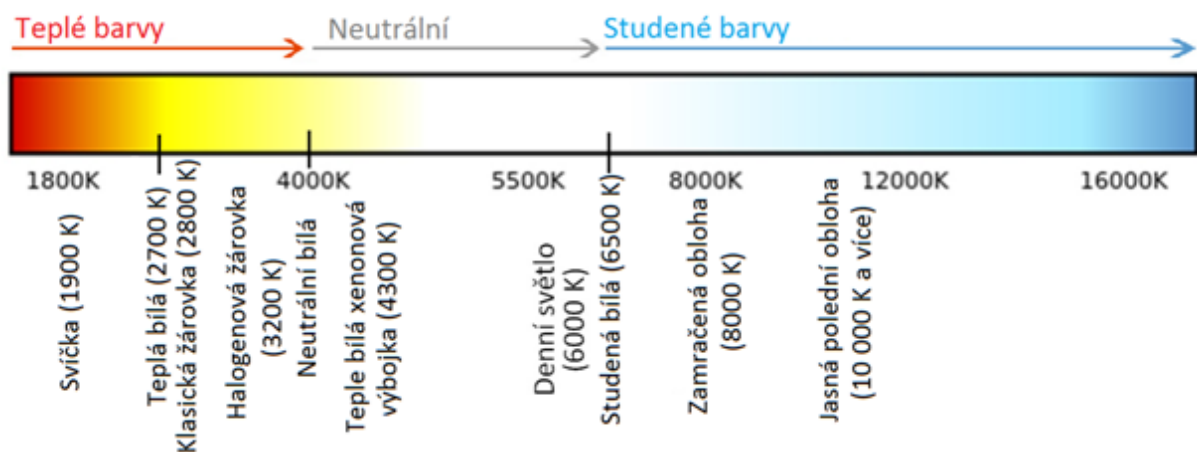
Citlivost lidského oka za denního světla je výrazně jiná než citlivost při nočním vidění. Je definována fotopická a skotopická citlivost. Fotopická citlivost pro denní (dobré) osvětlení je dána citlivostí čípků na sítnici oka a u průměrného lidského oka je největší na žlutozelené světlo o vlnové délce 555 nm. Skotopická citlivost pro noční vidění je dána citlivostí tyčinek na sítnici oka a u průměrného lidského oka je největší na světlo o vlnové délce 507 nm. Citlivosti oka je znázorněna v grafu na obrázku 8. [24], [22]



Obrázek 8 Relativní citlivost oka v závislosti na vlnové délce světla [25]

5.1.2 Barevná teplota – teplota chromatičnosti

Barevná teplota (teplota chromatičnosti) světla T_c charakterizuje spektrum bílého světla. Světlo určité teploty chromatičnosti má barvu a spektrální složení záření velmi blízké barvě a spektrálnímu složení záření tzv. černého (Planckova) zářiče, zahřátým na tuto teplotu. Udává se v kelvinech (K). Černým zářičem je myšleno zahřáté absolutně černé těleso, které žádné záření neodráží, jen samo svítí. Spektrum barevné teploty světla je znázorněno na obrázku 9. Toto spektrum je v diagramu chromatičnosti CIE vyznačeno na obrázku 4. [21]



Obrázek 9 Spektrum barevné teploty světla [26]

5.1.3 Veličiny a jednotky

Světelný tok je světelný výkon, který je posuzován z hlediska citlivosti lidského oka. Udává, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů.

- symbol: Φ , jednotka: lumen [lm] ($\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$)

Svítilivost je množství světelného toku vyzářeného do prostorového úhlu - steradiánu, v určitém směru = prostorová hustota světelného toku.

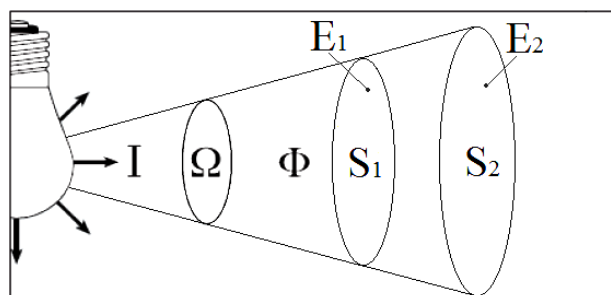
- symbol: I , jednotka: kandela [cd]

Steradián (sr) je prostorový úhel; 1 steradián odpovídá kuželovitosti kužele, který na vnitřním povrchu koule o poloměru 1 m vytíná plochu 1 m^2 .

- symbol: Ω , jednotka: [sr]

Osvětlení (intenzita osvětlení) je množství světelného toku dopadajícího na jednotku plochy 1 m^2 , tedy čím dále je od daného zdroje, o to větší je osvětlená plocha, a tím je osvětlení menší – viz obrázek 10.

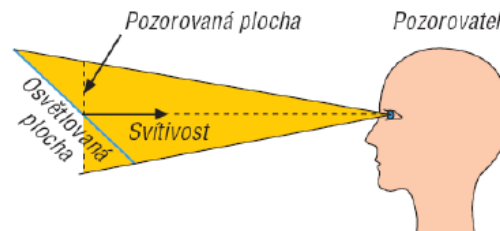
- symbol: E , jednotka: lux [$\text{lx} = \text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$)]



Obrázek 10 – Intenzity osvětlení: svítivost zdroje I do prostorového úhlu Ω se světelným tokem Φ na plochy S s intenzitami osvětlení E v rozdílných vzdálenostech. Je-li vzdálenost plochy S_2 oproti ploše S_1 od zdroje dvakrát větší a tedy její plocha je čtyřikrát větší, intenzita osvětlení její plochy je čtyřikrát menší. [21]

Jas je měřítko pro vjem světlosti průmětu svítícího nebo osvětlovaného povrchu v pozorovaném směru – viz obrázek 11.

- symbol: L , jednotka: nit [nt] ($\text{nt} = \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)



Obrázek 11 Jas [21]

Měrný světelný výkon udává, s jakou účinností je ve zdroji světla elektřina přeměňována na světlo (světelný tok).

- symbol: η , jednotka: [$\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$]

Odrazivost vyjadřuje množství světla odraženého plochou, které udává poměr svítivosti a osvětlení.

- symbol: $I:E$, jednotka: [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1}$]

[7], [11], [21]

5.2 Typy světelných zdrojů

5.2.1 Žárovky

Žárovky jsou nejstarší dodnes používanou koncepcí světelných zdrojů vozidel. Vznik světla u žárovek je založen na principu tepelného buzení, které vzniká zahřátím pevné látky (vlákna) na vysokou teplotu. Převaha vydávané energie je na straně tepla a z vyzářené energie se většina nepohybuje ve viditelném spektru, proto je měrný světelný výkon nízký. Čím vyšší teplota zdroje světla (vlákna žárovky), tím větší část vyzářené energie se pohybuje ve viditelném spektru a měrný světelný výkon roste. Žárovky se skládají z patice, wolframového vlákna, nosného systému vlákna, kontaktního systému a baňky.

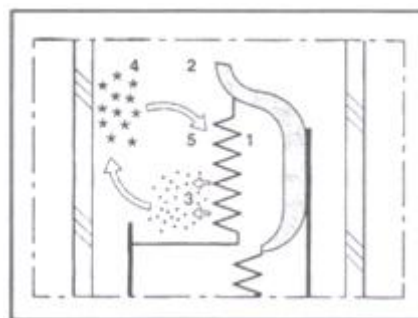
Klasické žárovky (obrázek 12) jsou plněné netečným plynem, nejčastěji směsí argonu a dusíku. Při vysokých provozních teplotách se wolframové vlákno pomalu odpařuje, zeslabuje, až dojde k přetavení nebo přetržení vlákna. Molekuly wolframu se usazují na vnitřním povrchu baňky, což se projevuje tzv. „černáním“ baňky a snižováním světelné účinnosti žárovky.



Obrázek 12 Klasická konvenční žárovka [28]

Měrný světelný výkon:	10 - 15 lm/W – vyšší při vyšších výkonech
Teplota chromatičnosti:	2800 K
Životnost:	až 1000 hodin
Použití:	Svítilny obrysové, směrové, brzdové, zadní mlhové, osvětlení SPZ, zpětné světlometry

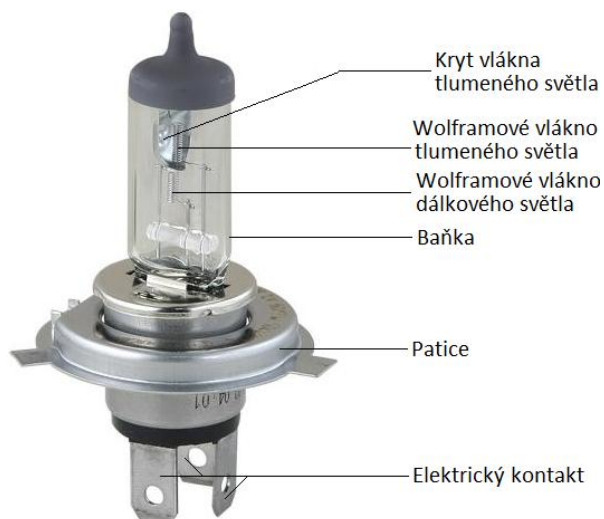
Halogenové žárovky (obrázek 14) jsou plněné plynem (methylenbromid) s příměsí halových prvků (brom nebo jód). Mají vyšší životnost a vyšší měrný světelný výkon než klasické žárovky, který umožňuje halogenový cyklus. Při halogenovém cyklu vzniká u stěny baňky za nižších teplot z odpařených atomů wolframu vlákna halogenid wolframu, jehož molekuly difundují zpět k vláknu, které se za vyšších teplot rozkládají na atomy wolframu usazující se zpět na vlákno a na atomy halového prvku, které difundují zpátky ke stěně baňky – viz obrázek 13.



Obrázek 13 Halogenový cyklus: 1-žhavené wolframové vlákno, 2-halogenová náplň, 3-odpařený wolfram, 4-wolframový halogenid, 5-usazování wolframu [1]

Odpařující se wolfram se tedy vrací zpátky na vlákno, což umožňuje zvýšit teplotu vlákna na 3200 K, u žárovek s kratší životností až na 3400 K. Řada výrobců nabízí žárovky s velmi vysokou teplotou a vysokou svítivostí, ale jejich životnost bývá snížena. Baňky jsou z důvodu vysokých teplot vyrobeny z křemičitého skla. Nevýhodou je citlivost

na pokles provozního napětí a zvýšená náročnost při manipulaci, která je dána citlivostí na znečištění křemičitého skla, zejména mastnotou. Halogenové žárovky H4 a H7 jsou stále nejprodávanějším zdrojem osvětlení vozidel. [1], [11], [21], [27]



Obrázek 14 Halogenová žárovka H4 Hella [29]

Měrný světelný výkon:	okolo 22 - 26 lm/W
Teplota chromatičnosti:	3100 - 3400 K
Životnost:	Až 2000 hodin, ale i 250 hodin u vysoce svítivých
Použití:	Světlometry potkávací, dálkové, mlhové, svítilny obrysové, směrové
Výhody:	Cena, snadná vyměnitelnost
Nevýhody	Nízký měrný světelný výkon → malý světelný tok, náročnost při manipulaci

5.2.2 Xenonové výbojky

Výbojka je uzavřená kulová baňka naplněná příslušným médiem, v jejíchž koncích jsou zataveny přívody k elektrodám - viz obrázek 15. Výbojky pracují na principu vybuzení atomů v elektrickém výboji mezi elektrodami. Baňky vyrobené z křemičitého skla, jsou plněny pod vysokým tlakem xenonem, směsí par drahých kovů a halogenidů kovů. K zažehnutí výboje je potřebné střídavé napětí 15 000 V až 20 000 V a střídavý proud o frekvenci 400 Hz, při kterém dochází k ionizaci plynné náplně a vytvoří se elektrický oblouk. Při zažehování výbojky je krátkodobě příkon 74 W. Po dosažení provozní teploty je provozní napětí kolem 85 V a příkon se stabilizuje na hodnotě 35 W. Tyto změny napětí a proudu řídí elektronický předřadný přístroj. Skládá se ze zápalného

zařízení, které dodává vysoké napětí při zažehování a elektronické řídicí jednotky, která řídí zásobování elektrickým proudem a jejíž součástí jsou i kontrolní bezpečnostní systémy chránící obvod proti přetížení. Po zažehnutí potřebují k dosažení plného výkonu přibližně až 10 sekund, proto se nepoužívají jako samostatná dálková světla. Při zkouškách podle předpisů EHK musí výbojky se světelným tokem přes 2000 lm po 4 sekundách vyzařovat nejméně 80 % svého světelného toku, výbojky se světelným tokem pod 2000 lm po stejné době nejméně 1000 lm. Xenonové výbojky mají podstatně větší světelný výkon než halogenové žárovky, viz obrázek 17. [11], [30], [31], [32]



