

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Bezpečnost chodců při pohybu po silnici mimo
obec za podmínek snížené viditelnosti**

diplomová práce

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

Autor práce: Bc. Petr Blažíček

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Blažíček

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Bezpečnost chodců při pohybu po silnici mimo obec za podmínek snížení viditelnosti

Název anglicky

Pedestrians' safety out of municipalities during their walk on the road under decreased visibility conditions

Cíle práce

Vyhodnocení použití reflexních prvků při pohybu chodců po komunikaci mimo obec za snížené viditelnosti. Měření a vyhodnocení viditelnosti různých typů reflexních prvků. Vyhodnocení vnímání chodců řidiči různých věkových kategorií za snížené viditelnosti.

Metodika

Legislativu zabývající se pohybem chodců za snížené viditelnosti mimo obec

Podstatu zrakového vnímání

Charakteristika osvětlovacích systémů vozidel

Charakteristika reflexní prvky použitelných pro chodce

Měření viditelnosti různých reflexních prvků používaných chodci a jejich vnímání osobami různých věkových kategorií

Vyhodnocení měření a doporučení vhodných reflexní prvky pro chodce

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

bezpečnost chodců, zrakové vnímání, viditelnost, reflexní prvky

Doporučené zdroje informací

BOSH, kol.: Automotive electrics, automotive electronics : [systems and components : new: sensors, microelectronics]. Robert Bosh. Vydáno: Bury St. Edmunds, 2004. ISBN 1860584365.

KROPÁČ F.: Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti, vědecké spisy VÚT v Brně; ISBN 80-214-2886-4.

ŠIKL, R.. Zrakové vnímání. Praha: Grada, 2012. Praha: Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.

VLK, F.: Automobilová elektronika 2. Nakladatelství a vydavatelství František Vlček, 2006. 308 s. ISBN: 8023970623.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. František Lachnit, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2017

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: "Bezpečnost chodců při pohybu po silnici mimo obec za podmínek snížení viditelnost" vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

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

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

V Praze dne:

.....

Petr Blažíček

Poděkování

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

Abstrakt: Tato diplomová práce se zabývá problematikou bezpečnosti chodců, konkrétně dohledností řidičů na chodce za snížené viditelnosti. Práce z hlediska rozpoznatelnosti chodců srovnává řidiče různých věkových kategorií a porovnává běžné typy oděvů chodců včetně reflexních prvků. V teoretické části práce uvádí legislativu týkající se pohybu chodců na pozemních komunikacích, objasňuje oblast osvětlení vozidel včetně možností moderních světlometů, popisuje proces zrakového vnímání a vysvětluje princip a vlastnosti reflexních prvků. V praktické části je nejprve vyhodnoceno měření odrazivosti vybraných oděvů a reflexních doplňků. V hlavní praktické části jsou porovnání řidiči různých věkových kategorií z hlediska dohlednosti na chodce a z tohoto hlediska je dále srovnáno několik typů oděvů chodců, včetně reflexních doplňků.

Klíčová slova: chodec, bezpečnost, světlomet, reflexní materiál, reflexní doplňky, odrazivost, dohlednost, vzdálenost dohlednosti, osvětlení, intenzita osvětlení.

Pedestrian's safety out of municipalities during their walk on the road under decreased visibility conditions

Summary: This dissertation deals with the issue of pedestrian's safety, namely driver's visibility on pedestrians under reduced visibility. The dissertation compares drivers of different ages in terms of pedestrian recognition, also compares common types of pedestrian's clothing including reflective elements. The theoretical part presents legislation about pedestrian's moves on the roads, explains the area of vehicle lighting including the possibilities of modern headlights, describes the process of visual perception and properties of reflective elements. The practical part shows firstly evaluation of reflectivity of selected garments and reflective elements. Afterwards the main practical part compares drivers of different ages in visibility of pedestrians wearing several types of clothing, including reflective elements.

Key words: pedestrian, safety, headlight, reflective material, reflective accessories, reflectivity, visibility, distance of visibility, lighting, light intensity.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	3
2.1	Cíl práce	3
2.2	Metodika	3
3	Legislativa pro pohyb chodců mimo obec	4
3.1	Úvodní ustanovení	4
3.2	Provoz na pozemních komunikacích	4
3.2.1	Oddíl 1 – Jízda vozidly	6
3.2.2	Oddíl 5 – Zvláštní ustanovení pro chůzi, jízdu nemotorových vozidel, jízdu na zvířeti a vedení a hnaní zvířat	7
4	Osvětlení vozidel	11
4.1	Světlo	11
4.1.1	Veličiny a jednotky	12
4.2	Světelné zdroje	14
4.3	Konstrukce světlometů	17
4.4	Adaptivní systémy osvětlení	21
4.5	Systémy nočního vidění	25
5	Zrakové vnímání	26
5.1	Akomodace oka	28
5.2	Rozlišování intenzity světla	29
5.3	Oční vady	30
5.4	Zraková ostrost	31
6	Reflexní prvky	32
6.1	Fluorescenční barviva a materiály	33
6.2	Reflexní materiály	34

6.3	Reflexní doplňky	36
7	Měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků	37
7.1	Měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků	41
7.2	Vyhodnocení měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků	43
8	Měření dohlednosti řidiči různých věkových kategorií na různě oděného chodce	45
8.1	Naměřené hodnoty	52
8.2	Viditelnost figurantů řidiči různých věkových kategorií	56
8.2.1	Vyhodnocení výsledků	65
8.3	Dohlednost na chodce v různých oděvech a reflexních doplňcích	66
8.3.1	Vyhodnocení výsledků	75
9	Závěr	76
	Seznam použitých zdrojů	79
	Seznam obrázků	79
	Seznam tabulek	92
	Seznam grafů	93
	Přílohy	94

1 Úvod

Základní podmínkou pro bezpečný pohyb na komunikacích je vidět a být viděn. U chodců má za snížené viditelnosti na splnění této podmínky zásadní vliv oděv chodce. Neméně důležitým faktorem je kvalita zrakového vnímání účastníků provozu.

Statistika nehodovosti v ČR ukazuje, že v roce 2017 bylo šetřeno 35 028 nehod za snížené viditelnosti, což je 33,7 % z celkového počtu nehod (nočních nehod 26 103 – 25,1 % z celkového počtu nehod). Při těchto nehodách zemřelo 198 osob – 39,4 % z celkového počtu usmrcených osob (v noci 156 osob – 31,1 %). Vzhledem k tomu, že intenzita provozu v noci je až o 80 % nižší než ve dne, statistiky ukazují zvýšenou nehodovost a úmrtnost u dopravních nehod za snížené viditelnosti v noci. Počet nehod s účastí chodce se na celkovém počtu nehod na pozemních komunikacích podílí 3,3 procenty, ale na celkovém počtu osob usmrcených při dopravních nehodách se pak tyto nehody podílejí 19,1 %. Rovněž čísla těžce zraněných ukazují, že tyto nehody s chodci mívají vážné následky. Ze statistiky lze dále vidět, že měsíce s nejčastějšími nehodami s účastí chodce byly měsíce s nejkratším dnem – říjen až prosinec, ve kterých byla průměrná četnost nehod o 52 % vyšší než v měsících s nejdelším dnem – květen až červenec a úmrtnost byla téměř dvojnásobná (+ 95 %).

Snížit tato čísla se snaží zavedení povinného nošení reflexních doplňků na silnicích za snížené viditelnosti mimo obec, které je povinné od 20. února 2016. Počty usmrcených chodců od roku 2013 do roku 2017 vystihuje obrázek 1. Roky 2016 a 2017 jsou zároveň z hlediska úmrtnosti při dopravních nehodách historicky nejméně tragickými. Obrázek 2 vystihuje naprostou převahu smrtelných nehod chodců mimo obec v noci, proti smrtelným nehodám mimo obec ve dne. Zároveň vystihuje snížení úmrtnosti chodců mimo obec v noci od roku 2016, kdy počty nočních úmrtí chodců mimo obec klesly pod úroveň nočních úmrtí v obci. [1]



Obrázek 1 Počty úmrtí chodců při dopravních nehodách podle denní doby mezi léty 2013 až 2017 [1]



Obrázek 2 Počty úmrtí chodců při dopravních nehodách podle viditelnosti a místa – mimo obec/obec mezi léty 2013 až 2017 [1]

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Prvním cílem práce je porovnat řidiče různých věkových kategorií z hlediska dohlednosti na chodce. Srovnávání jsou 3 řidiči ve věku 25 let a 3 řidiči v rozmezí 51 až 76 let. Druhým cílem je porovnat různě oděné chodce z hlediska jejich rozpoznatelnosti řidiči. Porovnávání jsou chodci oděni v běžném oblečení a při použití reflexních doplňků. Dále jsou z tohoto hlediska porovnány situace, kdy je chodec na levé straně vozovky a na pravé straně. Součástí těchto porovnání je měření a znázornění vlivu intenzity osvětlení na zjišťované faktory.

Mimo těchto hlavních cílů je úkolem práce popsat pravidla pro pohyb chodců po komunikaci dané legislativou, osvětlení vozidel hlavními světly, zrakové vnímání a vlastnosti reflexních prvků. Hlavnímu měření předchází měření odrazivosti vybraných oděvů a reflexních doplňků, jenž jsou některé při měření dohlednosti použité. V závěru jsou uvedeny doporučení pro bezpečný pohyb chodců po komunikaci za snížené viditelnosti.

2.2 Metodika

Na základě důvěryhodných literárních a internetových zdrojů prostuduji řešenou problematiku a vypracuji nejprve teoretickou část práce. Pro měření je důležité znát problematiku zjišťování dohlednosti řidiče na chodce za snížené viditelnosti, a tak prostuduji vhodné zdroje zabývající se touto tematikou, například inovovanou metodikou zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou zpracovanou ústavem soudního inženýrství VUT v Brně. V praktické části nejprve vyberu vhodné oděvy a reflexní doplňky pro měření dohlednosti a změřím jejich odrazivost retroreflektometrem ve školní laboratoři. Následně provedu měření dohlednosti na různě oděné chodce s řidiči různých věkových kategorií na vhodné, předem připravené dráze. Součástí měření bude měření intenzity osvětlení v místě figuranta při jeho rozpoznání řidičem. Pro měření poslouží vozidlo Škoda Octavia III se základními reflektorovými světly. Výsledky měření porovnáám a vyhodnotím.

