

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v Praze

Fakulta dopravní



Bc. Tomáš Vašica

Diplomová práce

Řízené systémy výhledu z vozidla a signalizace
Controlled systems of view from vehicle and signalization

listopad 2014



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Tomáš Vašica

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Řízené systémy výhledu z vozidla a signalizace**

Název tématu (anglicky): **Controlled systems of view from vehicle and signalization**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Definujte výhled z vozidel a signalizaci
- Uveďte legislativu související s tématem
- Popište konstrukce a fyzikální vlastnosti výhledu a signalizace
- Navrhněte systém řízeného výhledu pro noční vidění. Využijte k tomu navigační a související systémy
- Zařad'te navržený systém legislativně

Rozsah grafických prací: do 10 stran

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: First, J.: Zkoušení automobilů a motocyklů
Vlk, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel
ISO normy

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří First

Datum zadání diplomové práce:

12. června 2013

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

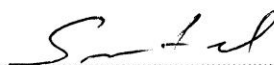
Datum odevzdání diplomové práce:

28. listopadu 2014

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



- Bc. Tomáš Vašica -
jméno a podpis studenta

V Praze dne12. června 2013

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

„Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).“

V Praze dne

Podpis autora:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v Praze

Fakulta dopravní

Diplomová práce

Řízené systémy výhledu z vozidla a signalizace

Controlled systems of view from vehicle and signalization

Bc. Tomáš Vašica

listopad 2014

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá definicí výhledu z vozidla a rešerší existujících zařízení a systémů pro osvětlení a světelnou signalizaci osobních vozidel. Popsány jsou pojmy jako bezpečnost, vidění nebo světlo. Práce obsahuje i rozdělení světelných zdrojů, různých typů světlometů a jejich adaptivních systémů. Proveden je návrh systému nočního vidění, využívající navigačního systému a souřadnic GPS i jiných existujících systémů. K jednotlivým kapitolám je uvedena i patřičná legislativa.

Klíčová slova: aktivní/pasivní/integrovaná bezpečnost, vidění a výhled, světlo, signalizace, světlomety, adaptivní, noční vidění, LED, Hella, Bosch ...

Abstract

This diploma thesis is dealing with definition of view from vehicle and with search of existing devices and systems for light signalization of motor vehicles. Described are terms such as safety, sight or light. The work includes the distribution of light sources, various types of headlamps and their adaptive systems. Also is implemented a suggestion of system for night-vision, which uses navigation system and coordinates of GPS and other existing systems. To particular chapters is mentioned an appropriate legislation.

Keywords: active/pasive/integrated safety, sight and view, light, signalization, headlights, adaptive, night-vision, LED, Hella, Bosch ...

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří se podíleli na tvorbě diplomové práce. Zejména bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Firstovi a Ing. Josefu Míkovi za cenné rady a připomínky během celého studia. V neposlední řadě děkuji mé rodině za trvalou podporu při studiu i tvorbě této práce.

Obsah

| | |
|--|----|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK..... | 9 |
| ÚVOD..... | 10 |
| 1. DEFINICE BEZPEČNOSTI..... | 11 |
| 1.1 Aktivní bezpečnost..... | 11 |
| 1.2 Pasivní bezpečnost..... | 11 |
| 1.3 Integrovaná bezpečnost | 12 |
| 2. VÝHLED Z VOZIDLA..... | 13 |
| 2.1 Základní vlastnosti lidského vidění..... | 14 |
| 2.2 Výhled z vozidla dopředu..... | 17 |
| 2.2.1 Metoda zjišťování výhledu dopředu..... | 18 |
| 2.3 Výhled z vozidla dozadu | 20 |
| 2.3.1 Metoda zjišťování výhledu dopředu..... | 21 |
| 2.4 Zajištění stálého výhledu | 23 |
| 3. OSVĚTLENÍ A SVĚTELNÁ SIGNALIZACE | 25 |
| 3.1 Světlo a základní fyzikální veličiny..... | 26 |
| 3.2 Zdroje světla | 28 |
| 3.2.1 Žárovky..... | 28 |
| 3.2.2 Konstrukce žárovek | 32 |
| 3.2.3 Výbojky | 35 |
| 3.2.4 LED diody | 37 |
| 3.3 Světlomety..... | 38 |
| 3.3.1 Základní rozdělení klasických světlometů | 39 |
| 3.3.2 Moderní konstrukce světlometů | 42 |
| 3.3.3 Přídavné světlomety | 47 |
| 3.3.4 Regulace dosahu světlometů..... | 51 |

| | |
|--|----|
| 3.4 Systém adaptivních světlometů | 53 |
| 3.4.1 Princip dynamických adaptivních světlometů | 54 |
| 3.4.2 Inteligentní adaptivní světlomety | 55 |
| 4. SYSTÉM NOČNÍHO VIDĚNÍ | 59 |
| 4.1 Historie systémů nočního vidění | 59 |
| 4.2 Technologie systémů nočního vidění | 60 |
| 4.3 Návrh systému nočního vidění | 63 |
| 4.3.1 Systém GPS | 63 |
| 4.3.2 Rozpoznávání dopravních značek | 65 |
| 4.3.3 Automatická detekce vozidel | 67 |
| 4.3.4 Automatická detekce chodců | 69 |
| 4.3.5 Struktura systému nočního vidění | 71 |
| 4.3.6 Legislativní zařazení navrhovaného systému | 77 |
| ZÁVĚR | 79 |
| Seznam použité literatury | 80 |
| Seznam obrázků | 83 |
| Seznam tabulek | 86 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| Zkratka | Název |
|---------|---|
| ABS | Anti-lock Braking System |
| ADAS | Advanced Driver Assistance Systems |
| AFL | Adaptive Forward Light |
| AFS | Adaptive Frontlight System |
| AHS | Adaptive High-beam System |
| ALC | Adaptive Light Control |
| DE | Dreiaxse Elipsoid světlomet |
| EHK | Evropská Hospodářská Komise |
| EHS/ES | Evropské Hospodářské Společenství |
| ESP | Electronic Stability Programme |
| FF | Free Form světlomet |
| GPS | Global Positioning System |
| HMI | Human-Machine Interface |
| HUD | Head Up Display |
| IVAN | Intelligent Vision for Automobiles at Night |
| LED | Light Emitting Diode |
| OSN | Organizace Spojených Národů |
| STK | Stanice Technické Kontroly |

ÚVOD

Zajištění dobrého výhledu je z hlediska bezpečnosti velmi důležité pro bezpečné rozhodování řidiče. Je zapotřebí, aby měl neustále přehled o dopravní situaci a prostoru komunikace v okolí vozidla. Tyto aspekty jsou brány v potaz již od samotného počátku automobilismu. Ve výhledu jsme však omezováni jednak předními sloupky karoserie, jednak samotnou fyziologií lidského oka. Proto jsou automobily vybaveny zařízeními pro tzv. nepřímý výhled. Jelikož však řízení osobních automobilů i jiných motorových vozidel neprobíhá jen ve dne a za příznivé viditelnosti, jsou neméně důležitými prvky příslušenství zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci. Proto tyto systémy patřily mezi jedny z prvních příslušenství, kterými byly vybavovány silniční motorová vozidla.

Tato práce má vytvořit ucelený přehled o tom, jak je definován samotný výhled z vozidla, co jej ovlivňuje a jak ho lze zabezpečit. Dále jsou pak popsány současné systémy, prvky a zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci. Uvedena je definice světla a jeho charakteristických fyzikálních veličin. Dále jsou popsány jednotlivé zdroje světla, typy a konstrukce světlometů i jednotlivé moderní osvětlovací systémy. V jednotlivých kapitolách je pak uvedena i legislativa, týkající se dané problematiky.

Navržena je pak možná podoba systému nočního vidění, který spolupracuje se systémem GPS. Kromě tohoto systému je pak navržena i spolupráce s dalšími více či méně známými systémy, které zvyšují nejen bezpečnost, ale i samotné pohodlí při řízení motorového vozidla.

1. DEFINICE BEZPEČNOSTI

Pojem bezpečnost je v automobilovém průmyslu velice rozsáhlé a klíčové téma a setkáváme se s ním takřka na každém kroku. Díky neustálému vývoji v oblasti informačních technologií se bezpečnost postupně zvyšuje. Níže jsou uvedeny jednotlivé typy bezpečností.

1.1 Aktivní bezpečnost

Prvky aktivní bezpečnosti jsou systémy, technická zařízení a vlastnosti vozu, které pomáhají zabránit nebo předejít dopravním nehodám. K prvkům aktivní bezpečnosti patří především kvalitní brzdy, přesné řízení, celá řada elektronických protiblokovacích, protipokluzových a stabilizačních systémů (ABS, ESP ...). Z hlediska bezpečnosti je také důležité pohodlí řidiče, dobrá ergonomie vozu, dostatečný výhled, teplota v kabině atd. Dobré jízdní vlastnosti, dostatečně pružný a výkonný motor, optimální trakce automobilu, to vše také přispívá ke zvýšení úrovně aktivní bezpečnosti.[1] K těmto základním prvkům je třeba započítat spoustu větších i menších detailů, jako například stěrače s cyklovačem, ostřikovače a stěrače světlometů, elektrické nastavování a vyhřívání zpětných zrcátek, parkovací radar, účinnost brzd, vůle v řízení, minimální osvětlení vozidla, výhled z vozu i maximální hlučnost ve vozidle danou zákonem, jenž je harmonizovaný s mezinárodními předpisy. Účinnost a souměrnost brzdících sil se kontroluje na STK, jiné části je ve vlastním zájmu schopen zkontrolovat běžný motorista.[2]

1.2 Pasivní bezpečnost

Prvky a systémy pasivní bezpečnosti jsou takové prvky a systémy, které zmírňují následky nehod. Obecně lze říct, že tyto prvky působí až při nehodě. Dojde-li k nehodě, přicházejí na řadu prvky pasivní bezpečnosti.[3] Pohybová energie vozidla při havárii má být pohlcována tak, aby byli co možná nejméně ohroženi cestující. Proto je karoserie vozu rozdělena na tři části. Uprostřed je prostor pro pasažéry, který tvoří jistou bezpečnostní buňku. Vpředu a vzadu pak jsou „měkké“ deformační zóny. Bezpečné konstrukce karoserie se dosahuje speciální strukturou, v kritických místech karoserie jsou použity tuhé a pevné podélné a příčné nosníky, profily a vyztuženy jsou i sloupky. Při nárazu se pak karosérie deformuje a pohlcuje velkou část energie s cílem uchovat prostor pro cestující bez výrazných změn. Mezi další prvky pasivní bezpečnosti patří například bezpečnostní pásy, airbagy nebo

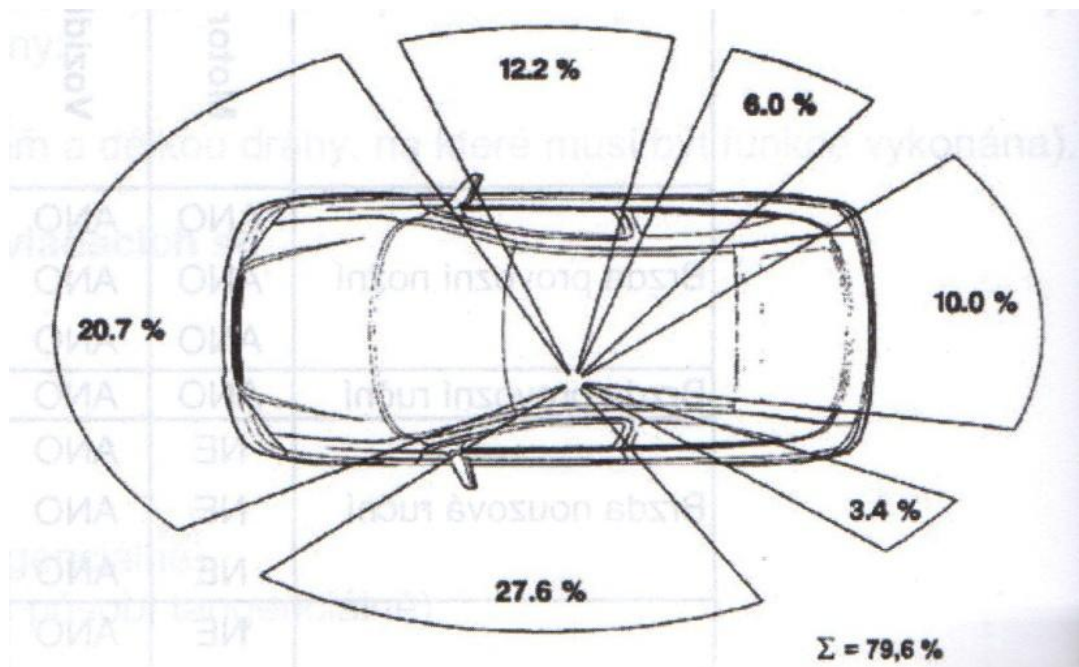
opěrky hlavy. Bezpečnostní pás hraje pro bezpečnost jednu z hlavních rolí, zabrání výraznému pohybu těla při nárazu, připoutáním přeneseme nebezpečný pohyb osoby na karoserii. Použití airbagů mírní tlakovou sílu při nárazu a brání kontaktu těla s částmi uvnitř vozu. Vlastní airbag má minimalizovat následky. Pásky neztrácejí význam ani v době airbagů, jež jsou pouze dalším podpůrným systémem a pokud není řidič při nehodě připoután, díky vystřelení airbagu může utrpět zranění. V případě adaptivních airbagů mohou být aktivovány dva režimy, není-li náraz příliš silný a cestující sedí blíže přístrojové desce, část plynu v airbagu je ventilem vypuštěna a horní polovina těla je tak zachycena s menší razancí. Při malém i při větším nárazu zůstává airbag nafouknut po delší čas.[4]

1.3 Integrovaná bezpečnost

Poměrně novým trendem v automobilovém průmyslu je tzv. integrovaná bezpečnost. Jejím základem je slučování prvků jak aktivní, tak pasivní bezpečnosti do jednoho systému. Integrovaná bezpečnost funguje tak, že na základě informací o okolí vozidla, např. z radarů, senzorů či kamer, dojde při vyhodnocení neodvratnosti nehody k aktivaci systémů pasivní a aktivní bezpečnosti. Uvedou se v činnost předpínače bezpečnostních pásů a zároveň dojde k seřízení sedadel a opěrek hlavy do správné polohy, aktivují se brzdní asistenti atd. Na vyspělé úrovni je tato koncepce u firmy Mercedes-Benz. Koncepce integrované bezpečnosti společnosti Mercedes-Benz dělí bezpečnost vozidla do čtyř fází. Během jízdy vozidlo řidiči pomáhá rychle a bezpečně zvládat krizové situace. Ve druhé fázi, v případě nebezpečí, lze aktivovat několik preventivních prvků, které sníží riziko zranění. V případě nehody mohou uživatelé využívat účinnou, individuálně přizpůsobenou ochranu poskytovanou komplexem pasivních bezpečnostních systémů. Konečně čtvrtou fází je situace po nehodě, kdy jsou například automaticky spuštěny výstražné ukazatele směru, čímž se snižuje riziko vzniku dalších nehod.[5]

2. VÝHLED Z VOZIDLA

Dostatečný výhled z vozidla je pro bezpečné vnímání řidiče velmi důležitý. Proto řadíme výhled z vozidla jako jeden z důležitých prvků aktivní bezpečnosti. Obecně pak platí pravidlo „vidět a být viděn“. Výhled je sledován nejen ve směru jízdy, kdy jde o výhled přímý, ale i do stran a dozadu, což je výhled zprostředkovaný. Volný přímý výhled je u automobilů určen průhlednými plochami karoserie, tedy okny.[6] Je tedy snahou výrobců a konstruktérů navrhnout průhledné plochy co největší, aby byl zajištěn co nejlepší výhled. Na druhé straně však tento aspekt koliduje s požadavkem na pevnost a tuhost karoserie dosaženou dostatečným dimenzováním sloupků.



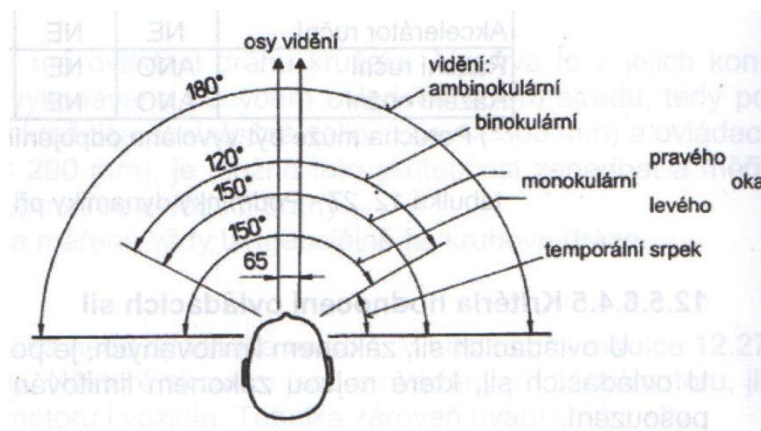
Obr. 1 Výhled a překážky výhledu z osobního vozidla [6]

2.1 Základní vlastnosti lidského vidění

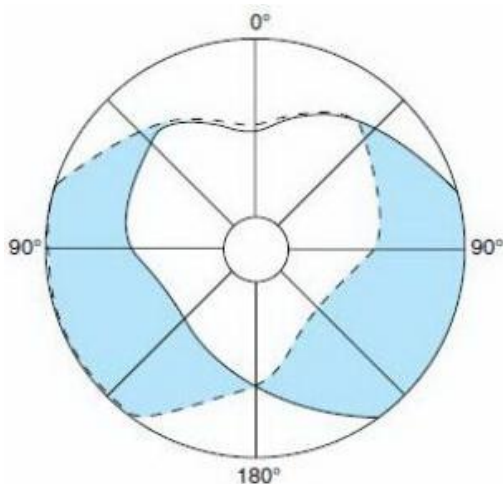
Koncepce výhledu z vozidla je také dána základní fyziologií lidského vidění. To je definováno ve třech oblastech:[6]

- Zorné pole - je část prostoru viditelná každým okem, aniž by se hýbalo hlavou či okem. Teoreticky by jeho tvar měl být kruhový, prakticky jej však omezuje nos a nadočnicový oblouk. Zorné pole jednoho oka je asi 130° ve svislém a 160° ve vodorovném směru. Může docházet i k výpadkům zorného pole, a to z mnoha příčin (šilhání, zelený nebo šedý zákal, ...) [8]
- Pohledové pole - je část prostoru, jenž je možné vidět při statické poloze hlavy, ale pohybujících se očích
- Rozhledové pole – je část prostoru viditelná při pohybech očí i hlavy

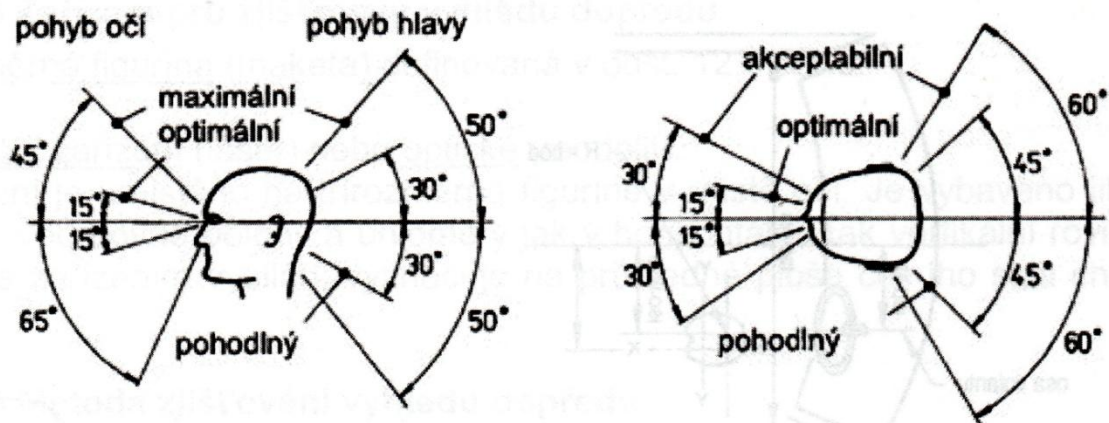
Při vidění pak ještě rozlišujeme pole monokulární (viditelné jen jedním okem) a pole binokulární (viditelné oběma očima - stereoskopické). Binokulární vidění neboli také vidění prostorové je závislé zejména na součinnosti obou očí. Proto je oblast prostorového vidění omezena pouze na binokulární zorné pole (viz. Obr. 3).[8] Další představy o polích vidění zobrazují Obr. 2 a Obr. 4.



Obr. 2 Pole vidění v horizontální rovině [6]

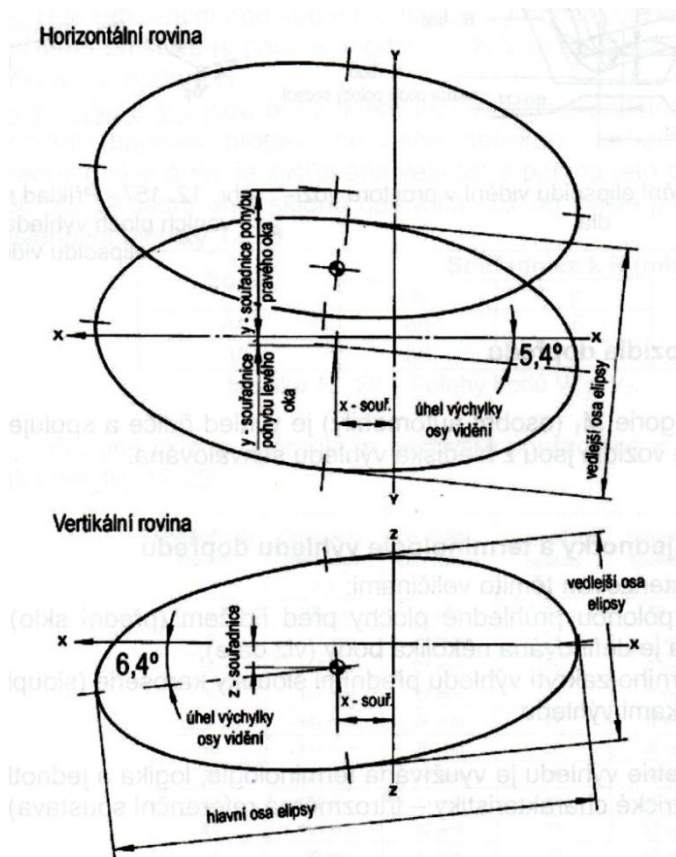


Obr. 3 Monokulární (modrá část) a binokulární (bílá část) zorné pole [8]

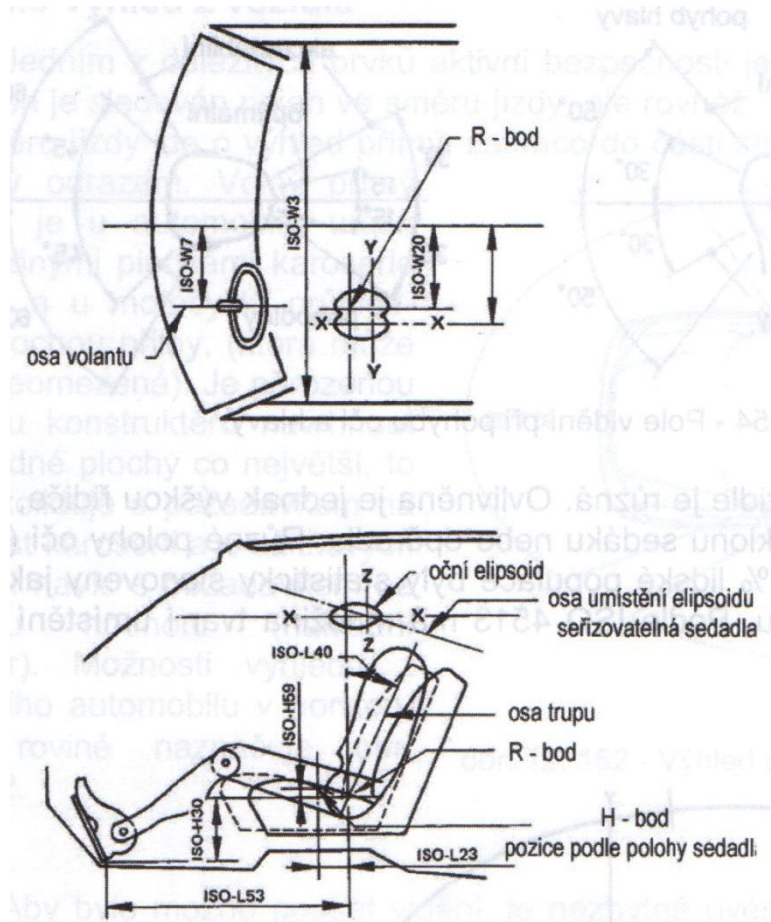


Obr. 4 Pole vidění při pohybech očí a hlavy [6]

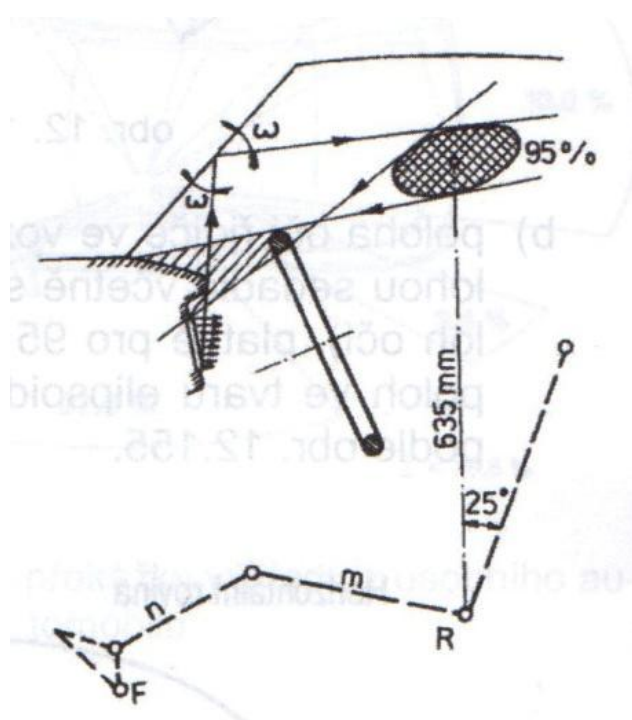
Dále je pro zajištění dobrého výhledu z vozidla nutné vědět polohu očí řidiče ve vozidle.[7] Tato poloha je však různá, ovlivněna je jednak výškou řidiče, dále polohou sedadla včetně sklonu sedáku nebo opěradla. Rozptyl poloh očí, platný pro 95% populace, má přibližný tvar elipsy. Tvar i umístění ve vozidle je podle ISO 4513 na Obr. 5. Elipsoidy jsou instalovány na maketu člověka a pomocí paprsků tvořících tečnu elipsoidu a spojnicí krajních bodů průhledné plochy jsou určovány rozměry výhledu. Využití elipsoidů je na Obr. 6 a 7.[6]



Obr. 5 Elipsy vidění [6]



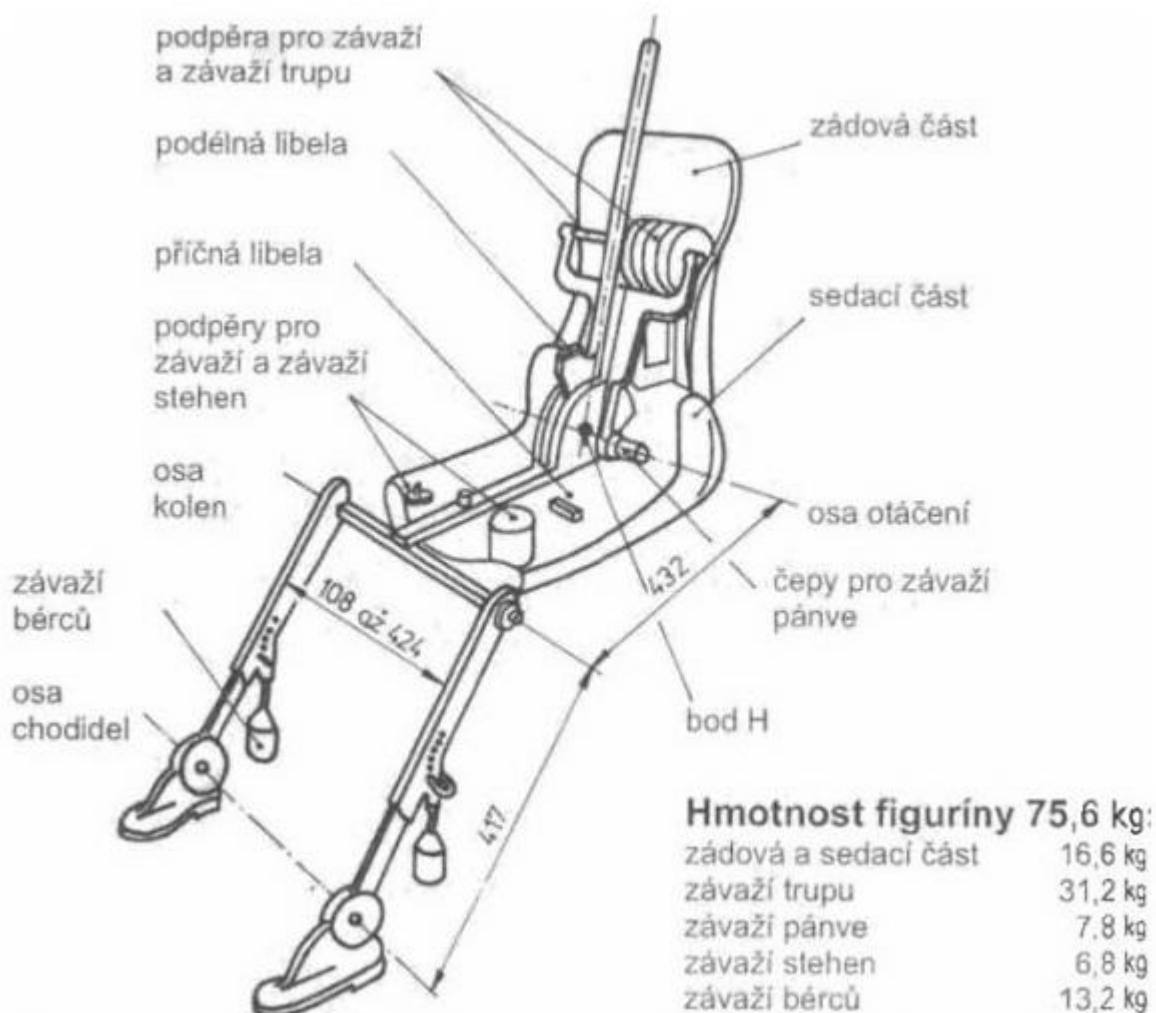
Obr. 6 Elipsy vidění v prostoru vozidla [6]



Obr. 7 Zakrytí ploch výhledu s využitím elipsoidu vidění [6]

2.2 Výhled z vozidla dopředu

Jak již bylo řečeno, dostatečný výhled z vozidla je pro řidiče nesmírně důležitý. Proto také řadíme výhled z vozidla jako jeden z důležitých prvků aktivní bezpečnosti. Pro osobní automobily je výhled řidiče a spolujezdce určen legislativně a daná vozidla jsou pak schvalována z hlediska výhledu. Ten je charakterizován několika veličinami, a to rozměrem a plochou průhledné plochy před řidičem, úhly binokulárního zakrytí výhledu A sloupky karoserie nebo jinými překážkami ve výhledu. Jako zařízení pro zjišťování výhledu dopředu se používá třírozměrná figurína viz. Obr. 8, kde její parametry jdou přizpůsobit tak, že simulují rozměry i hmotnosti 10 až 95 % populace.[6] Dále je možno využít projekčního zařízení (laser) nebo zařízení optického (teodolit).