Obrázek 15 Xenonová výbojka D2S [33]

Jak již bylo v kapitole 4 týkající se legislativy uvedeno, potkávací světlomety se světelným tokem přes 2000 lm musí být vybaveny zařízením pro čištění světlometů (znázorněno na obrázku 16) a automatickou regulací svislého sklonu, a to se týká světlometů s xenonovými výbojkami. Tyto prvky cenu xenonových systémů zvyšují, proto byly vyvinuty a homologovány výbojky se světelným tokem těsně pod 2000 lm s příkonem 25 W, které tyto prvky mít nemusí. Tyto levnější xenonové světlometry byly použity jako jedny z prvních například na Škodě Rapid. [8]



Obrázek 16 – Zařízení pro čištění světlometů vozidla Škoda Superb [34]

Xenonové výbojky se označují písmenem D (Discharge = výboj). Používají se dva druhy výbojek: S (standart lamp) pro projekční systémy světlometů a R (reflection lamp) pro čistě reflexní systémy světlometů. [1]

Měrný světelný výkon: 91 lm/W

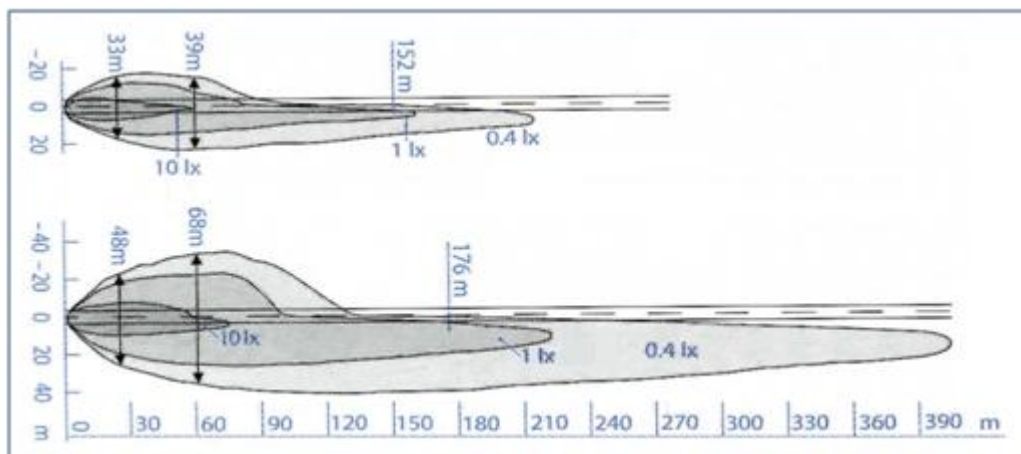
Teplota chromatičnosti: Obvykle 4100 - 4350 K ale i více, např. výbojka Osram Xenarc, Cool Blue Intense - 5500 K bez barevného povrstvení baňky

Životnost: Okolo 3000 hodin, v praxi cca 5x delší než automobilové halogenové žárovky

Použití: Potkávací a dálkové světlometry

Výhody (proti žárovkám): Životnost, vyšší (více než 3x) měrný světelný výkon, vyšší světelný tok, bělejší světlo

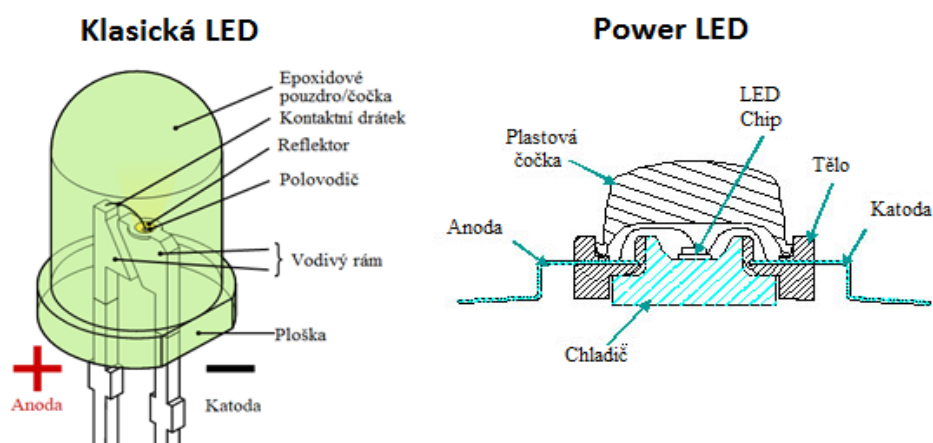
Nevýhody: Cena, nutný elektronický předřadník, pomalejší náběh do plného výkonu, některé typy obsahují rtuť



Obrázek 17 Porovnání intenzity osvětlení světlometů s halogenovými žárovkami H4 (nahore) a xenonovými výbojkami D2S (dole) [31]

5.2.3 Diody LED

Elektroluminiscenční dioda LED (Light-Emitting Diode/světlo emitující dioda) je elektronická polovodičová součástka obsahující přechod P-N, u kterého v případě procházejícího elektrického proudu v propustném směru dochází k vyzařování. Tento přechod připojený ke zdroji elektrického napětí tvoří polovodičový čip, kolem kterého je vrstva materiálu, sloužícího k upravení optických vlastností vyzařovaného světla. Barva světla závisí na chemickém složení polovodiče. Protože je vyzařované světlo v úzkém spektru – je jednobarevné, je problém vytvořit bílé světlo. U starších LED svítidel se využívalo několika diod různých barev, které se mísily. V současnosti se využívá luminoforu, který mění barvu světla vyzařovaného polovodičem v bílou. Konstrukce klasické LED a výkonové LED používané k osvětlování je na obrázku 18.[35]



Obrázek 18 Konstrukce LED [36], [37]

Ačkoli byla LED dioda vynalezena v roce 1962, začala se v automobilovém průmyslu výrazněji prosazovat až po 40 letech. Důvodem bylo především zpočátku nedostatečný výkon a vysoká cena. První diody se tak začaly u sériově vyráběných automobilů vyskytovat až koncem století. Našly zde uplatnění zprvu v podsvícení přístrojové desky, spínačů, u třetí brzdové svítilny, dále u směrových svítilen a u některých funkcí zadních světel. U brzdových svítilen se významně uplatňuje jejich výhoda oproti žárovkám v čase pro plné rozsvícení, při rychlosti 100 km/h dělá tento časový rozdíl asi 5,5 metru. Kolem roku 2005 se začalo intenzivně pracovat na vyšším výkonu a efektivitě. Ideální uplatnění našly ve svítilnách pro denní svícení. Postupem času se objevily tzv. LED moduly, tvořené z několika LED čipů umístěných blízko sebe na destičku o rozměru pár milimetrů. Pomocí těchto modulů, jejichž světelný tok dosahuje stovek lumenů, vznikl

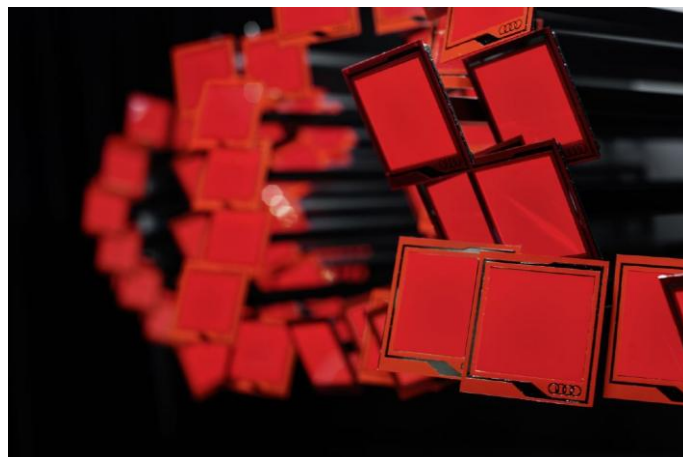
první přední LED světlomet pro potkávací i dálkovou funkci. Příklad světelného zdroje světlometu složeného z několika čipů LED je na obrázku 19. [38], [39]



Obrázek 19 LED zdroj automobilového světlometu [40]

Měrný světelný výkon LED neustále roste, v současnosti se pohybuje až okolo 100 lumenů na watt. U výkonných LED a LED modulů, kde jsou čipy umístěny velmi blízko sebe, vzniká teplo vyšší, než je jejich optimální pracovní teplo, jehož překročení má negativní vliv na životnost a světelný tok diod. Z tohoto důvodu musí být chlazeny – viz obrázek 18, například ventilátory, které ale také zvyšují příkon systému. Vzhledem k rostoucímu měrnému výkonu a investicím vkládaných do vývoje lze u těchto zdrojů tušit největší potenciál. [41], [42]

Vedle diod LED, jejichž základní stavební jednotka je tvořena anorganickými materiály, jsou dalším typem polovodičových světelných zdrojů **OLED** (Organic Light Emitting Diode) pracující s organickými materiály. Mezi průhlednou anodou a kovovou katodou je několik vrstev organické látky, princip funkce je obdobný. Umožňují, na rozdíl od LED diod představující bodové zdroje světla, vytvořit co do plochy podstatně větší a rozměrnější světelné zdroje. Měrný světelný výkon již překonal v laboratorních podmínkách hodnotu 80 lm/W, přesto zdroje OLED nedosahují výkonů, aby mohly být použity ve světlometech k osvětlení cesty. Počítá se s nimi například do zadních svítilen, kde budou moci nabízet nové možnosti designu a tvořit zajímavé grafické kreace – viz obrázek 20. Jejich výhodou je možnost vytvořit pružné, ohebné, pouze 2 mm tenké svítivé panely různých rozměrů. Problémem je křehkost, citlivost na vlhkost a také nutné chlazení. [35], [41], [43], [44]



Obrázek 20 OLED panely Audi [45]

Měrný světelný výkon:	Až okolo 100 lm/W
Teplota chromatičnosti:	Široký rozsah, často světlo blížící se dennímu světlu
Životnost:	Až 50 000 hodin – projektované na celou životnost vozu
Použití:	Veškeré světlomety a svítilny (například nový Mercedes-Benz S (W222) používá jen LED, v celém voze je téměř 500 diod)
Výhody:	Životnost, malá velikost, různé tvary soustav diod - design, rychlý náběh do max. výkonu, odolnost vůči vibracím, spotřeba (oproti žárovkám)
Nevýhody:	Cena, nutné chlazení

5.2.4 Laserové diody

Nejvyspělejší techniku představují světlomety vybavené laserovou technologií, pracující s laserovým paprskem. Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation/zesilování světla stimulovanou emisí záření) je optický kvantový generátor využívající jevu zesílení světla nucenou emisí záření. Vyzařované světlo je výrazně monochromatické (jednobarevné) a koherentní, jeho spektrum je ještě daleko užší, než spektrum LED. [46]

Laserová technika se do osvětlení vozidel dostala zatím do dvou automobilů. Jsou jimi BMW i8 a Audi R8. V obou případech se pro vytvoření bílého světla používají modré laserové diody Osram v kombinaci s luminoforem (tenký plátek fosforu). Do sériové výroby s nimi přišlo jako první BMW i8 v roce 2014, které využívá technologii pojmenovanou LARP firmy Osram. Její základ je modrá laserová dioda modulu μ LARP (obrázek 21), emitující světlo o vlnové délce 480 nm, jejíž paprsek je nasměrován na luminofor. Ten převádí část světla v žluté, které se mísí s modrou a výsledkem je bílá.