3 Legislativa pro pohyb chodců mimo obec

Pravidla silničního provozu a s nimi související pravidla pro pohyb chodců mimo obec vymezuje zejména zákon 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (silniční zákon). Tento zákon upravuje chování a postavení chodce v silničním provozu stejně jako všech ostatních účastníků, např. právy a povinnostmi, pravidly jejich pohybu, vztahy k ostatním účastníkům atp. Dodržování pravidel zahrnutých v zákoně je základní podmínkou bezpečnosti na našich silnicích. [2]

Tato diplomová práce se zabývá bezpečností chodců při pohybu mimo obec za snížené viditelnosti. Dále budou uvedeny pravidla zákona 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, vztahující se k této problematice.

3.1 Úvodní ustanovení

§ 2 – Vymezení základních pojmů

a) účastník provozu na pozemních komunikacích je každý, kdo se přímým způsobem účastní provozu na pozemních komunikacích,

j) chodec je i osoba, která tlačí nebo táhne sáňky, dětský kočárek, vozík pro invalidy nebo ruční vozík o celkové šířce nepřevyšující 600 mm, pohybuje se na lyžích, kolečkových bruslích nebo obdobném sportovním vybavení anebo pomocí ručního nebo motorového vozíku pro invalidy, vede jízdní kolo, motocykl o objemu válců do 50 cm³, psa a podobně,

ff) snížená viditelnost je situace, kdy účastníci provozu na pozemních komunikacích dostatečně zřetelně nerozeznají jiná vozidla, osoby, zvířata nebo předměty na pozemní komunikaci, například od soumraku do svítání, za mlhy, sněžení, hustého deště nebo v tunelu,

3.2 Provoz na pozemních komunikacích

§ 3 – Základní podmínky účasti na provozu na pozemních komunikacích

(1) Provozu na pozemních komunikacích se nesmí účastnit osoba, která by vzhledem k věku nebo ke sníženým tělesným nebo duševním schopnostem mohla ohrozit bezpečnost tohoto provozu. To neplatí, pokud osoba sama nebo jiná osoba učinila taková opatření, aby k ohrožení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích nedošlo.

§ 4 – Povinnosti účastníka provozu na pozemních komunikacích

Při účasti na provozu na pozemních komunikacích je každý povinen:

- a) chovat se ohleduplně a ukázněně, aby svým jednáním neohrožoval život, zdraví nebo majetek jiných osob ani svůj vlastní, aby nepoškozoval životní prostředí ani neohrožoval život zvířat, své chování je povinen přizpůsobit zejména stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, povětrnostním podmínkám, situaci v provozu na pozemních komunikacích, svým schopnostem a svému zdravotnímu stavu,*
- b) řídit se pravidly provozu na pozemních komunikacích upravenými tímto zákonem, pokyny policisty, pokyny osob oprávněných k řízení provozu na pozemních komunikacích podle § 75 odst. 5, 8 a 9 a zastavování vozidel podle § 79 odst. 1 a pokyny osob, o nichž to stanoví zvláštní právní předpis, vydanými k zajištění bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích,*
- c) řídit se světelnými, případně i doprovodnými akustickými signály, dopravními značkami, dopravními zařízeními a zařízeními pro provozní informace.*

§ 5 – Povinnosti řidiče

(1) Řidič je kromě povinností uvedených v § 4 dále povinen:

- b) věnovat se plně řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a sledovat situaci v provozu na pozemních komunikacích,*
- c) přizpůsobit jízdu technickým vlastnostem vozidla nebo fyzickým vlastnostem zvířete,*
- d) dbát zvýšené opatrnosti zejména vůči dětem, osobám s omezenou schopností pohybu a orientace, osobám těžce zdravotně postiženým a zvířatům, brát ohled na vozidlo přepravující děti, řidiče začátečníka nebo osobu těžce zdravotně postiženou označené podle prováděcího právního předpisu a na výcvikové vozidlo označené podle zvláštního právního předpisu,*
- h) snížit rychlost jízdy nebo zastavit vozidlo před přechodem pro chodce, sníží-li rychlost jízdy nebo zastaví-li vozidlo před přechodem pro chodce i řidiči ostatních vozidel jedoucích stejným směrem,*
- l) mít na sobě oděvní doplňky s označením z retroreflexního materiálu stanovené prováděcím právním předpisem podle § 56 odst. 8, nachází-li se mimo vozidlo na pozemní komunikaci mimo obec v souvislosti s nouzovým stáním; to neplatí pro řidiče motocyklu, mopedu a nemotorového vozidla.*

(2): Řidič nesmí:

f) ohrozit nebo omezit chodce, který přechází pozemní komunikaci po přechodu pro chodce nebo který zjevně hodlá přecházet pozemní komunikaci po přechodu pro chodce, v případě potřeby je řidič povinen i zastavit vozidlo před přechodem pro chodce; tyto povinnosti se nevztahují na řidiče tramvaje,

g) ohrozit chodce přecházejícího pozemní komunikaci, na kterou řidič odbočuje, a dále nesmí ohrozit chodce při odbočování na místo ležící mimo pozemní komunikaci, při vjíždění na pozemní komunikaci a při otáčení nebo couvání,

3.2.1 Oddíl 1 – Jízda vozidly

§ 18 – Rychlost jízdy

(1) Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit zejména svým schopnostem, vlastnostem vozidla a nákladu, předpokládanému stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, její kategorii a třídě, povětrnostním podmínkám a jiným okolnostem, které je možno předvídat; smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled.

§ 27 – Zastavení a stání

(1) Řidič nesmí zastavit a stát:

c) na přechodu pro chodce nebo na přejezdu pro cyklisty a ve vzdálenosti kratší než 5 m před nimi.

§ 32 – Osvětlení vozidel

(2) Vozidlo musí mít za jízdy při snížené viditelnosti rozsvícena obrysová a potkávací nebo dálková světla, pokud je jimi vybaveno podle zvláštního právního předpisu.

(4) Přední světla do mlhy smí řidič užít jen za mlhy, sněžení nebo hustého deště. Zadní světla do mlhy musí řidič za mlhy, sněžení nebo hustého deště užít vždy.

(5) Činná plocha světel nesmí být zakryta nebo nadměrně znečištěna.

3.2.2 Oddíl 5 – Zvláštní ustanovení pro chůzi, jízdu nemotorových vozidel, jízdu na zvířeti a vedení a hnaní zvířat

§ 53 – Chůze

(1) Chodec musí užívat především chodníku nebo stezky pro chodce. Chodec, který nese předmět, jímž by mohl ohrozit provoz na chodníku, užije pravé krajnice nebo pravého okraje vozovky.

(3) Kde není chodník nebo je-li neschůdný, chodí se po levé krajnici, a kde není krajnice nebo je-li neschůdná, chodí se co nejbliže při levém okraji vozovky. Chodci smějí jít po krajnici nebo při okraji vozovky nejvýše dva vedle sebe. Při snížené viditelnosti, zvýšeném provozu na pozemních komunikacích nebo v nebezpečných a nepřehledných úsecích smějí jít chodci pouze za sebou.

(9) Pohybuje-li se chodec mimo obec za snížené viditelnosti po krajnici nebo po okraji vozovky v místě, které není osvětleno veřejným osvětlením, je povinen mít na sobě prvky z retroreflexního materiálu umístěné tak, aby byly viditelné pro ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích.

§ 54 – Chůze

(1) Je-li blíže než 50 m křižovatka s řízeným provozem, přechod pro chodce, místo pro přecházení vozovky, nadchod nebo podchod vyznačený dopravní značkou "Přechod pro chodce", "Podchod nebo nadchod", musí chodec přecházet jen na těchto místech. Na přechodu pro chodce se chodí vpravo.

(2) Mimo přechod pro chodce je dovoleno přecházet vozovku jen kolmo k její ose. Před vstupem na vozovku se chodec musí přesvědčit, zdali může vozovku přejít, aniž by ohrozil sebe i ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích. Chodec smí přecházet vozovku, jen pokud s ohledem na vzdálenost a rychlost jízdy příjíždějících vozidel nedonutí jejich řidiče k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy.

§ 55 – Chůze

(1) Před železničním přejezdem si musí chodec počínat zvlášť opatrně, zejména se musí přesvědčit, zda může železniční přejezd bezpečně přejít.

(2) Chodec nesmí vstoupit na železniční přejezd v případech stanovených v § 29 odst. 1 písm. a) až e).

(3) V případech uvedených v § 29 odst. 1 písm. a), b) a c) smí chodec přejít přes železniční přejezd pouze tehdy, jestliže před železničním přejezdem dostal od pověřeného zaměstnance provozovatele dráhy ústní souhlas. V tomto případě je chodec povinen řídit se při přecházení železničního přejezdu pokyny pověřeného zaměstnance provozovatele dráhy. Pověřený zaměstnanec provozovatele dráhy je povinen se na požádání chodce prokázat platným pověřením provozovatele dráhy.

**v § 29 je v odstavci 1 uveden zákaz vjezdu na železniční přejezd:*

a) je-li dávana výstraha dvěma červenými střídavě přerušovanými světly signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení,

b) je-li dávana výstraha přerušovaným zvukem houkačky nebo zvonku přejezdového zabezpečovacího zařízení,

c) sklápějí-li se, jsou-li sklopeny nebo zdvihají-li se závory,

d) je-li již vidět nebo slyšet příježdějící vlak nebo jiné drážní vozidlo nebo je-li slyšet jeho houkání nebo pískání; toto neplatí, svítí-li přerušované bílé světlo signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení,

e) dává-li znamení k zastavení vozidla zaměstnanec dráhy kroužením červeným nebo žlutým praporkem a za snížené viditelnosti kroužením červeným světlem,

f) nedovoluje-li situace za železničním přejezdem jeho bezpečné přejetí a pokračování v jízdě.

(2) V případech uvedených v odstavci 1 písm. a), b) a c) smí řidič vjíždět na železniční přejezd pouze tehdy, jestliže před železničním přejezdem dostal od pověřeného zaměstnance provozovatele dráhy k jízdě přes železniční přejezd ústní souhlas. V tomto případě je řidič povinen řídit se při jízdě přes železniční přejezd pokyny pověřeného zaměstnance provozovatele dráhy. Pověřený zaměstnanec provozovatele dráhy je povinen se na požádání řidiče prokázat platným pověřením provozovatele dráhy.