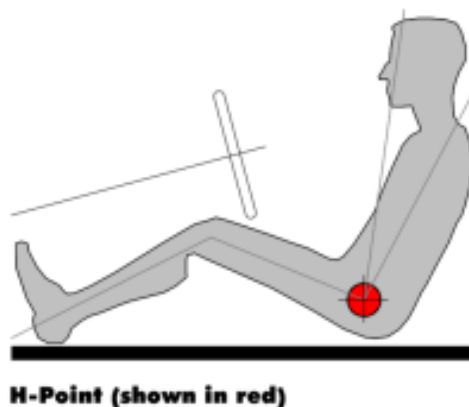


Obr. 8 Třírozměrná figurína [9]

2.2.1 Metoda zjišťování výhledu dopředu

Zkoumané vozidlo postavíme na vodorovnou plochu. Zkouška probíhá za ustálené teploty vnitřního prostoru, jež činí 20 ± 10 °C. Sedadlo je horizontálně seřizeno do krajní zadní polohy a sklonem sedáku do polohy udávané výrobcem. Na takto připravené místo je usazena zkušební figurína. Výhled je pak zjišťován pro místo řidiče i spolujezdce. Na tyč figuríny, která představuje referenční osu trupu, se umístí projekční zařízení. Jeho polohu pak určují následující body: [6]

- Bod R - je referenční bod sezení, který udává výrobce vozidla. Nachází se u každého sedadla zatíženého osobou v místě referenčního bodu sezení. Je totožný s H bodem, definovaným v ose ohybu zkušební figuríny (viz Obr. 9)



Obr. 9 Poloha R/H bodu [10]

- Body V (V_1 a V_2) - jsou to body ležící ve svislé podélné rovině. Odtud je promítán paprsek projekčního nebo optického zařízení na průhlednou plochu čelního skla. Souřadnice bodů V_1 a V_2 jsou určeny pro základní úhel sklonu opěradla 25° dle následující tabulky

| Bod V | Souřadnice k R (min.) | | |
|-------|-----------------------|----|-----|
| | x | y | z |
| V_1 | 68 | -5 | 665 |
| V_2 | 68 | -5 | 589 |

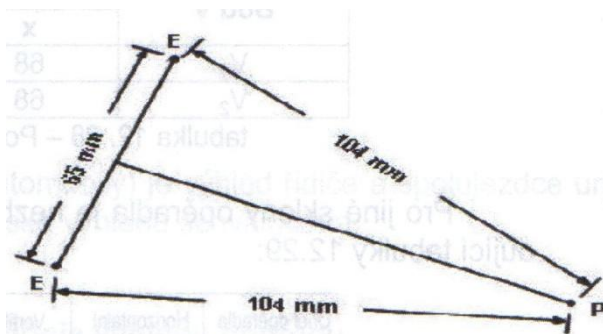
Tab. 1 Polohy bodů V_1 a V_2 [6]

- Body P (P_1 a P_2) - jsou to body, kolem kterých se otáčí hlava řidiče při pozorování v horizontální rovině na úrovni očí. Společně s E body jsou určující pro zjišťování binokulárního vidění. Jejich poloha je dána souřadnicemi k R bodu pro úhel opěradla 25° a pro nejvzdálenější polohu sedadla dle následující tabulky. Bod P_m je průsečík přímky P_1P_2 a podélné svislé roviny procházející R bodem.

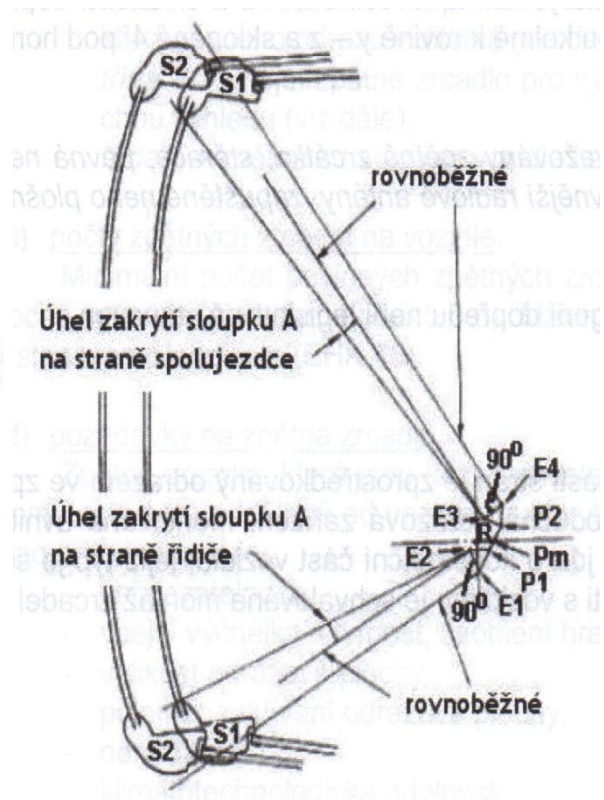
| Bod P | Souřadnice k R-bodu (min.) | | |
|-------|----------------------------|-----|-----|
| | x | y | z |
| P_1 | 35 | -20 | 627 |
| P_2 | 63 | 47 | 627 |
| P_m | 43,36 | 0 | 627 |

Tab. 2 Polohy bodů P_1 , P_2 a P_m [6]

- Body E (E_1 až E_4) - tyto body leží ve středu očí řidiče. Spolu s P body jimi určujeme úhly binokulárního zakrytí výhledu A sloupky karoserie. Body E_1 a E_2 představují střed levého oka v krajních polohách, body E_3 a E_4 pak platí pro pravé oko.



Obr. 10 Schéma poloh bodů E a P [6]



Obr. 11 Polohy bodů E a P a úhly zakrytí A sloupky [6]

2.3 Výhled z vozidla dozadu

Výhled z vozidla dozadu a do části stran řadíme mezi nepřímý resp. zprostředkovaný odrazem ve zpětných zrcátkách. Jedná se o jednoduchá odrazová zařízení, jejichž typ je schvalován nezávisle na vozidle. Mohou být montována uvnitř nebo vně vozidel. Základní dělení je na vnitřní a vnější zařízení. Vnitřní zpětné zrcátko je namontováno uvnitř prostoru vozidla a zasahuje do rozhledového pole řidiče. Vnější zpětné zrcátko je párové zařízení montované na vnější povrch vozidla. Zpětná zrcátka tvoří několik tříd a jsou klasifikována do skupin podle společných vlastností takto:

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| Třída I | Vnitřní zpětná zrcátka |
| Třída II a III | Hlavní vnější zpětná zrcátka |
| Třída IV | Širokoúhlá vnější zpětná zrcátka |
| Třída V | Blízkopohledová vnější zpětná zrcátka |
| Třída VI | Přední zrcátko |

Tab. 3 Třídy zpětných zrcátek [11]

Vnitřní zpětné zrcátko třídy I je takové, aby se do jeho odrazové plochy dal vepsat obdélník se stranami $a = 15 \cdot \frac{1}{1 + \frac{1000}{r}}$ [cm], kde r je poloměr zakřivení [mm] a $b = 4$ [cm].

Zrcátka třídy II a III jsou pro vozidla kategorií M₂, M₃, N₂ a N₃. Rozměry odrazové plochy jsou takové, aby se do ní dal vepsat obdélník se stranami dle následující tabulky:

| kategorie | Třída II | Třída III |
|-----------|---|---------------------------------|
| | M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃ | M ₁ , N ₁ |
| a | $\frac{17}{1 + \frac{1000}{r}}$ | $\frac{13}{1 + \frac{1000}{r}}$ |
| b | 20 | 7 |

Tab. 4 Rozměry odrazové plochy vnějších zpětných zrcátek [6]

Další třídy se od předchozích liší plochou výhledu.

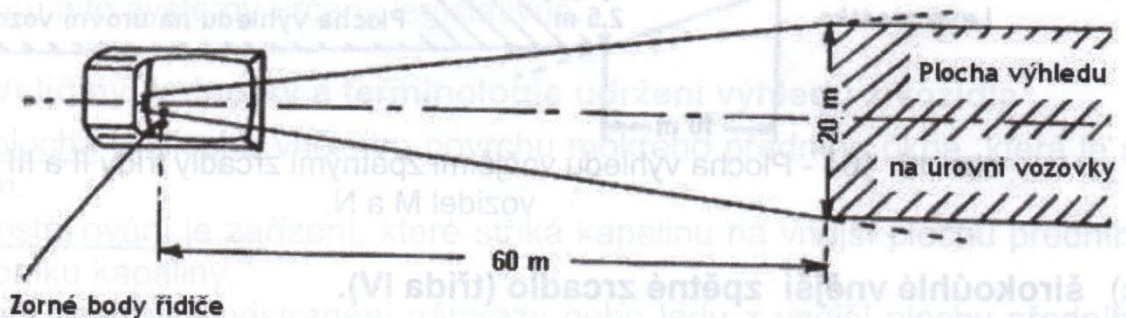
Zpětná zrcátka, jako samostatná konstrukční část, musí vyhovovat při homologaci legislativním požadavkům.[6] Je to např. seřizovatelnost, velikost odrazové plochy, odrazivost, zaoblení hran, vnější výčnělky, odolnost proti nárazu, pevnost uchycení a další.

Výhled dozadu je charakterizován plochou výhledu, tedy velikostí a polohou plochy vozovky, kterou řidič vidí ve zpětném zrcátku za vozidlem a na straně vozidla.[6] Při posuzování výhledu je třeba dbát na fyziologii vidění. Ke zjišťování výhledu dozadu se opět využívá třírozměrné figuríny. V zorných bodech očí je pak umístěn světelný zdroj.

2.3.1 Metoda zjišťování výhledu dopředu

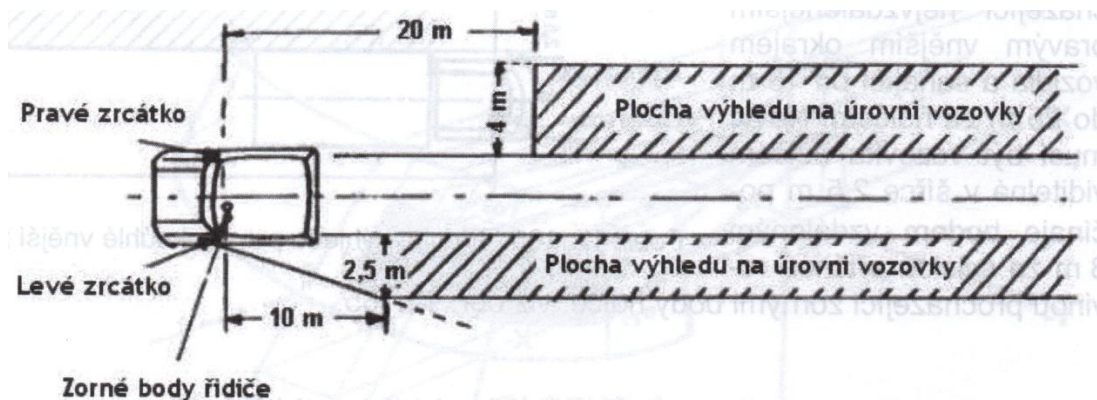
Před samotným zjišťováním výhledu je třeba provést vizuální kontrolu plnění podmínek montáže a umístění zpětných zrcátek. Kontroluje se homologační označení, umístění a viditelnost zrcátek nebo jejich seřizovatelnost. Plochu výhledu dozadu zjišťujeme při pohotovostní hmotnosti daného vozidla navýšené o hmotnost třírozměrné figuríny. Tu usadíme na místo, ze kterého má být výhled zjišťován, tedy místo řidiče. Figurína slouží k určení polohy dvou zorných bodů řidiče, nahrazujících jeho oči.[6] Ty jsou dány několika rozměry – výškou 635 mm vertikálně nad R bodem, vzdálenost od sebe činí 65 mm. Světelným zdrojem, umístěným v zorných bodech, je promítnut paprsek ke zpětným zrcátkům a jeho odraz na plochu vozovky. Výhled je považován za vyhovující, pokud jsou splněny podmínky dle EHK R č.46 a EHK č.81, které vypadají takto:

- Vnitřní zpětné zrcátko (třída I) - nejmenší plocha výhledu je taková, že 60 m za vozidlem je vidět 20 m široký pás vozovky

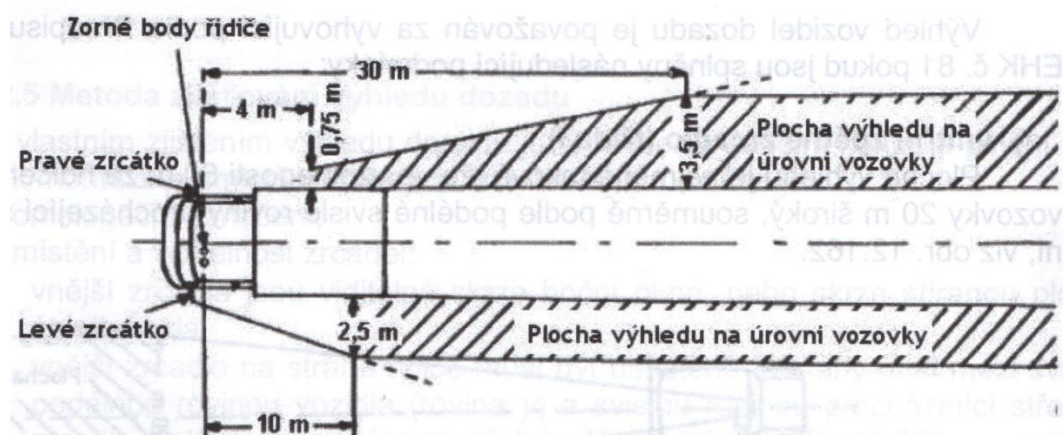


Obr. 12 Plocha výhledu vnitřním zpětným zrcátkem [6]

- Hlavní vnější zpětná zrcátka (třída II a III) - nejmenší levostranná plocha musí být taková, aby byl řidič schopen vidět vodorovnou část vozovky širokou 2,5 m sahající od 10 m za řidičem. Pravostranná plocha pro vozidla M₁ a N₁ s hmotností do 2t je nejméně taková, aby řidič viděl vozovkový pás široký 4 m sahající od 20 m za řidičem. Pro ostatní kategorie M a N se jednotlivé vzdálenosti drobně liší, viz. následující obrázky.

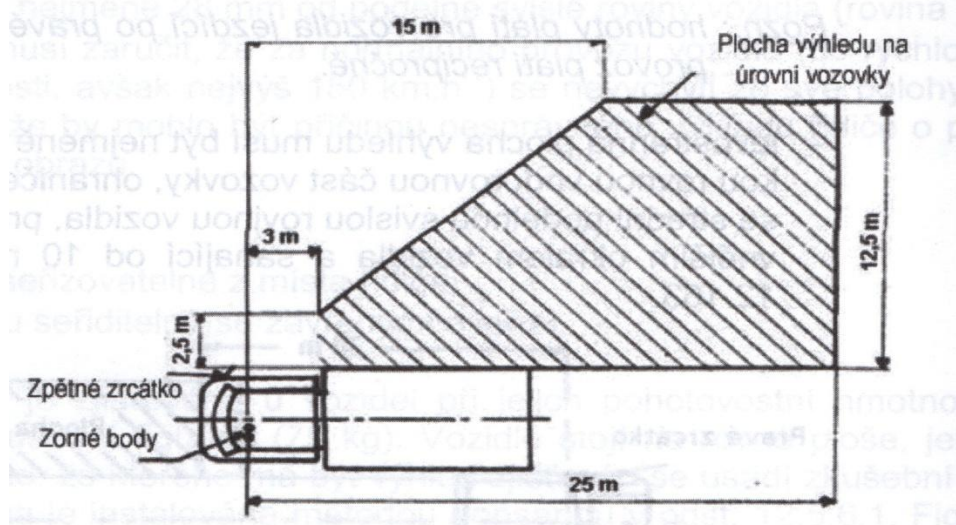


Obr. 13 Plocha výhledu vnějšími zpětnými zrcátky pro kategorie M₁ a N₁ [6]



Obr. 14 Plocha výhledu vnějšími zpětnými zrcátky pro ostatní kategorie M a N [6]

- Širokouhlé vnější zpětné zrcátko (třída IV) – plocha výhledu musí být taková, aby řidič viděl 12,5 m širokou část vozovky sahající od 15 m do 25 m za řidičem. Navíc musí být vidět vozovka o šířce 2,5 m od bodu začínajícím 3 m za příčnou rovinou procházející zornými body řidiče.



Obr. 15 Plocha výhledu pro širokouhlé vnější zpětné zrcátko [6]

2.4 Zajištění stálého výhledu

Dobrému výhledu dopředu i dozadu, definovaným v předchozích kapitolách, pomáhají u moderních vozidel velká čelní i zadní skla. Je však nezbytné, aby byl dobrý výhled zabezpečen i v provozu, a to za všech klimatických a provozních podmínek. K tomuto účelu jsou na vozidlech systémy stírání, ostřikování, odmrazování a odmlžování. Legislativně jsou pak určeny pro vozidla kategorie M₁. Pro jednotlivé systémy pak existují zkoušky, jejichž výsledky musí splňovat pevně daná kritéria a limity.

Se systémy na zajištění stálého výhledu je také spojeno několik pojmů, které je dobré si definovat. Za stíranou plochu se považuje plocha povrchu vnějšího mokrého předního okna, kterou stírá stěrač.[6] Stěrače musí svoji funkci vykonávat i za vysokých rychlostí či silném bočním větru. Navrhují se proto konstrukčně i aerodynamicky tak, aby byly vztlakové síly působící na stěrače co nejmenší.

Se systémem stírání je pevně spjatý systém ostřikování. Je to zařízení, které stříká kapalinu na vnější plochu předního skla ze zásobníku na kapalinu.[6] Děje se tak pomocí elektrického čerpadla a systému trubiček vedoucích do ostřikovače. Mercedes-Benz před časem přišel se systémem nazvaným jako Magic Vision Control. Ten integruje systémy stírání a ostřikování v jeden celek.



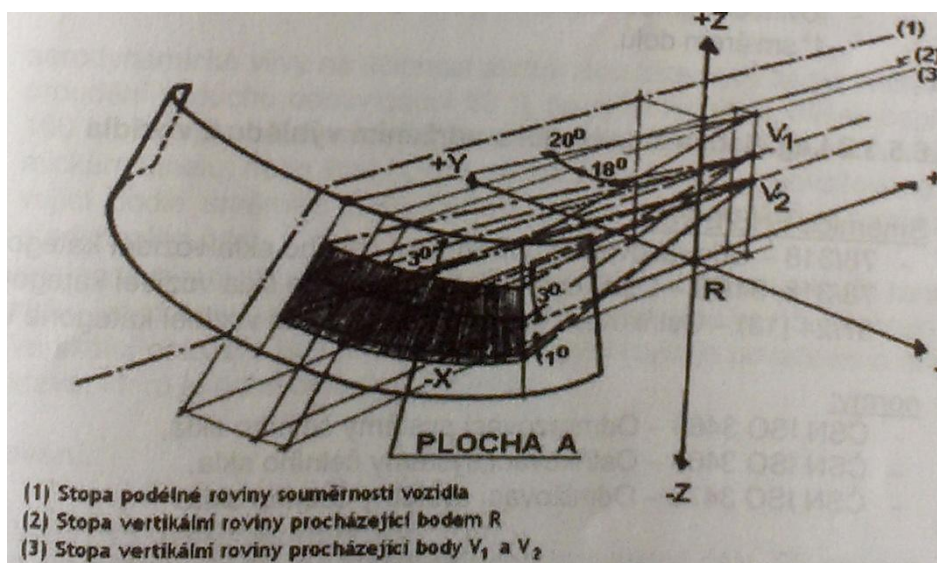
Obr. 16 Systém Magic Vision Control [7]

U systému odmražení dochází k odstranění námrazy nebo ledu z vnější plochy předního skla. Odmražená plocha je pak taková, že její povrch je suchý nebo pokrytý rozpuštěnou nebo částečně rozpuštěnou námrazou, kterou je již možné odstranit pomocí stěrače.

Odmížení znamená odstranění vrstvy kondenzátu vnitřního povrchu předního skla, aby mohla být obnovena viditelnost.[6]

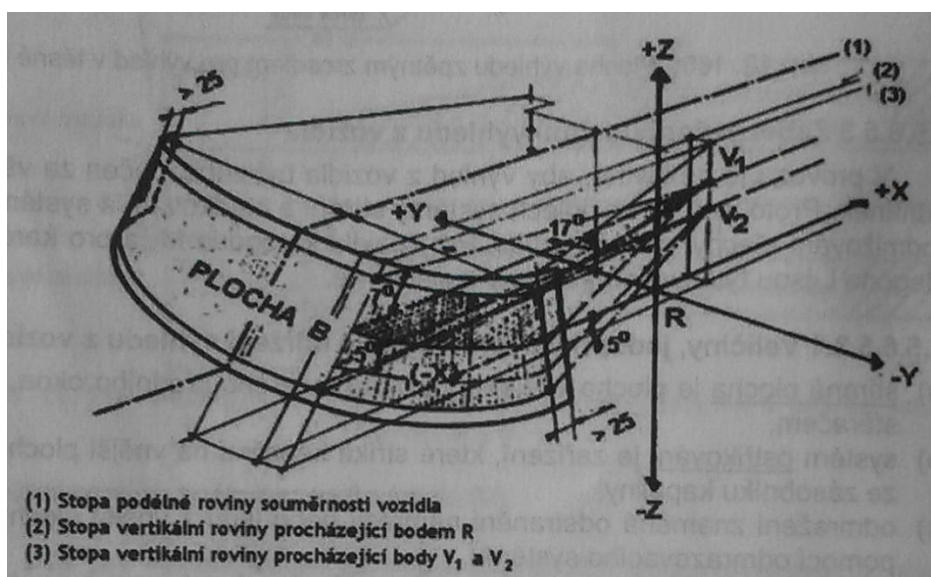
Pro posouzení účinnosti těchto systémů jsou definovány dvě plochy výhledu.

- Plocha výhledu A – na vnějším povrchu předního skla je ohraničena čtyřmi rovinami procházejícími body V směrem dopředu.[6]



Obr. 17 Plocha výhledu A [6]

- Plocha výhledu B – na vnějším povrchu předního skla je od okraje skla vzdálena víc než 25 mm a opět ji ohraničují čtyři roviny procházející body V dopředu.[6]



Obr. 18 Plocha výhledu B [6]

3. OSVĚTLENÍ A SVĚTELNÁ SIGNALIZACE

Jedním z prvních zařízení, která byla zaváděna do výstroje motorových vozidel, byla světelná elektrická zařízení. S vývojem automobilů je také logicky vyvíjena osvětlovací technika. Důraz je přitom kladen zejména na zvýšení aktivní i pasivní bezpečnosti. Podíl osvětlovací techniky na bezpečnosti a komfortu jízdy je totiž nesporný. Neustále jsou vyvíjeny nové technologie pro zdroje světelného záření nebo konstrukci světlometů. Vlastnosti světelných zařízení motorových i nemotorových vozidel přesně stanovuje řada mezinárodních a národních předpisů a norem.[14]

Systémy osvětlení můžeme řadit podle několika kritérií. Nejjednodušší dělení je podle prostoru působení. Další rozdělení je podle účelu nebo podle charakteru vydávaného světla.

Rozdělení podle prostoru působení

- Vnější – tvořeno systémem světelných zařízení pro řízení vozidla i za zhoršených klimatických podmínek a snížené viditelnosti. Zároveň sem také patří prvky signalizace, jež oznamují ostatním účastníkům silničního provozu polohu vozidla nebo záměry řidiče ve vozidle.
- Vnitřní – je systém zařízení pro osvětlení interiéru. Zvyšuje především jízdní komfort a má zejména informační charakter.

Rozdělení podle účelu [15]

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

Rozdělení podle charakteru vydávaného světla [14]

- Světlomety – slouží pro osvětlení okolí vozidla i na velkou vzdálenost. Jedná se o svítilna se zdrojem spojeným s optickou soustavou, jež vysílají světlo.
- Svítilny – slouží pro osvětlení blízkého okolí nebo pro optickou signalizaci. Jsou to svítilna s obvykle menším světelným výkonem, která vydávají usměrněné i neusměrněné světlo.
- Odrazky – slouží pouze pro signalizaci. Jedná se o zařízení s odrazovým sklem opticky upravené tak, že odráží světlo vysílané cizím zdrojem.

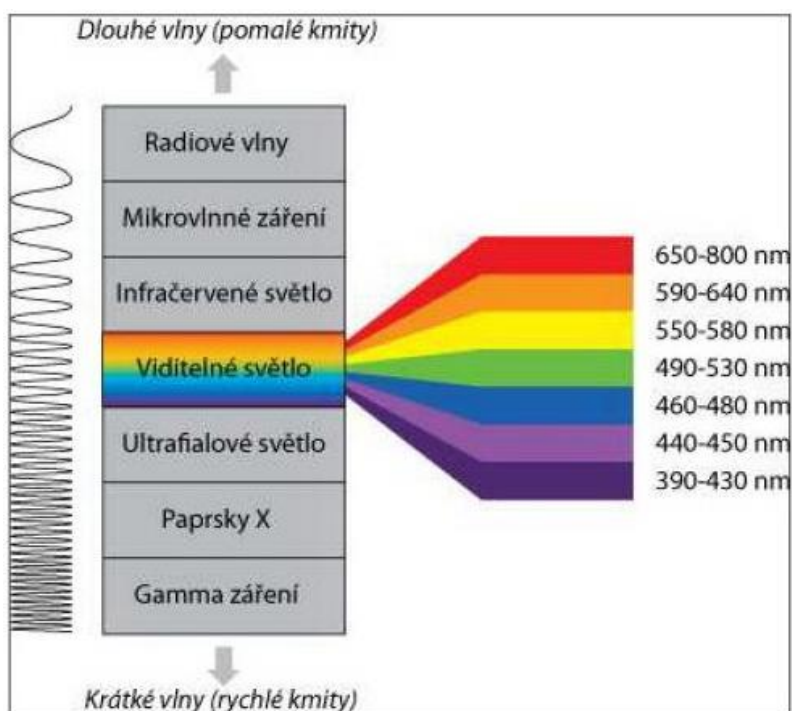
Světlomety a svítliny se skládají ze tří základních částí. Je to zdroj světla, optický systém a pouzdro. Za zdroj světla se využívá žárovek, výbojek či LED diod apod. Optický systém tvoří odrazová plocha (zrcadlo) a průsvitný kryt (krycí sklo). Do pouzdra je pak vsazen světelný zdroj s optickou soustavou.