Teplota chromatičnosti světla tohoto systému je 5500 – 6000 Kelvinů, což je světlo podobné dennímu. Měrný světelný výkon je vyšší než u LED, jeho hodnota dosahuje 170 lm/W oproti 100 lm/W. Mezi další výhody patří velmi malé rozměry. Svítící povrch laserové diody je stokrát menší než u diod LED. Díky tomu není zapotřebí rozměrné reflexní zrcadlo, kterému v případě světlometu BMW i8 stačí průměr 30 milimetrů. [40], [47], [48], [49]



Obrázek 21 Modrá laserová dioda a modul Osram µLARP [50]

Měrný světelný výkon:	Až okolo 170 lm/W (BMW i8)
Teplota chromatičnosti:	5500 – 6000 K (BMW i8)
Životnost:	Nespecifikováno
Použití:	Prozatím jen dálkové světlometry
Výhody:	Světelný výkon, velice malé rozměry, měrný světelný výkon (oproti LED se při vyšším proudu zvýší), nízká hmotnost, rychlost rozsvěcování a zhasínání, spotřeba o třetinu nižší než u LED, teplota chromatičnosti (subjektivní)
Nevýhody:	Cena, nutné chlazení

V následující tabulce 1 je uvedeno porovnání používaných zdrojů světla. Hodnoty byly čerpány z předpisů EHK/OSN, v případě LED a spotřeby xenonové výbojky s předřadníkem byly čerpány z měření společnosti Automotive Lighting zveřejněné na webové stránce www.auto.cz. Graficky zpracované porovnání intenzit osvětlení z tohoto měření je v příloze II.

	Klasická žárovka R 10 W	Halogenová žárovka H7	Xenonová výbojka D2S	LED (Mercedes-Benz C W205)
Světelný tok [lm]	125 ± 20 %	1500 ± 10 %	3200 ± 450	neudán
Spotřeba (příkon) [W]	10 (max 11)	55 (max 58)	35 ± 3 44 s předřadníkem	52 (s chlazením)
Cena [Kč]	od 10	od 150	od 1 500	pouze celý světlomet – kolem 30 000

Tabulka 1 Porovnání běžně používaných zdrojů světla [30], [51]

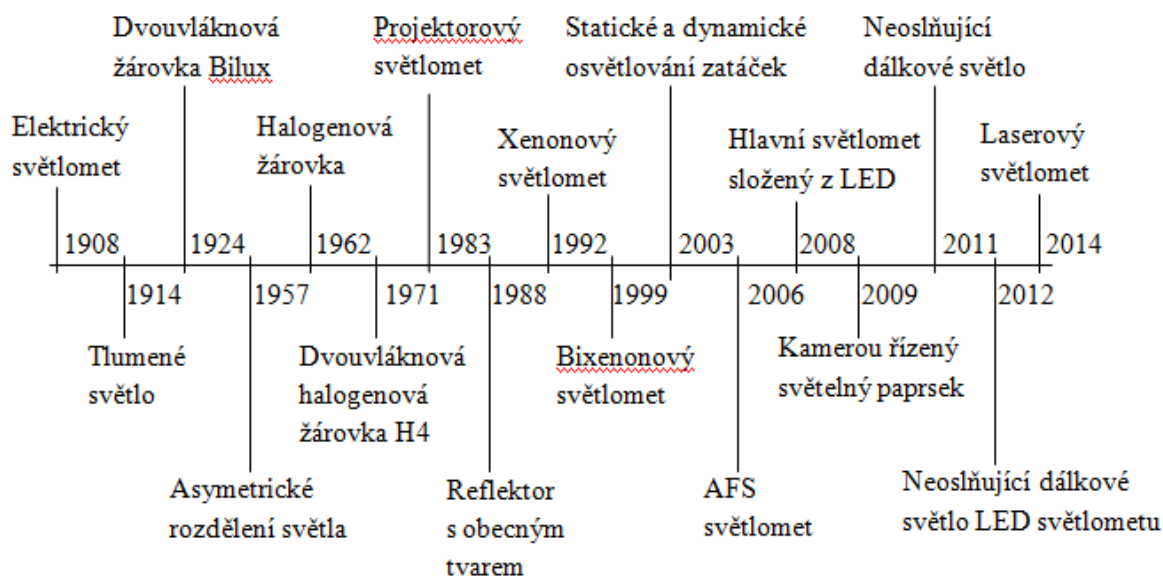
6 Světelná zařízení

Světelná zařízení se dělí na světlomety, svítilny a odrazky. Světelná zařízení s vlastním zdrojem světla neboli svítidla, se skládají ze samotného světelného zdroje, z optického systému a pouzdra (těla) svítidla s průsvitným krytem. V pouzdře je optický systém se světelným zdrojem zabudován a uchycen. Konstrukce svítidel musí být vodotěsná a prachotěsná. [1], [11]

Světlomety slouží k osvětlování určitého vymezeného prostoru. Jsou vybaveny optickým systémem, který upravuje rozložení výstupního světla. Podrobněji je jim věnována kapitola 5.2. Svítilny slouží k zajištění jejich viditelnosti. Mívají menší světelný výkon a vysílají světlo usměrněné i neusměrněné. Jejich konstrukce (optický systém) je řešena jako zjednodušený reflexní světlomet. Mohou být provedeny s parabolickým či kulovým reflektorem, nebo i bez reflektoru. Svítilny se rozdělují na signalizační, sloužící k informování ostatních účastníků provozu (svítilny brzdové, směrové, varovné) a identifikační, sloužící k vyznačení obrysu a polohy vozidla (např. svítilny obrysové, koncové). Odrazky jsou zařízení s odrazovým sklem, odrážející světlo emitované cizím zdrojem. [1], [11]

6.1 Historie a postupný vývoj

Z následujícího přehledu je vidět intenzivní vývoj posledních let v této oblasti.



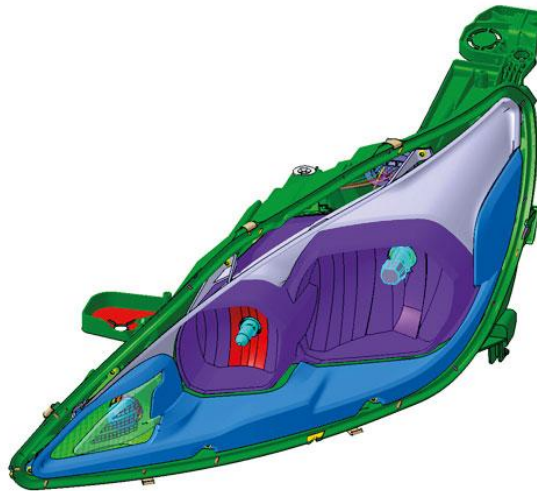
První automobily převzaly svítlny z kočárů tažených koňmi, kterými byly jednoduché lucerny. Poté byly světlomety osazeny žárovkami, s nimiž vývoj dále pokračoval prvním tlumeným světlem (1914), dvouvláknovými žárovkami bilux (1924), asymetrickým rozdělením světla na vozovku (1957), vynálezem halogenové žárovky (1962), projektorovými světlomety (1983) a světlomety s volně formovanou odrazovou plochou - reflektorem s obecným tvarem (1988). V roce 1991 byla představena xenonová výbojka, která byla poprvé nabídnuta v BMW 7 a dále první světlo s jednou výbojkou pro tlumený i dálkový tvar paprsku – bixenon (1999). Vůbec první použití světlo emitujících diod LED v osvětlení automobilů bylo v denních svítlnách na Audi A8 (2004). O tři roky později byly poprvé použity LED v hlavních světlometech, které dostal Lexus LS 600h pro potkávací světlo. V novém tisíciletí se také významně začala vyvíjet a prosazovat adaptivita osvětlení. Po statickém a dynamickém osvětlování zatáček přišel v roce 2006 adaptivní systém AFS, který byl aplikován na projektorovém světlometu. Následovaly kamerou řízené systémy s regulovaným dosahem světla (2009) a neoslňujícím dálkovým světlem (2011). Na LED světlometech se dostala funkce AFS a regulovatelný dosah světla poprvé do vozu Mercedes-benz CLS (2011). Neoslňující dálkové světla mechanicky řízená se na těchto světlometech objevily na BMW 7 (2012) a digitálně řízená o rok později na Audi A8. Nejnovější technologií osvětlení jsou laserové světlo, se kterými přišlo jako první do sériové výroby BMW i8 v roce 2014. [18], [19], [20]

6.2 Konstrukce světlometů

Jak již bylo napsáno v úvodním odstavci této kapitoly, světlometry se skládají ze světelného zdroje, optického systému, průsvitného krytu a pouzdra – názorný příklad je na obrázku 24. Světelným zdrojům je věnována kapitola 5.

Průsvitný kryt musí být čirý s vysokou optickou propustností. Chrání vnitřek světlometu proti nečistotám a mechanickým poškozením. Materiálem je sklo nebo mechanicky a tepelně vysoce odolné plasty, jako polykarbonát (PC) - v Evropě schválen v roce 1993. Krycí „sklo“ je buď profilované s optickými elementy, které je pak součástí optického systému, nebo hladké. Profilované se používá pro upravení rozložení světla a jeho optickými elementy mohou být čočky, prizmatické prvky nebo kombinované prvky. Hladké se používá ve světlometech, jejichž optický systém vysílá světelné paprsky, které již není potřeba usměrňovat. Na rozdíl od profilovaného, které musí být vzhledem k požadované úpravě světelných paprsků svislé, může být o značný úhel skloněno.

Pouzdro je nosná část celého světlometu. Slouží k upevnění celého světlometu na vozidle a spojení všech jeho částí – na obrázku 22 zeleně a modře označené díly. Optický systém (v případě hladkého krytu) tvoří odrazová plocha, případně čočka a clona. Odrazová plocha neboli reflektor (fialové díly na obrázku 22) odráží do daného směru světelné paprsky zdroje světla. Reflektory se dříve vyráběly z ocelového plechu, dnes je vzhledem k jejich složitým tvarům využíváno plastů. Povrch musí být hladký, trvanlivý, maximálně odrazivý a minimálně pohltivý. Na rozdíl od původního postříbření a leštění se dnes využívá napaření hliníkové vrstvy ve vakuu na nalakovaný povrch. Jejich tvarům se také věnují následující podkapitoly. Optické systémy slouží k usměrnění světelných paprsků a světlometry lze podle nich a jejich principu rozdělit na dva základní typy – reflexní a prorektorové. [1], [11], [20]

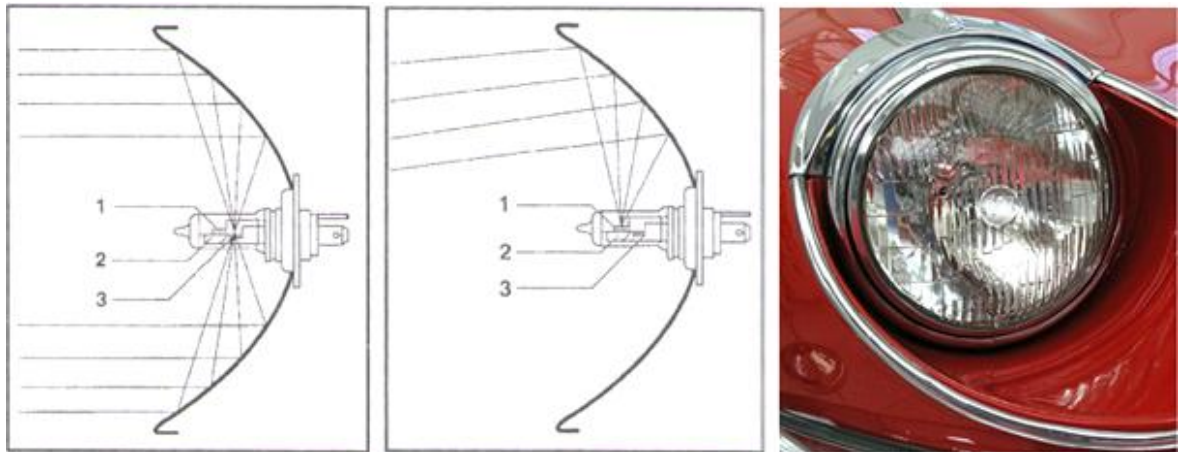


Obrázek 22 Model reflexního světlometu Peugeotu 308 II bez krytu [30]

6.2.1 Reflexní světlometry

Princip je založen na odrazu světelných paprsků od odrazových (reflexních) ploch – reflektoru. Jejich optický systém je složen jen z reflektoru, případně z rozptylového – profilovaného krytu.