§ 56 - Útvar chodců

(1) Pro organizovaný útvar chodců, například příslušníků ozbrojených sil, školní mládeže nebo průvod, platí přiměřeně povinnosti řidiče podle § 5 odst. 1 písm. b), § 11 odst. 1, § 12 až 16, § 20 až 24, § 25 odst. 1 a 2, § 27, § 28 odst. 1, 2 a 5, § 29 a 30.

**Zde uvádím obsah § 11 odst. 1: Na pozemní komunikaci je povinnost jít vpravo, a pokud tomu nebrání zvláštní okolnosti, při pravém okraji vozovky, pokud není stanoveno jinak.*

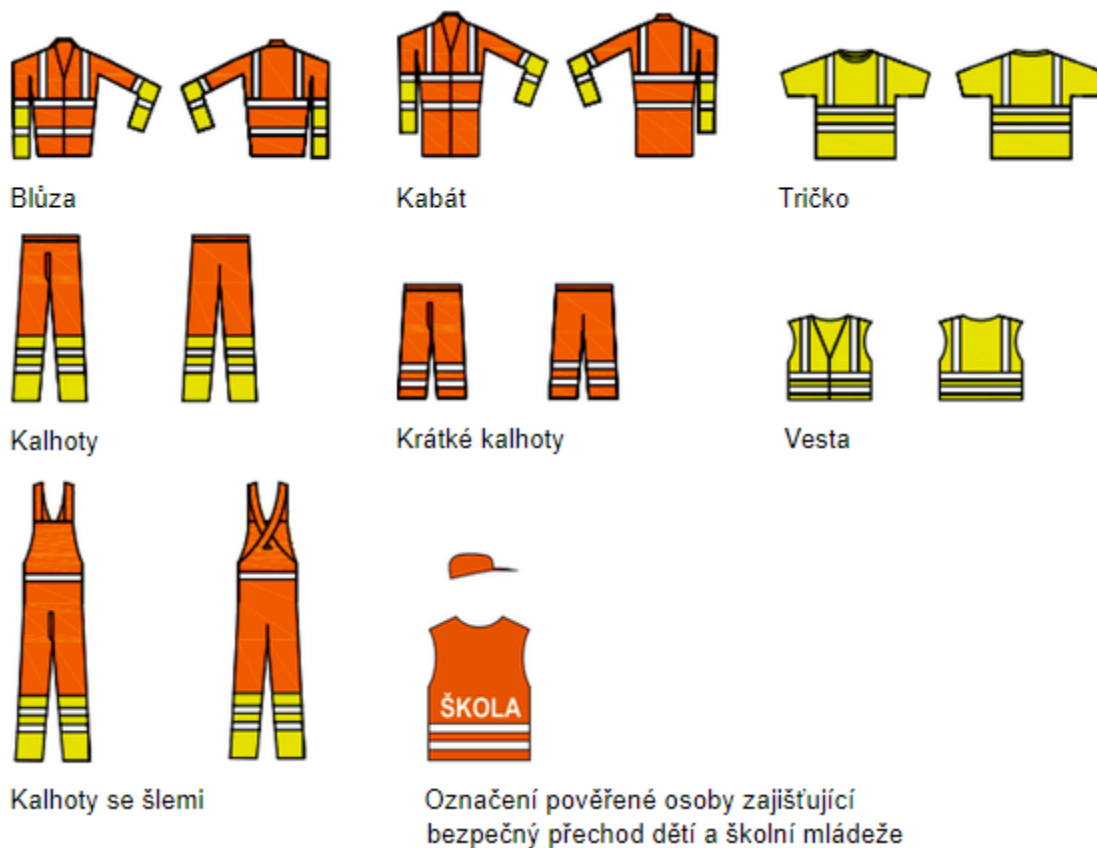
(2) Za snížené viditelnosti musí být organizovaný útvar chodců označen vpředu po obou stranách neoslňujícím bílým světlem a vzadu po obou stranách neoslňujícím červeným světlem. Označení světly může být nahrazeno oděvními doplňky s označením z retroreflexního materiálu.

(8) Vzor a způsob užití oděvních doplňků s označením z retroreflexního materiálu stanoví prováděcí právní předpis. [3]

Prováděcím předpisem tohoto zákona je vyhláška č. 294/2015 Sb. V této vyhlášce je dle § 19 odst. 1 - Vzor a způsob užití oděvních doplňků s označením z retroreflexního materiálu uvedeno:

Oděvními doplňky jsou blůza, kabát, tričko, vesta nebo kalhoty fluorescenční žluté nebo fluorescenční oranžovo-červené barvy doplněné retroreflexními pásy (dále jen „výstražný oděv“). Retroreflexní pásy a fluorescenční plochy musí být na výstražném oděvu vhodně umístěny a provedeny v dostatečné ploše. Tyto podmínky jsou splněny, odpovídá-li výstražný oděv požadavkům příslušné harmonizované evropské normy (ČSN EN ISO 20471:2013).

V odstavci 2 se tento paragraf odkazuje na vzory výstražných oděvů, jež jsou vyobrazeny na obrázku 3. [4]



Obrázek 3 Příklady vyobrazení výstražných oděvů [4]

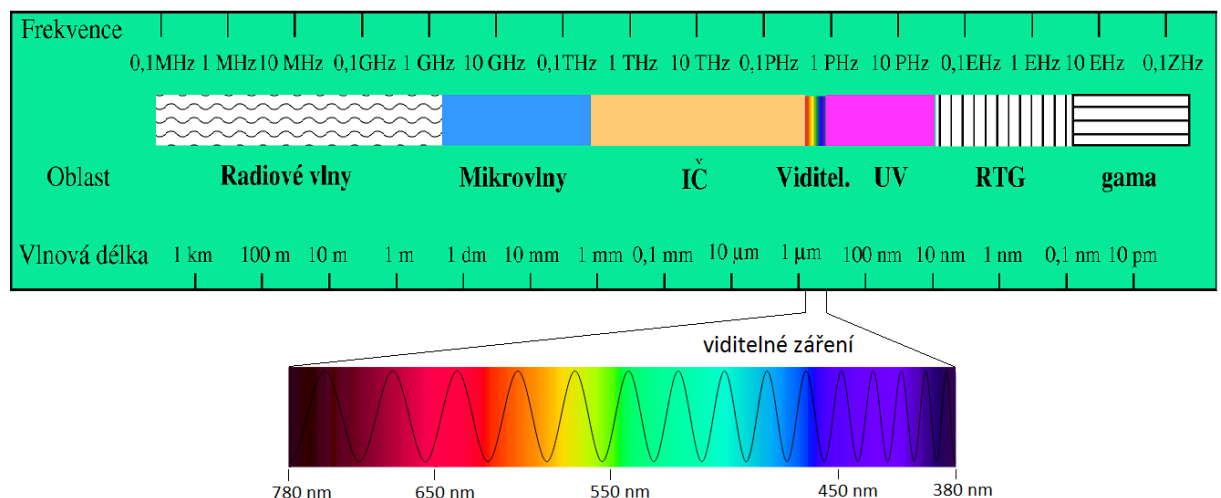
Ministerstvo vnitra na svém webu vysvětluje, že reflexní prvky mohou být kterékoliv prvky s reflexní úpravou (reflexní přívěsky, vesty, reflexní šle, reflexní páska, reflexní nášivky...), jenž jsou viditelné pro ostatní účastníky silničního provozu. Zároveň ministerstvo dopravy na svém webu vysvětluje, že se nejedná o povinnost nosit reflexní vestu. Zákon nedefinuje velikost, barvu, tvar, materiál ani parametry odrazivosti retroreflexivních doplňků pro chodce, a nepřipouští nahradit retroreflexní prvky aktivním osvětlením. Nejvhodnějším řešením je dle ministerstva vnitra buď reflexní vesta, nebo reflexní páska (optimálně alespoň 3 cm široká), jenž je viditelná ze všech stran. Čím větší plocha reflexního povrchu, tím lépe bude vidět. Reflexní pásku je dle webu doporučeno umístit nejlépe do výše pasu (na konec rukávu; pohyb ruky zvyšuje viditelnost) a na nohu kolem kolena, a to zejména na straně, která je blíže silnici. Máte-li pouze jednu pásku, pak doporučujeme umístit ji na ruku. Dále je poznamenáno, že viditelnost zvyšuje světlé oblečení. Za nesplnění povinností je možné udělit blokovou pokutu do 2000 korun, ve správním řízení pokutu ve výši 1500 až 2500 Kč. [5], [6]

4 Osvětlení vozidel

Tato diplomová práce se zabývá osvětlováním vozovky a s tím spojenou bezpečností pohybu po vozovce za snížené viditelnosti. Proto zde budou popsány jen hlavní světloemety osvětlující prostor před vozidlem.