Podle vzájemného uspořádání prvků se rozeznávají svítidla: [14]

- Samostatná – samostatný zdroj světla, optický systém i pouzdro
- Skupinová – společné pouzdro, samostatný zdroj světla i optický systém
- Sdružená – společný zdroj světla a pouzdro, samostatný optický systém
- Sloučená – společný optický systém a pouzdro, samostatný zdroj světla

3.1 Světlo a základní fyzikální veličiny

Světlo je jedním z druhů elektromagnetického záření, které je lidské oko schopno zaznamenat. Světlo je popsáno jako vlna, která má určitou vlnovou délku λ , frekvenci f a rychlost c . Vzájemný vztah je $c = \lambda + f$ [m/s]. Všechny elektromagnetické vlny se ve vakuu šíří stejnou rychlostí, a to rychlostí světla $c = 299\,792\,458$ m/s.[12] Vlnové délky viditelného elektromagnetického vlnění se liší svým zbarvením. Světlo s největší vlnovou délkou má červenou barvu, s nejmenší vlnovou délkou pak barvu fialovou. Lidské oko je nejcitlivější na světlo s vlnovou délkou zhruba 555 nm, což odpovídá žlutozelené barvě. Spektrum barev viditelného elektromagnetického záření znázorňuje následující obrázek.



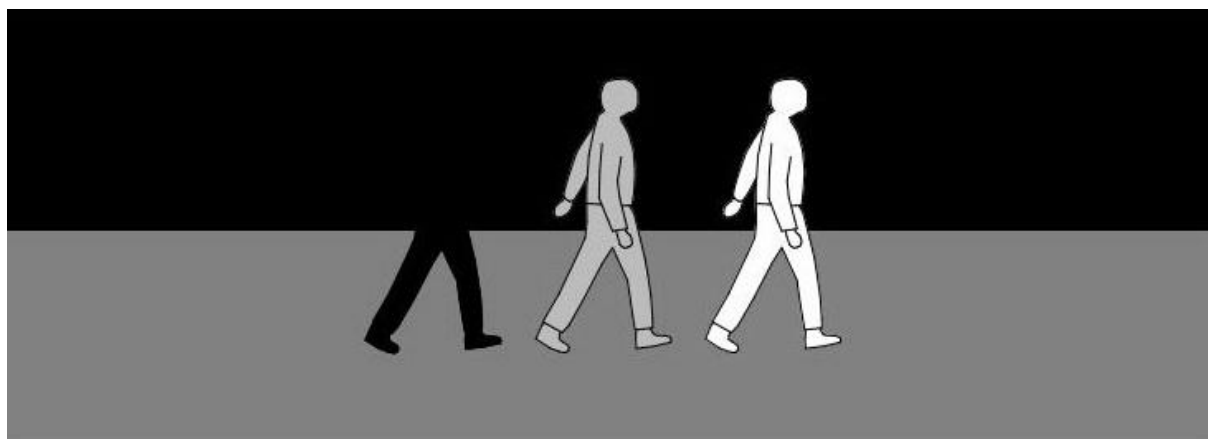
Obr. 19 Spektrum elektromagnetických vln [12]

Základní fyzikální veličiny, jež se používají při měření osvětlovací techniky, jsou uvedeny v následující tabulce. Písmeno ω nám značí prostorový úhel, do kterého svítí zdroj.

| Veličina | Označení veličiny + vztah | Jednotka | Označení jednotky |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Svítivost | $I = \frac{d\phi}{d\omega}$ | Kandela | [cd] |
| Světelný tok | $d\phi = I \cdot d\omega$ | Lumen | [lm] |
| Jas | $L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha}$ | Kandela na metr čtverečný | [cd/m ²] |
| Intenzita osvětlení | $E = \frac{\phi}{S}$ | Lux | [lx] |
| Kontrast (jasů) | $K = \frac{ L_a - L_b }{L_b}$ | Procenta | [%] |

Tab. 5 Základní fyzikální veličiny osvětlovací techniky [12]

Veličin intenzity osvětlení a kontrastu se využívá zejména v praxi pro experimentální porovnávací měření. Při rozpoznávání objektů za snížené viditelnosti hraje důležitou roli tzv. kontrast jasu. Při vyhodnocení se jako nejjednodušší jeví metoda, kdy jsou k sobě navzájem vztaheny jen jasy dvou vedle sebe ležících ploch. Rozhodující je přitom tzv. prahový kontrast K_s . Ten udává, jak velký musí být rozdíl jasů mezi předmětem a jeho okolím, aby jej bylo možné zřetelně rozlišit.[12] Různé typy kontrastů představuje následující obrázek.



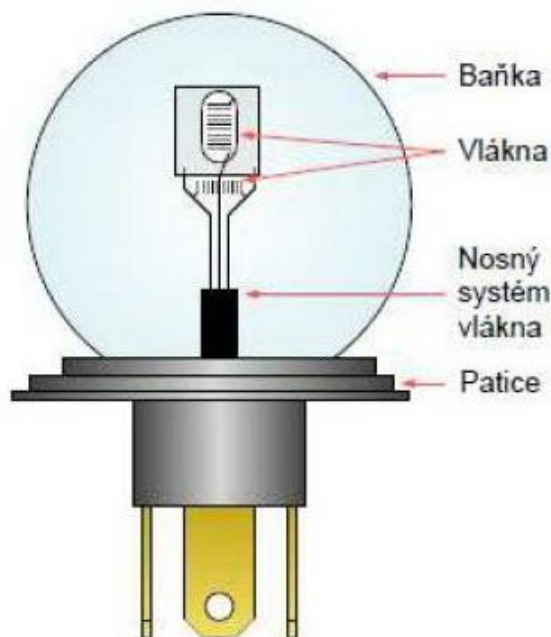
Obr. 20 Různé typy kontrastů (zleva – negativní, zastření obrazu, pozitivní) [12]

3.2 Zdroje světla

3.2.1 Žárovky

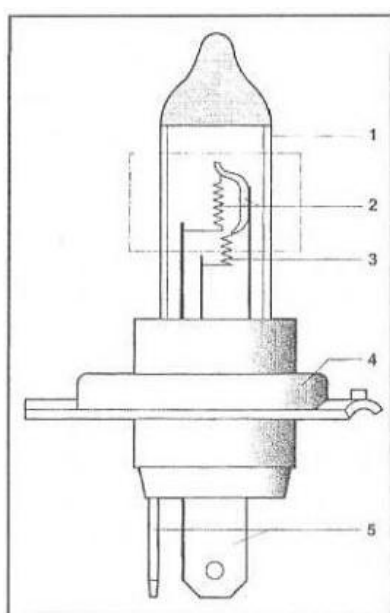
Žárovky stále patří mezi nejrozšířenější druh zdroje světla u motorových vozidel. Řadíme je mezi tzv. žárové zdroje světla. To znamená, že vznik světla je podmíněn vysokou teplotou svítící látky. Žárovky jsou určeny pro běžná napětí soustavy vozidla, tj. 6 V, 12 V nebo 24 V. Pracují také za velmi nepříznivých provozních podmínek, proto je mimořádný důraz kladen na stálost geometrické polohy vlákna vůči upevňovací objímce žárovky. Délka životnosti žárovky je totiž dána délkou života wolframového vlákna.[14] Světelná účinnost žárovek je navíc poměrně malá, protože převahu vyzařované energie u vláken žárovek tvoří teplo. Vyzařované světlo obsahuje všechny barvy barevného spektra, tedy od červené až po fialovou.

- Běžné žárovky – skládají se ze skleněné baňky, wolframového vlákna, nosného systému vlákna a patice, ke které je baňka přitmelena. Principiálně se jedná o žhavení wolframového vlákna ve skleněné baňce. U motorových vozidel se výhradně používají žárovky plněné inertním plynem. Většinou jde o směs argonu a dusíku. Další alternativu tvoří krypton, který je pro plnění nejlepší, ovšem také nejdražší.[13] V baňce je inertní plyn z důvodu, aby byla snížena emise materiálu vlákna, jež vzniká za vysokých teplot. Emisí materiálu se pak vlákno zeslabuje, navíc se emitovaný materiál pohybuje od vlákna směrem k baňce, na jejímž vnitřním povrchu se usazuje a světelná účinnost žárovky se tak snižuje. Tento jev se projevuje „černáním“ baňky.



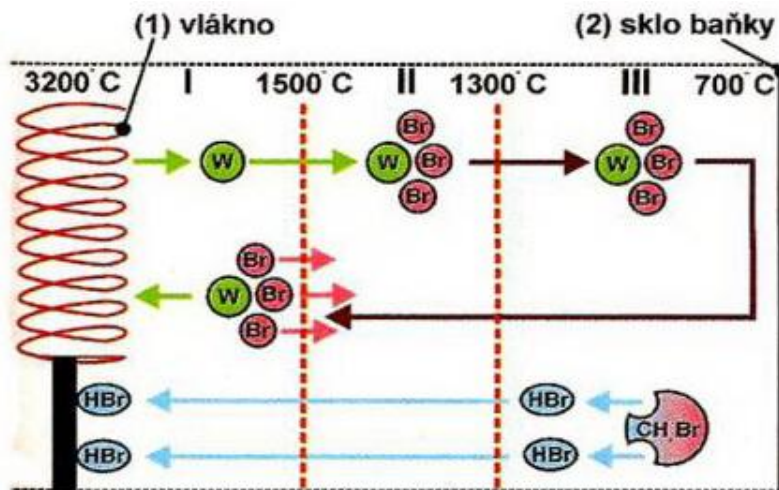
Obr. 21 Běžná žárovka typu R2 [12]

- Halogenové žárovky – využívají efekt rozžhaveného vlákna, kterým prochází elektrický proud. Baňka žárovky je vyplněna halogenovým plynem. Jako plnicí plyn se u motorových vozidel používá metylbromid nebo brom. Ve srovnání s běžnou žárovkou má menší baňku, aby se uvnitř docílilo požadované teploty. Baňka je vyrobena z křemičitého skla, které je velmi citlivé zejména na znečištění mastnotou. [13] Při manipulaci je proto třeba dbát zvýšené opatrnosti. Pracují navíc také při podstatně vyšší povrchové teplotě. Oproti běžné žárovce je životnost halogenové žárovky značně vyšší, v praxi až trojnásobná. [12] Mají také lepší účinnost. Při stejném příkonu dosahuje až dvojnásobku světelného toku. Proces, který probíhá uvnitř baňky se nazývá halogenový cyklus, viz. Obr. 23. V zóně I se z wolframového vlákna, rozžhaveného na 3200 °C uvolňují prvky wolframu. V zóně II se atomy wolframu při teplotě asi 1400 °C slučují s volně se pohybujícími atomy brómu, čímž vzniká bromid wolframu. Ten se dostává až do zóny III, odkud se vrací zpět k rozžhavenému vláknu, kde se rozpadá na brom a wolfram. Brom se vrací zpět do zón II a III a wolfram se usazuje v zóně I zpět na vlákno. Cyklus je tak uzavřen. Aby nebyly díly v zóně III chemicky napadány, jsou chráněny neagresivním bromvodíkem. [13] Životnost vlákna by teoreticky při tomto cyklu měla být neomezená. Ve skutečnosti však tomu tak není. Wolfram se nevrací na své původní místo v takovém množství, v jakém se odpařil. Postupně se tak vlákno zeslabuje.



- 1 - baňka,
- 2 - žhavana spirála pro tlumené světlo s krytem,
- 3 - žhavana spirála pro dálkové světlo,
- 4 - patice,
- 5 - elektrický kontakt

Obr. 22 Schéma halogenové žárovky [15]



Obr. 23 Halogenový cyklus [13]

- Žárovky BlueVision – jde o typ žárovky, dodaný na trh firmou Philips. Podobně jako xenonová výbojka vyzařuje bílé světlo podobné dennímu, je ovšem mnohem levnější. V hlavních světlometech navíc vytváří stylový blue efekt. Jedná se o speciální úpravu halogenových žárovek H1, H4 a H7.

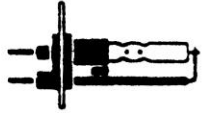
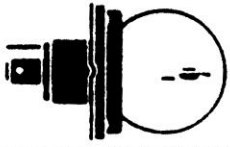

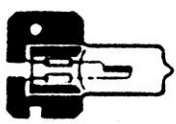
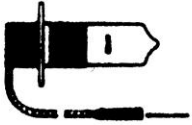








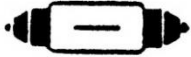
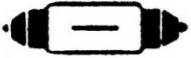



Obr. 24 Srovnání BlueVision s běžnou halogenovou žárovkou [16]



Obr. 25 Ukázka blue efektu [16]

Přehled žárovek používaných v automobilovém průmyslu ukazuje následující tabulka:

| Kategorie | Napětí (V) | Výkon (W) | Světelný tok (lm) | Patice IEC | Obrázek |
|-----------|------------------------|------------------------------------|--|---------------|---|
| D1 | 85 21 ⁶⁾ | 35 asi 45 ⁶⁾ | 3 000 | PK 32d |  |
| R2 | 6 12 24 | 45/401) 45/40 55/50 | 600 min 4000 až 550 ¹⁾ | P 45 t- 41 |  |
| H1 | 6 12 24 | 55 55 70 | 1 350 ²⁾ 1 550 1 900 | P 14.5 e |  |
| H2 | 6 12 24 | 55 55 70 | 1 300 ²⁾ 1 800 2 150 | X 511 |  |
| H3 | 6 12 24 | 55 55 70 | 1 050 ²⁾ 1 450 1 750 | PK 22 s |  |
| H4 | 12 24 | 60/55 ¹⁾ 75/70 | 1 650/1000 ^{1), 2)} 1 900/1 200 | P43t -38 |  |
| H7 | 12 | 55 | 1 500 ²⁾ | P X 26d |  |
| P 21W | 6, 12, 24 | 21 | 460 ³⁾ | BA 15s |  |
| P 21/5 | 6 12 24 | 21/5 ⁴⁾ 21/5 21/5 | 440/35 ^{3), 4)} 440/35 440/40 ³⁾ | BAY 15d |  |
| R 5 W | 6, 12, 24 | 5 | 50 ³⁾ | BA 15 s |  |

| Kategorie | Napětí (V) | Výkon (W) | Světelný tok (lm) | Patice IEC | Obrázek |
|-----------|------------|-----------|-------------------|--------------|---|
| R 10 W | 6, 12, 24 | 10 | 125 ¹⁾ | BA 15 s |  |
| C 5 W | 6, 12, 24 | 5 | 45 ³⁾ | SV 8,5 |  |
| C 21 W | 12 | 21 | 460 ¹⁾ | SV 8,5 |  |
| T 4 W | 6, 12, 24 | 4 | 35 ³⁾ | BA 9 s |  |
| W 5 W | 6, 12, 24 | 5 | 30 ¹⁾ | W 2.1 x 9.5d |  |
| W 3 W | 6, 12, 24 | 3 | 22 ³⁾ | W 2.1 x 9.5d |  |

Vysvětlivky:

1) světlo dálkové/tlumené,

2) při zkušebním napětí 6,3 až 13,2 a 28 V,

3) při zkušebním napětí 6,75 až 13,5 a 28 V,

4) hlavní/vedlejší vlákno,

5) norma v přípravě,

6) s řídicí jednotkou

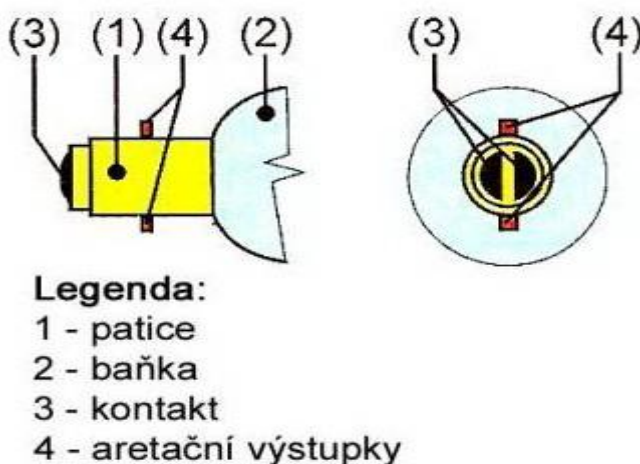
Tab. 6 Přehled žárovek motorových vozidel [14]

3.2.2 Konstrukce žárovek

Jak již bylo zmíněno, vlákno žárovek je vyrobeno z wolframu, jehož teplota tání se pohybuje kolem 3350 °C. [13] Vlákno je vinuto v jednoduché šroubovici, která může mít tyto tvary: rovný, do oblouku nebo do písmene V. Počet vláken je pak omezen pouze na jedno nebo dvě. U obyčejné dvouvláknové žárovky je vlákno pro dálková světla do písmene V nebo do oblouku. Pro tlumená světla je vlákno rovné. Umístění vláken je závislé na druhu odrazové plochy. U halogenových žárovek je šroubovice kompaktnější, přičemž je v zásadě rovná. Umístěná bývá v ose nebo kolmo k ose žárovky.

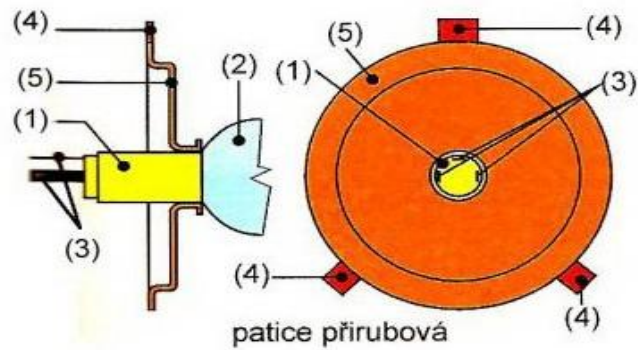
Patice je část žárovky, kterou se žárovka uchytlí v pouzdře. Mezi základní požadavky patří mechanicky spolehlivé uchycení žárovek tak, aby vlivem otřesů nedošlo ke změně polohy žárovky vůči optickému systému světla. Dále musí zaručovat snadnou vyměnitelnost a po elektrické stránce musí také zajistit spolehlivý kontakt. Tvar patic je normalizován a přiřazen jednotlivým druhům žárovky. K označení je použito jednoho nebo dvou písmen, za nimiž následuje další kombinace písmen a číslic. Základní druhy patic jsou tyto: [13]

- Bajonetová patice (swan) – patří mezi nejpoužívanější druh patic. K baňce je přitmelena a na její zadní část jsou připevněny kontakty, jeden nebo dva podle toho, o jakou se jedná žárovku. Polohu žárovky v objímce zajišťují aretační výstupky. Použití je zejména pro signalizaci. Označení je BA (např. BA 15s).



Obr. 26 Bajonetová patice [13]

- Přírubová patice – používá se zejména pro světlomety. Umožňuje jednoznačnou montáž a přesnou polohu žárovky vzhledem k optickému systému. Je opatřena přírubou, která je nedílnou součástí patice. Správnou montáž zajišťují tři aretační výstupky na přírubě, které jsou nepravidelně umístěny, přičemž horní je širší než ostatní. Dokonalého ukostření je docíleno vyvedením samostatného kontaktu. Žárovky mohou být jedno/dvou vláknové. Nesou označení P (např. P 45t – 4l).



Legenda:

1 - patice

2 - baňka

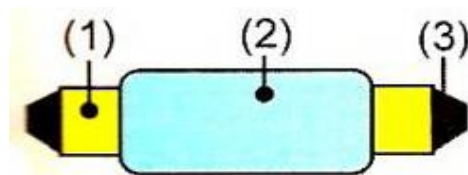
3 - kontakt

4 - aretační výstupky

5 - příruba

Obr. 27 Přírubová patice [13]

- Sufitová patice – montáž žárovky je umožněna zasunutím mezi dva pružné kontakty. Nejsou zde použity žádné aretační výstupky. Slouží převážně pro osvětlení, zejména pak vnitřních prostorů karoserie. Označují se písmeny SV (např. SV 8.5).



Legenda:

1 - patice

2 - baňka

3 - kontakt

Obr. 28 Bajonetová patice [13]

- Bezpaticové žárovky – používají se poměrně často pro osvětlení a signalizaci. Zejména pak tam, kde nejsou kladeny příliš přísné nároky na polohu žárovky. Funkci patice zde zastávají vodiče zatavené přímo do skla baňky. Označeny jsou W (např. W 2,1x9.5d).

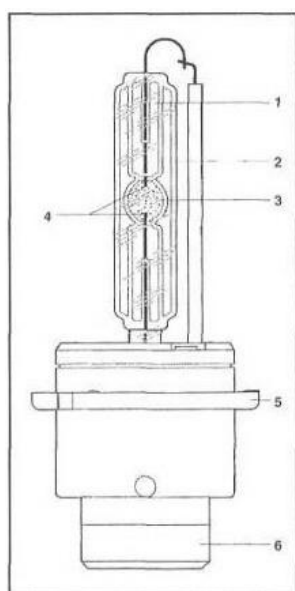
3.2.3 Výbojky

Mezi další druh zdroje světla patří výbojky. Světlo zde vzniká výbojem mezi elektrodami, které jsou umístěny ve zředěném plynu nebo parách některých drahých kovů a halogenidů. Výbojku tvoří skleněná trubice naplněná příslušným médiem, do jejichž konců jsou zataveny přívody k elektrodám. Elektrody mohou být studené nebo žhavené pomocí procházejícího proudu. Žhavením emitované elektrony vytvoří kolem elektrod značnou ionizaci plynů. Výboj je vybuzen vysokonapěťovým impulzem. V provozu jsou výbojky jen mírně teplé. Je tomu tak proto, že teplo, jež se v nich vytváří, není podmínkou vzniku světla, ale pouze průvodním jevem.[15] Světlo, které výbojky vydávají, je jednobarevné, tedy monochromatické. V zásadě rozdělujeme výbojky na zářivky a xenonové výbojky.

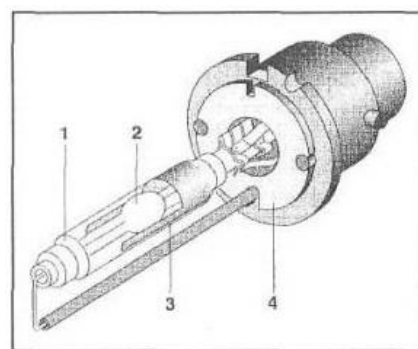
- Zářivky – jsou to v podstatě nízkotlaké rtuťové výbojky tvaru trubice. Na její vnitřní stranu je nanášena vrstva fluorescenční látky, plněna je parami rtuť. Fluorescenční látka mění neviditelné ultrafialové záření na viditelné světlo, jehož barva může být namodralá, bílá nebo narůžovělá. Barvu je možno upravovat složením fluorescenční vrstvy. Vzhledem k negativní napěťové charakteristice zářivek musí být proud pro jejich napájení stabilizován.[15] Zářivky se výhradně používají k vnitřnímu osvětlení vozidel pro hromadnou přepravu osob.
- Xenonové výbojky – jedná se o skleněnou trubici, vyrobenou z čistě křemičitého skla. Pod vysokým tlakem je plněna vzácným plynem xenonem, s příměsí kovů a dalších přísad. Tlak v trubici za studena je kolem 0,7 MPa, pracovní tlak může vzrůst až na 7 MPa.[12] Tento zdroj světla tedy nemá žádná žhavicí vlákna. Světlo vzniká při řízeném výboji v plynné náplni díky elektrickému oblouku, který vznikne mezi dvěma elektrodami. Výbojka obsahuje malý křemíkový hořák, jehož pracovní teplota se pohybuje okolo cca 700 °C. Přeskokem jiskry mezi dvěma elektrodami dojde k ionizaci plynné náplně a vytvoří se ono elektrické spojení. Xenon pomáhá v první fázi po zapálení tomu, aby náběh výbojky do plného výkonu byl dostatečně rychlý, a to kvůli plnění kritérií automobilového průmyslu.[17] Po celou dobu provozu zajišťuje řídicí jednotka provoz výbojky s konstantním výkonem. Kromě řídicí jednotky patří mezi podpůrné systémy pro zajištění správné funkce i startér. Řídicí elektronika xenonové výbojky tedy vypadá takto: výbojku zapaluje pomocí střídavého napětí 24 kV. Potřebné zapalovací napětí zajišťuje měnič napětí z palubního napětí, které je 12 V nebo 24 V.

Příkon výbojky je řízen a regulován na hodnotě 35 W. Součástí jsou i systémy proti přetížení, které vypínají elektroniku při přesáhnutí hodnoty proudu 20 mA. Do nových typů řídicích jednotek může být integrována i zapalovací elektronika.[13] Blokové schéma řídicí jednotky je na Obr. 31.

V současné době se nejvíce používají dva druhy výbojek. Pro odrazové reflexní plochy typ D2R. Pro projekční systémy typ D2S, zejména od firmy Hella. Mezi další známé výrobce xenonových výbojek patří také společnost Osram. Označení písmenem D znamená discharge = výboj. Mezi hlavní výhody těchto výbojek patří to, že mají více než dvojnásobný světelný tok oproti halogenovým žárovkám. Zároveň je i jejich životnost více jak 6x delší, tedy i více jak 3000 hodin. Barevná teplota světla výbojek je více podobná dennímu světlu.[17] V neposlední řadě také zajišťuje i lepší osvětlení krajnic.



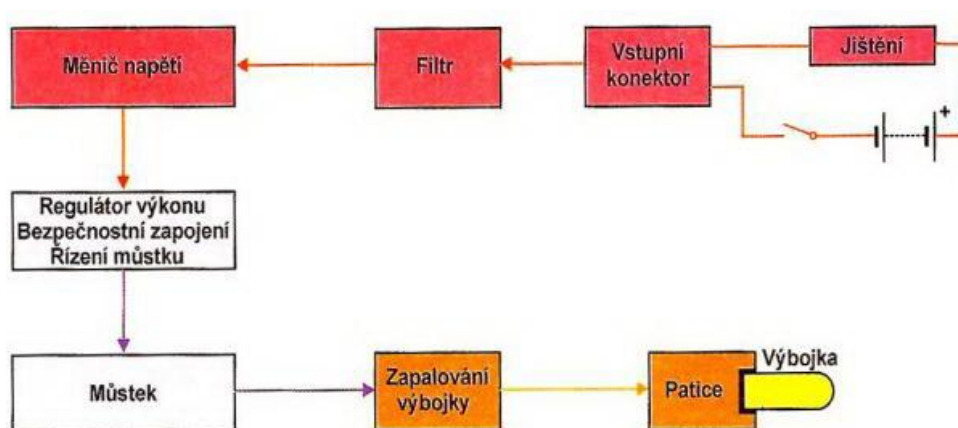
1 - skleněná baňka s ultrafialovým filtrem,
2 - elektrická průchodka,
3 - prostor výboje,
4 - elektrody,
5 - patice,
6 - elektrický kontakt



1 - skleněná baňka,
2 - prostor výboje,
3 - clona,
4 - patice

Obr. 29 Schéma xenonové výbojky D2S [15]

Obr. 30 Schéma xenonové výbojky D2R [15]

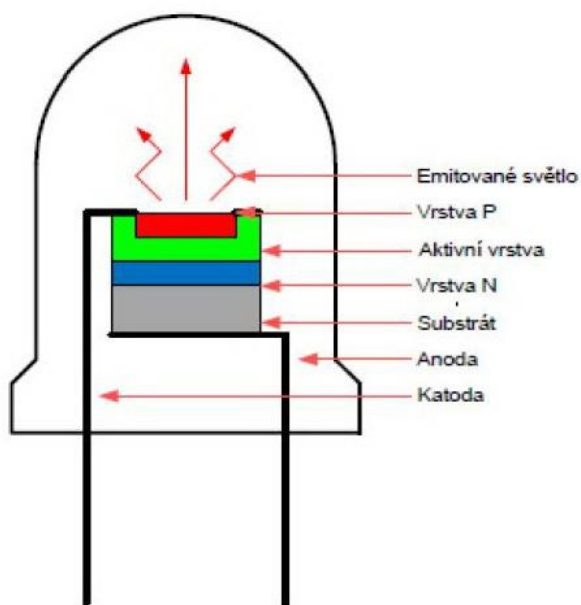


Obr. 31 Blokové schéma řídicí jednotky pro výbojkové světlomety [13]

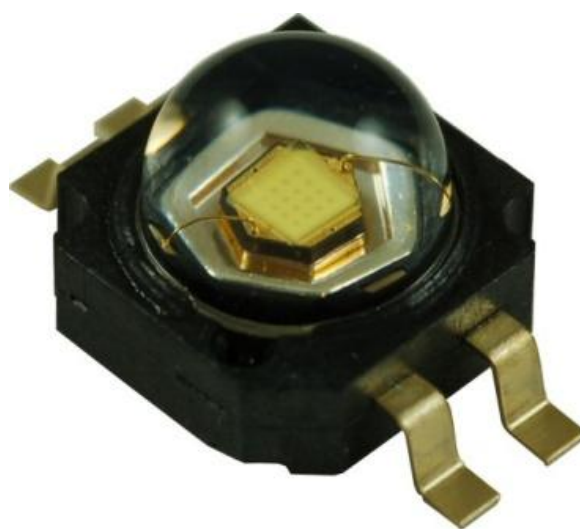
3.2.4 LED diody

Světlo emitující diody LED (Light Emitting Diode) jsou polovodičové prvky emitující světelné záření. V současné době se jedná o velmi moderní a nejvíce se rozvíjející světelný zdroj. Jedná se o vysoce efektivní výbojový zdroj světla. Funguje na principu polovodičových destiček, které přetváří elektrický proud přímo na světlo. Dioda je tvořena přechodem P-N. Pokud tímto přechodem prochází elektrický proud, přechod vyzařuje, emituje, nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Pásmo spektra záření diody je závislé na chemickém složení použitého polovodiče. LED jsou vyráběny s pásmo vyzařování od ultrafialových, přes různé barvy viditelného spektra, až po infračervené pásmo.[12] Nelze však přímo emitovat bílé světlo. Starší typy diod obsahují trojici čipů, které jsou vybírány tak, aby aditivním míšením v rozptýlném materiálu bylo dosaženo vjemu bílého světla. Právě bílé LED využívají tzv. luminofory. Některé z LED emitují modré světlo, to je luminoforem transformováno na žluté a díky míšení barev vzniká barva připomínající denní světlo. Jiné LED emitují ultrafialové záření, které je luminoforem přímo transformováno na barvu bílého světla.[12]

LED diody se vyznačují nízkým příkonem a stálostí barevného světla. Náběh do plného světelného výkonu trvá jen pár milisekund. Produkují více světla na watt energie než žárovky, a to až přes 100 lm/W.[12] Mezi další výhody patří možnost soustředit světelný tok na určité místo, tedy definovat úhel světelného svazku. Oproti jakýmkoli konvenčním světelným zdrojům jsou právě LED mnohonásobně úspornější. Velmi dlouhá je i jejich životnost, která je udávána na 50 až 100 tisíc hodin svícení.[17] K dalším pozitivům patří kompaktní rozměry, které navíc umožňují vytvořit variabilní design.