Parabolický světlomet - plochu reflektoru tvoří orotovaná parabola kolem svojí osy neboli paraboloid. Paraboloid má jedno ohnisko a v případě umístění zdroje světla do tohoto ohniska se světelné paprsky odráží rovnoběžně s osou paraboloidu, čehož se využívá pro dálková světla. Pro tlumená světla je zdroj posunut před ohnisko a paprsky jsou odráženy pod úhlem směrem k ose. Proto se pro tlumená světla využívá jen horní polovina reflektoru a spodní je odstíněna. Požadovaného rozdělení světla na vozovku se docílí použitím profilovaného krycího skla s optickými prvky – viz obrázek 23. Tento světlomet se v dnešní době již moc nepoužívá. [1]



Obrázek 23 Parabolický světlomet: vlevo – dálkové světlo, uprostřed – tlumené světlo (1 – vlákno tlumeného světla, 2 – krytka, 3 – vlákno dálkového světla), vpravo – parabolický světlomet na voze Jaguar E-Type II [1], [52]

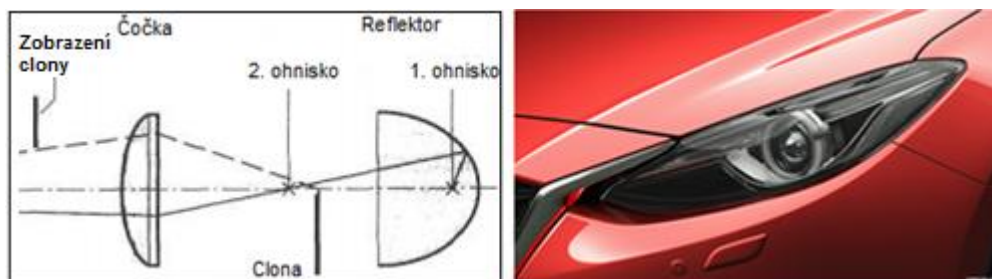
Světlomet složený - za první složené světlometry lze považovat světlometry s reflektory složené ze dvou různých paraboloidů. V kontextu dnešní doby se jedná o světlometry, jejichž reflektor má zcela obecný tvar – viz obrázek 24. Jiný název převzatý z překladu je reflektor s volnou plochou (německy FF – Freie Fläche = volná plocha). Tato plocha, navrhovaná pomocí počítače, je rozdělena na velký počet ploch (až 50 000). Všechny tyto plošky jsou účelně uspořádány pro co nejlepší rozdělení světla na vozovce a jeho přizpůsobení se konkrétním požadavkům. Díky tomu se může využít celé plochy reflektoru, včetně jeho spodní části a zároveň není nutné užití rozptylového krytu, protože světlo je již reflektorem plně usměrněno. V tomto světlometu lze požívat i výbojky, a v případě použití jedné výbojky lze jejím posunem vytvořit jak potkávací, tak i dálkové světlo. Ve vozidlech moderní doby se využívá tohoto typu reflexního světlometu. [1], [11]



Obrázek 24 Světlomet Jeepu Liberty s reflektorem s volnou plochou [53]

6.2.2 Projekční světlometry

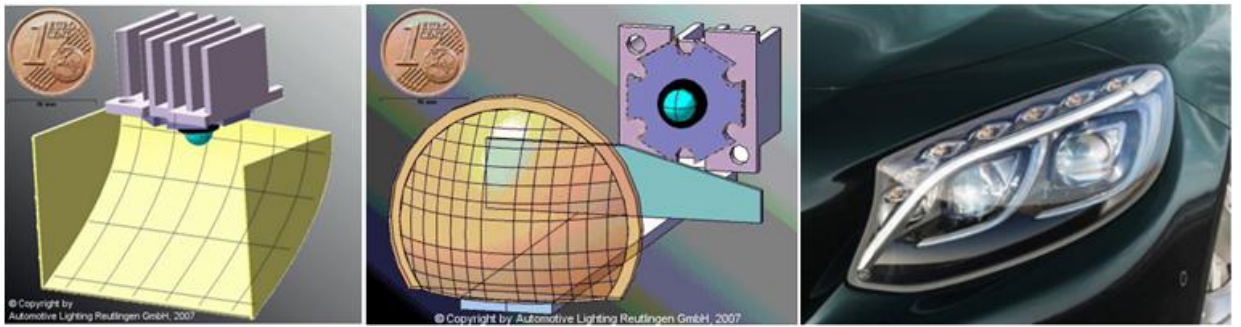
Projekční světlometry se skládají z reflektoru, clony a čočky. Princip podobný projekčnímu zařízení je založen na odrazu světla z reflektoru, který ho soustřeďuje do druhého ohniska, a následného usměrnění pomocí čočky. Pro vytvoření potřebného rozložení světla a hranice světla a tmy je zde clonka. Tvar plochy reflektoru je elipsoidní nebo je složený z elipsoidu a volné plochy. V tomto světlometu se nejčastěji používají výbojky, užívají se ale i jiné zdroje. Pomocí pohyblivé clonky je možné vytvořit jak tlumené světlo, tak i dálkové. Tento systém známý pod názvem Bi-xenon, označuje systém (nejčastěji projektorový), který pomocí jedné výbojky dokáže zastat funkci potkávacího i dálkového světlometu. Díky tomu lze vytvořit funkčně a esteticky velmi efektní řešení, v současnosti velmi používané – viz obrázek 25. Specifikem jsou také malé čelní rozměry, ale větší potřebná zástavbová hloubka. [1]



Obrázek 25 Schéma projekčního světlometu (vlevo), Bixenonový světlomet Mazdy 3 (vpravo) [1], [54]

6.2.3 LED světlometry

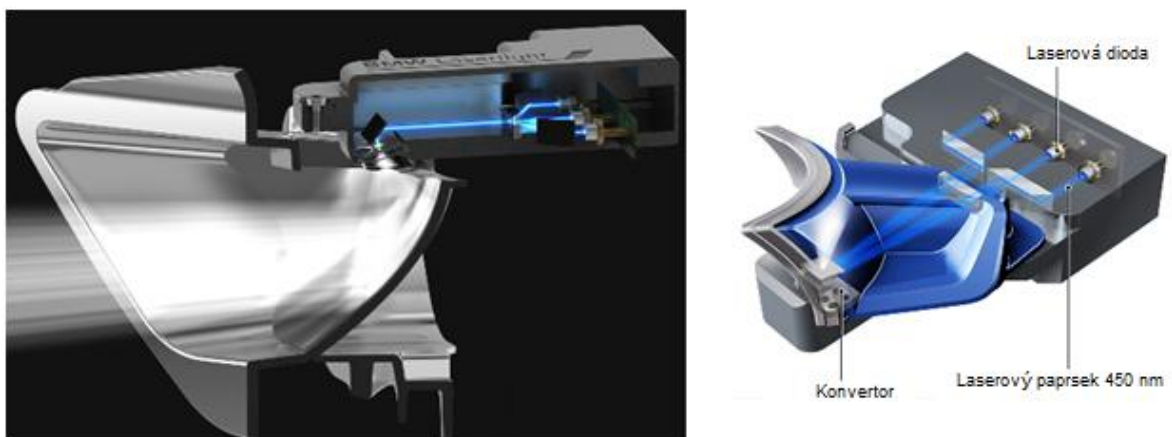
LED světlometry byly v posledních letech vystaveny velkému vývoji a nyní již pronikají do vozů nižších tříd. Optický systém může být reflexní i projekční – znázorněno na obrázku 26. Z důvodu vznikajícího tepla a zahřívání diod je nutné zajištění chlazení vnitřku světlometu, a tak je jeho součástí chladič s ventilátorem. Například Audi ve svém adaptivním systému Matrix LED využívá samotných reflektorů, Mercedes-Benz má ve svém Multibeam LED projekční systém. Výhodou těchto světlometů je možnost adaptivity, malé rozměry a design. Nevýhodou je vyšší cena a hmotnost celého světlometu včetně chladiče. [30], [55], [56], [57]



Obrázek 26 Provedení LED světlometů, vpravo: LED světlomet Mercedes-Benz S [55], [58]

6.2.4 Laserové světlometry

Laserové světlometry jsou nejnovější a nejsložitější koncepcí světlometů. Dostaly se zatím do dvou automobilů - BMW i8 a Audi R8, a to pro jejich dálkovou funkci. Technologie je u obou vozů prakticky stejná (viz obrázek 27). Modré laserové diody jsou zaměřeny na malá zrcadla, které směřují laserový paprsek do jednoho bodu. Paprsek je dále odražen od dalšího zrcadla směrem na reflektor, před kterým se ještě nachází čočka a žlutý luminofor, který mění modré světlo na bílé, a to je odraženo reflektorem na vozovku. BMW používá tři diody, Audi u nového modelu R8 čtyři. Výška reflektoru používaného v BMW i8 je necelé 3 cm. Mezi přednosti lze zařadit malé zástavbové rozměry, nízkou hmotnost a design světlometů. Cena tohoto systému je zatím velmi vysoká. BMW uvádí dosvit 600 metrů, což je dvojnásobná vzdálenost než v případě LED. [40], [59]



Obrázek 27 Laserový světlomet BMW (vlevo), Laserový světlomet Audi (vpravo) [60], [61]

6.3 Adaptivní systémy osvětlení

V noci a za špatných světelných podmínek představuje světelná technika vozidel pro bezpečnost provozu zásadní roli. Adaptivita osvětlení neboli schopnost jeho přizpůsobování se aktuálním podmínkám, které jsou často proměnlivé, k bezpečnosti značnou měrou přispívá. Adaptivní systémy osvětlení mohou mít různé funkce, od automatické aktivace/deaktivace světel, přes osvětlování zatáček, dále k úpravě intenzity a rozložení světla na vozovce. [1]

6.3.1 Automatická aktivace a deaktivace světlometů

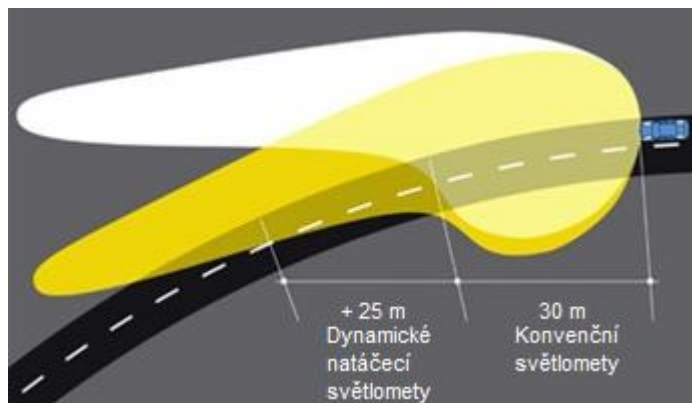
Systém automaticky zhasne nebo rozsvítí dálkový, případně potkávací světlomet v závislosti na intenzitě okolního světla. Pro snímání situace před vozidlem se používají kamery často umístěné za čelním sklem, nebo senzory například ve zpětných zrcátkách (BMW X6). Například Citroen a jeho Pack Drive Assist využívající kameru a světelný senzor, přepne dálková světla na tlumená na vzdálenost až 400 metrů od vpředu jedoucího vozidla a až 700 metrů v případě protijedoucího vozidla. Systém rovněž přepíná mezi potkávacím světlometem a svítilnou pro denní svícení. Podobný systém ALC (Automatic Lightning Control) pomocí dvou senzorů rozpozná například krátký podjezd, ve kterém je zbytečné rozsvěcet potkávací světlomety. [1], [62], [63]

6.3.2 Statické a dynamické osvětlování zatáček

Statické postranní světlomety jsou pevně zabudovány a trvale natočeny jedním směrem. Například systém Bending Light společnosti Valeo má světlomet natočený pod úhlem 45°. Rozsvícení těchto světlometů řídí elektronická jednotka podle rychlosti jízdy, úhlu natočení volantu a zapnutí směrových svítilen. Světlomety mohou být aktivovány do rychlosti 70 km/h. Systém je vhodný pro křižovatky, ostré zatáčky a manévrování v těsných prostorách. [1]

Dynamické světlomety se na základě úhlu natočení volantu, rychlosti jízdy a někdy také úhlové rychlosti vozidla, natáčí do požadovaného směru. V případě zmíněného systému společnosti Valeo je použit Bi-xenonový projektorový nebo reflexní modul, natáčející se horizontálním směrem až o úhel 15°. Tím dochází ke zlepšení osvětlení periferních oblastí až o 90 % - viz obrázek 28. Moduly světlometů jsou natáčeny krokovými elektromotory. Pomocí systému ALC (Cornering Lights with Adaptive Light Control) lze na základě dat ze satelitního GPS systému, kromě úpravy rozložení světla,

natočit světlomet ještě dříve, než vozidlo vjede do zatáčky. Dynamický systém se nejvíce hodí při osvětlování táhlých zatáček se střední až vysokou průjezdovou rychlostí. [1]