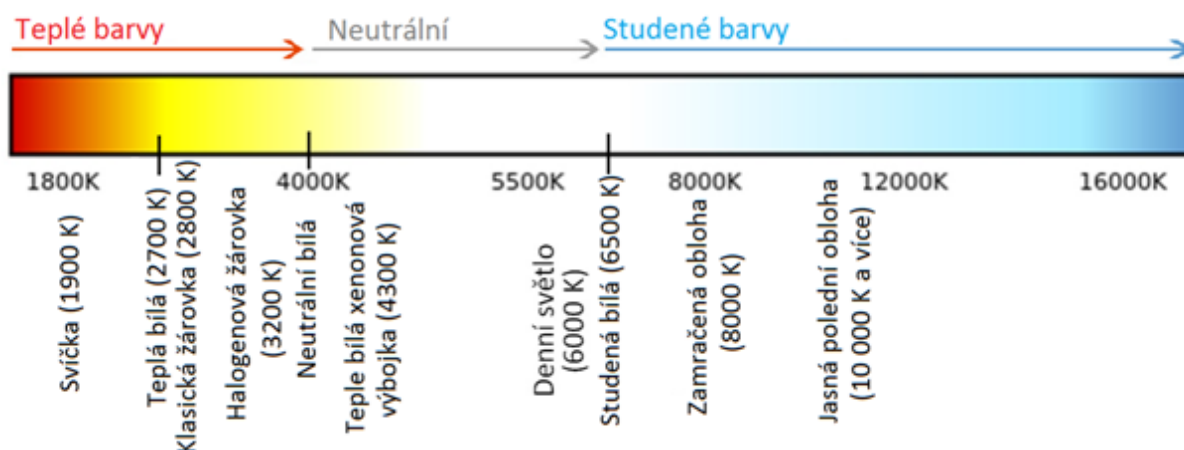
4.1 Světlo

Světlo je viditelná oblast elektromagnetického záření, jež lze charakterizovat frekvencí nebo vlnovou délkou. Viditelné záření je ohraničeno infračerveným zářením (IČ) a ultrafialovým zářením (UV) v obvykle uváděném rozmezí vlnových délek $380 \div 780$ nm. Světlo různých frekvencí vyvolává u člověka různý vjem, který je charakterizován jako barva světla. Rozložení barevných tónů ve spektrální oblasti viditelného záření poskytuje obrázek 4. [21], [22]



Obrázek 4 Elektromagnetické záření a jeho viditelná oblast [23]

Teplota chromatičnosti neboli barevná teplota světla T_c charakterizuje spektrum bílého světla. Světlo určité teploty chromatičnosti má spektrální složení záření a barvu velmi blízkou spektrálnímu složení záření a barvě tzv. černého (Planckova) zářiče, zahřátým na tuto teplotu. Černým zářičem je myšleno zahřáté absolutně černé těleso, které žádné záření neodráží, jen samo svítí. Udává se v kelvinech (K). Spektrum barevné teploty světla je znázorněno na obrázku 5. [21]



Obrázek 5 Spektrum barevné teploty světla [19]

4.1.1 Veličiny a jednotky

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

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

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

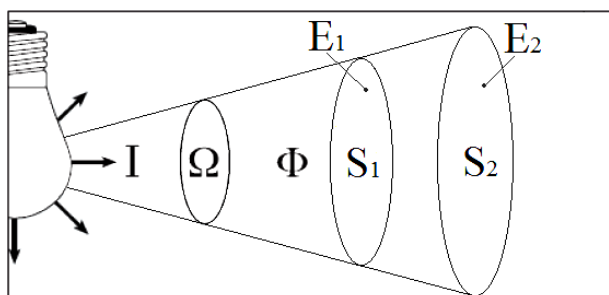
- symbol: I , jednotka: kandela [cd]

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

- symbol: Ω , jednotka: [sr]

Osvětlení (intenzita osvětlení) je množství světelného toku dopadajícího na jednotku plochy 1 m^2 , tedy čím dále je od daného zdroje, o to větší je osvětlená plocha, a tím je osvětlení menší – viz obrázek 6.

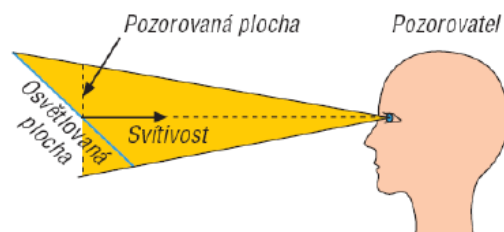
- symbol: E , jednotka: lux [lx] ($\text{lx} = \text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$)



Obrázek 6 – Intenzity osvětlení: svítilivost zdroje I do prostorového úhlu Ω se světelným tokem Φ na plochy S s intenzitami osvětlení E v rozdílných vzdálenostech. Je-li vzdálenost plochy S_2 oproti ploše S_1 od zdroje například dvakrát větší, a tedy její plocha je čtyřikrát větší, intenzita osvětlení její plochy je čtyřikrát menší. [21]

Jas je měřítko pro vjem světlosti průmětu svítícího nebo osvětlovaného povrchu v pozorovaném směru – viz obrázek 7. Je daný intenzitou osvětlení a odrazivostí osvětlovaného předmětu.

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



Obrázek 7 Jas [21]

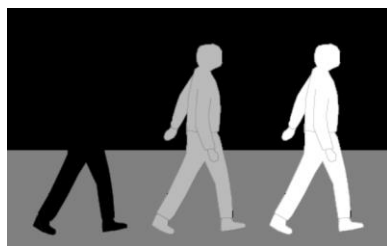
Kontrast jasu neboli rozdílnost jasů rozlišovaného objektu a jeho okolí. Charakterizuje stupeň rozeznatelnosti objektů. Tvorba kontrastu nastává i v případě, kdy jas rozlišovaného objektu je proti jasů jeho okolí nižší – viz obrázek 8.

$$K = \frac{|L_1 - L_2|}{L_2}$$

kde L_1 ... jas rozlišovaného objektu [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]

L_2 ... jas okolí objektu [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]

- symbol: K , jednotka: [-] ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} / \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)



Obrázek 8 Kontrast při různých jasech chodce [7]

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

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

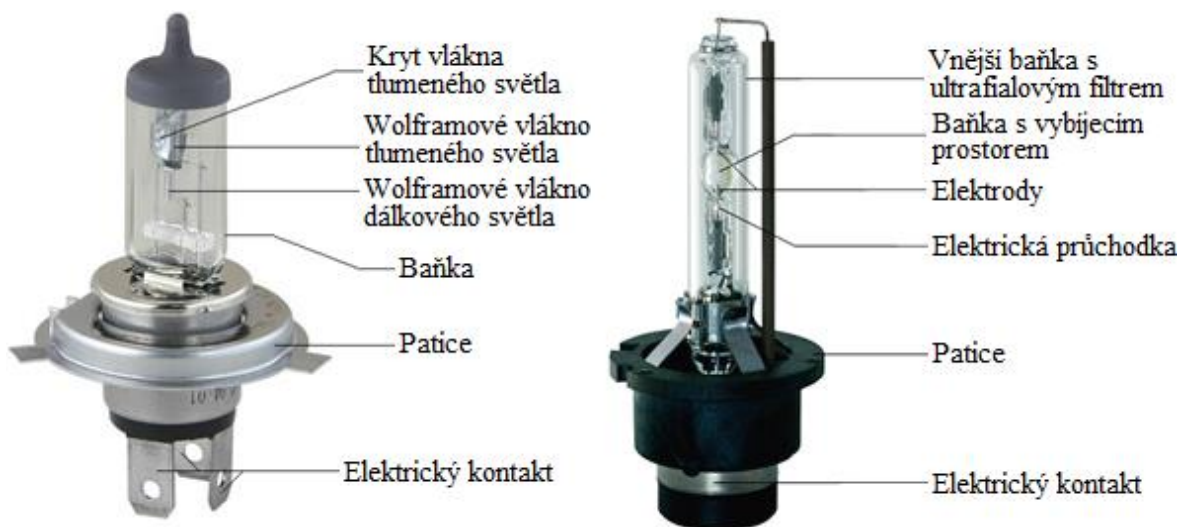
Odrazivost vyjadřuje množství světla odraženého plochou, jenž udává poměr svítivosti a osvětlení. Odrazivost může mít i jednotku například s poměrem k ploše.

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

[15], [11], [21]

4.2 Světelné zdroje

Nejstarší dodnes používanou koncepcí světelných zdrojů vozidel jsou **žárovky**. Skládají se z patice, wolframového vlákna, nosného systému vlákna, kontaktního systému a baňky. Vznik světla u žárovek je založen na principu tepelného buzení, které vzniká zahřátím pevné látky (vlákna) na vysokou teplotu. Převaha vydávané energie je na straně tepla a z vyzářené energie se většina nepohybuje ve viditelném spektru, proto je měrný světelný výkon nízký (10 – 15 lm/W u klasických žárovek). Čím vyšší teplota zdroje světla (vlákna žárovky), tím větší část vyzářené energie se pohybuje ve viditelném spektru a měrný světelný výkon roste. U **halogenových žárovek** (obrázek 9) umožňuje zvýšit teplotu vlákna a zároveň životnost halogenový cyklus, při němž se odpařující se wolfram vrací zpátky na vlákno. Měrný světelný výkon halogenových žárovek je okolo 22 – 26 lm/W, teplota chromatičnosti je 3100 - 3400 K. Maximální povolený světelný tok například u velmi rozšířené halogenové žárovky H7 je 1550 lm. Žárovky se používají v řadě světelných zařízení i mimo hlavní světlometry. [12], [11], [21], [27], [51]



Obrázek 9 Halogenová dvouvláknová žárovka H4 Hella (vlevo), xenonová výbojka D2S (vpravo) [29], [26]

Dalším světelným zdrojem je **xenonová výbojka**, poprvé nabídnuta ve vozidle BMW 7 v roce 1991. Výbojka je uzavřená kulová baňka naplněná pod vysokým tlakem příslušným médiem, v jejíchž koncích jsou zataveny přívody k elektrodám – viz obrázek 9. Výbojky pracují na principu vybuzení atomů v elektrickém výboji mezi elektrodami. K zažehnutí výboje je potřebné vysoké střídavé napětí a střídavý proud o frekvenci

400 Hz, při kterém dochází k ionizaci plynné náplně a vytvoří se elektrický oblouk. Z důvodu řízení velkých změn napětí a proudu je nutný elektronický předřadný přístroj, skládající se ze zápalného zařízení a elektronické řídicí jednotky. Po zažehnutí potřebují k dosažení plného výkonu přibližně až 10 sekund, proto se nepoužívají jako samostatná dálková světla. Maximální povolený světelný tok u xenonových 35 wattových výbojek pro projekční světlometry je 3650 lm, u 25 wattových 2300 lm. Životnost je okolo 3000 hodin (zhruba 5x delší než automobilové halogenové žárovky), měrný světelný výkon 73 lm/W s předřadníkem (91 lm/W samotná výbojka), teplota chromatičnosti obvykle 4100 – 4350 K. [12], [11], [18], [30], [31], [32], [51]

Elektroluminiscenční **dioda LED** (Light-Emitting Diode/světlo emitující dioda) je elektronická polovodičová součástka obsahující přechod P-N, u kterého v případě procházejícího elektrického proudu v propustném směru dochází k vyzařování. Tento přechod připojený ke zdroji elektrického napětí tvoří polovodičový čip. Barva světla závisí na chemickém složení polovodiče. Vyzařované světlo je v úzkém spektru – je jednobarevné. Pro vytvoření bílého světla se v současnosti využívá luminoforu.