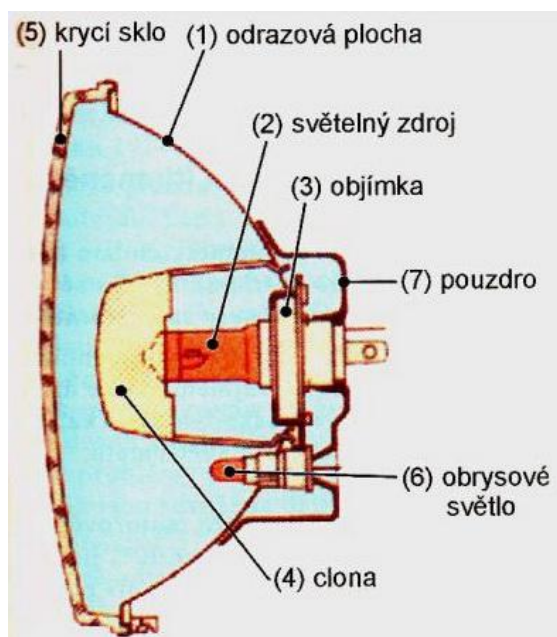
Obr. 32 Schéma LED diody [12]



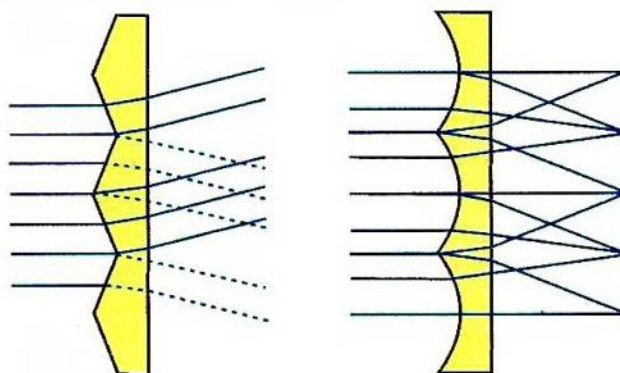
Obr. 33 Luxeon K2 SMT
(první LED zdroj pro přední světlometry) [17]

3.3 Světlořady

Každé motorové vozidlo musí být vybaveno takovými světlořady, které mohou vydávat světlo tlumené i dálkové. Světlořad je tedy osvětlovací těleso, které se skládá ze zdroje světla, optické soustavy a krytu, jež slouží k osvětlování okolí pro zlepšení viditelnosti. Optický systém je tvořen odrazovou plochou obecného tvaru. Dále jej tvoří clony, čočky a vhodně tvarované krycí sklo, kterým světlo vystupuje. Rozložení světla ve výstupním kuželi je dáno právě optickým systémem a umístěním a provedením světelného zdroje.[14] Klasické typy světlořadů dnes již najdeme u starších vozidel. Základní uspořádání světlořadu je na Obr. 34. Z hlediska konstrukce světlořadů musí být zajištěna jejich vodotěsnost, prachotěsnost a musí být upevněny tak, aby při provozu vlivem dynamických účinků byla jejich poloha neměnná. Základní rozdělení klasických světlořadů je dle tvaru odrazové plochy. Ta má totiž zásadní vliv na požadovaný tvar světelného toku a světelnou účinnost. Dříve se odrazová plocha vyráběla z ocelového plechu. Později se převážně z důvodu složitějšího tvarování začaly používat plasty. Musí mít hladký, trvanlivý povrch, s malou pohltivostí světla a s dobrými odrazivými vlastnostmi. Odrazová plocha je postříbřená nebo je pokryta hliníkovou vrstvou napařenou ve vakuu, na kterou je nanesen ochranný lakový povlak.[13] Krycí sklo může být tvarované nebo hladké. U světel, kde úpravou odrazové plochy nelze dosáhnout vhodného rozložení světla, se využije právě tvarovaného krycího skla. U moderních odrazových ploch je světelný tok již upraven samotnou odrazovou plochou, proto může být krycí sklo hladké a čiré.[13] Vliv krycího skla na průběh světelných paprsků je na Obr. 35.



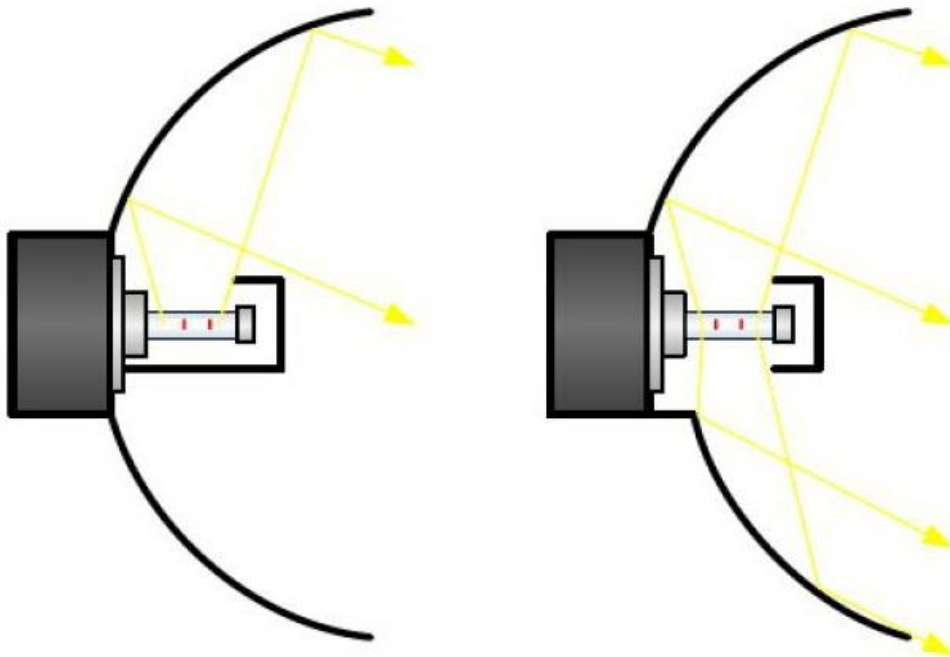
Obr. 34 Základní uspořádání světlořadu [13]



Obr. 35 Vliv krycího skla na průběh světelných paprsků [13]

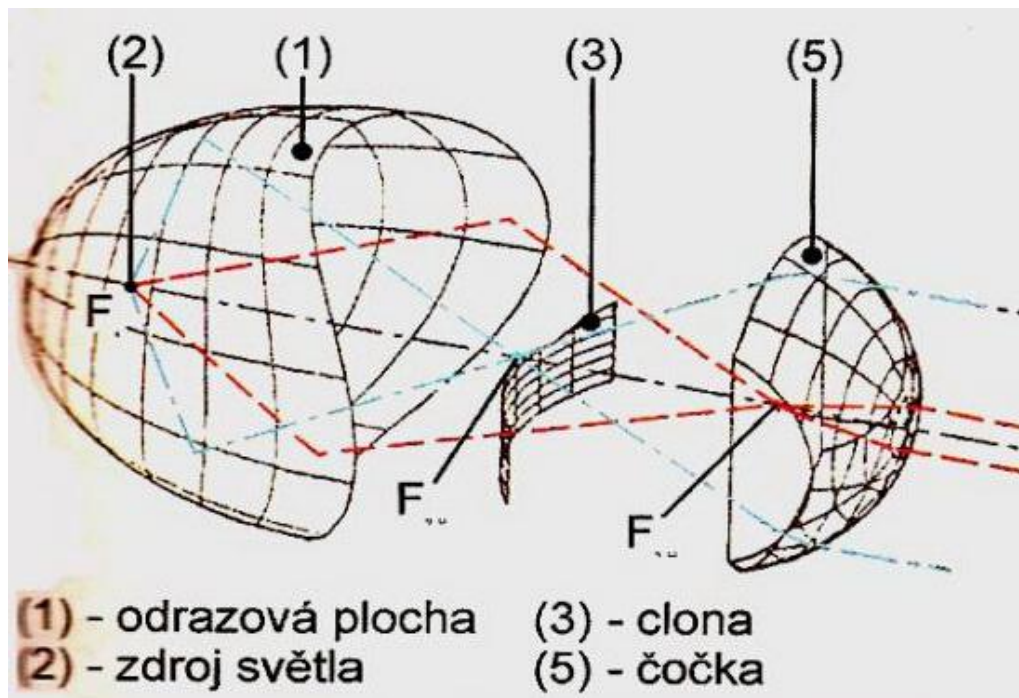
3.3.1 Základní rozdělení klasických světlometů

- Paraboloidní světlomet – je to nejstarší používaný typ konstrukce. Odrazová plocha reflektoru je tvořena povrchem paraboloidu, který vznikne rotací paraboly kolem své osy. Paraboloid se vyznačuje jedním ohniskem, které rozhoduje o průběhu světelného toku.[12] Pokud zdroj světla umístíme do ohniska, vystupuje svazek paprsků rovnoběžně s osou paraboloidu. Změnou polohy zdroje vůči ohnisku dosáhneme různého rozdělení světla. Pro světlometry s tímto typem reflektoru je typické použití žárovek, popřípadě dvouvláknových žárovek. K zajištění asymetrického osvětlení se využívá clonka, která je natočena 15° k příslušné krajnici. Kromě jednoohniskové odrazové plochy existuje i její upravená verze, která je dvouohnisková. Poloha ohniska horní a dolní části je různá, díky čemuž lze využít obě tyto části pro tlumená světla. Tím se dosáhne vyšší intenzity osvětlení, a to až o 25%. [12] Navíc jsou lépe osvětleny krajnice vozovky a docílí se menšího rozdílu osvětlení při dálkových a tlumených světlech. Těmto dvouohniskovým světlometům se říká také bifokální. Dalšího zlepšení rozdělení světla se dosáhne vhodným tvarováním krycího skla s využitím optických forem na skle.



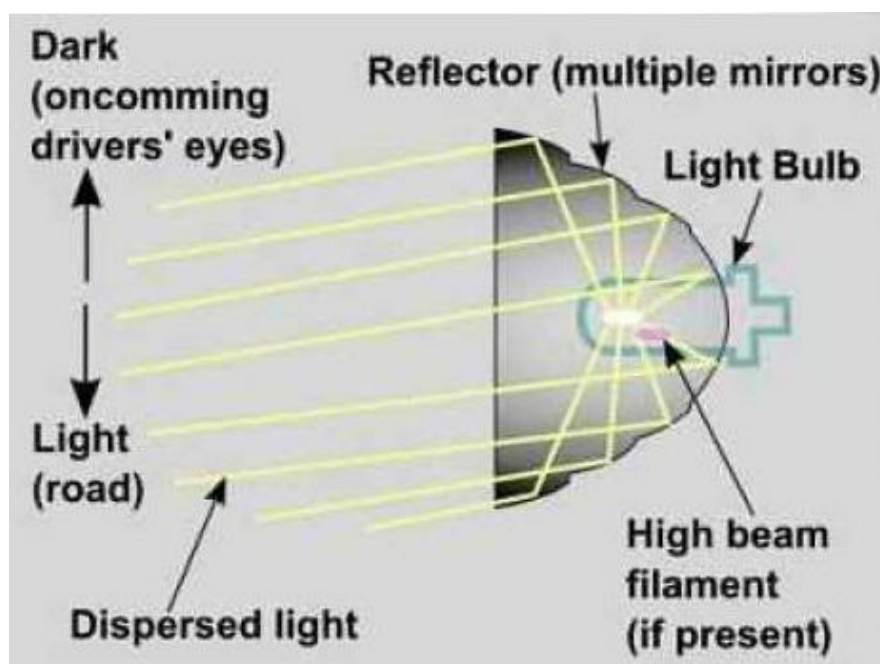
Obr. 36 Porovnání tlumeného světla jednoohniskového a dvouohniskového světlometu [12]

- Elipsoidní světloomet – jak již název napovídá, jeho odrazová plocha je tvořena částí trojrozměrného elipsoidu. Ten vznikne rotací elipsy kolem její delší osy a má dvě ohniska, která leží na této ose. Jako odrazové plochy může být využito pouze jeho části, teoreticky jedné poloviny, jelikož se na rozdíl od paraboloidu jedná o plochu uzavřenou. Při umístění světelného zdroje do ohniska této plochy dochází k soustřeďování paprsků do druhého, fiktivního ohniska. Optický systém tak musí být doplněn o čočku, nebo soustavu čoček, zaručující usměrnění světelných paprsků do výstupního světelného kužele potřebného tvaru a vlastností.[14] Systémem se elipsoidní světloomet podobá diaprojektoru, bývá proto označován jako projekční. Takové systémy vytváří velmi ostrou hranici světlo-tma. To je velmi vhodné zejména pro prosvícení mlhy. Samozřejmě slouží i jako světla tlumená a dálková, obzvláště při použití vhodné clony mezi odrazovou plochu a čočku. Označení těchto světlometů je podle německé normy DE (Dreiachse Elipsoid).[14] Oproti parabolickým mají také podstatně menší vnější průměr. I když tím narůstá jejich konstrukční a montážní délka, z hlediska trendu karosářského designu je to dokonce výhodné. Navíc se dají považovat za předky moderních projekčních zařízení.



Obr. 37 Schéma elipsoidního světloometu [13]

- Světlomety s volnou plochou – odrazovou plochu reflektoru mají volně tvořenou v prostoru. Nejedná se tedy o symetrický útvar, jako tomu bylo v předchozích případech. Každý bod odrazové plochy má exaktně definovanou funkci, a to shromáždit, koncentrovat, usměrnit nebo rozptýlit světlo. Takových bodů může být až 50 000.[13] Z tohoto důvodu se pro výpočet a optimalizaci této odrazové plochy využívá počítačové techniky. Jednotlivé segmenty pak osvětlují různé části vozovky, lze tedy využít téměř celou plochu reflektoru. Rozdělení světla již není třeba dále usměrňovat pomocí optických forem. Krycí sklo pak může být krásně hladké a čiré. Alternativou je čirý kryt z polykarbonátu. Tento systém světlometů nese označení FF (Free Form nebo také Free Flat).

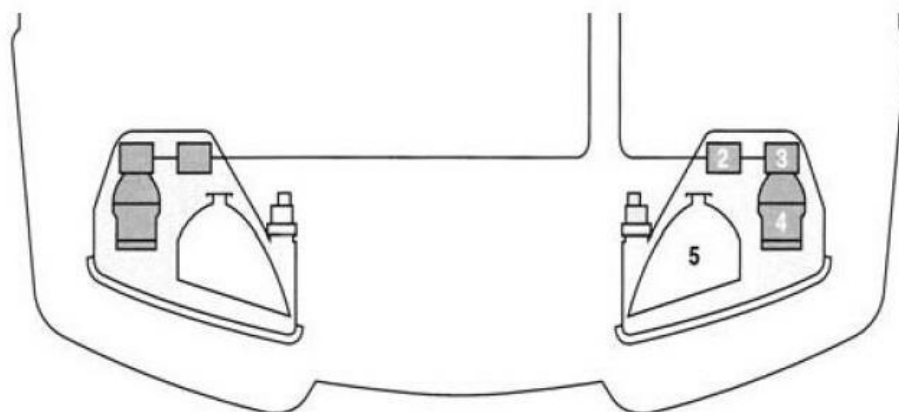


Obr. 38 Schéma světlometu s volnou plochou [17]

- Kombinované světlomety – jsou tvořeny kombinací elipsoidního světlometu a světlometu s volnou plochou. Jedná se o elipsoidní DE světlomety, kde je plocha reflektoru navržena pomocí technologie volných ploch FF. Vytyčují nedostatky světlometů typu DE, kde projekční systém vytváří velmi ostrou hranici světlo-tma. Právě u tlumených světél je naopak patřičné, aby docházelo k určitému podílu rozptýlu světla, například pro osvětlení dopravního značení. Zachycené světlo je co nejvíce směřováno přes clonu na čočku, ale podle potřeb i přímo na vozovku.[17]

3.3.2 Moderní konstrukce světlometů

- Světlomety s xenonovými výbojkami – jedním z moderních typů zdroje světla jsou právě světlomety s xenonovými výbojkami. Jak již bylo uvedeno dříve, osvětlení vozovky tímto zdrojem světla je podstatně lepší než v případě halogenových žárovek. Takovýto systém se skládá z výbojky, upevňovacího modulu pro výbojku, modulu vysokého napětí a řídicí jednotky. Dále musí tento systém obsahovat jednotku automatické regulace sklonu a čistící zařízení, čímž je dosaženo optimálního využití dalekého dosvitu a opticky ideálního světelného výstupu. Původně se světlomety s výbojkami přednostně zaváděly pouze pro tlumená světla. Takovýto systém má pak dálkové světlomety klasické konstrukce, tedy s halogenovým zdrojem světla. Tento tzv. čtyřreflektorový systém nese označení Litronic (Light-Electronics), viz Obr. 39.



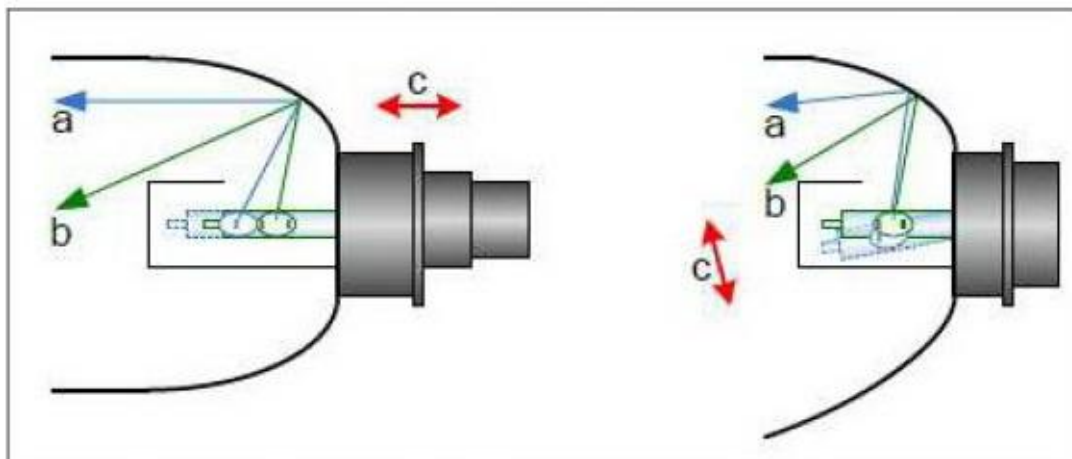
*1 – palubní napětí, 2 – elektronická řídicí jednotka,
3 – zapalovací zařízení s přípojkou pro výbojku, 4 – reflektorová optika
s výbojkou pro tlumené světlo, 5 – halogenové dálkové světlo*

Obr. 39 Čtyřreflektorový systém Litronic (Bosch) [15]

V roce 1997 vyvinula firma Bosch světlomet s označením bi-xenon.[13] Ten umožňuje sloučení obou druhů světla do jednoho světlometu, tedy s použitím jediné xenonové výbojky. Naplno se tak využívá jejich výhod a předností. Jsou zde možné dva druhy použití reflektoru, a to jako reflexní nebo projekční systém.

V případě reflexního systému je potřeba pro výstup světla velké plochy. Využita je pak čistě jen odrazová plocha. Tato značně větší plocha pro výstup světla je charakteristická rozptylovým polem, které je integrováno do uzavíracího skla světlometu nebo leží na jeho vnitřní straně.[12] Pro dosažení požadovaného druhu světla je výbojka mechanicky posouvána do dvou poloh. Vzájemná vzdálenost od sebe činí pouze několik milimetrů. Druh posunu je dán výrobcem světlometu.

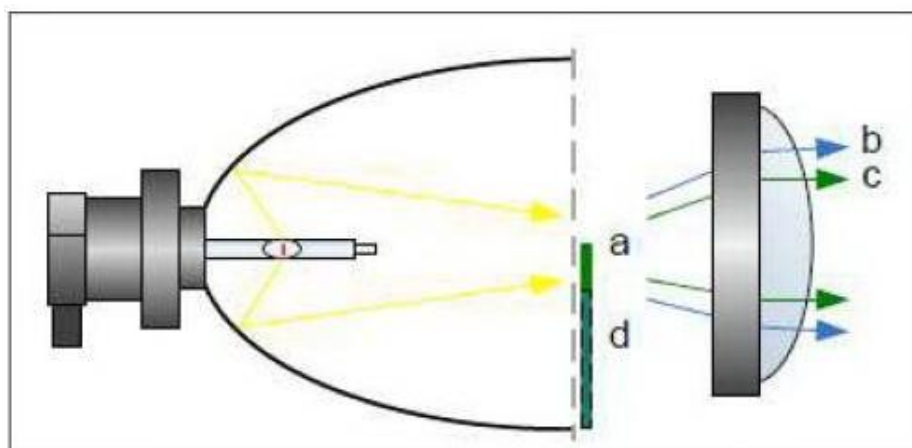
Hranici světla a stínu vytváří speciální stínění na výbojce. Výkonnost tohoto typu světlometu závisí na společné odrazové ploše. Čím je tato plocha větší, tím je účinnost tohoto typu světlometu vyšší. Touto konstrukcí je však obtížné realizovat funkci světelné houkačky, proto se využívá přídavného světlometu s halogenovou žárovkou.



BOSCH (vlevo) a HELLA (vpravo), a – dálkové světlo, b – tlumené světlo, c – směr pohybu

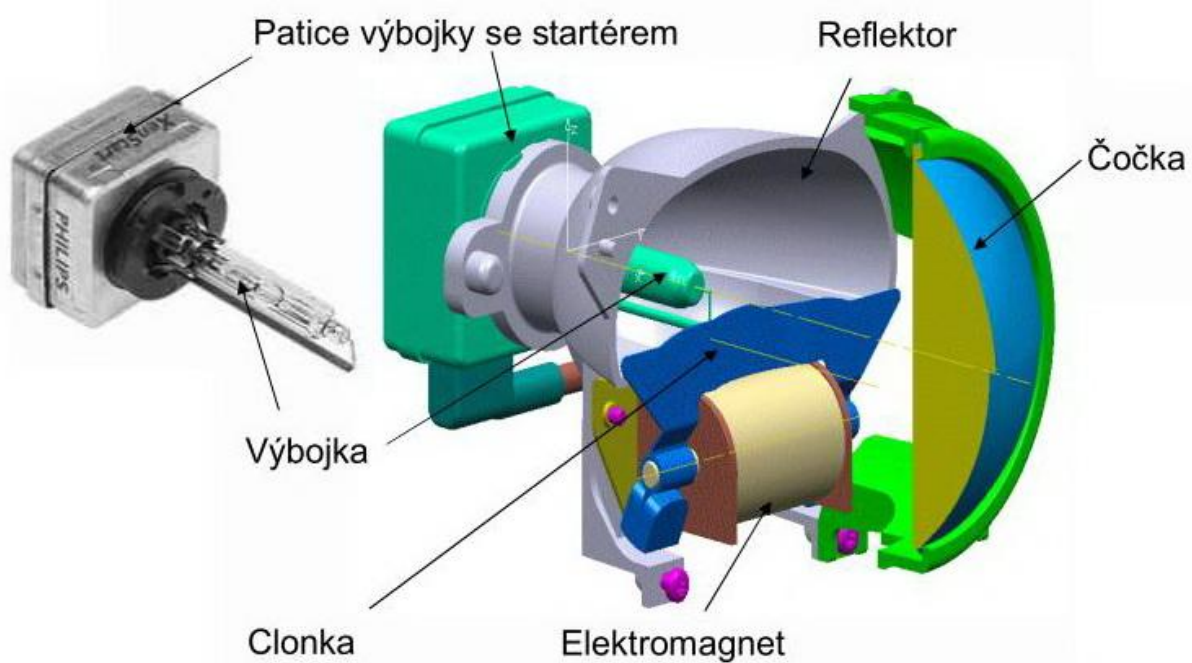
Obr. 40 Schéma reflexního světlometu bi – xenon [12]

V případě projekčního systému je výbojka ve světlometu pevně zabudována. Pohyblivou část u tohoto typu systému tvoří elektromagneticky ovládaná clona. Ta vytváří předepsané rozhraní světlo-tma v horní poloze pro tlumená světla. Když je clona ve spodní poloze, vzniká široce rozptýlené a intenzivní dálkové světlo.[12] Pohyb clony trvá pouze několik zlomků sekundy, což umožňuje použití tohoto světlometu i jako světelné houkačky. Výhodná je malá čelní plocha těchto světlometů, což je pozitivum pro designery při začleňování světlometů do karoserie. Tato vlastnost je stejná pro všechny projekční systémy. Navíc lze do světlometu implementovat např. systém vyhodnocování vzdálenosti objektů před vozidlem.[12]



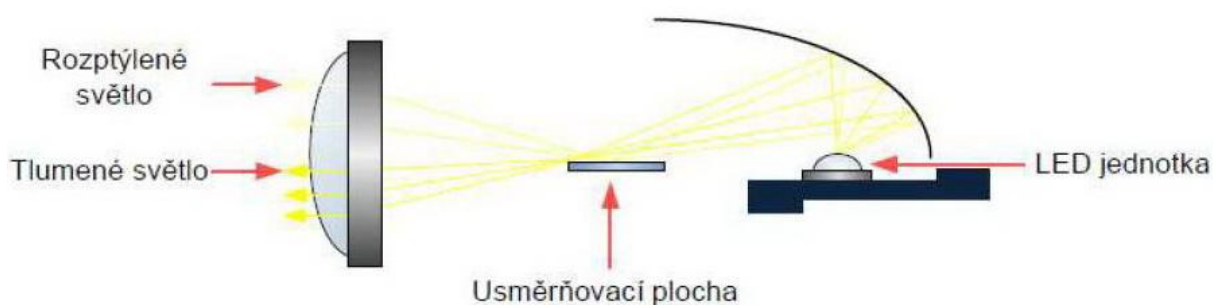
***a** – prostor ohnisek, **b** – dálkové světlo,
c – tlumené světlo, **d** – pohyblivá clona*

Obr. 41 Schéma projekčního světlometu bi – xenon [12]



Obr. 42 Skladba bi – xenonového projekčního modulu [17]

- Světlomety s LED diodami – aktuálně patří mezi poslední vývojový trend v oblasti osvětlovací automobilové techniky. Nesporné výhody, jako je například úspora energie, poměrně designový a estetický vzhled, neustále se snižující cena nebo dlouhá životnost, umožňují jejich další rozšiřování a možnosti použití. Doposud LED světlomety sice plně nepředčily světlomety s xenonovými výbojkami, jejich postupným vývojem však dochází ke zlepšování světelného výkonu, zejména pro dálková světla. Některé světlomety jsou právě proto vyráběny v kombinaci s xenonovou výbojkou pro dálková světla a LED diodami pro světla tlumená. LED zdroje světla pracují na principu projekčních světlometů. Klasickou clonu nahradila usměrňovací plocha paprsků, která paprsky nad vertikální hranicí překlápí směrem dolů a zvýší tím tak světelný výkon a upřesní rozhraní světla a stínu.[12] Hojně jsou rozšířeny LED svítilny pro denní svícení. Mají silně rozptýlený světelný tok, který netvoří typický kužel jako u klasických světlometů. Protijedoucí řidiče takto rozptýlené světlo neoslňuje ani neosvětluje vozovku. Plní však zásadní úlohu bezpečného provozu, a to podmínku být viděn.