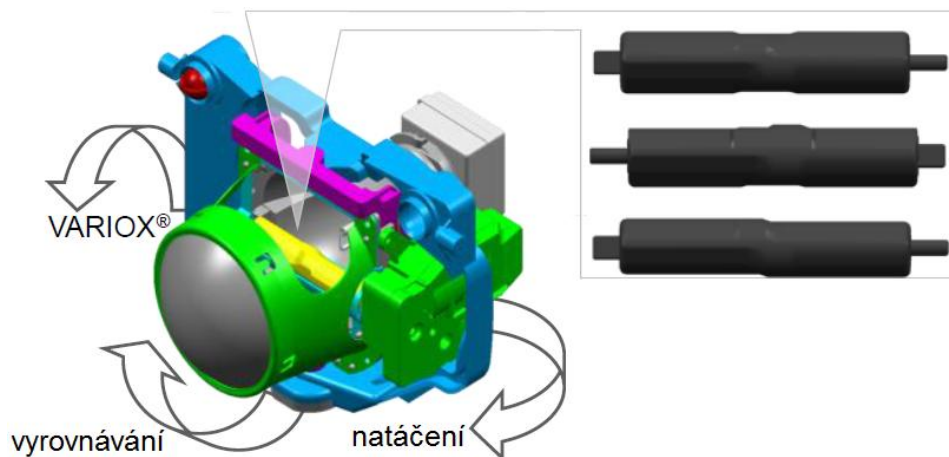


Obrázek 28 Porovnání osvětlení vozovky konvenčními a dynamickými světlometry [64]

6.3.3 Adaptivní funkce světlometů AFS

Inteligentní systémy AFS (Adaptive Frontlighting System) či AFL (Adaptive Forward Lighting) mění rozložení světla předních světlometů a adaptují se na stávající podmínky. V průběhu jejich vývoje se zdokonalovaly a nabízely různé funkce. V jejich první generaci se jednalo o doplnění hlavních světlometů adaptivními statickými, dále bylo přidáno dynamické natáčení hlavního světlometu a dále pak přizpůsobování se jízdním podmínkám v různých režimech. [1], [65]

Řídící jednotka neustále sleduje a vyhodnocuje data z řady senzorů, sledujících rychlost vozidla, úhel natočení volantu, naklánění karoserie, vnější klimatické podmínky, úroveň vnějšího osvětlení a upravuje rozložení světla na vozovce. V podstatě se jedná o kombinaci statického a dynamického osvětlování zatáček, s vertikálním natáčením světlometů a úpravy tvaru světla vystupujícího z hlavního světlometu. U systému VARILIS firmy Hella je hlavním prvkem horizontálně i vertikálně natáčecí modul VARIOX s pohyblivou variabilní clonou viz obrázek 29. Variabilitu clonění umožňuje otočný váleček se speciálně po jeho obvodu tvarovaným profilem, vloženým do projektorového systému na místo standardní clony. Tyto funkce dále rozšiřuje prediktivní AFS (P-AFS), který pomocí propojení se satelitním navigačním systémem předvídá a reaguje na blížící se zatáčky nebo stoupání či klesání vozovky. [1], [20]



Obrázek 29 Projekční modul světlometu VARIOX (Hella) [20]

Systemy AFS mají několik režimů. Režim odbočování na křižovatce se zapne při směrových světlech a rozsvítí statický světlomet. Při městském režimu aktivním do rychlosti 60 km/h se světlo roztáhne více do stran. Zatačení je v principu dynamické natáčení světlometů. Mimoměstské světlo – klasické tlumené světlo. V režimu dálnice se zvětší dosah světla zvednutím světlometu nebo zvýšením příkonu zdroje světla. Nepříznivé počasí - například za deště nebo mlhy se světlometry sklopí o 1° dolů a natočí více do stran. Tím se osvětlí více krajnice vozovky a snižuje oslnění odrazem od vozovky. [1], [20], [66]

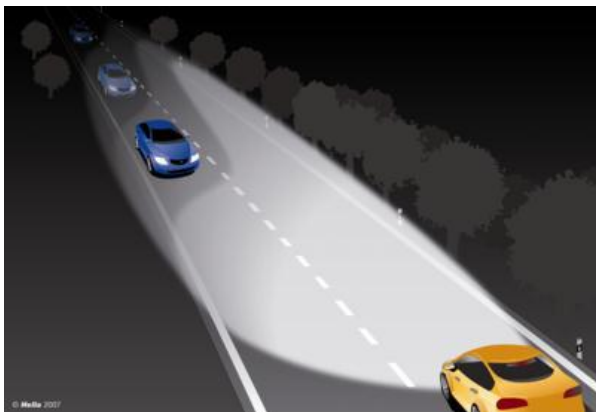
6.3.4 Adaptivní dálkové světlometry

Naprostou většinu času při špatných světelných podmínkách vozidla svítí potkávacími světlometry. Při zapnutých dálkových světlometech je řidiči poskytován mnohem větší osvětlený prostor a bezpečnost jízdy, ale dochází k oslnování ostatních účastníků provozu. Na základě této skutečnosti vznikají systémy, které se snaží skloubit tyto dvě vlastnosti dálkového světla. Jejich funkce, jako jsou změna dosahu a tvaru světla nebo neoslňující dálkové světlometry se snaží maximalizovat osvětlený prostor a významně přispívají k bezpečnosti jízdy.

Mercedes-Benz na modelu E poprvé představil automatickou a nepřetržitou regulaci sklonu dálkových světlometů. Systém je řízen kamerou umístěnou na vnitřní straně čelního skla, pomocí které se vyhodnocuje vzdálenost k dalšímu vozidlu.

To umožňuje neustále měnící se velikost a tvar světla od tlumeného po světlo dálkové – viz obrázek 30. Poskytuje tedy maximální možný dosah světla bez oslnění

ostatních. Na LED světlometech byla tato funkce poprvé použita na modelu CLS. [67], [52]



Obrázek 30 Regulace velikosti a tvaru osvětlené plochy [20]

Neoslňující dálkové světlomety svítí trvale dálkovým světlem, ale zastiňují jeho část, která by oslňovala a dopadala na ostatní účastníky provozu. Jedná se o systémy dynamického osvětlení ovládané za pomoci kamery. Tyto světlomety jsou řízené mechanicky nebo digitálně. První mechanicky řízený neoslňující dálkový světlomet byl představen na Volkswagenu Touareg, který používá projekční modul firmy Hella VARIOX s xenonovou výbojkou, kde je potřebného tvaru světla dosahováno cloněním tvarovaným otočným válečkem. U mechanicky řízených světlometů je stíněné části dálkového světla dosahováno pomocí mechanického přenastavení a upravení optického systému. Praktický výsledek je znázorněn na obrázku 31. [20], [68], [69]



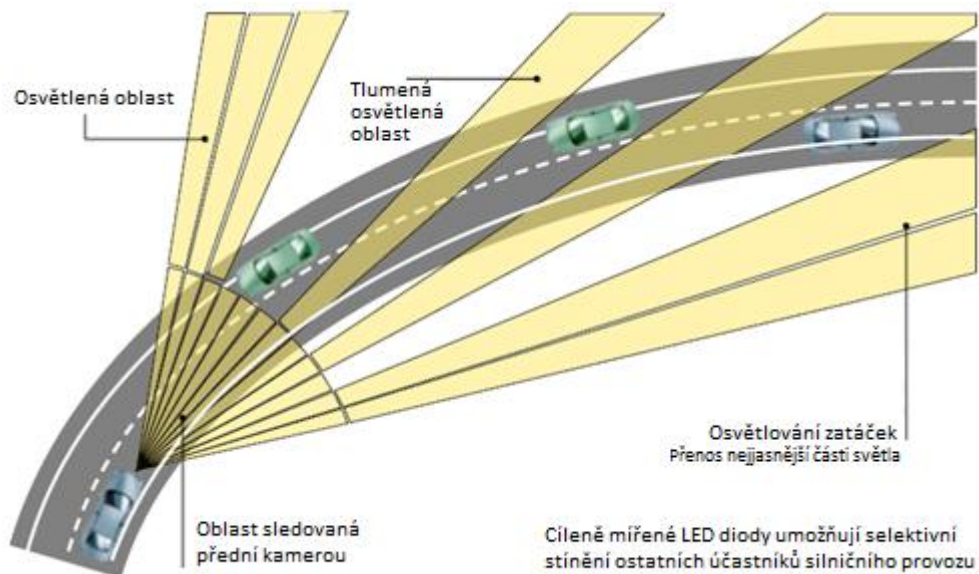
Obrázek 31 Neoslňující dálkový světlomet, vpravo nahoře jsou rozsvíceny světlomety bez neoslňující funkce, vpravo dole jsou rozsvíceny neoslňující dálkové světlomety, které výrazně lépe osvětlují chodce vlevo [20]

Digitálně řízené neoslňující dálkové světlomety jsou složeny z LED diod. Jednotlivé diody osvětlují určitou část vozovky a pro rozdělování světla se využívá jejich rozsvěcování a zhasínání. Například systém Matrix LED používaný na vozech Audi, který byl představen v roce 2013 na modelu A8, pracuje s 25 diodami v každém světlometu. Ty jsou sdruženy vždy po pěti do skupin. Každá skupina má svůj reflektor. Matrix LED je aktivní od rychlosti 60 km/h, může stínit až 8 vozidel najednou a díky spojení s navigačním systémem umožňuje lepší osvětlování vozovky, například natáčením světel už před zatáčkou nebo automatickým zapnutím dálkového světla po vyjetí z města nebo obce (a naopak). Činnost Matrix LED je znázorněna na obrázku 33. Další funkcí je upozornění na chodce či zvířata jejich osvětlením varovným světlem, která k jejich detekci využívá infračervené kamery. Podobnou technologií je Multibeam LED u vozidel Mercedes-Benz, kde je využito projekčního systému. V jeho nové verzi je každý jeho světlomet vybaven 84 LED diodami, což umožňuje osvětlovanou vozovku rozdělit na mnohem více ploch a lépe se přizpůsobovat aktuálním podmínkám – viz obrázek 32.

[40], [56], [70]



Obrázek 32 Konstrukce systému Matrix LED (vlevo) a Multibeam LED s 84 diodami (vpravo) [20], [57]



Obrázek 33 LED Matrix [20]

7 Předpokládaný vývoj

V centru pozornosti výrobců automobilů a automobilového osvětlení je zvýšení efektivnosti (měrného světelného výkonu) a prodloužení životnosti osvětlení. Podle trendu posledních let bude pravděpodobně u moderních světelných zdrojů nadále probíhat zlepšování těchto vlastností. Na trhu se očekává největší vzestup u zdrojů LED, a právě u nich lze v blízké budoucnosti tušit největší potenciál. LED budou dále pronikat do vozidel nižších tříd a jejich cena bude klesat. [30], [38], [71]

Technologie OLED, jejímiž světelnými zdroji jsou lehké, velmi tenké, ohebné a průhledné panely, má velký potenciál. Podle vedoucího vývoje, osvětlení a inovací Audi Stephana Berlitz, budou mít zdroje OLED zásadní roli v budoucnosti automobilového osvětlení. Podle něj je také jednou z možností využití OLED na trojrozměrný display, pokrývající celou zadní část vozidla. Dle společnosti Osram, která do této oblasti investuje značné finanční prostředky, bude pro některé svítivky OLED důležitou technologií, ale pro použití ve světlometech k osvětlování se s ní zatím nepočítá. V automobilovém průmyslu se technologie OLED poprvé představila v roce 2015 na zadních svítilnách BMW M4 GTS – viz obrázek 34. [72], [73], [74], [75]



Obrázek 34 Využití OLED na vozidlech, vlevo: zadní svítlna BMW M4 GTS, vpravo a dole: futuristický koncept OLED svítlen Audi [76], [77], [78]

Vývojáři ale také pracují na laserové technologii. Této technologii rovněž patří část budoucnosti osvětlení. Tak jako u již zmíněných zdrojů, lze u laserových diod očekávat jejich rozšiřování do dalších vozidel, například i motocyklů (viz představená implementace ve světlometu motocyklu BMW K 1600 GTL, obrázek 35) a snižování jejich vysoké ceny. Automobilka BMW již používá tuto technologii ve dvou modelech a aplikovala jí také na několika koncepčních vozech. Lze tedy předpokládat postupné uplatňování laserových světlometů do dalších jejích modelů. [79]