Obrázek 10 Jednočipový LED modul Osram Oslon Compact CL a čtyřčipový modul Osram [8], [9]

Umístěním i několika vysoce výkonných LED čipů blízko sebe na destičku o rozměru pár milimetrů vznikly tzv. LED moduly, jejichž světelný tok dosahuje stovek lumenů. Z těchto LED modulů jsou tvořeny světlometry. Teplo produkované výkonnými LED a LED moduly s velmi blízko sebe umístěnými čipy je vyšší, než je jejich optimální pracovní teplo a jehož překročení má negativní vliv na životnost a světelný tok diod. Z tohoto důvodu musí být chlazeny chladiči (patrné na obrázku BMW 7), které v případě aktivního chlazení s ventilátory zároveň zvyšují příkon systému. Měrný světelný výkon LED v současnosti i přesahuje 100 lumenů na watt. Teplota chromatičnosti může nabývat široký rozsah hodnot. Životnost je při správném používání v řádu desítek tisíc hodin –

projektované na celou životnost vozu. Další výhodou, stejně jako u laseru, je rychlost rozsvěcování a zhasínání. LED nacházejí použití ve všech vozidlových světelných zařízeních. V hlavních světlometech se technologie LED poprvé objevila v roce 2007 ve vozidle Lexus LS. V současnosti má tato technologie největší potenciál a rychlým tempem vytlačuje starší světelné zdroje. Na obrázku 10 je jednočipový LED modul Osram Oslon Compact CL, který Hella použila ve svém Bi-led projektorovém světlometu (obrázek 14) pro tlumená světla a pro názornost čtyřčipový modul také od Osram. Tento modul s rozměry 1,95 x 1,55 x 0,817 mm může mít světelný tok podle příkonu od 180 do 355 lm. [24] [18], [28], [34], [10], [16], [75], [76], [77]

Nejvyspělejší techniku představují světlometry vybavené **laserovou technologií**, pracující s laserovým paprskem. Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation/zesilování světla stimulovanou emisí záření) je optický kvantový generátor využívající jevu zesílení světla nucenou emisí záření. Vyzařované světlo je výrazně monochromatické (jednobarevné) a koherentní, jeho spektrum je ještě daleko užší, než spektrum LED. Pro vytvoření bílého světla se u BMW i Audi (průkopníci v užívání této technologie ve svých vozidlech) používají modré laserové diody Osram v kombinaci s luminoforem (tenký plátek fosforu).



Obrázek 11 Modrá laserová dioda a modul Osram μ LARP [50]

Například světlometry BMW i8 (obrázek 15), u nichž se laserová technologie objevila v sériové výrobě v roce 2014 poprvé, využívají technologii pojmenovanou LARP firmy Osram. Její základ je modrá laserová dioda modulu μ LARP (obrázek 11), emitující světlo o vlnové délce 450 nm, jejíž paprsek je nasměrován na luminofor. Ten převádí část světla ve žluté, které se mísí s modrou a výsledkem je bílá. Měrný světelný výkon dosahuje hodnot 170 lm/W, teplota chromatičnosti je 5500 – 6000 Kelvinů. BMW tvrdí, že životnost

je stejně jako u LED systémů 10 000 hodin. Nevýhodou je nutné chlazení a cena. U druhé generace modulu μ LARP má dojít ke zvýšení světelného toku. [25], [46], [47], [48], [49], [78]

4.3 Konstrukce světlometů

Světlomety se skládají ze samotného světelného zdroje, optického systému, pouzdra (těla) svítidla s průsvitným krytem a případně chladicího zařízení. V pouzdře je optický systém se světelným zdrojem zabudován a uchycen. Protože světlomety slouží k osvětlování určitého vymezeného prostoru, jsou vybaveny optickým systémem, který světelné paprsky usměrňuje. Podle optického systému lze současné vozidlové světlomety rozdělit na čistě reflexní, u nichž se o usměrnění světla stará pouze reflektor, nebo projekční, u nichž se o usměrnění spolu s reflektorem stará před reflektorem umístěná čočka a clona. [12], [11]

V dnešních vozidlech se používají **reflexní světlomety** se speciálně tvarovaným, počítačem navrhovaným reflektorem složeným z velkého počtu malých ploch (až 50 000) – viz obrázek 12 Plocha těchto reflektorů má zcela obecný tvar. Jiný název převzatý z překladu je reflektor s volnou plochou (německy FF – Freie Fläche = volná plocha). Posunem jediného světelného zdroje lze vytvořit Bi-funkční světlomet s tlumeným i dálkovým režimem. Dříve se používali parabolické světlomety s paraboloidním reflektorem a pro usměrnění světelných paprsků se dále staral profilovaný průsvitný kryt s různými optickými elementy, který tak byl součástí optického systému světlometu. [12], [11], [20]



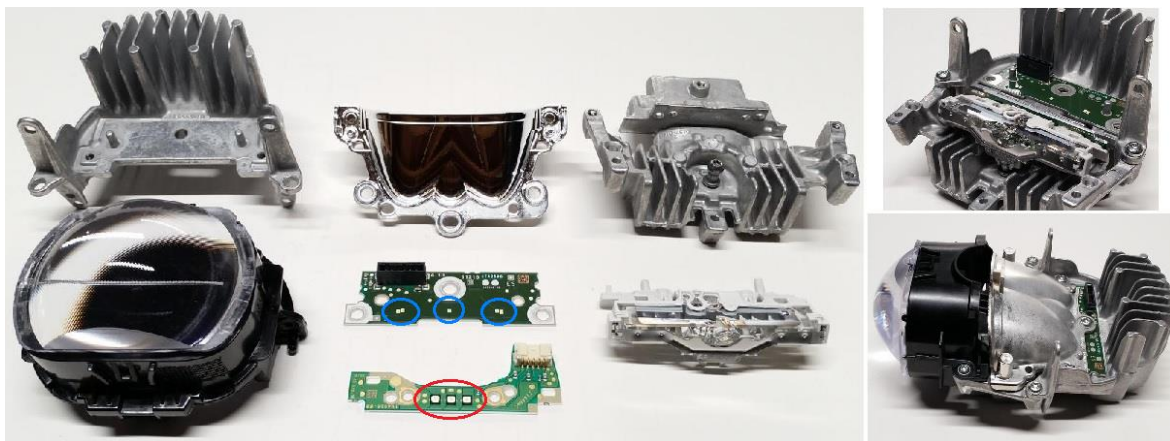
Obrázek 12 Světlomet s reflektorem s volnou plochou Škody Fabia II (vlevo), Jeepu Liberty (uprostřed) a reflexní systém LED světlometu (vpravo) [53], [55], [79]

Projekční světlomety mají princip, podobný projekčnímu zařízení, založený na odrazu světla z reflektoru, který ho soustřeďuje do druhého ohniska, a následného usměrnění pomocí čočky. Pro vytvoření potřebného rozložení světla a hranice světla a tmy je zde clonka. Tvar plochy reflektoru je elipsoidní nebo je složený z elipsoidu a volné plochy. Pomocí pohyblivé clonky je možné vytvořit jak tlumené světlo, tak i dálkové. V případě použití jako zdroje světla xenonové výbojky se potom jedná o tzv. Bi-xenon. Toto řešení vytváří funkčně a esteticky velmi efektní řešení, v současnosti velmi používané – viz obrázek 13. [12]



Obrázek 13 Schéma projekčního světlometu (vlevo), Bixenonový (25 watt) projekční světlomet Alfa Romeo Stelvio (uprostřed) a projekční systém LED světlometu (vpravo) [12], [55], [80]

Světlomety s LED diodami či laserovými diodami, mají navíc chladičí zařízení. Chlazení může být pasivní, kdy je čip umístěný na chladiči (nejčastěji hliníkovém), nebo aktivní, které má navíc ventilátory. Tyto prvky zároveň zvyšují cenu a hmotnost celého světlometu. U **světlometů s LED diodami**, se používá (jak lze vidět na obrázcích 12 a 13) reflexních i projekčních systémů. Například u Audi se v adaptivním systému Matrix LED využívá samotných reflektorů. Mercedes-Benz má v systému Multibeam LED projekční systém (obrázek 20). Výhodou světlometů s LED diodami je možnost adaptivity, malé rozměry a designové možnosti. Nevýhodou je vyšší cena a hmotnost celého světlometu včetně chladiče. Na obrázku 14 lze vidět Bi-led světlomet firmy Hella. Jedná se o projektorový světlomet s pasivním chlazením, který se skládá z chladičů/těl světlometu, reflektoru, čočky, clony a dvěma deskami s 5 (modře zakroužkovanými) LED moduly Osram Oslon Compact CL pro tlumenou funkci a 3 (červeně zakroužkovanými) LED moduly Osram Oslon Flat Black pro dálkovou funkci. [30], [55], [56], [57]



Obrázek 14 Bi-led projektorový světlomet firmy Hella [81]

Laserové světlometry představují odlišnou, nejnovější a nejsložitější koncepci světlometů. Několik modrých paprsků laserových diod je nasměřováno (u BMW i8 pomocí malých zrcadel) na zrcadlo, od kterého se odráží směrem na reflektor (viz obrázek 15). Mezi zrcadlem a reflektorem se nachází čočka a žlutý luminofor, díky čemuž je paprsek rozptýlen do prostorového úhlu a modré světlo se mění v bílé. BMW uvádí dosvit až 600 metrů, což je dvojnásobná vzdálenost než v případě LED. Další výhodou jsou malé zástavbové rozměry (výška reflektoru používaného v BMW i8 je necelé 3 cm) a možnosti designu. Uspořádání uvnitř světlometu BMW i8 lze vidět v na obrázku příloze 1. Laserové světlometry se dostaly do několika modelů BMW a Audi jako doplňující dálkové světlometry. Příplatek za laserové dálkové světlometry činí v současných cenících (únor 2019) například u těchto vozidel: BMW 7 76 414 Kč, Audi A7 80 800 Kč, BMW 3 53 924 Kč (pro srovnání LED 31 174 Kč). U BMW s adaptivním systémem selective beam, Audi s HD Matrix LED. [25], [59], [82], [83]