Obr. 43 Schéma projekčního LED světlometu [12]

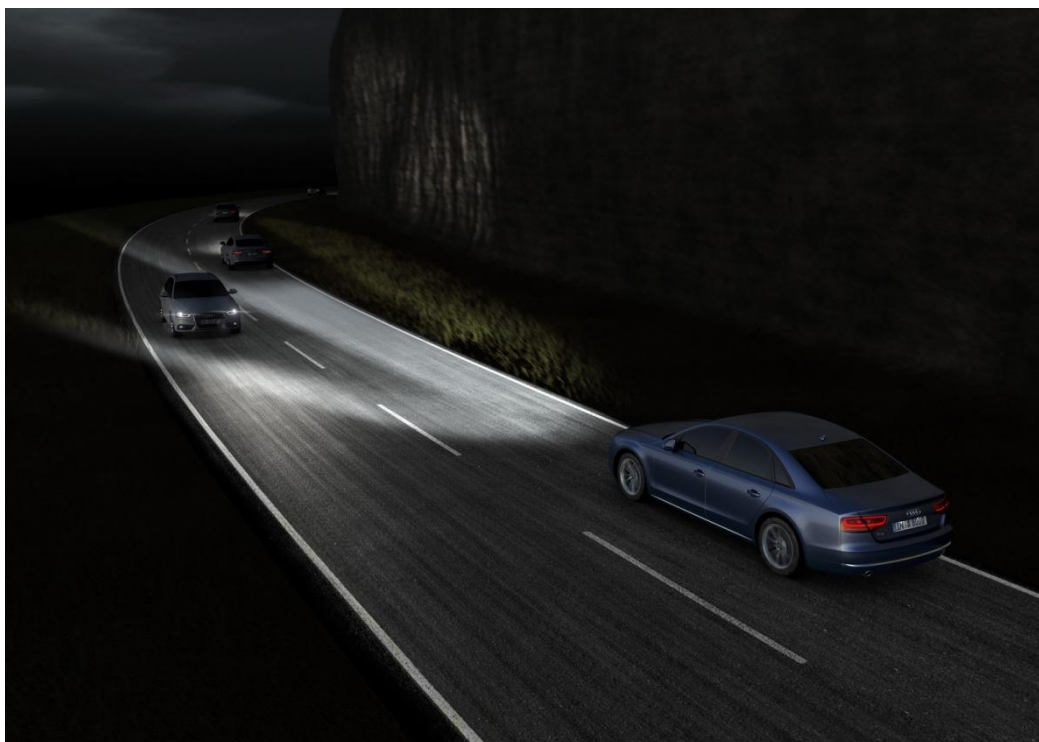


Obr. 44 Použití LED světlometu na voze Audi [21]

Letošní naprostou novinkou je systém označený jako Matrix LED. Byl uveden firmou Hella ve spolupráci s automobilkou Audi do jejího faceliftovaného modelu vozu Audi A8. Matrix LED je jedinečný systém dálkových světel, která neoslňují protijedoucí vozidla. Řidič tak může mít zapnutá dálková světla po celou dobu jízdy. Přední světla jsou kompletně složená z diod, přičemž každá dioda je ovládána samostatně. Každý světlomet tvoří 25 světelných diod, uspořádaných do 5 skupin. Systém je opatřen kamerou umístěnou na vnitřním zpětném zrcátku snímající prostor před vozidlem. V případě detekování vozidla nebo chodce v protisměru dojde k odclonění určitých oblastí světelného kužele vyřazováním nebo ztlumením diod. Jednotlivé operace obstarává výkonná řídicí jednotka. Jakmile protijedoucí vozidlo zmizí z dosahu, dálková světla se opět rozsvítí v plné intenzitě. Kromě detekování protijedoucích vozidel kamera také samozřejmě detekuje i vozidla jedoucí vepředu. Systém navíc spolupracuje s navigací GPS, takže světelný kužel upravuje také podle toho, v jakém prostředí se aktuálně vozidlo nachází. Umožněno je také adaptivní přisvětlování do zatáček díky datům z navigace. Jelikož navigační systém zná předem průběh trasy, řídicí jednotka dá příkaz k osvětlení zatáčky s předstihem. Není proto třeba čekat až na natočení volantu. Systém je čistě elektronický a vyznačuje se maximální flexibilitou. Nenajdeme zde tedy žádné mechanické úkony. Matrix LED světlomet je také možné kombinovat se systémem nočního vidění. Vstoupí-li nějaká osoba do kritické oblasti před vozidlo, osvětlí ji jednotlivé LED diody třemi krátkými impulzy a řidič tak dostává upozornění na možnou nebezpečnou situaci. S velkou pravděpodobností proto můžeme říci, že se jedná o světlomety budoucnosti.



Obr. 45 Světlomet matrix LED na voze Audi A8 [22]



Obr. 46 Ukázka použití matrix LED v provozu [22]

3.3.3 Přídavné světlomety

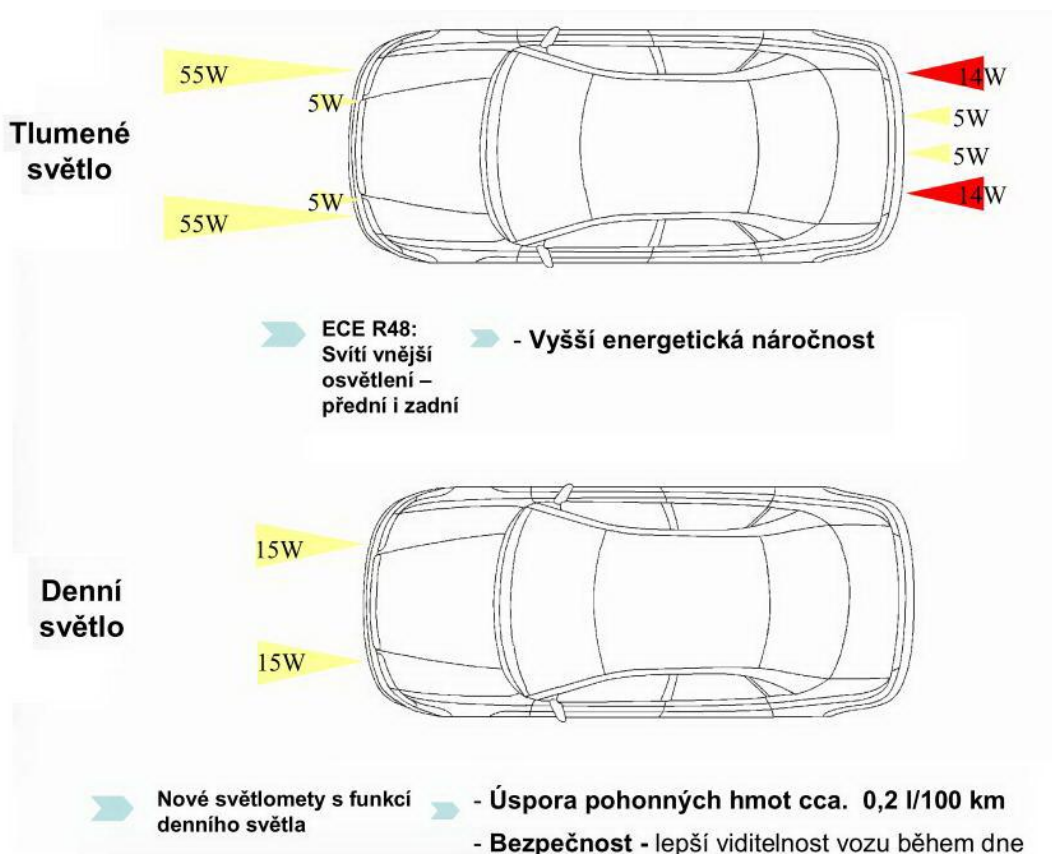
Denní svítilny

Denní svítilna znamená svítilnu, která směřuje dopředu a činí tak vozidlo snadněji viditelné za jízdy ve dne za nesnížené viditelnosti. Nedochozí k oslňování protijedoucích řidičů. Jak již bylo uvedeno dříve, tato světla se vyznačují silně rozptýleným tokem světlem, který netvoří světelný kužel jako u běžných reflektorů. Slouží tedy převážně ke zdůraznění vozidla během dne, čímž je podpořena bezpečnost silničního provozu. Úhel vyzařování je omezen od -20° do $+20^\circ$. Jejich umístění na vozidle je vodorovné, a to nejméně 250 mm a nejvýše 1500 mm nad vozovkou. Velikost reflektoru je 40 cm^2 a intenzita světla je 400 – 800 cd v ose.[17] Charakteristické je pro ně automatické zapnutí při nastartování vozu. Kontrolka ve vozidle signalizující zapnuté denní svítilny je nepovinná a málo kdy se s ní setkáme. Při jakémkoli zapnutí dalších světelných funkcí, jako jsou např. potkávací nebo dálková světla, dojde k automatickému vypnutí denních svítilen. Jako zdroje světla se používají žárovky se sníženou spotřebou (např. W5W, H6W nebo P1W) nebo převážně úsporné LED diody, pro které je typická jejich dlouhá životnost. Denní svítilny podléhají předpisu EHK č. 87. Denní svítilna může tvořit samostatnou párovou světelnou jednotku nebo může být integrována přímo ve světlometu. Hlavním přínosem těchto světel je jejich

energetická nenáročnost, neboť při jejich používání nesvítí na vozidle žádná jiná světla. Porovnání denní svítily a zapnutého osvětlení s tlumenými světly je na Obr. 48. Úspora energie navíc také přináší i drobnou úsporu paliva. Udávaná hodnota je asi 0,2 l/100 km.



Obr. 47 Ukázka použití LED denní svítily [17]



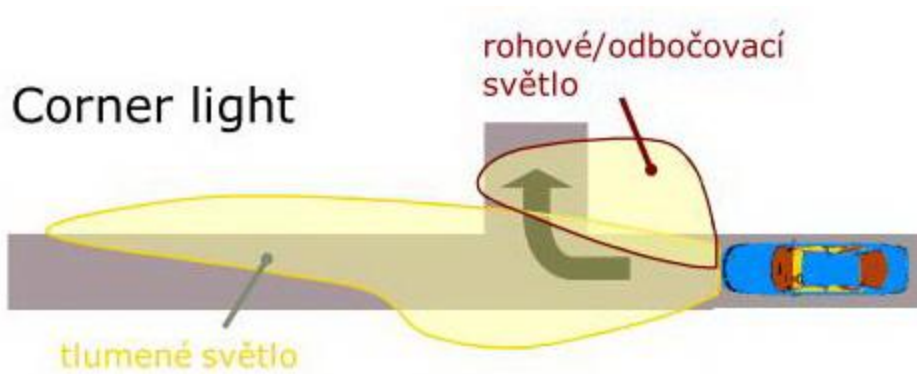
Obr. 48 Porovnání denní svítily a osvětlení s tlumenými světly [17]

Mlhové a rohové světlometry

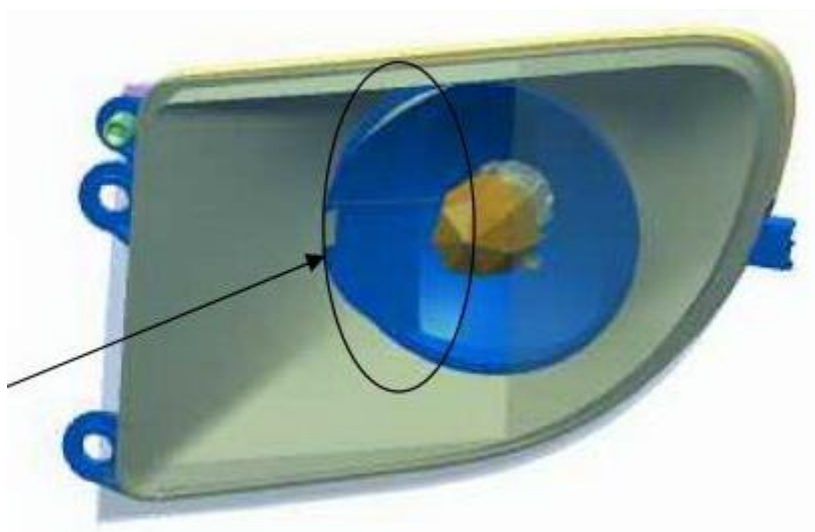
Mlhový přední světlomet je takový, jenž zlepšuje osvětlení vozovky za mlhy, sněžení, bouřky a hustého deště nebo v prašném prostředí. V husté mlze není žádné ze stávajících světel, tlumené nebo dálkové, dostatečně účinné. Světlo mlhou proniká špatně, protože se na drobných kapičkách vody láme a odráží se. Proto se před vozidlem vytváří neprůhledná clona. Čím je navíc světlo intenzivnější, tím více dochází i k oslňování a clona je o to méně průhledná. U světlometů do mlhy se pro zlepšení viditelnosti využívá změna rozložení světla, spektrální rozložení světla a umístění světlometů.[13] Umístění nad vozovkou je nejméně 250 mm a úhel vyzařování je od -20° do $+20^\circ$. Povinná je kontrolka signalizující řidiči zapnutá mlhová světla. Mlhové světlometry definují předpisy ECE 19 a ECE 48.[17] Pracují nezávisle na potkávacích nebo dálkových světlech, lze je tedy rozsvěcovat a zhasínat samostatně.

Rohový světlomet se užívá pro zajištění doplňujícího osvětlení té části silnice, která je v blízkosti předního okraje vozidla na té straně, na kterou se vozidlo bude stáčet. Umístění světlometů je nejméně 250 mm a nejvýše 900 mm nad vozovkou. Úhel vyzařování je od 30° do 60° směrem ven.[17] Rohové světlometry jsou aktivní v době, kdy jsou rozsvíceny také potkávací nebo dálková světla. Automaticky se pak rozsvítí v případě, kdy jsou na příslušné straně vozidla zapnuta směrová světla nebo pokud je překročen aktivační úhel natočení volantu. Omezující je v případě rohových světlometů rychlost. Jsou schopné svítit jen do rychlosti 40 km/h. Předpisy definující rohové světlometry jsou ECE 119 a ECE 48.[17] Stejně jako v případě denních světel, ani zde není kontrolka signalizující zapnuté rohové světlometry.

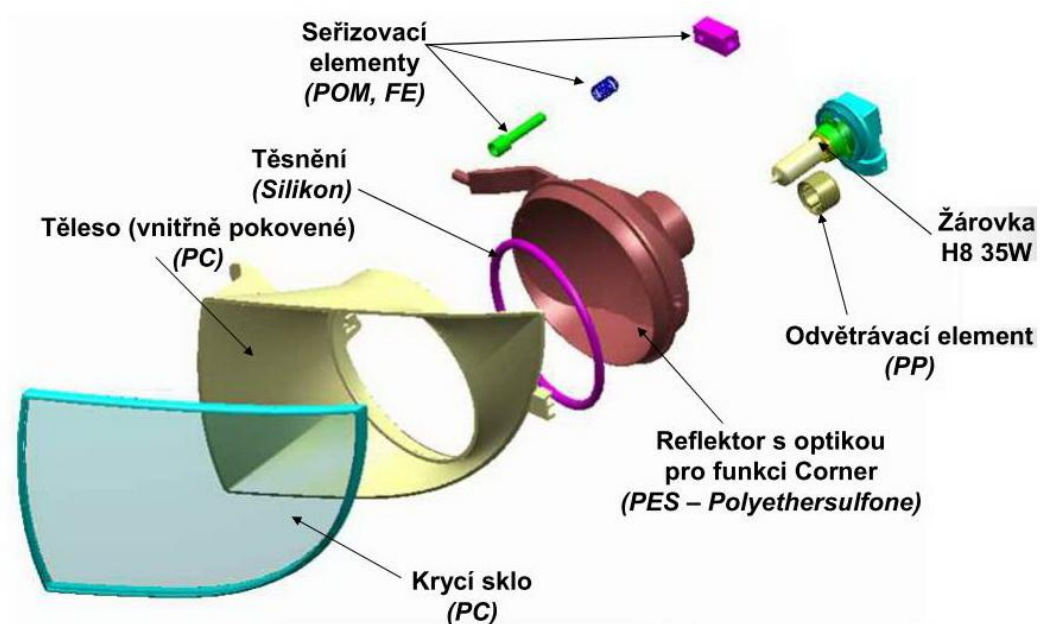
Světlomet, který je kombinací obou výše uvedených světlometů je mlhový světlomet s funkcí Corner, tedy s funkcí rohového světlometu. Úhel vyzařování je od -20° do $+60^\circ$ směrem ven. Jeho umístění je nejméně 250 mm a nejvýše 900 mm nad vozovkou. Není-li aktivována funkce mlhových světel, svítí jen do rychlosti 40 km/h. Další podmínkou jsou pak zapnutá tlumená světla a nesmí být zařazena zpátečka. Logicky je definují všechny výše zmíněné předpisy, tedy ECE 19, ECE 119 i ECE 48. Rozpad mlhového světlometu s funkcí Corner je na Obr. 51.



Obr. 49 Ukázka funkce rohového světlometu [17]



Obr. 50 Oblast reflektoru pro funkci Corner light [17]

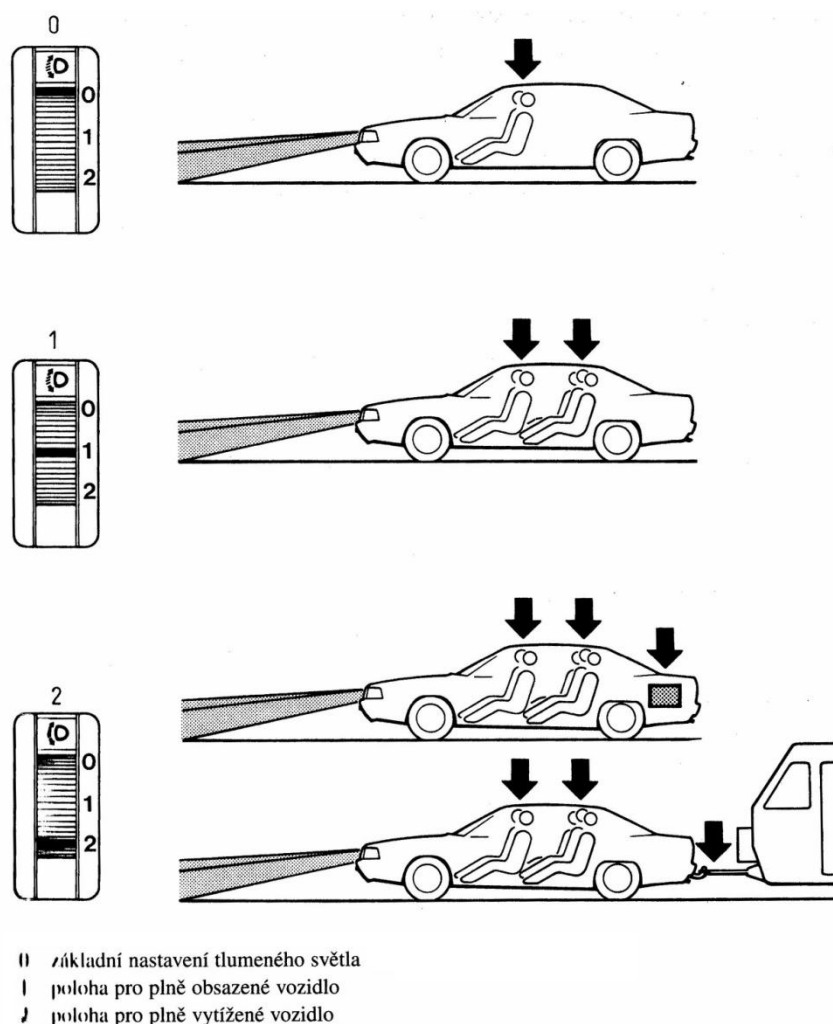


Obr. 51 Rozpad mlhového světlometu s funkcí Corner light [17]

3.3.4 Regulace dosahu světlometů

U motorových vozidel dochází vlivem nerovnoměrného nebo rozdílného zatížení ke značným změnám polohy světlometů, a to ke změnám jejich výšky nad vozovkou a sklonu. Tento nežádoucí jev lze odstranit pomocí nastavování světlometů. Regulací dosahu světlometů tak zabezpečíme stále dobrý výhled bez oslňování protijedoucích vozidel tím, že úhel sklonu tlumeného světla se přizpůsobí příslušnému stavu zatížení vozidla. K regulaci může docházet ručně nebo automaticky.

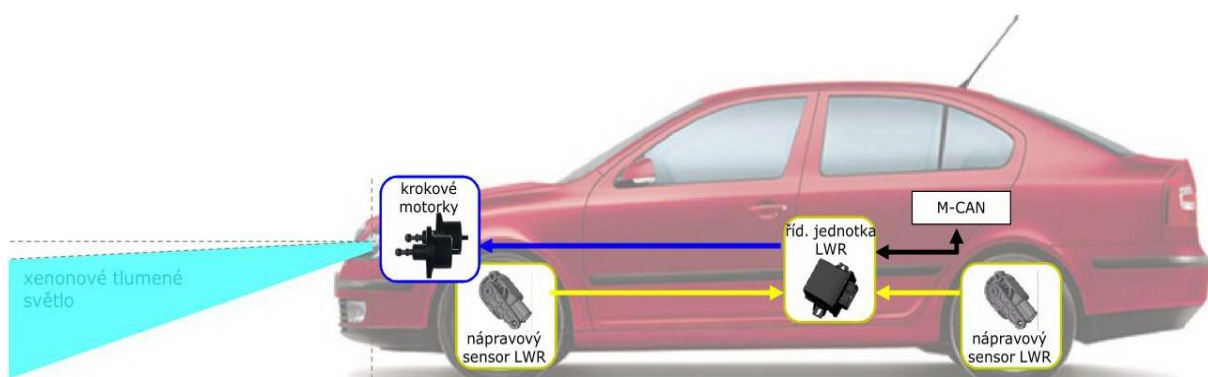
Ruční nastavení je poměrně značně subjektivní a mnohdy na něj může řidič zapomenout. Navíc je třeba mít světlometry dobře seřízené pro všechny možné polohy. K seřízení polohy světlometů se využívá obrazu osvětlené plochy na zkušební stěně nebo přístroje zvaného regloskop. Seřizování probíhá zásadně pro tlumená světla. Ruční ovladač nastavení polohy světlometů je opatřen stupnicí, na níž musí být vyznačena základní poloha pro nezatížené vozidlo, případně další polohy pro různá zatížení.[13] Příklad ručního seřizování světlometů je na Obr.52. Manuální seřizování je typické pro halogenová světla.



Obr. 52 Příklad ruční regulace výšky světlometů [14]

Automatická regulace je oproti té manuální více bezpečnější a jistější. Automatickou regulaci najdeme u výbojkových zdrojů světla, která je navíc předepsána zákonem. Rozlišují se přitom dva druhy regulace, a to statická a dynamická.

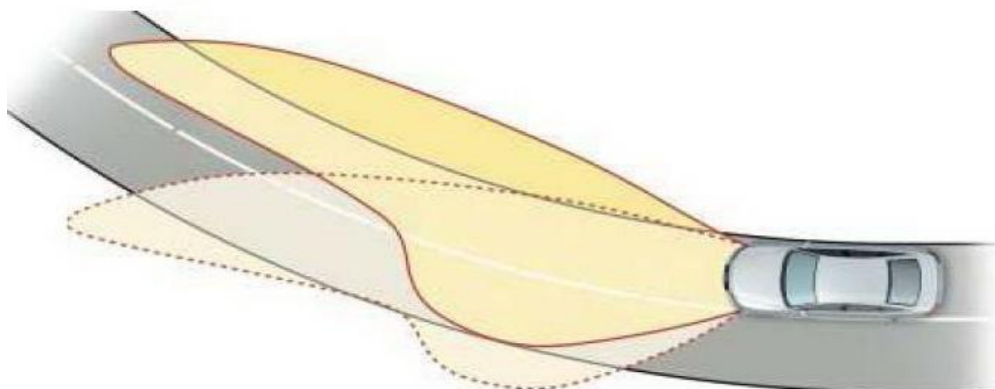
- Statická regulace – vyrovnává užitečné zatížení v prostoru pro cestující a v zavazadlovém prostoru. Systémy statické regulace pracují s poměrně velkým útlumem, vyrovnávají tedy pouze dlouho trvající náklony karoserie. K regulaci se používají servomotorky. Systém se skládá ze snímačů úrovně vozidla na přední a zadní nápravě, tzv. Hallových snímačů, řídicí jednotky a stavěcích elektromotorků světlometů. Kromě signálů z nápravových senzorů přijímá řídicí jednotka i signály z elektronického tachometru nebo jednotky ABS. Pomocí těchto signálů systém určí, zda vozidlo stojí, pohybuje se nebo jede stálou rychlostí. Po každém rozjezdu vozidla systém koriguje nastavení světlometů v závislosti na zatížení vozidla. Při dosažení konstantní rychlosti se toto nastavení znovu zkontroluje a případně zkoriguje.[15]
- Dynamická regulace – je regulace během jízdy vozu. Pracuje ve dvou provozních režimech. Příkladným rozlišením rychlostního signálu systém rozpozná, na rozdíl od statické regulace, akceleraci a brzdění. Při konstantních rychlostech jízdy se systém chová podobně jako ten statický, je tedy v režimu s velkým tlumením. V případě rozpoznání akcelerace nebo brzdění se přepne do dynamického režimu, čímž dojde ke zkrácení vyhodnocování signálů. Přizpůsobení sklonu světlometů je tak díky zvýšené rychlosti servomotorků možné během zlomků sekundy.[15] Skladba systému je podobná jako v případě statického systému. Ke komponentům patří nápravové snímače, které zachycují úhel náklonu karoserie, dále servomotorky a řídicí jednotka, která ze signálů ze snímačů propočte úhel náklonu karoserie a porovná ji s předvolenou hodnotou. V případě odchylky jsou pak aktivovány krokové servomotorky, které provedou přesné nastavení světlometů.