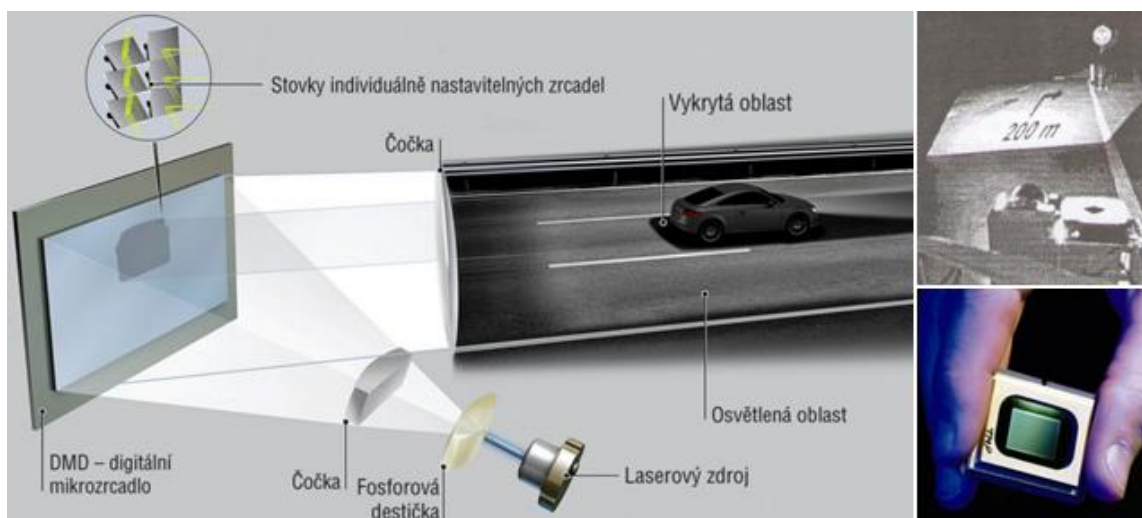


Obrázek 35 Aplikace laseru na světlomet motocyklu [80]

O digitálně řízených neoslňujících dálkových světlometech již bylo psáno v předchozí kapitole. V budoucnu se tato technologie bude dále vyvíjet a zdokonalovat. Výrobci se snaží složit světelný modul z velkého počtu diod, čímž dojde k zjemnění systému a zlepšení rozdělení světla. První generace Multibeam LED Mercedesu-Benz používá 24 diod, současná 84, a již nyní se objevují zprávy o 256 diodových čípech. V budoucnu by mohly existovat čipy s více než 1000 diodami. [81], [82]

Novou technologií jsou optické systémy světlometů s pixelovou technologií. Jedná se o speciální reflexní systém, s velkým množstvím reflektorů v podobě DMD (Digital Micromirror Device) čipu. Ten nese statisíce miniaturních zrcadel s velikostí jen několik setin milimetru, z nichž každé odráží světlo do požadovaného směru. Poloha jednotlivých mikrozrcadel se mění pomocí elektrického pole až pětistíkrát za sekundu. Technologie DMD, která se již nyní používá v některých videoprojektorech, umožňuje téměř nekonečné možnosti regulace reflexní plochy, tedy i výsledného obrazu odráženého světla a přizpůsobovat se různým jízdním situacím. Například lze s velkou přesností odstínit či osvětlit požadovanou plochu nebo promítat na vozovku různé symboly, například pokyny navigačního systému. Této technologie využívá připravovaný systém Matrix Laser, který byl představen automobilkou Audi na loňské i letošní výstavě spotřební elektroniky CES. Tento systém pracuje se zmíněným DMD čipem a laserovou diodou jako světelným zdrojem. Princip a funkce systému je na obrázku 36.

[1], [83]



Obrázek 36 Systém Audi Matrix Laser (vlevo), Promítнутý symbol na osvětlované vozovce (vpravo nahoře), DMD čip (vpravo dole) [1], [64], [83]

U moderních světelných zařízení silničních vozidel se očekává stále větší přizpůsobivost aktuálním podmínkám pro co nejlepší a nejvhodnější osvětlení. U moderních světelných zdrojů lze očekávat další inovace, vedoucí například ke zvyšování světelného výkonu, měrného světelného výkonu, spolehlivosti.

8 Závěr

Tématem mojí práce byly systémy osvětlení silničních vozidel. Jelikož v posledních letech dochází na vozidlech, zvláště u světelných zařízení, k značnému vývoji a pokroku, intervaly inovací se ztelně zkracují a vývoj technologií v této oblasti jde rychle vzhůru, je toto téma v dnešní době velmi aktuální.

Osvětlení vozidel musí splňovat legislativní požadavky. V práci je uveden způsob, jakým se ověřují tyto požadavky. Dále je představen seznam všech zákonů a vyhlášek, které se týkají světelných zařízení vozidel, a z nich vyplívající konkrétní požadavky na nejdůležitější světelná zařízení vozidel. V práci následuje popis všech používaných světelných zdrojů ve světelných zařízení vozidel a popis samotných světelných zařízení.

U světelných zdrojů je neustálá snaha o zvyšování měrného světelného výkonu. Tato snaha je nyní patrná především u LED diod spolu se zvyšováním jejich světelného výkonu. V současnosti se ale v hlavních světlometech vozidel stále nejvíce používají halogenové žárovky, jejichž hlavní výhodou je cena. Xenonové výbojky jsou dalším již velmi používaným světelným zdrojem. Největší vzestup se na trhu očekává u LED diod.

Jednoduchým a levným řešením světlometů je světlomet reflexní, který je v kombinaci s halogenovou žárovkou velmi používaný. Další v dnešní době často

používaný je světlomet projektorový, ať již s halogenovou žárovkou nebo xenonovou výbojkou. Světlomety s LED diodami již začínají pronikat do vozidel nižší střední třídy, ale na jejich masovější rozšíření se stále ještě čeká. Jejich nevýhodou je prozatím cena.

U světelných zařízení zvláště u světlometů, se intenzivně pracuje na adaptivních funkcích. Ty mají za úkol zdokonalovat osvětlení, aby řidič co nejlépe viděl do potřebných míst v různých jízdních podmínkách a situacích, a také zbytečně neosvětloval místa nepotřebná. Velmi užitečnou inovací světlometů posledních let jsou neoslňující funkce, které se snaží maximalizovat osvětlený prostor a zároveň neohrožovat ostatní účastníky silničního provozu. Vývoj světlometů a světelných systémů se tedy ubírá směrem k účelnému osvětlování potřebného prostoru a tím také k zvyšování bezpečnosti jízdy.

Konstrukce moderních světelných zařízení, díky technologiím v nich používaných, směřují k zmenšování zástavbových rozměrů, což také vede ke zvyšování možností jejich designu a větší tuhosti karoserie, popř. snižování jejich hmotnosti a v neposlední řadě ke snižování jejich výrobních nákladů a ochraně životního prostředí.

V budoucnu očekávám další vývoj technologií LED, OLED, Laser a pixelové technologie, aplikování těchto technologií na větší množství světelných zařízení a tím snižování jejich ceny. U světlometů a světelných systémů bude pokračovat vývoj adaptivních funkcí osvětlení.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Vlk, F. *Automobilová elektronika 2*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [2] POLICIE ČR. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2014*. Praha: Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, 2015.
- [3] *Neviditelní chodci v nebezpečí. V noci je riziko jejich úmrtí při dopravní nehodě až 4x vyšší než za dne* [online]. Publikováno 22.10.2015 [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: <http://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/tiskovezpravy/Neviditelní-chodci-v-nebezpečí-V-noci-je-riziko-jejich-umrtí-pri-dopravní-nehodě-az-4x-vyšší-než-za-dne-404594>.
- [4] *Zrak* [online]. [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Zrak.html>.
- [5] Habel, J. *Základy světelné techniky (2)*. Časopis Světlo, 2008, č. 6 [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-2--15928>.
- [6] Procházková Z. – Černochová D. – Veselá K. *Vizuální vnímání řidiče z hlediska psychologie* [online]. Publikováno 10.12.2010 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/vizualni-vnimani-ridice-z-hlediska-psychologie-456627>.
- [7] First, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů*. 1. vyd. Praha: S&T CZ s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [8] Předpis č. 48 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů - Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci, série změn 05.
- [9] Varga K. *Vyvážení bílé a barevná teplota* [online]. Publikováno 18.10.2010 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://www.photobor.cz/news/photohint-10-vyvazeni-bile-a-barevna-teplota/>.
- [10] Kocián, M. *Současný stav a vývoj mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů*. Časopis Světlo, 2001, č. 4 [online]. [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/soucasny-stav-a-vyvoj-mezinarodnich-predpisu-pro-osvetleni-automobilu--16930>.
- [11] ŠŤASTNÝ, Jiří a Branko REMEK. *Autoelektrika a autoelektronika*. Vyd. 6. Praha: T. Malina, 2003. ISBN 80-86293-02-5.

- [12] Vyhláška 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: Sbírká zákonů. 19.12.2014.
- [13] *Mezinárodní technické předpisy pro schvalování silničních vozidel ad.* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/>.
- [14] *Normy ve fondu STK* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: http://as.ntkcz.cz/stm/el_cas.normy_package.seznam?ctrída=34&stk_vlastni=A.
- [15] *Seznam norem ČSN* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://seznamcsn.unmz.cz/>.
- [16] *Katalog norem ISO.* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46706.
- [17] *Normy ISO – silniční vozidla* [online]. [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://infostore.saiglobal.com/emea/results2.aspx?searchType=subject&publisher=ISO&doctype=All&status=Current&sfld1=ICS%20Code&sval1=43.040.20>.
- [18] *Historie a budoucnost osvětlení automobilů: Od svíčky k laseru* [online]. Publikováno 3.2.2014 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/historie-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-od-svicky-k-laseru-79316>.
- [19] Bednář M. *Jak se vyvíjela světla aut: od acetylenu po lasery* [online]. Publikováno 6.9.2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/jak-se-vyvijela-svetla-aut-od-acetylenu-po-lasery/>.
- [20] Přehled osvětlení obchodního oddělení Hella [online]. 2015/05 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: https://www.hella.com/hella-com/assets/media_global/Presentation_Internet_Business_Division-Lighting_EN.pdf
- [21] Přednášky předmětu světelná technika, Západočeská univerzita v Plzni [online]. [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~benesj/SVT/>.
- [22] Habel, J. *Základy světelné techniky (1)*. Časopis Světlo, 2008, č. 4 [online]. [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-1--15860>.
- [23] *Elektromagnetické spektrum* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum.
- [24] *Fotometrické veličiny* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/535-fotometricke-veliciny>.
- [25] *Elektromagnetické spektrum – citlivost lidského oka* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: http://www.labo.cz/mft/rad_pasma.htm.

- [26] *Barevná teplota* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.techniled.cz/20-barevna-teplota/?odkud=web-filtr-url>.
- [27] Libra, M. *Klasická žárovka neztrácí svůj význam ani ve třetím tisíciletí*. Časopis Světlo, 2003, č. 1 [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/klasicka-zarovka-neztraci-svuj-vyznam-ani-ve-tretim-tisicileti--14627>.
- [28] *Autožárovka P21W* [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: http://www.obi.cz/decom/product/Compass_Auto%C5%BE%C3%A1rovka_P21W_12_V_21_W,_2_ks/4465282.
- [29] *Žárovka H4 Hella* [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: http://www.autosvetla-sulek.cz/cz/sortiment/225_467/12v-h4-zarovka-h4-hella.
- [30] Slováček, P. *Halogen vs. xenon vs. diody: Žárovky ještě nevymřely* [online]. Publikováno 4.4.2014 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531>.
- [31] Bosch, Robert. *Automotive electrics, automotive electronics*. 5th ed. Plochingen: Robert Bosch GmbH, 2007. ISBN 9780470519370.
- [32] Vlk, F. *Osvětlení motorových vozidel* [online]. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2006-05-292-300.pdf>.
- [33] *Xenonová výbojka D2S Osram* [online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://svetcon.ru/Lamp/detail.php?ID=28253>.
- [34] *Zařízení pro čištění světlometů Škody Superb* [online]. [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <http://www.briskoda.net/forums/topic/281812-headlight-washer-cover/>.
- [35] *Víte jak funguje LED a OLED dioda?* [online]. Publikováno 1.3.2013 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/15.php>.
- [36] Niesig, P. *LED světelné diody* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.elkovo-cepelik.cz/led-svetelne-diody-light-emitting-diodes>.
- [37] *LED* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>.
- [38] Smolík, J. *Současnost a budoucnost automobilového osvětlení*. Časopis Světlo, 2011, č. 5 [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/soucasnost-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni--15324>.
- [39] Vlk, F. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.