Obrázek 15 Světlomet BMW i8 (vlevo nahoře) a konstrukce jeho laserového světlometu (vlevo dole), světlomet Audi A8 (vpravo) a laserový systém v Audi (vpravo dole) [60], [61], [84], [85]

Dosvit světlometů

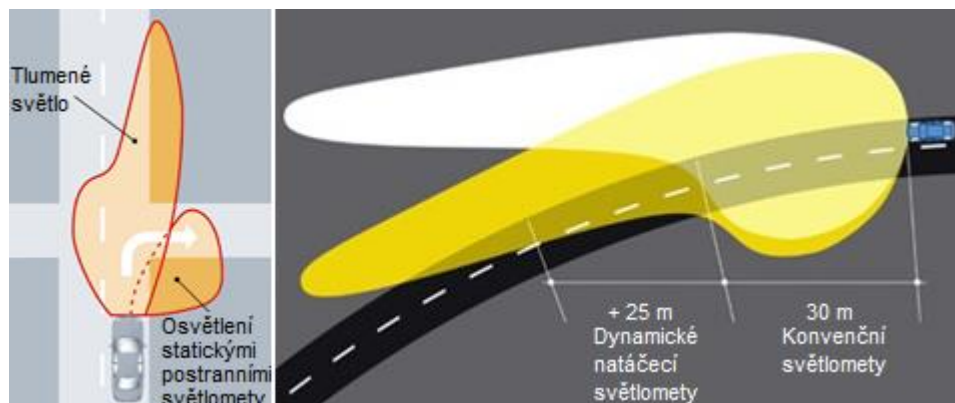
Dosvit potkávacích světlometů představuje vzdálenost, na kterou potkávací světlometry osvětlují vozovku, respektive vzdálenost, kde je rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky v jízdním pruhu řidiče vozidla. Dosvit závisí velmi na vertikálním sklonu světlometů. Hodnota sklonu světlometů v procentech představuje hodnotu v centimetrech, o kterou klesne rozhraní osvětlené a neosvětlené oblasti na vzdálenost jednoho metru. U automobilů se světlometry, jejichž montážní výška spodního okraje zdánlivé plochy světla je do 0,8 metru, je základní nastavení sklonu potkávacích světlometů -1 až -1,5 % (limit je -0,5 až -2,5 %). V případě, že je sklon světlometů 1 %, je dosvit v metrech roven výšce vzažné osy světlometu v centimetrech. Vzažná osa světlometu je výšce světelného zdroje. Při sklonu 2 % je dosvit v metrech 2krát menší než výška vzažné osy světlometu v centimetrech. [15]

4.4 Adaptivní systémy osvětlení

V noci a za špatných světelných podmínek k bezpečnosti značnou měrou přispívá adaptivita osvětlení neboli schopnost jeho přizpůsobování se aktuálním podmínkám. Adaptivní systémy osvětlení mohou mít různé funkce, od automatické aktivace/deaktivace světel, přes osvětlování zatáček, změnu dosvitu regulací vertikálního sklonu světlometů, dále k úpravě intenzity a rozložení světla na vozovce. [12]

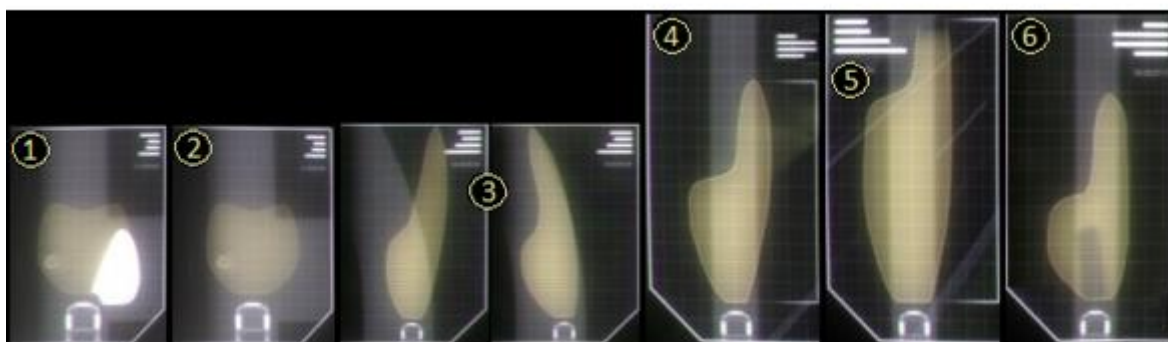
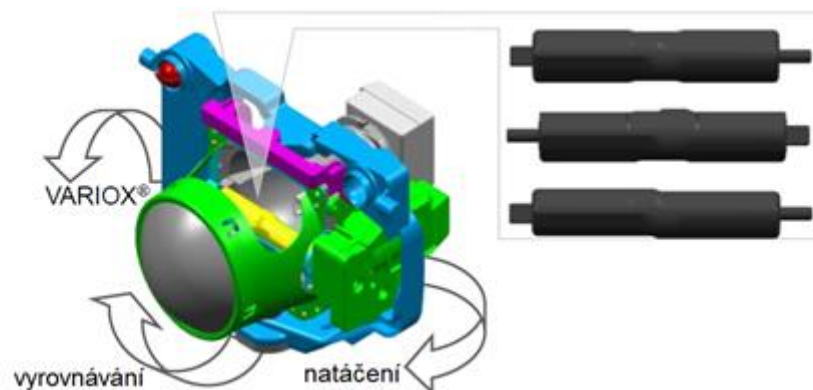
Systém automatické aktivace a deaktivace světlometů v závislosti na intenzitě okolního světla automaticky přepíná mezi dálkovým a potkávacím světlem a zároveň mezi potkávacím světlometem a svítilnou pro denní svícení. Pro snímání situace před vozidlem se používají kamery často umístěné za čelním sklem, nebo senzory například ve zpětných zrcátkách (BMW X6). Systém ALC (Automatic Lightning Control) pomocí dvou senzorů rozpozná například krátký podjezd, ve kterém je zbytečné rozsvěcet potkávací světlometry. [12], [62], [63]

Osvětlování zatáček je realizováno statickým nebo dynamickým způsobem. **Statické** postranní světlometry jsou pevně zabudovány a trvale natočeny jedním směrem. Například systém Bending Light společnosti Valeo má světlomet natočený pod úhlem 45°, který může aktivovat do rychlosti 70 km/h. Systém Corner light u vozidel Škody využívá světlometu zabudovaného v mlhovém světle, aktivovaného při zapnutí směrového světla nebo překročení úhlu volantu 60° při rychlosti do 40 km/h. V případě **dynamického** osvětlování zatáček jsou světlometry natačeny do požadovaného směru na základě úhlu natočení volantu, rychlosti jízdy a někdy také úhlové rychlosti vozidla. V případě zmíněného systému společnosti Valeo je světlomet natačen horizontálním směrem až o úhel 15°. Tím dochází ke zlepšení osvětlení periferních oblastí až o 90 % - viz obrázek 16. Pomocí systému ALC (Cornering Lights with Adaptive Light Control) lze na základě dat ze satelitního GPS systému, kromě úpravy rozložení světla, natočit světlomet ještě dříve, než vozidlo vjede do zatáčky. [12], [86]



Obrázek 16 Osvětlení statickými postranními světly a porovnání osvětlení vozovky konvenčními a dynamickými světly [64], [87]

Inteligentní **systemy** AFS (Adaptive Frontlighting System) či AFL (Adaptive Forward Lighting) adaptují osvětlení vozidla na stávající podmínky. V jejich nejnovější (3.) generaci se přizpůsobují jízdám podmínkám v různých režimech zobrazených na obrázku 17. Jedná se o kombinaci statického a dynamického osvětlování zatáček, s vertikálním natáčením světlometů a úpravy tvaru světla vystupujícího z hlavního světlometu. U systému VARILIS firmy Hella je tohoto dosahováno pomocí jeho horizontálně i vertikálně natáčecím projektorovým modulem VARIOX (obrázek 17), u něhož variabilitu clonění umožňuje otočný váleček se speciálně po jeho obvodu tvarovaným profilem, vloženým namísto standardní clony. Zmíněné funkce dále rozšiřuje prediktivní AFS (P-AFS), které pomocí propojení se satelitním navigačním systémem předvídá a reaguje na blížící se zatáčky nebo stoupání či klesání vozovky. [12], [20], [65], [66]



Obrázek 17 AFS Hella, nahoře: projekční modul světlometu VARIOX (Hella), dole: režimy AFS, 1 - režim odbočování na křižovatce, 2 – městský režim, 3 – režim zatáčení, 4 – mimoměstské světlo, 5 – režim dálnice, 6 – režim nepříznivého počasí [20], [88]

Při zapnutých dálkových světlometech je řidiči poskytován mnohem větší osvětlený prostor a bezpečnost jízdy, ale dochází k oslňování ostatních účastníků provozu. Tyto vlastnosti se snaží skloubit **adaptivní dálkové světlometry**, které se snaží maximalizovat osvětlený prostor a významně přispívají k bezpečnosti jízdy.