Obr. 53 Skladba dynamické regulace světlometů [17]

3.4 Systém adaptivních světlometů

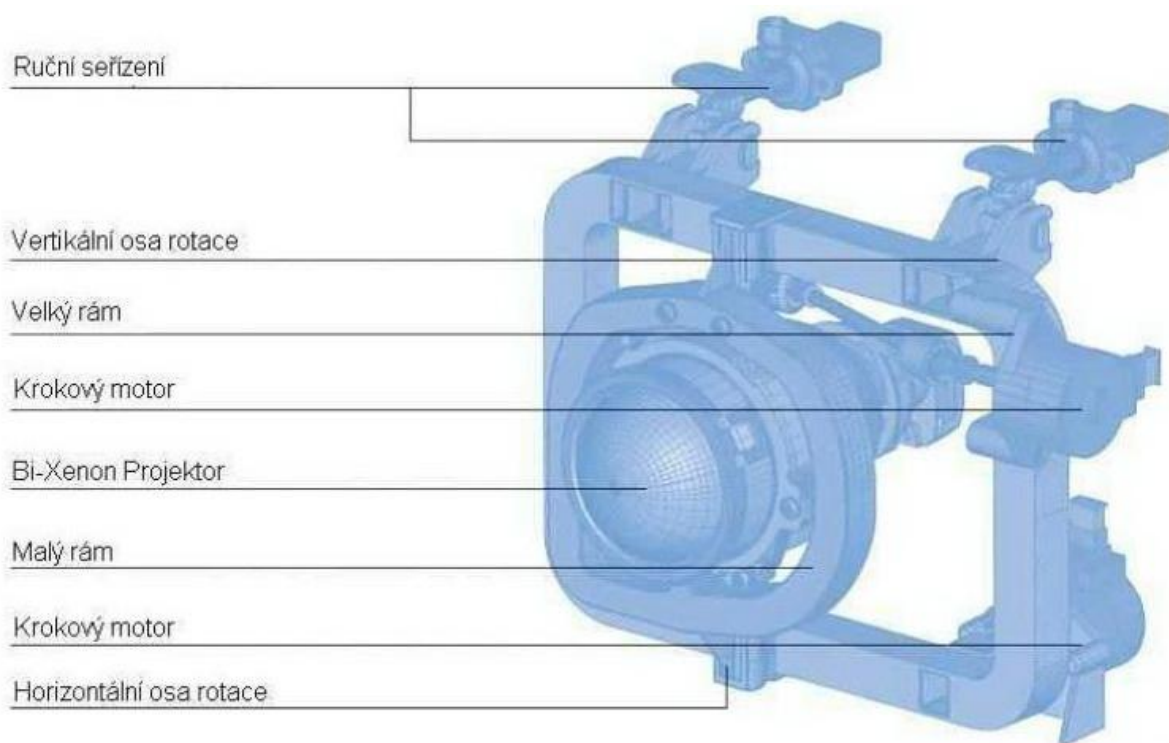
Jízda v noci nebo za snížené viditelnosti u mnohých řidičů způsobuje pocity napětí či stresu. Dobré osvětlení je tedy v těchto situacích velmi důležité. Proto byl vyvinut systém adaptivních světlometů, které díky dynamickému nasvícení zatáček osvětlí i prostory, které klasické světlomety nebyly schopny nasvítit. Setkat se můžeme s několika označeními, nejpoužívanější jsou však AFS (Adaptive Frontlight System) nebo AFL (Adaptive Forward Light). Přední firmou v oblasti osvětlovací techniky je již po dlouhá léta společnost Hella. Jejím cílem, který platí stále, je připravit takové světlomety a osvětlení všeobecně, které zlepší výhled řidiče, což se musí projevit ve vyšší bezpečnosti jízdy i v cestovním komfortu.[26] Jeden z prvních systémů adaptivního osvětlení uvedla právě firma Hella v roce 2002 ve vozech Mercedes-Benz. Systém Mercedesu byl první, který tak činil na základě elektronického řízení, jež bralo v úvahu nejen úhel natočení volantu, ale také rychlost automobilu. Jen pro zajímavost, mechanické světlomety, které se samočinně natáčely do zatáčky, se objevily už koncem 50. let v tehdy revolučním Citroënu DS. Dříve byly tyto systémy dostupné jen v těch nejvyšších modelech. Automobilka Opel se jako první zasloužila o zavedení podobných systémů i do kategorie vozů střední třídy, konkrétně do modelů Vectra a Signum. V dnešním automobilovém světě jsou standardem halogenové žárovky. Stále častěji je však nahrazují xenonové výbojky, které se začaly do luxusních automobilů montovat počátkem 90. let minulého století. Xenony se zpočátku používaly pouze pro obrysová světla, zatímco dálková světla byla tvořena přídatným halogenovým světlometem. V současnosti je ale většina výbojkových světlometů bi-xenonových.[27] A právě u nich jsou nejčastěji použity ony adaptivní systémy. Systémy adaptivních světlometů lze v zásadě rozdělit do dvou kategorií, a to na systémy statické a dynamické. O statických světlometech, jež jsou pro správnou adaptivní funkci konstruovány jako přídatné, například rohové světlomety, již bylo uvedeno výše. Proto se následující popis bude věnovat dynamickým systémům.



Obr. 54 Ukázka funkce dynamického adaptivního světlometu [15]

3.4.1 Princip dynamických adaptivních světlometů

Systém natáčení světlometů je propracovanější, než by se mohlo zdát. Podle informací výrobců je pomocí těchto systémů možno osvětlit zatáčku až o 90 procent lépe než konvenčními pevnými světlomety. Při průjezdu zatáčkou se nenatáčejí obě světla stejně. Vnitřní světlomet se natáčí přibližně dvakrát více, přičemž úhel jeho vychýlení činí maximálně 15 stupňů. Jeho natočení umožňují elektromotorky a o velikosti natočení a samotném pohybu rozhoduje řídicí elektronika vozu. Do hry pak vstupuje celá řada informací, které jsou často získávány z čidel stabilizačního systému.[27] Jde především o rychlost vozidla, úhel natočení volantu resp. předních kol, zatížení vozu nebo naklápění karoserie. I když se většinou jedná o příplatkovou výbavu, její pořízení se rozhodně vyplatí. Citlivé infrakamery sledující mj. pohyby očí prokázaly, že při jízdě zatáčkou v noci ve voze s adaptivními xenonovými světlomety má řidič výhled do vzdálenosti asi 36 metrů, což je téměř stejně, jako 38 metrů za normálního denního světla.[26]



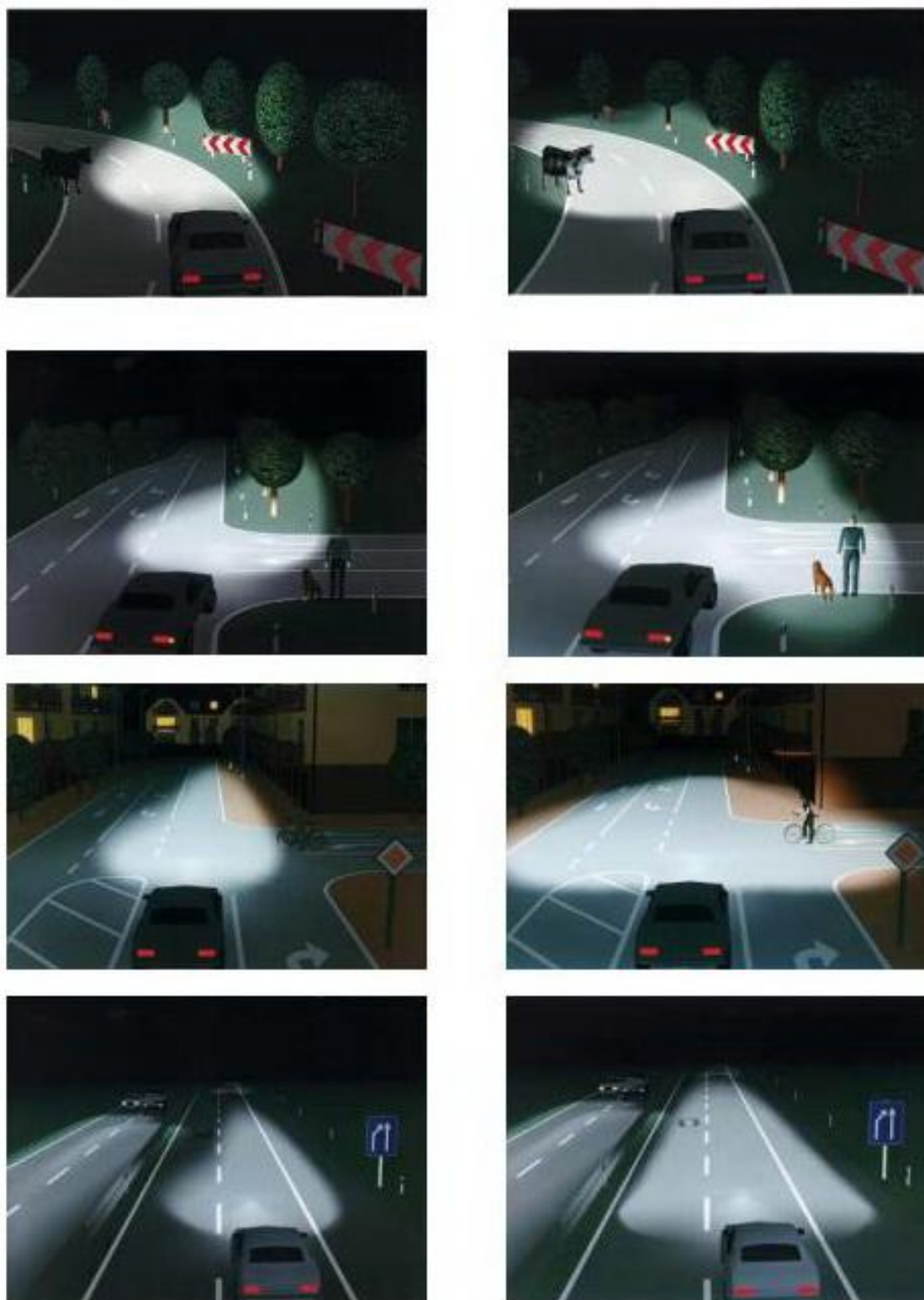
Obr. 55 Natáčecí Bi-modul systému AFS [17]

3.4.2 Inteligentní adaptivní světlometry

Pro výše popsané systémy se tedy používá označení adaptivní. V rámci modernizace Mercedesu třídy E v roce 2006 se objevil i tzv. inteligentní světelný systém. Tyto světlometry, které vyvinula opět firma Hella, mají všechny funkce dříve používaných natáčecích bi-xenonových světlometů. Navíc se ale dokážou lépe přizpůsobovat aktuální jízdní situaci a měnit úhel paprsku ve vertikální rovině. Inteligentní světlometry mají většinou čtyři hlavní provozní režimy, které jsou závislé hlavně na rychlosti jízdy. Mezi základní provozní režimy řadíme klasické tlumené světlo, světlo dálniční, městské a rohové. Platí, že při jízdě zhruba do 50 km/h je osvětlená plocha před vozem širší. Zejména při jízdě ve městě se největší nebezpečí nachází kolmo ke směru jízdy. Právě v těchto neosvětlených prostorách se mohou nacházet chodci nebo cyklisté. Proto má tento režim označení městský. Při překročení rychlosti nad hranici 100 km/h se automaticky aktivuje nastavování úhlu světelného paprsku. Ten se o něco zvýší, světelný kužel se prodlužuje až o 50 m a řidiči je tak umožněno dohlédnout o něco dále. Tento režim má označení jako tzv. dálniční světla. Funkce rohového světlometu již byla popsána výše. K těmto čtyřem základním režimům se díky neustálé modernizaci přidávají některé další speciální režimy. Jedním z nich je zajímavý režim určený pro jízdu v mlze, resp. v dešti, který se samočinně aktivuje ve středních rychlostech po zapnutí zadní mlhovky, resp. stěračů. Světla pak svítí ještě níž a více do šířky než v případě jízdy ve městě.[26]

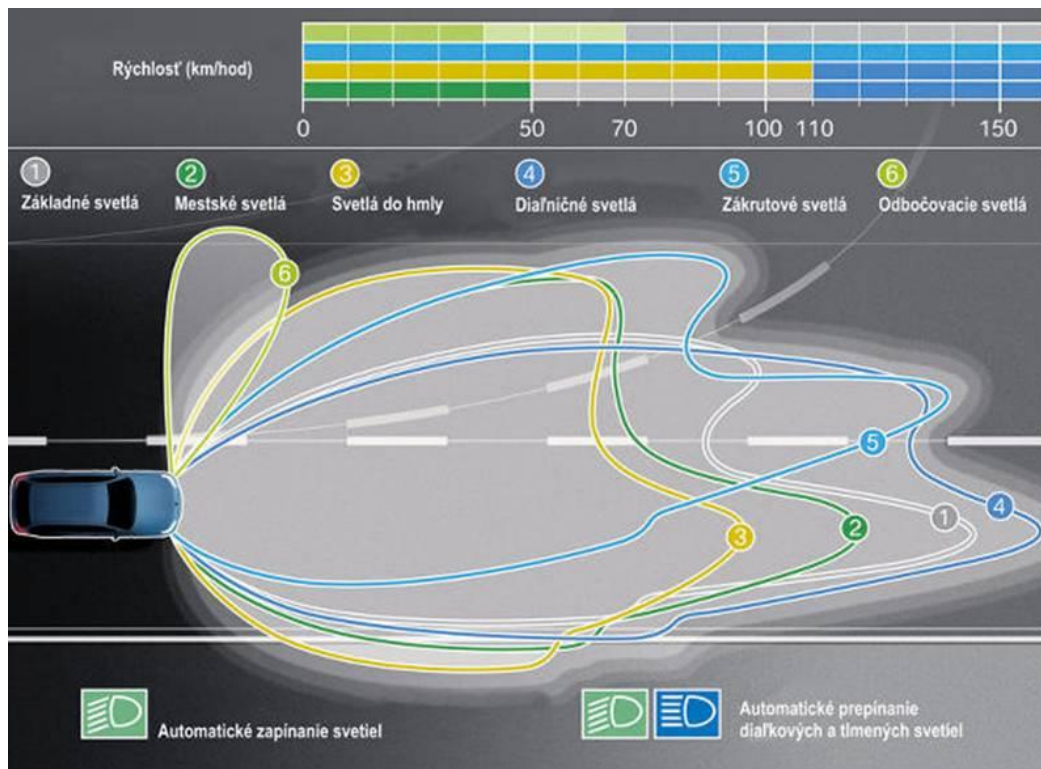
Moderní systémy světlometů AFS či AFL tak kombinují statické i dynamické osvětlení s různými druhy provozních režimů, které byly popsány výše. Z hlediska vývoje byly u systému AFS tři vývojové fáze: [17]

- AFS I – tlumené světlo doplňuje statický adaptivní světlomet přisvěcováním zatáčky
- AFS II – tlumené světlo je dynamicky regulováno při průjezdu zatáčkou, doplněno je statickým adaptivním světlometem
- AFS III – tlumené světlo se přizpůsobuje aktuálním jízdním a klimatickým podmínkám v různých režimech, doplněno je statickým adaptivním světlometem



*Klasické světlomety (vlevo), Adaptivní světlomety (vpravo), Situace (shora dolů):
 natáčecí světla pro běžný provoz, odbočovací světla, městská světla, dálniční světla*

Obr. 56 Porovnání klasických světlometů s provozními režimy adaptivních světlometů [12]



Obr. 57 Ukázka jednotlivých režimů inteligentních adaptivních světlometů [24]

K doposud nejnovějším a také nejmodernějším přírůstkům do rodiny adaptivních světlometů patří systémy nesoucí název ALC (Adaptive Light Control) a AHS (Adaptive High-beam System).

Systém s označením ALC byl vyvinut ve spolupráci s automobilkou BMW a firmou SiMotion. Základ systému tvoří natáčecí modulové světlometry. Systém ALC umožňuje variabilní rozdělení světla na vozovku podle jízdní situace. Světlometry jsou neustále přizpůsobovány aktuální jízdní situaci a klimatickým podmínkám. Kromě informací přicházejících ze senzorů systém sleduje také data přicházející ze satelitního systému GPS a digitalizovaných map silniční sítě.[15] Teoreticky je tak možné osvětlit nadcházející zatáčku ještě dříve, než do ní vůz fyzicky vjede. Automaticky jsou pak měněny i světelné režimy, podle toho, zda se vozidlo nachází v obci či mimo obec.

Systém AHS můžeme nalézt v nejvyšších řadách automobilky Lexus. Tento systém automaticky přepíná mezi režimem potkávacích a dálkových světel, navíc dokáže i částečně zastínit světelný kužel. Pomocí kamery, umístěné v horní části čelního skla, systém detekuje protijedoucí vozidla i vozidla jedoucí před sebou. V případě detekování vozidla jsou automaticky aktivovány clony ve světlometech, aby byl světelný kužel příslušně zacloněn. Po aktivaci zacloněného kuželu světla pak světlomet automaticky mění úhel, aby se rozsah osvětlení vozovky automaticky přizpůsoboval aktuální jízdní situaci.[29] Tímto automatickým

zacroňováním je možné vydatně zvýšit průměrnou dobu jízdy s osvětlením vozovky pomocí dálkových světel. Viditelnost je pak lepší nejen pro samotného řidiče, ale i pro protijedoucí vozidla.



Obr. 58 Součásti systému adaptivních světlometů ALC [25]



Obr. 59 Ukázka použití systému AHS [29]

4. SYSTÉM NOČNÍHO VIDĚNÍ

Mezi značně vyspělé systémy, které můžeme nalézt u nejvyšších modelových řad automobilů, patří systémy pro noční vidění, označované jako Night Vision. Samotná jízda v noci může být pro určitou skupinu stresující, navíc často dochází k oslňování a oslepení vlivem světlometů protijedoucích automobilů. Tyto systémy jsou schopny detekovat objekty mimo dosah klasických světlometů a dokonce pomoci s dalšími nepříznivými podmínkami, jako je oslňující záře světlometů. Jsou však určeny jen jako doplňková podpora pro řidiče, který by měl i nadále sledovat situaci před sebou. Díky těmto systémům tak může být sníženo riziko nehod, které je ve tmě značně vyšší než ve dne, i když na noční hodiny připadá mnohem menší počet ujetých kilometrů.

4.1 Historie systémů nočního vidění

Samotná historie těchto sofistikovaných systémů, určených pro automobilový průmysl, se začala psát roku 2000, kdy společnost General Motors uvedla poprvé tento systém do vozů Cadillac, konkrétně do modelu Cadillac Deville. Systém byl dosti inovativní, ovšem také poněkud drahý a nezprostředkovával dostatečně čisté snímky. Následně pak dala šanci těmto systémům i automobilka Toyota a vybavila jimi některé modely značky Lexus.

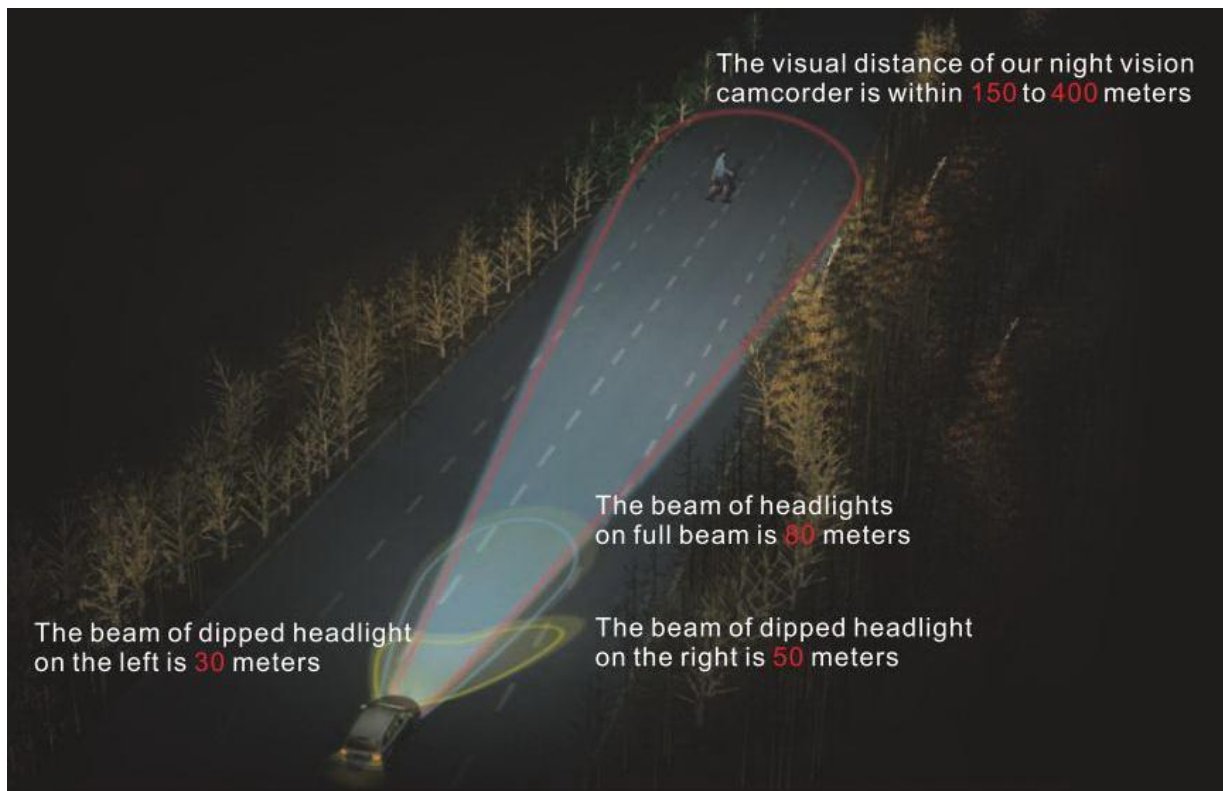
V Evropě byly podobné systémy představeny o několik let později, a to zásluhou dvou německých automobilek BMW a Mercedes-Benz, které tak učinily ke konci roku 2005. Mercedes tímto systémem osadil svou vlajkovou loď Mercedes-Benz třídy S. Konkurent od BMW zase použil tuto technologii v modelové řadě 7. Od 2006 je pak k dispozici i pro nižší modely. Pro zajímavost, cena činila v Německu bezmála 2000 eur. Jako správní konkurenti, kteří se předhánějí v nabídce svých luxusních modelů, každý prosazuje jinou technologii nočního vidění (viz dále). Další z německých gigantů, společnost Audi, se pro nasazení těchto systémů rozhodla až roku 2010, kdy jimi vybavila své luxusní modely A8 a A6L.

4.2 Technologie systémů nočního vidění

Systémy pro noční vidění jsou schopny detekovat infračervené světlo, které je jinak lidským okem neviditelné. V zásadě se u těchto systémů můžeme setkat se dvěma typy technologií. První z nich je technologie dlouhých infračervených vln (FIR), kterou používají automobilky BMW či Cadillac. Druhým typem je naopak technologie krátkých infračervených vln (NIR), kterou jsou vybaveny vozy značky Mercedes-Benz nebo Lexus. Oba systémy pracují tak, že jsou schopny shromáždit malé množství infračerveného světla a zesílit jej tak, aby mohlo být viděno lidskýma očima.

NIR vlny jsou nejbližší k viditelné části spektra elektromagnetických vln. Využívají se dva infračervené světlomety umístěné na předním nárazníku, které vyzařují svazek infračerveného světla v dosahu odpovídajícím dálkovým světlům. Infračerveným světlem osvětlená scéna silnice je zaznamenávána videokamerou v interiéru vozidla, většinou v blízkosti zpětného zrcátka a je zobrazována na displeji v kokpitu s vysokým rozlišením jako černobílý obraz.[18] Dosah NIR vln činí až 150 m oproti 40 m z klasických halogenových světlometů. Tuto technologii prosazuje a dál vyvíjí firma Bosch. Její Night Vision systém byl pak ve spolupráci s automobilkou Mercedes-Benz použit ve vozech Mercedes-Benz třídy S. Od roku 2008 je pak ve výrobě systém nazvaný Night Vision Plus. Ten umí díky inteligentně zpracovanému signálu vyhodnotit například stojící nebo jdoucí chodce, na které řidiče cíleně upozorní a znatelně je označí.

FIR vlny jsou dále od viditelné části spektra a jsou vytvářeny teplem vyzařovaným z objektů. Jde v podstatě o tepelné zobrazování, ideální pro detekci živých organismů, jako jsou lidé či zvěř. Použita je zde termovizní kamera, většinou instalována za přední maskou chladiče (viz. Obr. 61). Získaný obraz se přenáší na hlavní centrální displej, který zobrazuje rozpoznané objekty tím světleji, čím větší vyzařované teplo kamera registruje.[19] Udává se, že kamery jsou schopny zachytit oblast až 300 m před vozidlem, což je dvojnásobek oproti technologii NIR. Stejně jako u technologie NIR, i FIR je odolná vůči oslnění světlomety protijedoucích řidičů, dopravními světly, osvětlením vozovky či reflexním povrchem dopravních značek. Krom toho se navzájem neoslní ani dvě vozidla s FIR technikou.



Obr. 60 Srovnání dosahu systému nočního vidění s konvenčním osvětlením [20]



Obr. 61 Infračervená kamera v masce chladiče [20]



Obr. 62 Ukázka nightvision zobrazení u vozů Mercedes-Benz [20]



Obr. 63 Ukázka nightvision zobrazení u vozů BMW [30]

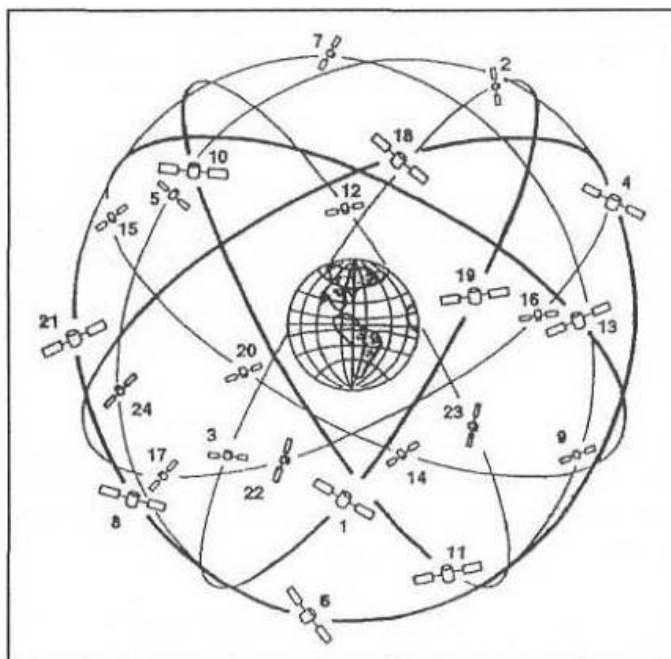
4.3 Návrh systému nočního vidění

Pro návrh daného systému nočního vidění jsem použil technologii tepelného zobrazování, tedy technologii FIR, preferovanou zejména automobilkou BMW. Ta, jak již bylo uvedeno, je vhodnější pro detekci živých organismů, v případě silničního provozu tedy chodců, cyklistů nebo zvíře. Následky střetu vozidla s člověkem bývají ve vyšších rychlostech velmi často kritické. Navíc disponuje FIR téměř dvojnásobným dosahem oproti NIR. Proto jsem se rozhodl právě pro tuto technologii, aby byla zajištěna vyšší bezpečnost během nočních hodin jak pro samotného řidiče, tak především pro člověka. Kromě FIR technologie by systém spolupracoval i s několika dalšími systémy a opatřeními. Jednalo by se zejména o systém GPS, adaptivní funkci termokamery umožňující její dynamické natáčení a již známé funkce systémů nočního vidění, tedy automatickou detekci chodců, protijedoucích i vepředu jedoucích vozidel nebo rozpoznávání dopravních značek. U každého prvku systému bude uvedena stručně jeho charakteristika a princip fungování.

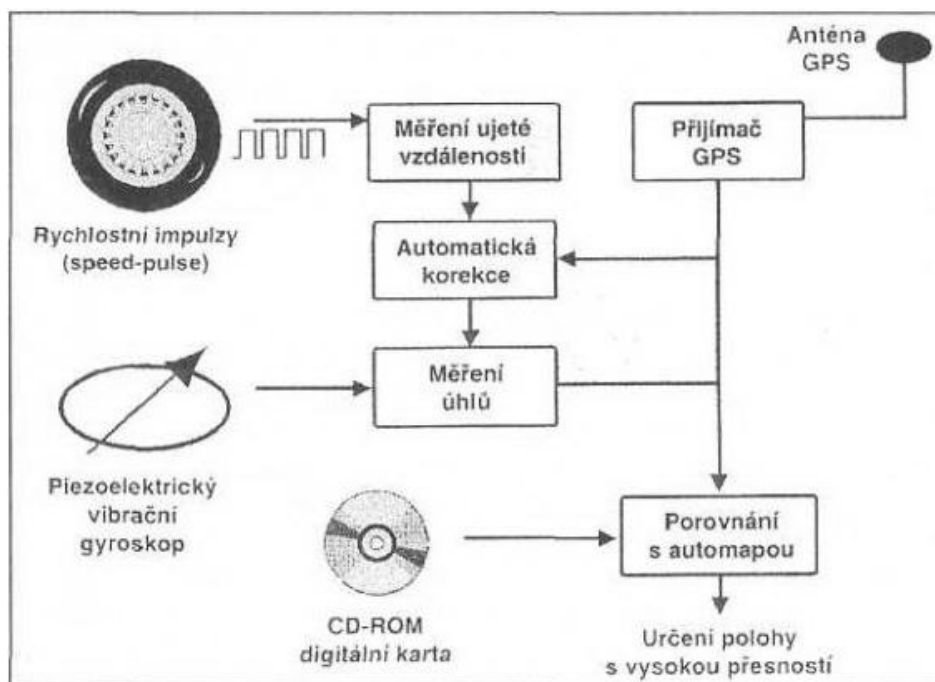
4.3.1 Systém GPS

Jak je již jistě známo, systém GPS (Global Positioning System) je nejpoužívanějším zařízením pro stanovování polohy vozidel. U systému GPS dochází k určování polohy pomocí družic. Do systému patří 21 aktivních satelitů a 3 záložní, které obíhají Zemi ve výšce 20 200 km po šesti oběžných drahách (viz Obr. 64).[31] Poloha těchto satelitů je taková, aby v každé dráze obíhaly 4 satelity. Právě 4 družice jsou totiž potřeba pro určení objektu v prostoru, 3 na určení prostorových souřadnic a 1 na určení časového rozdílu. Přesnost určení polohy vozidla je totiž dána přesností atomových hodin, které jsou vždy troje na každém satelitu.[31] Vzájemně jsou hodiny na všech satelitech synchronizovány a údaje o čase jsou kontinuálně vysílány. Pozice se zjišťuje podle toho, jak dlouho trvalo přenesení signálu mezi satelitem a přijímačem, kde signál je přenášen rychlostí světla. Signál tak letí velmi krátkou dobu, samotné družice se navíc pohybují rychlostí kolem 13 000 km/h, díky čemuž odchylka v určení času o pouhou tisícinu sekundy způsobí navigační chybu 300 m.[30] Signál se navíc může ztrácet, například při vjezdu vozidla do tunelu nebo mezi vysoké budovy. Aby tak bylo zajištěno souvislé určování polohy, jsou využívány i doplňkové snímače, a to snímač rychlostních impulsů nebo snímač směru jízdy.[31] Údaje z různých zdrojů se vzájemně spojují v palubním počítači a jednotlivé informace jsou mezi sebou neustále porovnávány. Nepřetržitě pak probíhá i porovnávání s uloženými digitálními mapami.