- [40] Popa., B. *Battle of the Headlights* [online]. Publikováno 21.1.2016 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html#>.
- [41] Dvořáček, V. *Světelné zdroje – světelné diody*. Časopis Světlo, 2009, č. 5 [online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15723>.
- [42] Dvořáček, V. *Světelné zdroje – světelné diody (pokračování)*. Časopis Světlo, 2011, č. 2 [online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15243>.
- [43] Dvořák, F. *Kouzla se světlem. Xenon je mrtvý, budoucnost je LED, laser a drony* [online]. Publikováno 11.5.2015 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/svetlo-audi-cxb-/automoto.aspx?c=A150410_014247_automoto_fdv.
- [44] Informační zdroje firmy Osram [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://www.osram.com/osram_com/tools-and-services/services/faq/ledoled-lighting/index.jsp.
- [45] Gallina, E. *Audi to show New OLED Lighting Concept Car in Frankfurt* [online]. Publikováno 29.7.2015 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://formtrends.com/audi-to-show-new-oled-lighting-concept-car-in-frankfurt/>.
- [46] Černý, V. *Laser – od objevu k průmyslovým aplikacím*. Časopis Elektro, 2005, č. 4 [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/laser-od-objevu-k-prumyslovym-aplikacim--13653>.
- [47] *Lasers could offer alternative to LED light sources* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.ledsmagazine.com/articles/2011/11/lasers-could-offer-alternative-to-led-light-sources.html>.
- [48] *Laser 2015: activated phosphors power super-bright headlamps* [online]. Publikováno 25.6.2015 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://optics.org/news/6/6/46>.
- [49] Mička, J. *BMW Laserlights: Revoluce v osvětlení na vlastní oči* [online]. Publikováno 11.4.2014 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: http://www.auto.cz/bmw-laserlights-revoluce-v-osvetleni-na-vlastni-oci-80640?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy.

- [50] Informační zdroje firmy Osram – technologie LARP [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <https://www.osram.com/media/resource/HIRES/617157/836628/flyer-larp-gb.pdf>.
- [51] Předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů.
- [52] *Headlamp* [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp>.
- [53] Světlomety vozidla Jeep Liberty [online]. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: <http://www.ebay.com/itm/New-Pair-Set-Headlight-Headlamp-Lens-Housing-Assembly-DOT-03-04-Jeep-Liberty-SUV-/271943870317?fits=Make%3AJeep%7CModel%3ALiberty&hash=item3f511e276d:g:18cAAOSwLVZVuWfx&vxp=mtr>.
- [54] Světlomet vozidla Mazda 3 [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: http://www.caricos.com/cars/m/mazda/2014_mazda3_sedan/1920x1080/65.html.
- [55] Informační zdroje firmy Automotive Lighting – LED [online]. [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.al-lighting.com/lighting/headlamps/led/>.
- [56] Dusil, T. *Audi a LED osvětlení: Diody, kam se podíváš* [online]. Publikováno 6.3.2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/audi-a-led-osvetleni-diody-kam-se-podivas-86123>.
- [57] Ardent, R. *2016 Mercedes E-Class gets second gen Multibeam LED headlamp* [online]. Publikováno 12.5.2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://steeringnews.com/mercedes-benz-announces-new-multibeam-led-headlamps-9246/>.
- [58] Claudius. *Mercedes Benz S Class Coupe Headlight LED* [online]. Publikováno 15.2.2014 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://autonetmagz.net/2015-new-s-class-coupe-officially-introduced/982/mercedes-benz-s-class-coupe-headlight-led/>.
- [59] Pavlůsek, O. *BMW i8: Laserová světla cestou vpřed* [online]. Publikováno 18.12.2011 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-i8-laserova-svetla-cestou-vpred-63774>.
- [60] Konstrukce laserového světlometu BMW i8 [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: http://www.zkw-group.com/wp-content/uploads/2014/03/zkw_laserlicht_bmwi8.jpg.
- [61] Intilia, P. *Phares au Laser Audi* [online]. Publikováno 21.1.2015 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.4legend.com/2015/phares-au-laser-audi>.

- [62] Sirota, I. *Asistent dálkových světel* [online]. Publikováno 25.11.2013 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/aba/item/2291-asistent-d%C3%A1lkov%C3%BDch-sv%C4%9Btel>.
- [63] *Dálková světla už nebude nutné vypínat, když vyjede auto v protisměru* [online]. Publikováno 17.5.2010 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.audembezpecne.cz/cz/s40/c1437-Zpravy/n1987-Dalkova-svetla-uz-nehude-nutne-vypinat-kdyz-vyjede-auto-v>.
- [64] *Prezentace Advanced Front Lighting System (AFS)*. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://slideplayer.org/slide/1285713/>.
- [65] *Přednášky předmětu dopravní motorová vozidla, Česká zemědělská univerzita v Praze*.
- [66] *Informační zdroje firmy Automotive Lighting – AFS* [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://www.al-lighting.com/lighting/headlamps/afs/>.
- [67] *New headlamp and night-view systems: Adaptive Highbeam Assist selects the optimum light settings automatically* [online]. Publikováno 12.11.2008 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-614216-1-1147521-1-0-0-0-0-0-11702-0-0-1-0-0-0-0-0.html>.
- [68] *Glare-Free High Beam* [online]. Publikováno 31.6.2015 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.bmwesys.com/guides/Euro%20LED%20Headlights%20How%20To.pdf>.
- [69] Dragoun, A. *Dynamic Light Assist pro nový VW Touareg vyvinula Hella* [online]. Publikováno 10.5.2010 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/hella-dynamic-light-assist-pro-novy-vw-touareg-22888>.
- [70] Fallah, A. *Audi Matrix LED headlights technology explained* [online]. Publikováno 1.11.2013 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://www.caradvice.com.au/257871/audi-matrix-led-headlights/>.
- [71] *New report published on global automotive LED lighting market* [online]. Publikováno 10.3.2016 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <https://www.whatech.com/market-research/energy/137730-new-report-published-on-global-automotive-led-lighting-market>.
- [72] Peach, M. *Lighting market will adopt more OLEDs – ‘subject to conditions’* [online]. Publikováno 9.3.2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://optics.org/news/7/3/13>.
- [73] *OLEDs the future of automotive lighting: Audi Development Head* [online]. Publikováno 22.1.2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z:

<https://electronicsnews.com.au/oleds-the-future-of-automotive-lighting-audi-development-head/>.

[74] *Osram's CEO: OLED is an important lighting technology, but not for general lighting* [online]. Publikováno 4.2.2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.oled-info.com/osrams-ceo-oled-important-lighting-technology-not-general-lighting>.

[75] Fokt, M. *BMW M4 GTS: Hardcore emko má rovných 500 koní* [online]. Publikováno 7.10.2015 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-m4-gts-hardcore-emko-ma-rovných-500-koni-89519>.

[76] *BMW M4 GTS* [online]. Publikováno 18.8.2015 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.ezauto.lv/lv/articles/64>.

[77] *Audi predstavilo futuristické OLED svetlá* [online]. Publikováno 4.2.2013 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.endy.sk/auto-moto/audi-predstavilo-futuristicke-oled-svetla/>.

[78] Mehmood, F. *Audi's Swarm OLED Concept Is Beautiful But Illegal Too* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.pakwheels.com/blog/audis-swarm-oled-concept/#>.

[79] Fokt, M. *BMW motorkářům: Přilba s head-up displejem a laserové světlometry* [online]. Publikováno 7.1.2016 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-motorkarum-prilba-head-up-displej-laser-91892>.

[80] Kanev, D. *BMW Motorrad Presents Laser Light For The BMW K 1600 GTL* [online]. Publikováno 6.1.2016 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://dro4cars.blogspot.cz/2016/01/bmw-motorrad-presents-laser-light-for.html>.

[81] Sokol, I. *256-Pixel LED Shows Promise in Smart Automotive Headlamps* [online]. Publikováno 12.12.2014 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://electronicdesign.com/leds/256-pixel-led-shows-promise-smart-automotive-headlamps>.

[82] *1,000-pixel headlights could offer improved vision at night* [online]. Publikováno 3.3.2016 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: http://www.notey.com/@autoblog_unofficial/external/8192751/1-000-pixel-headlights-could-offer-improved-vision-at-night.html.

[83] Hanke, P. *Audi Matrix LED & Laser – Ještě účinnější* [online]. Publikováno 20.10.2015 [cit. 2016-03-16]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/audi-matrix-led-laser-jeste-ucinnejsi_44442.html.

Seznam obrázků

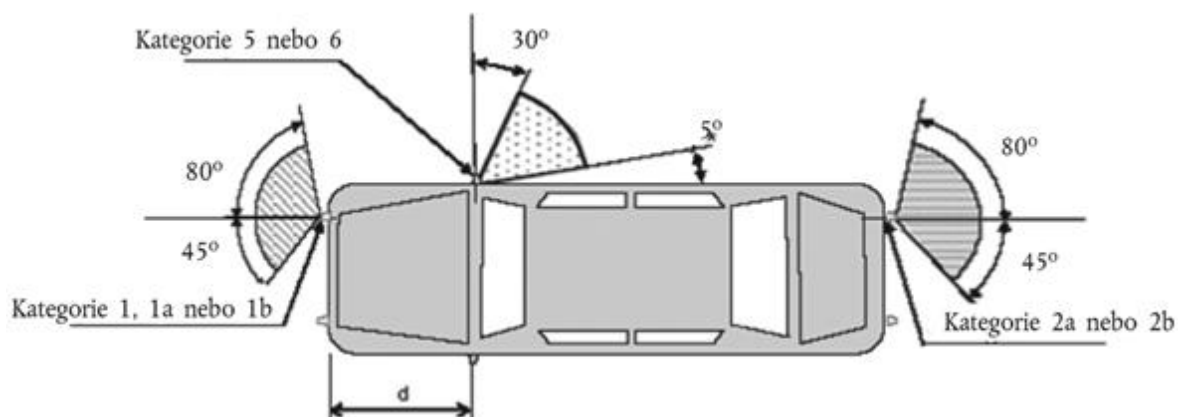
Obrázek 1 Lidské oko	2
Obrázek 2 Obrazec kontrolních bodů pro asymetrický potkávací světlomet pravostranného provozu na projekční stěně	4
Obrázek 3 Diagram chromatičnosti CIE s vyznačenými poli barev používanými na světelných zařízení vozidel	5
Obrázek 4 Diagram chromatičnosti CIE s vyznačenou Planckovou křivkou teplot chromatičnosti.....	5
Obrázek 5 Zóny nepřipustných viditelností světel a jejich hranice	6
Obrázek 6 Geometrie umístění a úhly viditelnosti světel na přední straně vozidla.....	7
Obrázek 7 Elektromagnetické záření a jeho viditelná oblast.....	24
Obrázek 8 Relativní citlivost oka v závislosti na vlnové délce světla	25
Obrázek 9 Spektrum barevné teploty světla	25
Obrázek 10 Intenzity osvětlení	26
Obrázek 11 Jas	27
Obrázek 12 Klasická konvenční žárovka.....	28
Obrázek 13 Halogenový cyklus	28
Obrázek 14 Halogenová žárovka H4 Hella	29
Obrázek 15 Xenonová výbojka D2S	30
Obrázek 16 Zařízení pro čištění světlometů vozidla Škoda Superb	31
Obrázek 17 Porovnání intenzity osvětlení světlometů s halogenovými žárovkami H4 (nahore) a xenonovými výbojkami D2S (dole)	32
Obrázek 18 Konstrukce LED.....	32
Obrázek 19 LED zdroj automobilového světlometu	33
Obrázek 20 OLED panely Audi.....	34
Obrázek 21 Modrá laserová dioda a modul Osram μ LARP	35
Obrázek 22 Model reflexního světlometu Peugeotu 308 II bez krytu	39
Obrázek 23 Parabolický světlomet	40
Obrázek 24 Světlomet Jeepu Liberty s reflektorem s volnou plochou	40
Obrázek 25 Schéma projekčního světlometu (vlevo), Bixenonový světlomet Mazdy 3 (vpravo).....	41
Obrázek 26 Provedení LED světlometů	42