Automatická a nepřetržitá **regulace sklonu dálkových světlometů** je řízená kamerou umístěnou na vnitřní straně čelního skla, pomocí které se vyhodnocuje vzdálenost k dalšímu vozidlu. To umožňuje neustále měnící se velikost a tvar světla od tlumeného po světlo dálkové – viz obrázek 18. Poskytuje tedy maximální možný dosah světla bez oslňování ostatních. [67], [52]



Obrázek 18 Regulace velikosti a tvaru osvětlené plochy [20]

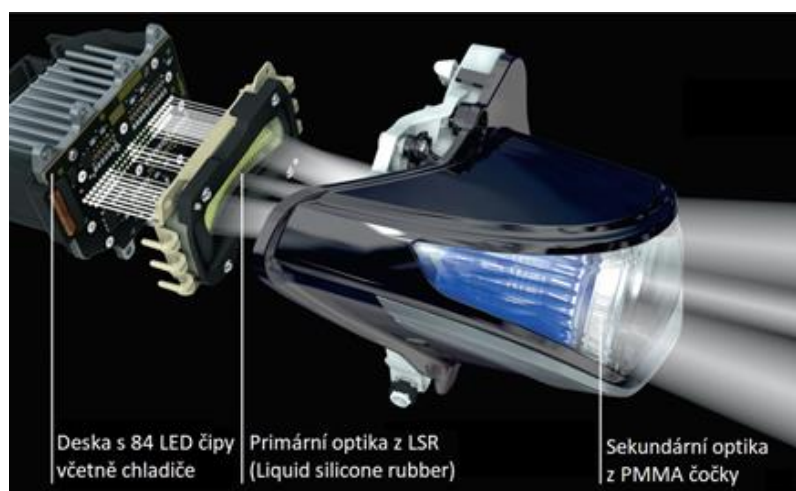
Neoslňující dálkové světlomety svítí trvale dálkovým světlem, ale zastiňují jeho část, která by oslňovala a dopadala na ostatní účastníky provozu (viz obrázek 19). Systém je ovládaný kamerou. Tyto světlomety jsou řízené mechanicky nebo digitálně. U mechanicky řízených světlometů je stíněná částí dálkového světla dosahováno pomocí mechanického přenastavení a upravení optického systému. Například Volkswagen u svého systému Dynamic Light Assist využívá projekčního modulu VARIOX firmy Hella. [20], [68], [69]



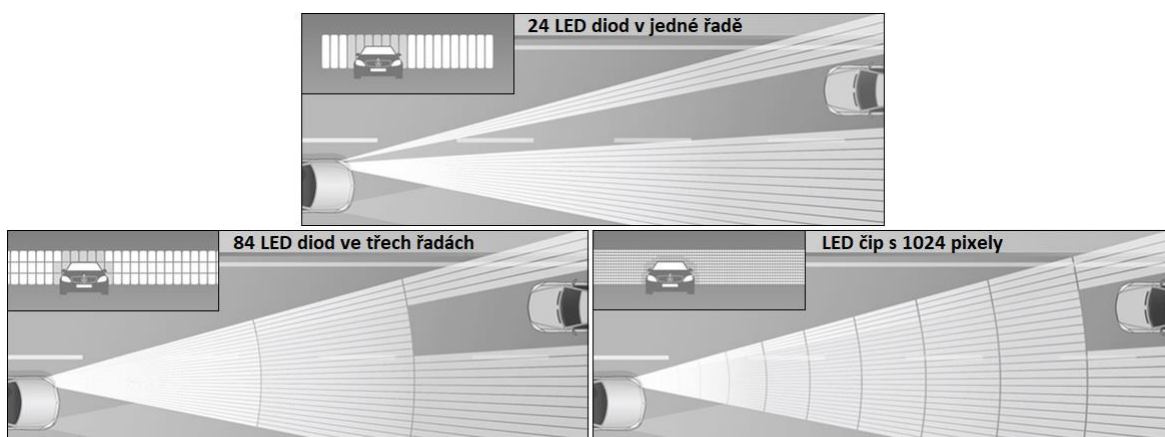
Obrázek 19 Neoslňující dálkový světlomet, vpravo nahoře jsou rozsvíceny světlomety bez neoslňující funkce, vpravo dole jsou rozsvíceny neoslňující dálkové světlomety, které výrazně lépe osvětlují chodce vlevo [20]

U digitálně řízených neoslňujících dálkových světlometů se pro rozdělování světla na vozovce využívá rozsvěcování a zhasínání jednotlivých LED diod osvětlujících určitou část vozovky, z nichž jsou světlomety složeny. Systém Matrix LED představený ve vozidle Audi A8 (2013), pracuje s 25 diodami v každém světlometu. Systém je aktivní od rychlosti 60 km/h, může stínit až 8 vozidel najednou, upozorňuje na chodce či zvířata jejich osvětlením varovným světlem a díky spojení s navigačním systémem umožňuje prediktivní

chování. V současné verzi HD Matrix LED pracuje 32 LED diod umístěných ve dvou řadách. Podobnou technologií je Multibeam LED u vozidel Mercedes-Benz, v jehož současné verzi je každý jeho světlomet vybaven 84 LED diodami ve třech řadách – viz obrázek 20. Činnost a rozlišení generací systému Multibeam LED jsou, včetně očekávaného s čipem μ AFS s 1024 pixely, znázorněny na obrázku 21. [25], [56], [70], [89]



Obrázek 20 Světlomet Multibeam s 84 diodami s dvojitou optikou automobilu Mercedes E [90]



Obrázek 21 Odstínění protijedoucího vozidla jednotlivými generacemi systému Multibeam LED [91]

4.5 Systémy nočního vidění

Jedná se o vyspělé systémy schopné detekovat objekty mimo dosah klasických světlometů. Tyto systémy pro noční vidění označované jako Night Vision jsou schopny detekovat infračervené světlo, které je jinak lidským okem neviditelné. Používají se dva typy technologií. **Technologie NIR** (Near Infra-Red) pracují s infračerveným zářením

v oblasti vlnových délek 800 až 1000 nm vysílaným přídatnými světlomety. Dosah tohoto záření je až 150 metrů. Tímto zářením osvětlená silnice je snímána kamerou často v blízkosti zpětného zrcátka a zobrazována na displeji. Tuto technologii lze nalézt ve vozidlech Mercedes či Toyota (Lexus). **Technologie FIR** (Far Infra-Red) pracují s vlnami více vzdálenými od viditelné části spektra (7000 až 12000 nm), které jsou vytvářeny teplem vyzařovaným z objektů. Použita je zde termovizní kamera schopná zachytit oblast na vzdálenost až 300 metrů před vozidlem. Systém je ideální pro detekci lidí, zvířat nebo jiných vozidel, protože tyto objekty emitují velké množství tepla. S touto technologií se lze setkat například ve vozidlech BMW, Honda nebo Audi. U BMW a Audi činí příplatek za tento systém okolo 60 000 Kč. Příklad výsledného obrazu u obou technologií je na obrázku 22. [109], [110]



Obrázek 22 Systém FIR (vlevo) a systém NIR (vpravo) [111]

5 Zrakové vnímání

Ze smyslových orgánů přijímáme nejvíce informací z vnějšího prostředí zrakem. Dle odhadů asi 90 % informací přijímá řidič pomocí zraku. Těmito informacemi jsou světelné a barevné podněty. Dobré vidění a správné vnímání je předpoklad pro bezpečný pohyb po komunikacích.

Některé studie ukázaly, že řidiči s defekty zorného pole mají znatelně více dopravních nehod než řidiči s normálním viděním. Zároveň velká část těchto řidičů si deficitu nebyla vědoma. Dalším faktem je, že lidí vidících špatně na dálku (krátkozrakost) neustále přibývá. Krátkozrakostí v současnosti trpí čtvrtina Evropanů, v ČR asi pětina populace. Hlavní příčinou tohoto zhoršování zraku jsou postupné změny životního stylu, k nimž patří méně času tráveného venku v přirozeném světle, či stále více činností

vyžadující zaostřování do blízka. Zrakové funkce potřebné při řízení vozidla, jsou zraková ostrost, vidění za snížené viditelnosti, schopnost akomodace, citlivost na oslnění, barevné a prostorové vidění, pohyblivost očí a zorné pole. [92], [93]

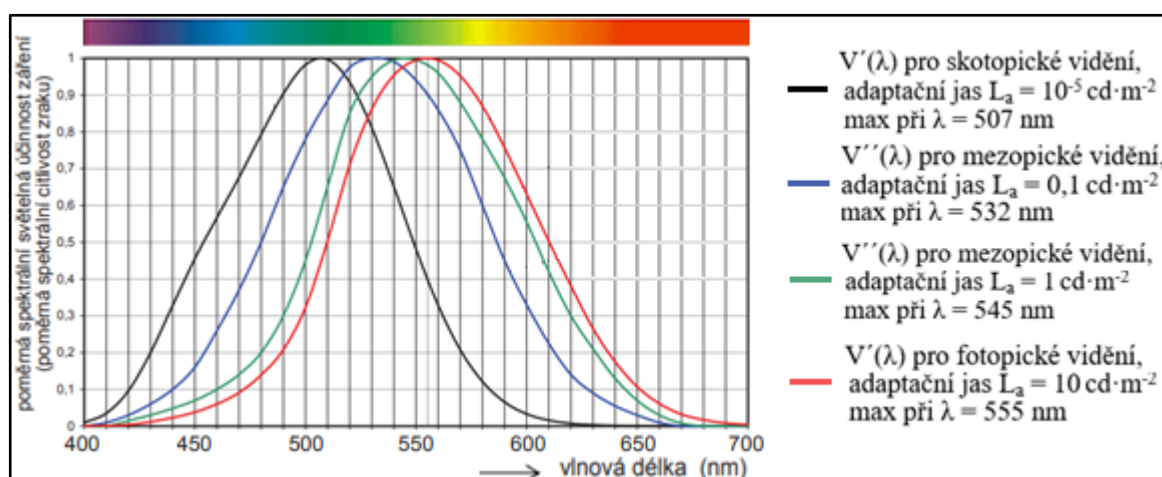
Na rozdíl od zraku, který je smyslem neboli schopností přijímat informace z okolí, vnímání je složitý psychologický proces, kterým člověk organizuje svoje počítky a poznává skutečnost. Vidění je proces příjmu informace, která je zachycená fotoreceptory v sítnici oka, viz obrázek 23. Výběr a zpracování informace, včetně převedení optických podnětů na nervové vzruchy, probíhá již v sítnici. Nervové vzruchy vedou zrakovým nervem k mozkovým centrům vidění, kde vzniká zrakový počitek. Počitek je výsledný element jednoho smyslu. Vytváří obraz některého jednotlivého znaku vnímaného předmětu, např. velikost nebo barvu předmětu. Výsledkem většího počtu počitků je vjem, který je obrazem vnímaného konkrétního předmětu nebo jevu jako celku, např. velký bílý špinavý automobil. Vhodné světlo a dobré osvětlení přijímání a zpracování výše zmíněných informací významnou měrou usnadňují a urychlují (při jasu $0,15 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ dojde ke vzniku vjemu za přibližně 1 s, při jasu $1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ za 0,5 s). Rychlost vnímání roste také se zvětšováním kontrastu jasů sledovaného předmětu a pozadí, rychlost vzniku a zániku zrakového vjemu podstatně ovlivňuje intenzita podráždění nervů zraku. [94]



Obrázek 23 Lidské oko [13]