Stejně tak, jak funguje vzájemné konfrontování systému GPS se světelnými systémy, jako například Matrix LED nebo ALC, tak by docházelo ke vzájemné konfrontaci i v případě navrhovaného systému nočního vidění. Řídící jednotka nočního vidění by byla propojena s řídicí jednotkou systému GPS. Získané informace o poloze vozidla a průběhu trasy by pak mohly využít navazující systémy navrhovaného systému a teoreticky by tak vznikl časový prostor pro aktivaci těchto systémů, zejména pak pro adaptivní funkci termokamery.



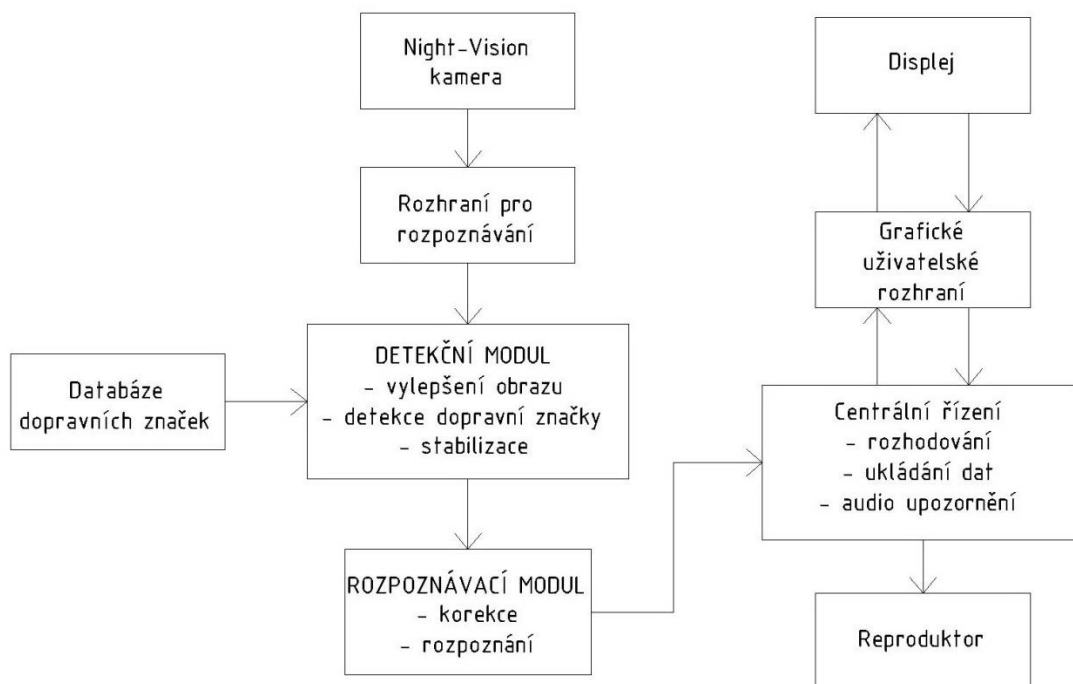
Obr. 64 Oběžné dráhy systému GPS [31]



Obr. 65 Blokové schéma určování polohy vozidla [31]

4.3.2 Rozpoznávání dopravních značek

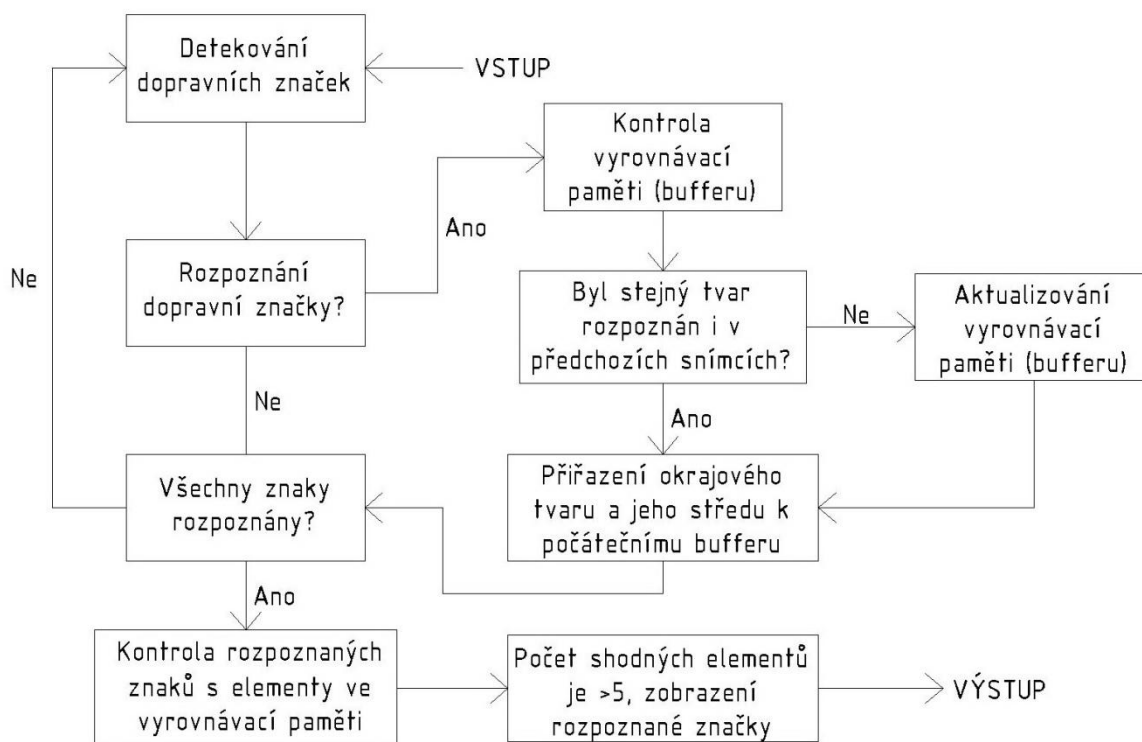
Tento systém řidiči ocení zejména v situacích, kdy jedou v noci a ještě například za špatné viditelnosti. Včasná viditelnost dopravního značení, vodičích čar nebo různých varování je pro řidiče velmi důležitá na pochopení dopravních a provozních podmínek. Špatné rozpoznání těchto objektů totiž může mít vážné následky. K eliminaci těchto problémů tak mohou sloužit systémy nočního vidění, které dokáží zlepšit viditelnost silničních objektů během jízdy v noci. Jeden z těchto systémů nese název IVAN (Intelligent Vision for Automobiles at Night) a je zaměřen na detekování a rozpoznání svíslého dopravního značení. Počítačová technika analyzuje video pořízené termokamerou, vyhodnocuje jej a řidiči pak dává optický i zvukový výstup, čímž ho informuje a varuje před možným nebezpečím. Možnou podobu architektury systému zobrazuje Obr. 66.



Obr. 66 Architektura systému detekce a rozpoznání dopravního značení

Video pořízené night vision kamerou je softwarově zpracováno, upraveno a následně je připraveno pro tvarovou detekci potenciálního dopravního značení z upravených snímků. Všechny detekované tvary jsou odeslány do rozpoznávacího modulu, aby se ověřilo, zda korespondují se známými dopravními značkami, jež jsou uloženy v databázi. V případě rozpoznání je značka řidiči audiovizuálně sdělena, tedy odeslána na displej a do reproduktorů. Většina dopravních značek je pravidelných geometrických tvarů, jako obdélník, trojúhelník nebo kruh. Na tomto faktu je založena samotná detekce. Pomocí

speciálního filtru je ze snímku redukován šum. Může se stát, že dojde i k chybnému detekování dopravní značky. Aby tomu tak docházelo co nejméně, je zde vnořen stabilizační algoritmus, jehož podoba je na Obr. 67. S každou úspěšně identifikovanou značkou je aktualizována vyrovnávací paměť, tzv. buffer. V každém dalším snímku, kde je daný tvar detekován v podobné lokaci, je použit vytvořený buffer, který se následně aktualizuje a umožní tak rychlejší další rozpoznávání. Za úspěšnou detekci se považuje, pokud se daný tvar objeví ve více jak v pěti z deseti následujících snímcích.

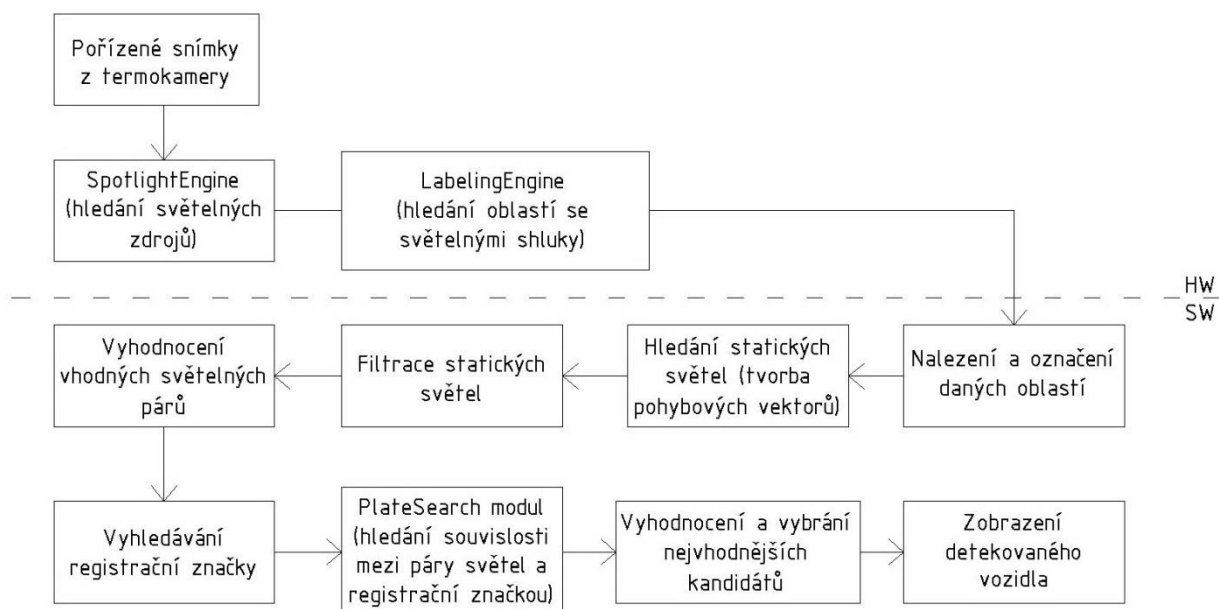


Obr. 67 Stabilizační algoritmus systému rozpoznání dopravních značek

Není sporu o tom, že díky této funkci řidič dosáhne většího bezpečí a zážitku z jízdy během nočních hodin a špatné viditelnosti. Úspěšnost detekce se u systému IVAN udávala kolem 70%.[32] V budoucnu se jde díky lepší technice zajisté dostat i na vyšší procentuální úspěšnost. Prozatím bych však v návrhu počítal právě s tímto systémem. S adaptivní funkcí termokamery, viz. dále, by se pak efektivnost a využitelnost mohla ještě zvýšit.

4.3.3 Automatická detekce vozidel

Další prvkem navrhovaného systému nočního vidění by měla být i automatická detekce vozidel, a to jak jedoucích vepředu, tak protijedoucích. V následujícím popisu bude představen algoritmus, určený převážně pro jízdu v noci nebo v tunelech po komunikacích se směrově oddělenými jízdními pruhy. Systém rozpozná vozidla na základě detekce párových světel a odrazivosti poznávací značky. Detekční algoritmus tak ze snímků pořízených kamerou, v našem případě termokamerou, hledá páry světel, jež mohou potenciálně patřit vozidlu. V prostoru mezi těmito světelnými zdroji pak hledá reflexní odraz poznávací značky. Vývojový diagram celého algoritmu je zobrazen na Obr. 68.

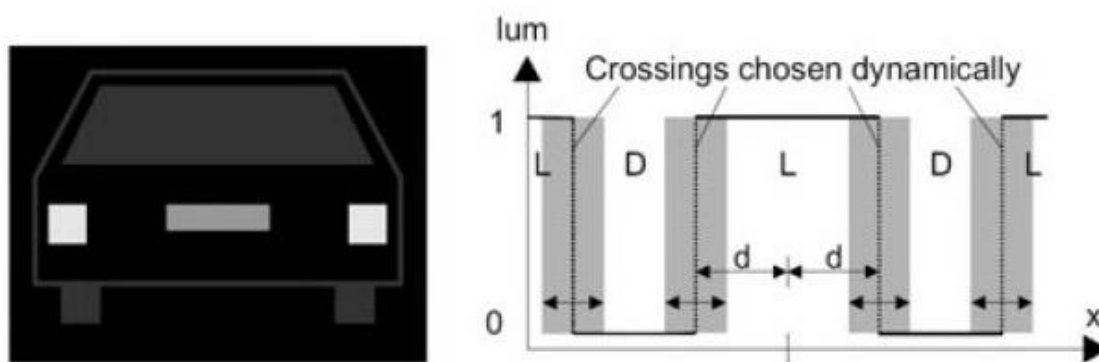


Obr. 68 Vývojový diagram algoritmu na detekci vozidel

Kamerou pořízený snímek je přes SpotlightEngine převeden na binární obraz, kde jsou vidět pouze světelné zdroje jako světlá místa na černém pozadí. Světelný zdroj je definován jako shluk většinou kulatých světlých pixelů. LabellingEngine pak označí ony shluky světlých pixelů. Takto je dokončen hardwarový výstup. Následné úkony už jsou softwarovou záležitostí. Některé světelné zdroje jsou statické, tedy vzhledem k vozovce se nehýbou. Je to například osvětlení vozovky pomocí lamp nebo světel v tunelech atd. Tyto statická světla jsou pro detekci pohybujících se vozidel nepodstatná, proto je snadou je odfiltrovat pryč. K tomu slouží určení pohybových vektorů. Pohybující se objekt má jiný pohybový vektor než objekt statický, který tak může být z algoritmu vyřazen. Ze zbylých

světelných zdrojů se pak určují vhodné páry. Děje se tak na základě shody ypsilonové souřadnice, jelikož i v reálu se očekává, že obě světla budou na automobilu ve stejné výšce. Zároveň se pak očekává, že oba zdroje budou mít přibližně stejný jas. Vhodní kandidáti jsou pak prověřovány ohledně umístění poznávací značky, která bývá v naprosté většina umístěna právě mezi oběma světly a navíc je i kromě reflexního povrchu matně osvětlena. Idealizovaný pohled na vozidlo, z hlediska jeho detekce, je na Obr. 69.[33] Z něj je tvořen vzor, se kterým pracuje modul PlateSearch. Místa označená jako L jsou osvětlené oblasti od svítilen, mezi nimiž je další světlá oblast díky odrazivosti poznávací značky. Zbytek tvoří temná místa, označená jako D. V případě nalezení tohoto vzoru systém označí výstup jako detekované vozidlo.

Na stejném principu by pak probíhala detekce i protijedoucích vozidel, jelikož i v tomto případě je státní poznávací značka umístěna mezi párem předních světel. Zároveň by pak v obou případech bylo zohledněno hledisko velikosti, resp. zakrytí plochy detekovaným vozidlem. Osobní automobily by byly graficky jinak označeny oproti automobilům nákladním, které zmenšují zorné pole kamery pro detekci mnohem více než automobily osobní a zvyšují tak riziko, že některé objekty nebudou rozpoznány nebo budou rozpoznány o něco později. Osobní automobily by tak byly označeny například žlutým rámečkem, kdežto automobily nákladní červeným rámečkem. Řidič by tak věděl, jaké vozidlo před ním nebo proti němu jede a mohl se adekvátně připravit na jakoukoli změnu jízdního režimu. Ze zjištěných pohybových vektorů by se pak ještě dala přímo určit rychlost detekovaných vozidel. Systém by pak řidiče upozorňoval na dodržování bezpečné vzdálenosti, kterou by vypočetl z rychlosti detekovaného vozidla a vlastní rychlosti automobilu. Oznámení bezpečné vzdálenosti by probíhalo pouze grafickou formou, v případě náhlého zmenšení nebo nedodržení této dráhy by byla spuštěna i signalizace akustická. Zároveň by pak systém mohl spolupracovat s inteligentními systémy adaptivních světlometů. Detekovaná vozidla by mohla posloužit jako vstupní prvek pro automatické utlumení dálkových světel, jako je tomu například u systému Matrix LED.



Obr. 69 Idealizovaný pohled na vozidlo a jeho detekční vzor [33]



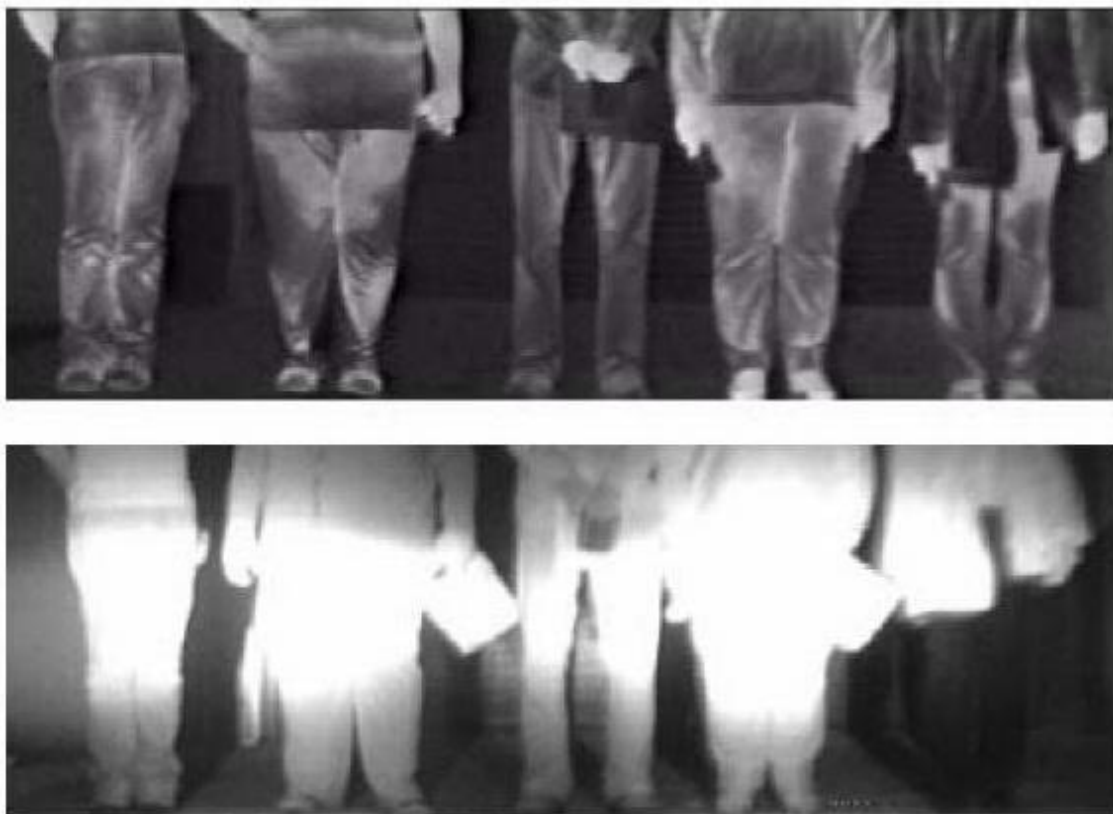
Obr. 70 Výsledný obrazový výstup detekce vozidel [33]

4.3.4 Automatická detekce chodců

Zásadním prvkem navrhovaného systému nočního vidění je jednoznačně automatická detekce chodců a cyklistů. Jak již bylo uvedeno, díky lepší detekci chodců využívá navrhovaný systém technologii FIR. Chodec nebo cyklista je totiž nejzranitelnějším účastníkem silničního provozu a je třeba dbát na jeho maximální ochranu. Podobně jako u výše uvedených systémů, také zde probíhá automatická detekce dle určitého algoritmu. Důležité je opět vymezení určité oblasti ze snímku pořízeného termokamerou. Díky tomu je blíže specifikováno, zda se může jednat o chodce či cyklistu nebo ne. Je totiž dáno, že člověk je obvykle teplejší než okolní prostředí, a proto se na snímku jeví světlejší. Systém poté kontroluje zejména siluety podle definované šablony, které by mohly patřit člověku. Například se vychází z faktu, že výška postavy je větší než tloušťka. Velmi užitečným nástrojem při rozpoznávání je detekce hlavy. Ta je spolu s dlaněmi tou částí těla, která není zakryta ani v zimních měsících větší vrstvou oblečení. Je proto dobře rozpoznatelná i za těchto klimatických podmínek. V rámci detekce je pak důležité také okolní prostředí. V extravilánu je detekce principiálně jednodušší, její špatné vyhodnocení však může být kritické. Neméně nebezpečné pak může být špatné vyhodnocení například přebíhající zvěře. Detekční mechanismus je ale v zásadě podobný s algoritmem pro chodce a cyklisty.

V městském provozu je naopak situace složitější, jelikož se v okolí vozidla může nacházet i značné množství chodců. Nemusí se ani přímo nacházet na vozovce, ale například na chodníku nebo stezce pro chodce. Proto by systém měl být schopen rozlišit, zda by mohlo dojít ke křížení drah vozidla a chodce. Až v případě vstupu člověka do vozovky

pak systém vyšle varování řidiči. Stejně tak by tomu bylo v případě cyklistů. Zároveň je možné využít, podobně jako u detekce vozidel, pohybových vektorů. Díky tomu by bylo možné určit, jak rychle se chodec, cyklista nebo i zvíř pohybuje, případně jak rychle se přibližuje do prostoru vozidla. Tomu by odpovídala i úroveň varovných hlášení. Bez hrozícího střetu by probíhala pouze graficky. V případě možného střetu i akusticky, například i s odlišnou úrovní hlasitosti, podle závažnosti případné hrozby.



Obr. 71 Zobrazení chodců systémem FIR (nahore) a NIR (dole) [30]

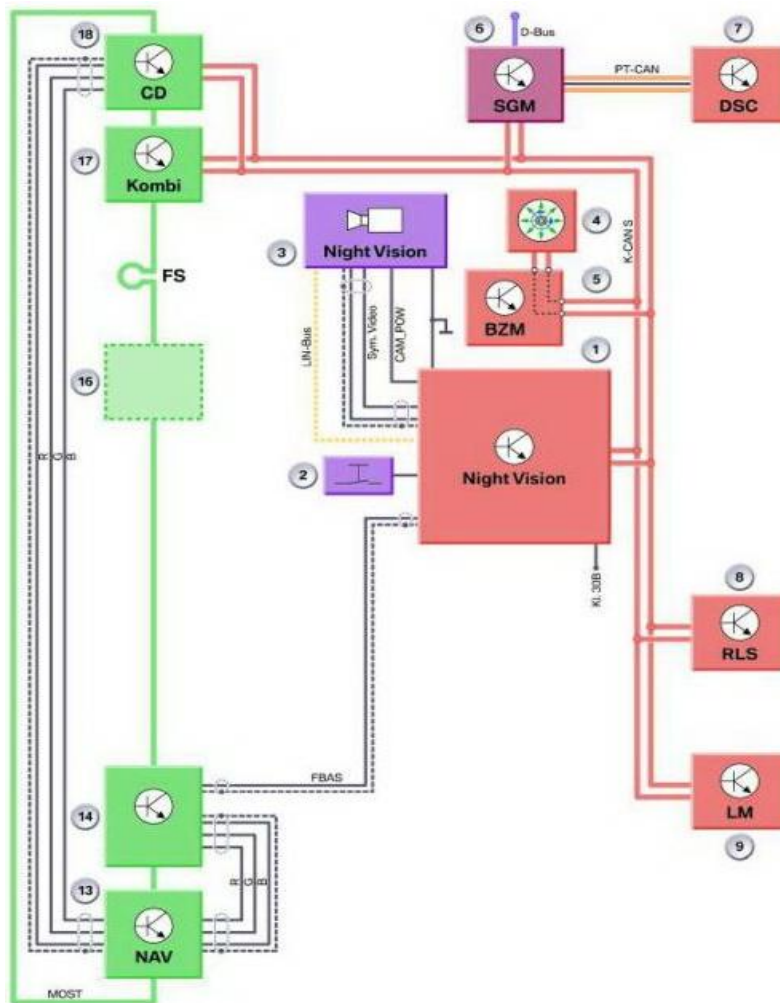
4.3.5 Struktura systému nočního vidění

Pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu dochází ke vzájemné kooperaci jednotlivých systémů a vyměňování si specifických informací. Tento koncept bývá označován jako ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Navrhovaný systém tak je koncipován právě v tomto duchu, tedy na vzájemném zprostředkovávání informací jednotlivých systémů. Za vzor jsem použil strukturu systému BMW, jež používá právě technologii FIR. Komponenty stávajícího systému nočního jsou vidět na Obr. 72.[35] Zapojení systému je možné vidět na Obr. 73.[35] Je důležité si uvědomit, že i nadále musí řidič v každém případě přizpůsobit svou rychlost jízdy aktuálním viditelnostním podmínkám. Tento systém pouze umožňuje řidiči lepší a včasnější výhled z vozidla. Tohoto principu se drží i navrhovaný systém.



| Index | Explanation |
|-------|-------------------------------|
| 1 | Night Vision Control Unit |
| 2 | Control Display |
| 3 | Controller |
| 4 | Instrument Cluster |
| 5 | Button in Light Switch Center |
| 6 | Night Vision Camera |

Obr. 72 Komponenty systému nočního vidění u BMW [35]



Legend

| Index | Explanation | Index | Explanation |
|-------|-------------------------------|------------|---|
| 1 | Night Vision ECU | 18 | Control Display |
| 2 | Button in Light Switch Center | D-Bus | Diagnosis Bus |
| 3 | Night Vision Camera | PT-CAN | Powertrain CAN |
| 4 | Controller | K-CAN | Body CAN |
| 5 | Center Console Switch Cluster | MOST | Media Oriented System Transport |
| 6 | Safety Gateway Module | LIN-Bus | Local Interconnect Network Bus |
| 7 | Dynamic Stability Control | KI. 30B | Continuous Positive |
| 8 | Rain/light Sensor | Sym. Video | Symmetrical, Analog Video Differential Signal |
| 9 | Light Module | CAN_POW | Power Supply, Night Vision Camera |
| 13 | Navigation System | RGB | Red-Green-Blue Video Signal Cable |
| 14 | Video Switch, Drive | FBAS | Composite Video Burst Synchronization Signal |
| 16 | MOST Components (optional) | FS | MOST Direct Access |
| 17 | Instrument Cluster | | |

Obr. 73 Okruh zapojení systému nočního vidění u BMW [35]

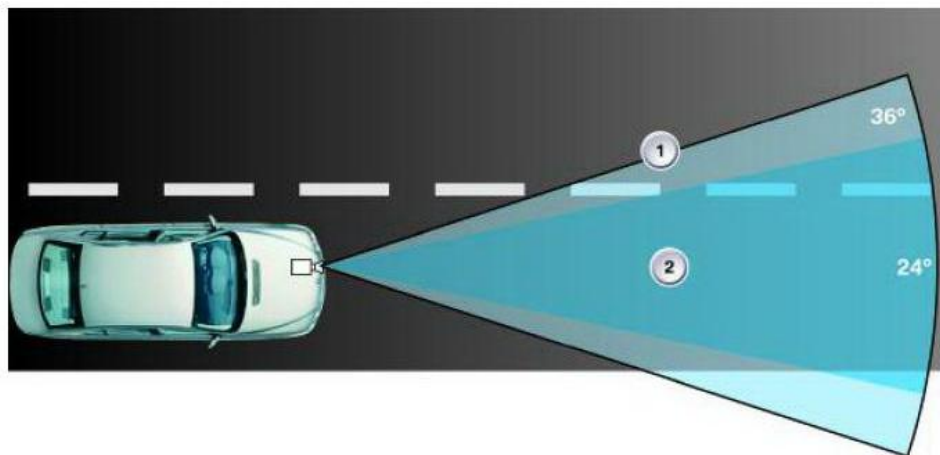
Komponenty systému z Obr. 72 zůstanou téměř beze změny, jen bude jinak řešen kontrolní displej (viz dále). K systému se pak navíc přidá řídicí jednotka umožňující dynamické natáčení termokamery a vytvoří se její vzájemné spojení s dalšími řídicími jednotkami, tedy s GPS modulem a samotným nočním viděním. Řídicí jednotka nočního vidění pak bude mít v sobě ještě implementovány funkce, které byly uvedeny výše, a to rozpoznávání dopravních značek a automatickou detekci vozidel, chodců, cyklistů a zvíře. V rámci rozpoznávání dopravních značek by byla i umožněna funkce jakéhosi zapamatování daných značek po určitých oblíbených trasách. S dodatečnou podporou systému GPS by tak mohl být předčasně avizován například nebezpečný nebo jakkoli jinak nevhodně umístěný přechod pro chodce, neřízená rozlehlá křižovatka atd. Spojení samotné kamery s řídicí jednotkou by bylo zachováno stejně, jako je tomu u BMW. Přes LIN sběrnici by probíhala diagnóza, programování a ovládání kamery. Video signál z kamery by byl veden přes Sym. Video. Napájení kamery z řídicí jednotky by pak obstarávala sběrnice CAN.[35]

Co se týče použité techniky, naprosto dostačující se jeví současně používané termokamery. Ty se skládají z optického elementu a senzoru na termální zobrazování. Senzor tvoří několik dalších jednotlivých elementů, které generují elektrický signál v závislosti na intenzitě tepelné radiace. Výsledkem je potom to, že teplejší objekty se jeví více světlejší než objekty chladnější. Kamera dosahuje maximálního zorného úhlu 36°, její rozlišení je 320 x 240 pixelů a operuje v rozmezí teplot - 40 °C až + 85 °C.