Obrázek 27 Laserový světlomet BMW (vlevo), Laserový světlomet Audi (vpravo).....	42
Obrázek 28 Porovnání osvětlení vozovky konvenčními a dynamickými světlometry	44
Obrázek 29 Projekční modul světlometu VARIOX (Hella)	45
Obrázek 30 Regulace velikosti a tvaru osvětlené plochy	46
Obrázek 31 Neoslňující dálkový světlomet	46
Obrázek 32 Konstrukce systému Matrix LED (vlevo) a Multibeam LED s 84 diodami (vpravo).....	47
Obrázek 33 LED Matrix	48
Obrázek 34 Využití OLED na vozidlech	49
Obrázek 35 Obrázek 35 Aplikace laseru na světlomet motocyklu	49
Obrázek 36 Systém Audi Matrix Laser (vlevo), Promítnutý symbol na osvětlované vozovce (vpravo nahoře), DMD čip (vpravo dole).....	51

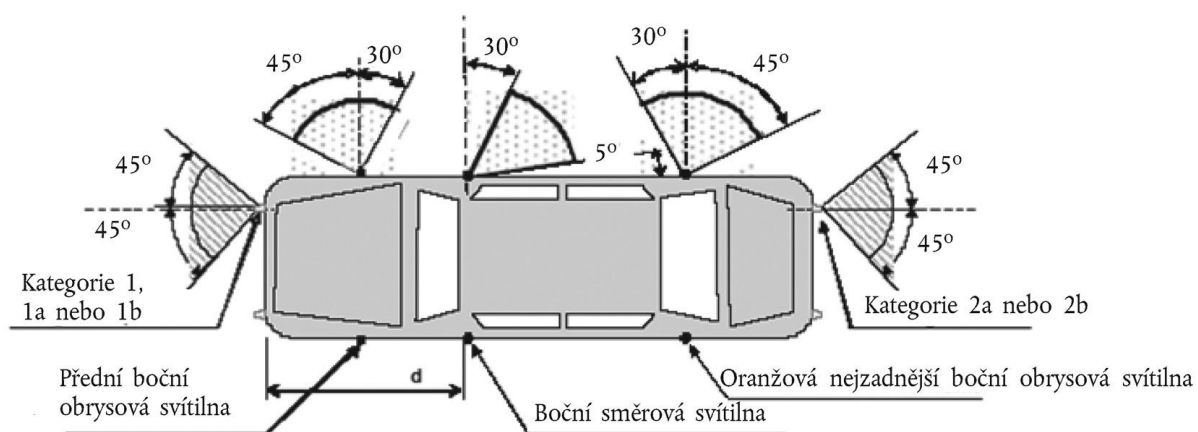
Seznam příloh

- Příloha I Vodorovné úhly geometrické viditelnosti směrových svítlen
- Příloha II Intenzity osvětlení světlometů s halogenovými žárovkami,
xenonovými výbojkami a LED diodami

Příloha I: Vodorovné úhly geometrické viditelnosti směrových svítílen [8]

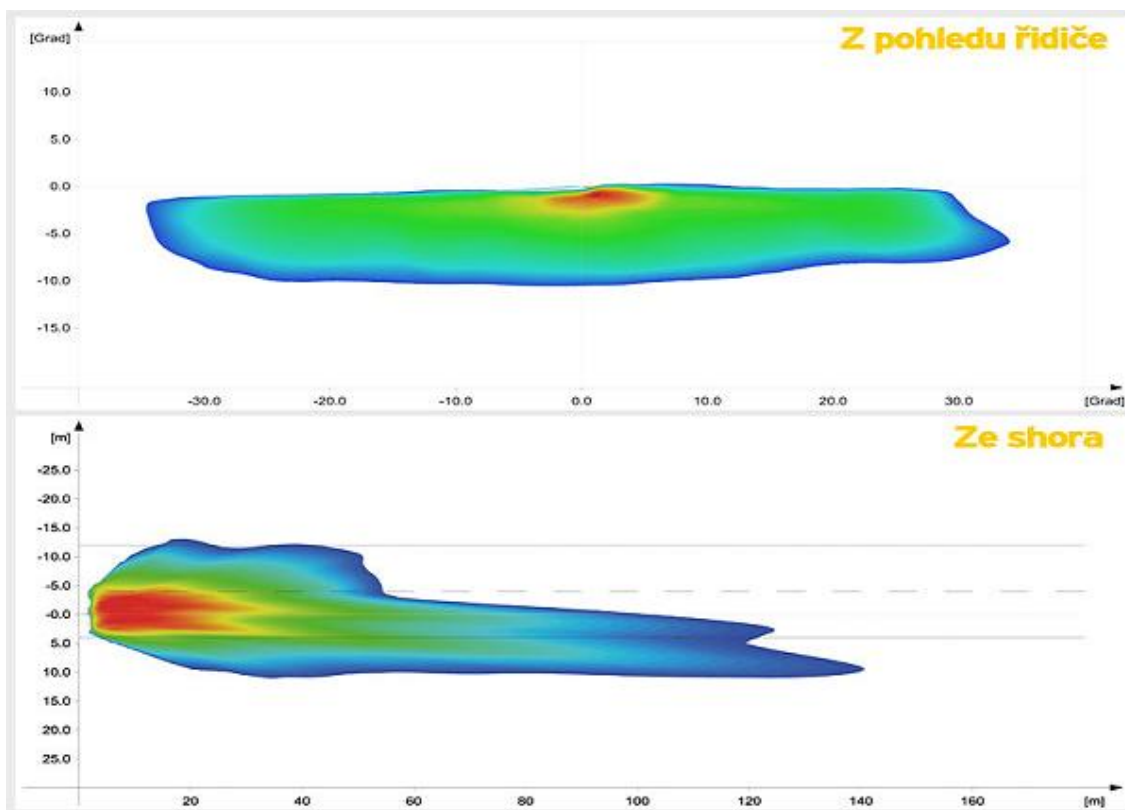


Vodorovné úhly geometrické viditelnosti směrových svítílen

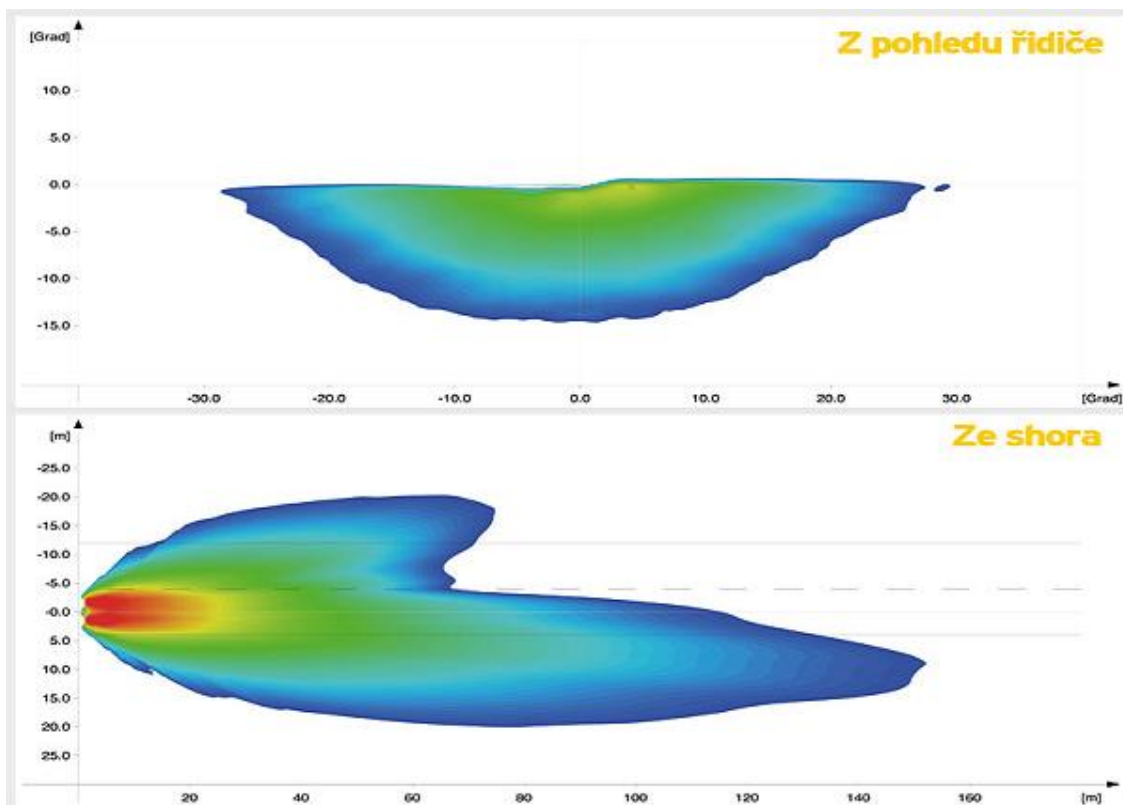


Jiná varianta přípustných vodorovných úhlů geometrické viditelnosti směrových svítílen vozidel kategorií M1 a N1

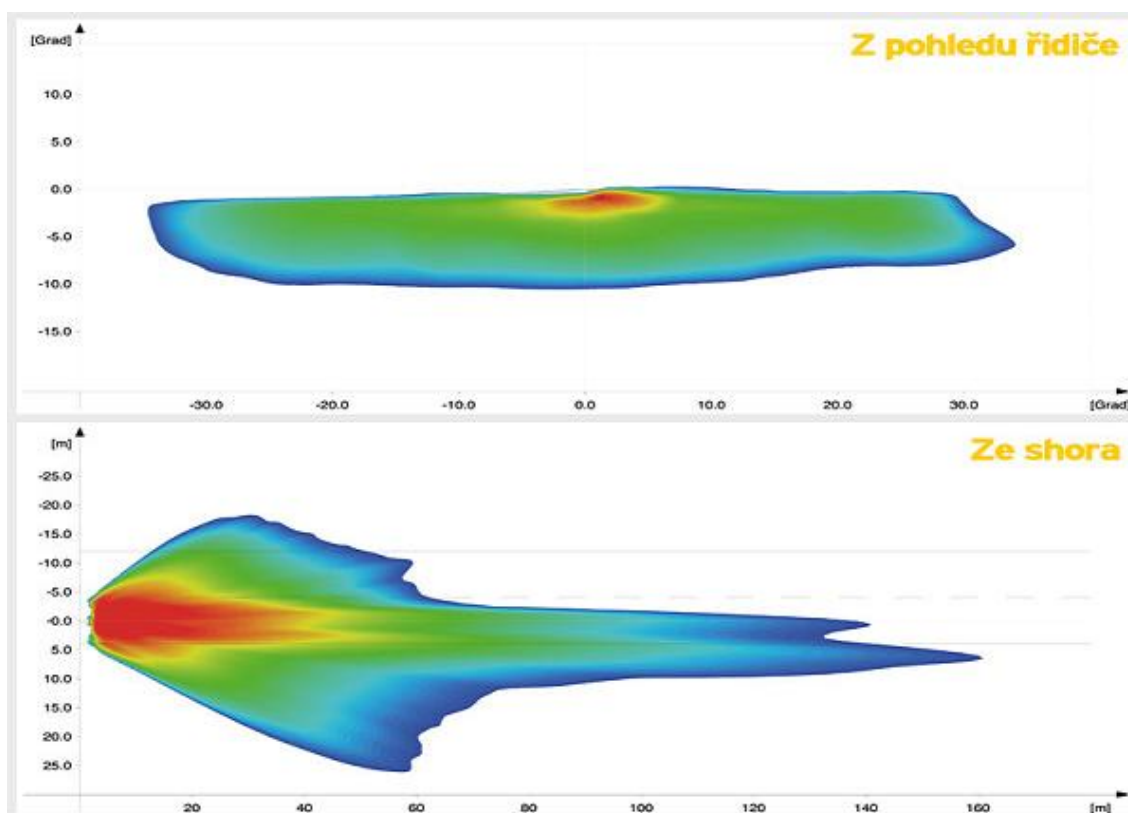
Příloha II: Intenzity osvětlení světlometů s halogenovými žárovkami, xenonovými výbojkami a LED diodami [30]



Reflexní světlomet s halogenovou žárovkou (peugeot 308)



Projekční světlomet s xenonovou výbojkou (Škoda Octavia 3)



LED světlomet (Mercedes-Benz C W205)