Užitečnou funkcí kamery je možnost zoomu. Při překročení rychlosti 70 km/h se zorný úhel kamery změní z 36° na 24° a dojde k 1,5-násobnému přiblížení displeje. Při vyšších rychlostech se tak díky přiblížení jeví, že detekovaná dopravní značka nebo chodec se nachází blíže, než tomu je ve skutečnosti. Řidič pak dostává o něco větší prostor na reakci. Při poklesu rychlosti pod 60 km/h se funkce zoomu automaticky deaktivuje a úhel je opět nastaven na hodnotu 36°. Aktuální rychlost pak může být měřena nejen ze snímačů kol jednotky ABS, ale i z navigačního systému GPS. Navzájem se pak oba systémy mohou upřesňovat. V případě, že jeden systém pracuje chybně, druhý obstarává jeho korekci.

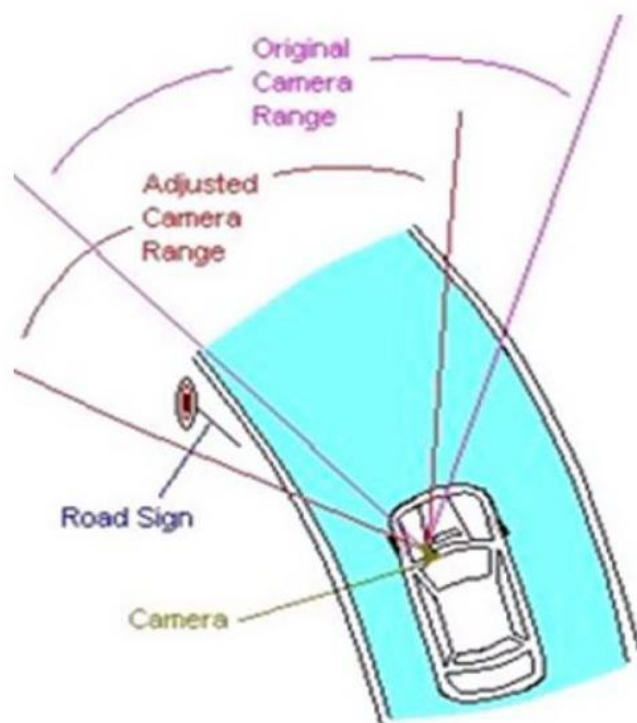
Aby bylo docíleno adaptivní funkce termokamery, byl za vzor použit dynamicky otočný rámeček pro světlomety (viz Obr. 55). Ten by byl schopen natočení o stejný úhel jako adaptivní světlomety, tedy $\pm 15^\circ$. Drobně by musel být upraven pouze prostor pro uchycení termokamery, která dosahuje menších rozměrů než světlomet. Rámeček s kamerou by pak byl umístěn ve přední masce vozidla (viz Obr. 61). O jeho natočení by rozhodoval nejen úhel natočení volantů nebo kol, ale i informace jdoucí z GPS modulu a digitálních map. Docházelo by tak k vzájemné spolupráci v případě výpadku jednoho nebo druhého akčního prvku a díky informacím z GPS by mohlo k natočení dojít i o něco málo dříve, než řidič

fyzicky změni směr jízdy. Změnil by se tak úhel, který zabírá kamera, tudíž by bylo možné zmapovat ty prostory, které by jinak nebylo možné zachytit. Ukázka funkce natočení termokamery je na Obr. 75.



| Index | Explanation |
|-------|-----------------------------------|
| 1 | Angle of view of 36° without zoom |
| 2 | Angle of view of 24° with zoom |

Obr. 74 Funkce zoomu systému nočního vidění u BMW [35]



Obr. 75 Ukázka adaptivního natočení termokamery [32]

Základním předpokladem pro přijetí tohoto systému mezi širokou řidičskou veřejností, je jeho uživatelské rozhraní, tedy proces přenosu a zprostředkování informací mezi řidičem a systémem. Tento jev bývá označován jako HMI (Human-Machine Interface). Správné pochopení zprostředkovaných informací je základním předpokladem tvorby HMI. Jde nejen o to, jaké informace budou řidiči sdělovány, ale také kde. Problémem totiž je, že by řidič mohl mít tendenci příliš sledovat displej systému a o to méně se soustředit na samotné dění před vozidlem. Aby proto nemusel pootáčet hlavou a měnit úhel pohledu, je snahou informace předkládat na displeji, který bude umístěn přímo v zorném poli řidičova výhledu z vozidla, jinak řečeno v prostoru zhruba kolem volantu. Jednou z možností je umístění displeje do oblasti přístrojové desky nad volant, jak ukazuje Obr. 76. Toto řešení je možné vidět u inteligentního systému nočního vidění u vozů Honda. Z mého pohledu vhodnější a také modernější verzí je promítání obrazu přímo na čelní sklo, pomocí tzv. HUD (Head Up Display). Proto do návrhu počítám právě s touto variantou, jejíž ukázka je na Obr. 77. Současně by však byl výsledný obraz promítán i na centrální řídicí panel vozidla. HUD sice nedosahují takového poměru jasu a kontrastu jako klasické displeje, ale v předpokládané době využívání tohoto systému, tedy v noci, je díky temnému okolnímu prostředí tento drobný negativní jev značně eliminován. Dalším negativním jevem by mohlo být to, že by řidič díky zlepšeným viditelnostním podmínkám mohl podvědomě chtít jet rychleji. Díky systémům jako je rozpoznávání dopravního značení a GPS by však mohla být rychlost na základě těchto systémů kontrolována. Řidič by pak byl v případě překročení dané rychlosti akusticky informován.



Obr. 76 Umístění displeje nočního vidění u vozu Honda [34]



Obr. 77 Ukázka HUD displeje u vozu BMW [35]

4.3.6 Legislativní zařazení navrhovaného systému

Doposud neexistuje platná legislativa ohledně systémů nočního vidění, tedy i co se týče navrhovaného systému. Do budoucna je potřeba tento problém vyřešit, jelikož se dá očekávat širší rozšíření těchto systémů. Legislativa jako taková zahrnuje zákony, předpisy, směrnice, vyhlášky atd., které navzájem nemohou být v rozporu. Co se týče legislativy dopravních prostředků, zabývá se jí více institucí, mezi něž patří Evropská hospodářská komise, Organizace spojených národů (EHK/OSN), Evropské hospodářské společenství (EHS/ES), technické normy zase spadají pod Mezinárodní organizaci pro normalizaci (ISO)[6].

V následujícím výčtu bude uvedena legislativa, která by měla být pro homologaci systémů nočního vidění aktualizována nebo se jakýmkoli způsobem dotýká správného fungování tohoto systému.

Předpisy EHK/OSN a směrnice EHS/ES se v legislativě ČR nacházejí ve vyhlášce č. 100/2003 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti vozidel a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.[6] Vyhláška č. 341/200 Sb. byla několikrát novelizována, a to vyhláškami 100/2003 Sb., 197/2006 Sb., 388/2008 Sb., 283/2009 Sb., 216/2010 Sb., 182/2011 Sb., 351/2012 Sb. a 302/2013 Sb., prováděcím předpisem je 56/2011 Sb.

Předpisy EHK/OSN [36]

EHK/OSN č. 4 – Osvětlení zadní registrační tabulky (souvisí s detekcí vozidel)

EHK/OSN č. 5 – Světlomety "sealed beam" (souvisí s detekcí vozidel)

EHK/OSN č. 10 – Elektromagnetická kompatibilita

EHK/OSN č. 23 – Zpětné světlomety (souvisí s detekcí vozidel)

EHK/OSN č. 45 – Zařízení pro čištění světlometů (pro čištění krycího skla čočky kamery)

EHK/OSN č. 48 – Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci vozidel (pro montáž kamery)

EHK/OSN č. 112 – Asymetrické světlomety (souvisí s detekcí vozidel)

EHK/OSN č. 113 – Symetrické světlomety (souvisí s detekcí vozidel)

EHK/OSN č. 121 – Identifikace a značení ovladačů a sdělovačů (požadavky na kontrolku systému nočního vidění)

EHK/OSN č. 123 – Adaptivní systémy předních světlometů (pro adaptivní funkci kamery)

EHK/OSN č. 125 – Dopředný výhled (aby nedocházelo k narušení výhledu HUD displejem)

Směrnice EHS/ES [36]

Jedná se v zásadě o období předpisů EHK/OSN. Většina předpisů, jež by se týkala dané problematiky, se k 1.11.2014 ruší zvláštním nařízením ES 661/2009 pro účely postupu Společenství pro schvalování typu motorových vozidel stanoveného směrnicí 2007/46/ES z hlediska všeobecné bezpečnosti. Většina zrušovaných směrnic bude nahrazena odpovídajícími předpisy EHK/OSN.

Normy [37]

ČSN 30 0110 Symboly pro ovládače, sdělovače a indikátory

ČSN EN ISO 15005 Ergonomická hlediska informačních a řídicích systémů - Principy managementu dialogu a postupy posuzování shody

ČSN EN ISO 15008 Ergonomická hlediska inteligentních dopravních systémů - Specifikace a postupy pro posouzení shody vizuální prezentace informací ve vozidle

ČSN EN ISO 17287 Ergonomické aspekty dopravních informačních a řídicích systémů - Postup pro hodnocení vhodnosti pro jejich použití při jízdě

TNI ISO/TR 16352 Ergonomická hlediska sledování informací poskytovaných inteligentními dopravními systémy ve vozidle - Varovné systémy

ČSN ISO 16673 Ergonomická hlediska inteligentních dopravních systémů - Metody okluze k ověření odpoutání zraku při sledování informací poskytovaných systémy ve vozidle

ČSN ISO 15075 Navigační systém ve vozidle - Požadavky nastavení komunikačních zpráv

ČSN P ISO/TS 17931 Rozšíření specifikací mapové databáze pro lokální dynamickou mapu pro aplikace kooperativních ITS systémů

ČSN 30 4002 Elektrická zařízení motorových vozidel

ČSN 30 5100 Kontrolní a měřicí přístroje automobilů. Všeobecné technické požadavky. Metody zkoušení

ISO 4040 Umístění kontrol, indikátorů a sdělovačů motorových vozidel – kritérium viditelnosti indikátorů automobilů

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo komplexně shrnout problematiku spojenou s osvětlením a výhledem z vozidla. Práce je proto rozdělena do několika tematických celků, které jsou dále detailněji rozebrány. Součástí práce je i návrh možné podoby systému nočního vidění, který využívá navigační i jiné související systémy.

První kapitola se zabývá definicemi pojmu bezpečnosti. Správné osvětlení automobilu a vozovky a dostatečně dobrý výhled z vozidla jsou předpokladem pro bezpečnou jízdu bez nehody. I když řízení motorového vozidla neprobíhá jen za optimálních klimatických a viditelnostních podmínek, je snahou dosáhnout maximální možné míry bezpečnosti díky použitím různých systémů na zlepšení viditelnosti a jízdního komfortu.

Druhá kapitola se zabývá definicí výhledu z vozidla, a to jak výhledem dopředu, tak i dozadu. Součástí jsou i metody zjišťování jednotlivých výhledů. Zmíněna je k dané problematice i patřičná legislativa. Zároveň jsou popsány i základní vlastnosti lidského vidění.

Třetí v pořadí je kapitola týkající se osvětlení a světelné signalizace. Nejprve je zpracováno základní rozdělení systémů osvětlení. Dále je popsáno a definováno světlo včetně jeho fyzikálních veličin. Následuje popis jednotlivých světelných zdrojů, a to klasických žárovek, výbojek i LED diod. Dá se předpokládat, že vývoj osvětlení pro automobily ani zdaleka nekončí. Mluvit se začalo o laserových zdrojích světla. Jejich rozšíření by však nyní bránila pravděpodobně dosti vysoká cena a také fakt, že potenciál stávajících systémů, zejména LED systémů, nebyl ještě zdaleka vyčerpán. Dále jsou rozebrány jednotlivé konstrukce světlometů, ať už klasických nebo moderních. Detailně jsou popsány i systémy adaptivních světlometů, jejichž prvky jsou použity i v návrhu systému nočního vidění.

Poslední kapitola se zabývá samotným návrhem onoho systému. Stručně je zmíněna jeho historie a popis používaných technologií. Pro samotný návrh jsou kromě systému GPS použity i jiné stávající prvky a systémy, které jsou stručně charakterizovány a upraveny pro adekvátní a plnohodnotné použití navrhovaného systému. Představena je i možná struktura systému včetně jeho jednotlivých součástí. Uvedeno je i možné legislativní zařazení navrhovaného systému, které se opírá o stávající platnou legislativu, jelikož pro systémy nočního vidění dosud legislativa není k dispozici.

V budoucnu se uvidí, zda-li se systémy jako noční vidění budou dále rozšiřovat, ať již v podobě tohoto návrhu nebo v jiné formě. Potenciál pro přijetí veřejností a jeho rozšiřování je velký, pokud se částečně sníží jeho pořizovací i výrobní cena.

Seznam použité literatury

- [1] Aktivní bezpečnost. *Cs.autolexicon* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/aktivni-bezpecnost/>
- [2] Aktivní bezpečnost 1. *Progres-racing* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://www.progres-racing.cz/clanky/bezpecnost/aktivni-bezpecnost-1/>
- [3] Pasivní bezpečnost. *Cs.autolexicon* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/pasivni-bezpecnost/>
- [4] Život s autem: Bezpečnost vozidla. *Is.muni* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/bezpecnost.html#pasivni>
- [5] Bezpečný příjezd: Koncepce integrované bezpečnosti. *Mercedes-moravia* [online].
[cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.mercedes-moravia.cz/slk/KoncepceBezpecnosti.php>
- [6] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů : příručka pro konstruktéry*. Praha : S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [7] *VLIV PRVKŮ AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI VOZIDEL NA PREVENCI DOPRAVNÍCH NEHOD*. Brno, 2013. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=69613.
Diplomová práce. VUT.
- [8] *Binokulární vidění*. Brno, 2011. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/1818>. Bakalářská práce. VUT.
- [9] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. Brno, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [10] H-Point (rev). *Wikipedia* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:H-Point_\(rev\).PNG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:H-Point_(rev).PNG)
- [11] SMÍTAL, Petr a Václav SOUČEK. VUT. *NEPŘÍMÝ VÝHLED Z VOZIDLA*. Brno. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_2.3/Smital_Petr_CL.pdf
- [12] VUT. *Osvětlení vozidel a jeho vliv na bezpečnost*. Brno. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/07-osvetleni-vozidel-pdf-p67168>
- [13] SSAMP-KRNOV. *Osvětlení vozidel a jeho vliv na bezpečnost*. Krnov. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00181.pdf>
- [14] ŠTASTNÝ, Jiří a Branko REMEK. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha, 2003. ISBN 808629302-5.
- [15] VLK, František. *Elektrická zařízení motorových vozidel*. Brno, 2005. ISBN 80-2393718-9.

- [16] Automobilové žárovky Philips BlueVision. *MotoFocus.cz* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://motofocus.cz/novinky/981,automobilove-zarovky-philips-bluevision-ultra-a-x-tremevision>
- [17] VANÍK, František a Vilém HOLEČEK. ŠKODA AUTO. *Světlomety a elektronika světlometů*. 2009. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://intech2.tul.cz/dokumenty/vystupy_z_projektu/09~Partner%20-%20%C5%A0KODA%20Auto/P2-06_Sv%C4%9Btlomety%20a%20elektronika%20-%20Hole%C4%8Dek.pdf
- [18] Robert Bosch GmbH: Lépe vidět znamená bezpečněji jezdit. *Rb-kwin.bosch* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://rb-kwin.bosch.com/cz/cs/safety_comfort/driving_comfort/driverassistancesystems/nightvision/better_visibility/index.html
- [19] Inovativní asistenční systém řidiče BMW Night Vision pro další modelové řady BMW. *Periskop* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.periskop.cz/cz/clanky/inovativni-asistencni-system-ridice-bmw-night-vision-pro-dalsi-modelove-rady-bmw/>
- [20] About I-CAR - Current Events: NIGHT VISION ENHANCEMENT SYSTEMS. *I-car* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.i-car.com/html_pages/technical_information/advantage/advantage_online_archives/2006/051506.shtml
- [21] Světlomet automobilu. *Autolexikon.net* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://cs.autolexikon.net/articles/svetlomet-automobilu/>
- [22] Audi A8: facelift má po premiéře. *Autorevue.cz* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/audi-a8-facelift-ma-po-premiere-krome-novych-svetel-nabidne-vice-vykonu>
- [23] Matrix LED světlomety u Audi A8. *Technický deník* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/matrix-led-svetlomety-u-audi-a8-svetlomety-budoucnosti_23944.html
- [24] Vývoj automobilových reflektorů a bezpečnost jízdy v noci. *BOZPinfo.cz* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/win/tisk.html?clanek=5459727>
- [25] *Adaptive Light Control - in the BMW Driving*. Munich, Germany, 2000. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.simotion.com/downloads/pdf/DSC-00-abs.pdf>
- [26] Opel vyvíjí adaptivní světlomety AFL nové generace. *Periskop* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.periskop.cz/cz/clanky/opel-vyviji-adaptivni-svetlomety-afl-nove-generace/>

- [27] Inteligentní světla vidí za roh. *Lidovky.cz* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: http://www.lidovky.cz/inteligentni-svetla-vidi-za-roh-dn3-/ln-auto-testy.asp?c=A080404_105735_ln-auto-testy_glu
- [28] Hella | Headlamps. *Hella* [online]. [cit. 2014-11-05].
Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-com/620.html?rdeLocaleAttr=en>
- [29] Nový Lexus LS s novými pokrokovými významnými bezpečnostními prvky. *Autoperiskop.cz* [online]. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://autoperiskop.cz/novy-lexus-ls-s-novymi-pokrokovymi-vyznamnymi-bezpecnostnimi-prvky/>
- [30] KALLHAMMER, Jan-Erik. *Requirements and possible roadmap for FIR and NIR systems*. Vargarda, Sweden. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.autoliv.com/ProductsAndInnovations/Documents/Research%20Papers/5.%20Kallhammer.pdf>
- [31] VSB. *Komfortní systémy*. Ostrava. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.fei1.vsb.cz/kat430/data/ae/Komfortni_systemy.pdf
- [32] *An Intelligent Night Vision System for Automobiles*. Yokohama, Japan, 2009. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.mva-org.jp/Proceedings/2009CD/papers/15-03.pdf>
- [33] *Hardware/software architecture of an algorithm for vision-based real-time vehicle detection in dark environments*. Munchen, Germany, 2008. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.date-conference.com/proceedings/PAPERS/2008/DATE08/PDFFILES/02.4_4.PDF
- [34] KOVORDÁNYI, Rita, Torbjörn ALM a Kjell OHLSSON. *Night-Vision Display Unlit during Uneventful Periods May Improve Traffic Safety*. Linköpings, Sweden. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:256715/FULLTEXT01.pdf>
- [35] BMW. *BMW Night Vision*. 2006. [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CD0QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bimmerboard.com%2Fmembers%2Fjcarey%2Foriginal%2FBMW%2520Night%2520Vision.pdf&ei=DvtYVKmDLZftaNjMgOgN&usg=AFQjCNGoc9fzxJaSo9VGLIJt54CNh5mhFA&sig2=KbFX2jOg8urr4fb_wxIHVw&bvm=bv.78677474,d.aWw&cad=rja
- [36] Předpis č. 100/2003 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-100>
- [37] Technické normy ČSN - 30 - SILNIČNÍ VOZIDLA. *Technické-normy-čsn* [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/silnicni-vozidla-30>

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Výhled a překážky výhledu z osobního vozidla [6] | 13 |
| Obr. 2 Pole vidění v horizontální rovině [6] | 14 |
| Obr. 3 Monokulární (modrá část) a binokulární (bílá část) zorné pole [8] | 14 |
| Obr. 4 Pole vidění při pohybech očí a hlavy [6] | 15 |
| Obr. 5 Elipsy vidění [6] | 15 |
| Obr. 6 Elipsy vidění v prostoru vozidla [6] | 16 |
| Obr. 7 Zakrytí ploch výhledu s využitím elipsoidu vidění [6] | 16 |
| Obr. 8 Třírozměrná figurína [9] | 17 |
| Obr. 9 Poloha R/H bodu [10] | 18 |
| Obr. 10 Schéma poloh bodů E a P [6] | 19 |
| Obr. 11 Polohy bodů E a P a úhly zakrytí A sloupky [6] | 19 |
| Obr. 12 Plocha výhledu vnitřním zpětným zrcátkem [6] | 21 |
| Obr. 13 Plocha výhledu vnějšími zpětnými zrcátky pro kategorie M ₁ a N ₁ [6] | 22 |
| Obr. 14 Plocha výhledu vnějšími zpětnými zrcátky pro ostatní kategorie M a N [6] | 22 |
| Obr. 15 Plocha výhledu pro širokouhlé vnější zpětné zrcátko [6] | 22 |
| Obr. 16 Systém Magic Vision Control [7] | 23 |
| Obr. 17 Plocha výhledu A [6] | 24 |
| Obr. 18 Plocha výhledu B [6] | 24 |
| Obr. 19 Spektrum elektromagnetických vln [12] | 26 |
| Obr. 20 Různé typy kontrastů (zleva – <i>negativní, zastření obrazu, pozitivní</i>) [12] | 27 |
| Obr. 21 Běžná žárovka typu R2 [12] | 28 |
| Obr. 22 Schéma halogenové žárovky [15] | 29 |
| Obr. 23 Halogenový cyklus [13] | 30 |
| Obr. 24 Srovnání BlueVision s běžnou halogenovou žárovkou [16] | 30 |
| Obr. 25 Ukázka blue efektu [16] | 30 |
| Obr. 26 Bajonetová patice [13] | 33 |
| Obr. 27 Přírubová patice [13] | 34 |
| Obr. 28 Bajonetová patice [13] | 34 |
| Obr. 29 Schéma xenonové výbojky D2S [15] | 36 |
| Obr. 30 Schéma xenonové výbojky D2R [15] | 36 |
| Obr. 31 Blokové schéma řídicí jednotky pro výbojkové světlomety [13] | 36 |
| Obr. 32 Schéma LED diody [12] | 37 |
| Obr. 33 Luxeon K2 SMT (první LED zdroj pro přední světlomety) [17] | 37 |
| Obr. 34 Základní uspořádání světlometu [13] | 38 |
| Obr. 35 Vliv krycího skla na průběh světelných paprsků [13] | 38 |

| | |
|--|----|
| Obr. 36 Porovnání tlumeného světla jednoohniskového a dvouohniskového světlometu..... | 39 |
| Obr. 37 Schéma elipsoidního světlometu [13] | 40 |
| Obr. 38 Schéma světlometu s volnou plochou [17]..... | 41 |
| Obr. 39 Čtyřreflektorový systém Litronic (Bosch) [15]..... | 42 |
| Obr. 40 Schéma reflexního světlometu bi – xenon [12] | 43 |
| Obr. 41 Schéma projekčního světlometu bi – xenon [12]..... | 44 |
| Obr. 42 Skladba bi – xenonového projekčního modulu [17]..... | 44 |
| Obr. 43 Schéma projekčního LED světlometu [12] | 45 |
| Obr. 44 Použití LED světlometu na voze Audi [21] | 45 |
| Obr. 45 Světlomet matrix LED na voze Audi A8 [22] | 46 |
| Obr. 46 Ukázka použití matrix LED v provozu [22] | 47 |
| Obr. 47 Ukázka použití LED denní svítilny [17]..... | 48 |
| Obr. 48 Porovnání denní svítilny a osvětlení s tlumenými světly [17]..... | 48 |
| Obr. 49 Ukázka funkce rohového světlometu [17] | 50 |
| Obr. 50 Oblast reflektoru pro funkci Corner light [17]..... | 50 |
| Obr. 51 Rozpad mlhového světlometu s funkcí Corner light [17] | 50 |
| Obr. 52 Příklad ruční regulace výšky světlometů [14]..... | 51 |
| Obr. 53 Skladba dynamické regulace světlometů [17]..... | 52 |
| Obr. 54 Ukázka funkce dynamického adaptivního světlometu [15]..... | 53 |
| Obr. 55 Natáčecí Bi-modul systému AFS [17] | 54 |
| Obr. 56 Porovnání klasických světlometů s provozními režimy adaptivních světlometů [12]. | 56 |
| Obr. 57 Ukázka jednotlivých režimů inteligentních adaptivních světlometů [24]..... | 57 |
| Obr. 58 Součásti systému adaptivních světlometů ALC [25]..... | 58 |
| Obr. 59 Ukázka použití systému AHS [29]..... | 58 |
| Obr. 60 Srovnání dosahu systému nočního vidění s konvenčním osvětlením [20]..... | 61 |
| Obr. 61 Infračervená kamera v masce chladiče [20]..... | 61 |
| Obr. 62 Ukázka nightvision zobrazení u vozů Mercedes-Benz [20] | 62 |
| Obr. 63 Ukázka nightvision zobrazení u vozů BMW [30] | 62 |
| Obr. 64 Oběžné dráhy systému GPS | 64 |
| Obr. 65 Blokové schéma určování polohy vozidla [31]..... | 64 |
| Obr. 66 Architektura systému detekce a rozpoznání dopravního značení..... | 65 |
| Obr. 67 Stabilizační algoritmus systému rozpoznání dopravních značek..... | 66 |
| Obr. 68 Vývojový diagram algoritmu na detekci vozidel | 67 |
| Obr. 69 Idealizovaný pohled na vozidlo a jeho detekční vzor [33]..... | 68 |
| Obr. 70 Výsledný obrazový výstup detekce vozidel [33] | 69 |
| Obr. 71 Zobrazení chodců systémem FIR (nahore) a NIR (dole) [30]..... | 70 |
| Obr. 72 Komponenty systému nočního vidění u BMW [35]..... | 71 |

| | |
|---|----|
| Obr. 73 Okruh zapojení systému nočního vidění u BMW [35]..... | 72 |
| Obr. 74 Funkce zoomu systému nočního vidění u BMW [35]..... | 74 |
| Obr. 75 Ukázka adaptivního natočení termokamery [32] | 74 |
| Obr. 76 Umístění displeje nočního vidění u vozu Honda [34]..... | 75 |
| Obr. 77 Ukázka HUD displeje u vozu BMW [35]..... | 76 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 1 Polohy bodů V1 a V2 [6]..... | 18 |
| Tab. 2 Polohy bodů P ₁ , P ₂ a P _m [6]..... | 19 |
| Tab. 3 Třídy zpětných zrcátek [11]..... | 20 |
| Tab. 4 Rozměry odrazové plochy vnějších zpětných zrcátek [6]..... | 20 |
| Tab. 5 Základní fyzikální veličiny osvětlovací techniky [12]..... | 27 |
| Tab. 6 Přehled žárovek motorových vozidel [14] | 32 |