Výzkumy ukazují, že při rozdělování pozornosti na několik úloh, které musí mozek zpracovávat, dochází k významnému prodloužení reakční doby a ke zvýšení počtu vynechaných reakcí na periferní podněty, tedy ke zhoršení periferního vidění a zúžením zorného pole. Neúplné soustředění se na řízení tedy vede ke zhoršenému zrakovému vnímání a může být jednou z příčin dopravní nehody. [17], [14]

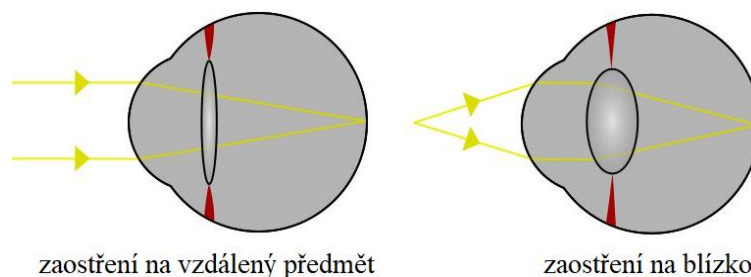
Citlivost lidského oka za denního světla je výrazně jiná než citlivost při nočním vidění. Je definována fotopická a skotopická citlivost. Fotopická citlivost pro denní (dobré) osvětlení (nejčastěji se udává hodnota jasu od $3 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) je dána citlivostí čípků na sítnici oka a u průměrného lidského oka je největší na žlutozelené světlo o vlnové délce 555 nm. Křivka pro fotopické vidění pokrývá takřka celé viditelné spektrum s nejnižší citlivostí na okrajích, to znamená pro barvu fialovou a červenou. Čípky umožňují barevné vidění, na rozdíl od tyčinek umožňující vidět jen kontrasty. Skotopická citlivost pro noční vidění (hodnoty jasu v řádu tisícín $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) je dána citlivostí tyčinek na sítnici oka a u průměrného lidského oka je největší na světlo o vlnové délce 507 nm. Tyčinky jsou mnohem citlivější než čípky a v podstatě nejsou citlivé na červenou barvu. Při jízdě v noci se uplatňuje oblast mezi těmito dvěma stavy (denním a nočním viděním) – oblast mezopického vidění. U tohoto typu vidění, které nastává v rozmezí jasů od 0,1 do $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$, se uplatňují oba typy fotoreceptorů. Citlivosti oka podle různých adaptačních jasů je znázorněna na obrázku 24. [24], [22], [95]



Obrázek 24 Relativní citlivost oka na vlnovou délku světla podle adaptačního jasu [96]

5.1 Akomodace oka

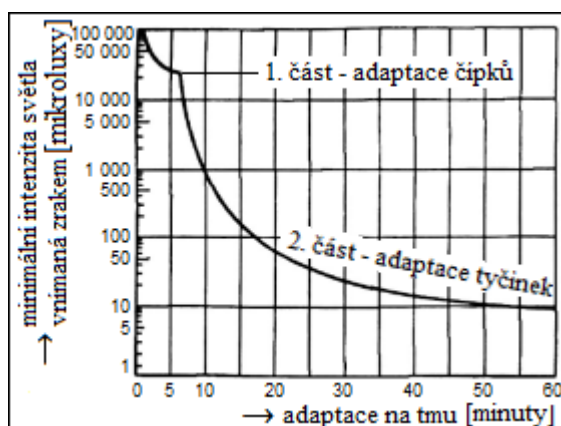
Běžné oko hledící do dálky zobrazuje ostře na sítnici předměty, vzdálené více než asi 6 metrů. Akomodace oka je schopnost vidět ostře do blízka změnou zakřivení hlavně přední, ale i zadní stěny čočky způsobenou různým stahem ciliárního svalu – viz obrázek 25. Tzv. blízký bod, který leží v minimální vzdálenosti, na kterou je oko schopno zaostřit se s přibývajícím věkem vzdaluje. V patnácti letech je vzdálenost tohoto bodu asi 9 až 10 cm, ve třiceti letech asi 13 cm a v padesáti přibližně 50 cm. [94]



Obrázek 25 Akomodace oka [97]

5.2 Rozlišování intenzity světla

Další adaptační vlastností je přizpůsobení oka různým intenzitám osvětlení (od 0,25 do 10^5 lx, je ale schopno vnímat ještě asi při $2 \cdot 10^{-9}$ lx) změnou velikosti zornice, změnou citlivosti fotoreceptorů sítnice a také změnou velikosti vjemových polí sítnice. Hlavním a relativně pomalým adaptačním mechanismem oka na rozdílné jasy je adaptace fotochemická – rozpadem (působením světla) nebo syntézou (vlivem tmy) zrakových pigmentů. V případě přechodu z nižšího jasu na vyšší se při rozpadu fotopigmentů zmenšuje citlivost fotoreceptorů a tento děj je dokončen asi do jedné minuty, doznívá asi 10 minut. Při přechodu ze světla do tmy se vytváří zásoba fotopigmentů, prahová hodnota intenzity osvětlení, kterou je zrakový systém schopný vnímat se postupně snižuje a citlivost tedy roste. Prahová intenzita se u tohoto přechodu stabilizuje asi po 30 minutách a do jedné hodiny ještě nepatrně klesá – viz obrázek 26. [95]

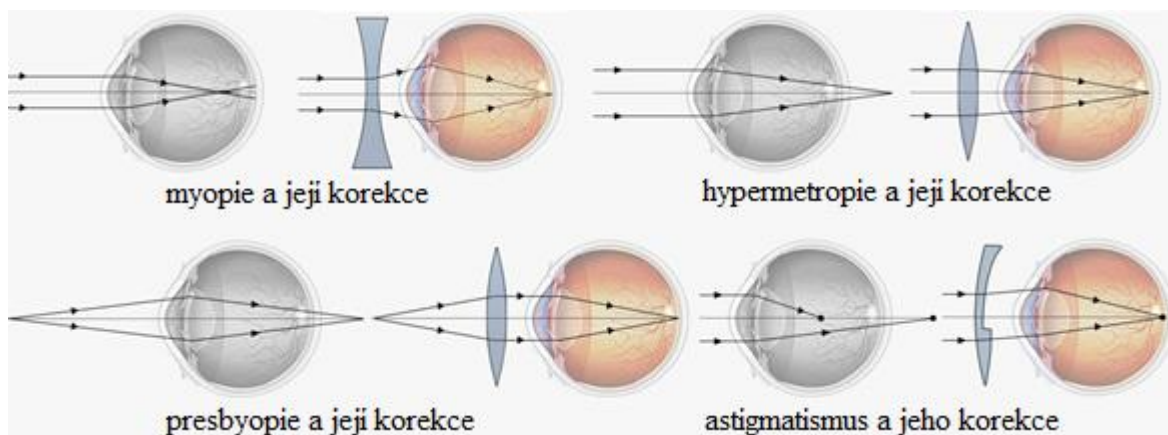


Obrázek 26 Typická křivka adaptace na tmu [95]

5.3 Oční vady

Optický systém oka tvořený rohovkou, komorovou vodou, čočkou a sklivcem, usměrňuje paprsky tak, aby jejich ohnisko bylo na sítnici. U dobře vidícího oka se správným poměr mezi délkou a optickou lomivostí, se paprsky na sítnici protínají a vytváří ostrý obraz. Vady tohoto systému, u něhož dochází k chybné lomivosti paprsků se nazývají refrakční vady a korigují se brýlemi, kontaktními čočkami nebo operativně. Patří mezi ně následující oční vady zobrazené dále na obrázku 27.

Krátkozrakost (myopie) zapříčiňuje špatné vidění do dálky. Paprsky se protínají před sítnicí a na sítnici pak vzniká neostrý obraz. (brýle, kontaktní čočky). Většinou se projevuje už v dětském věku. **Dalekozrakost (hypermetropie)** způsobuje špatné vidění na krátké vzdálenosti. Paprsky se protínají až za sítnicí a na sítnici vzniká neostrý obraz (brýle, kontaktní čočky). Na krátké vzdálenosti se zrak zhoršuje s věkem (značné zhoršení bývá okolo 40 let). **Astigmatismus** je osově nesymetrické zakřivení rohovky a oko tak nemá stejnou lomivost ve všech řezech. Například v jednom řezu může být oko dalekozraké a v kolmém řezu krátkozraké. Na sítnici se pak zobrazuje neostrý, ale i deformovaný obraz. **Vetchozrakost (presbyopie)** je do jisté míry také vadou refrakční. Souvisí s věkem a přirozenou degenerací materiálu oční čočky, při které dochází ke ztrátě akomodace oka, tedy schopnosti čočky zaostřit na krátkou vzdálenost. Běžně se projevuje kolem 40 let věku, u dalekozrakých jedinců se projevuje dříve. [98], [99]



Obrázek 27 Refrakční vady zraku [100]

Šedý zákal (Cataracta) je poměrně běžné oční onemocnění osob ve vyšším věku (65 let). Souvisí s věkem a také např. pohlavím, životním stylem. Dochází k zakalení

čochy a projevuje se zamlženým nejasným či neostrým viděním (tedy zhoršené vidění za snížené viditelnosti), zvýšenou citlivostí na silnější světlo a sníženou odolností vůči oslnění (důležité pro účastníky provozu za snížené viditelnosti), zhoršeným vnímáním barev. Jediným řešením je operace. [99], [101]

5.4 Zraková ostrost

Zraková ostrost umožňuje řidiči rozlišit dva oddělené objekty. Zaručuje správné a rychlé přečtení dopravních značek, včasné identifikování jiných účastníků dopravního provozu a podílí se také na odhadu rychlosti jízdy jiných vozidel. Se sníženou zrakovou ostrotí řidič rozpozná objekt později, a tedy čím vyšší rychlost vozidla, tím lepší zraková ostrost musí být. Na zrakovou ostrost mají vliv fyzikální vlivy (optický systém oka), fyziologické (rozložení smyslových elementů, adaptační mechanismy) a psychologické (např. pozornost). Největší koncentrace smyslových elementů, a tedy největší zraková ostrost je ve žluté skvrně. Od tohoto centra sítnice do periferie, kde jsou tyčinky a čípky od sebe více vzdálené, zraková ostrost klesá (v periferních částech sítnice je až 20krát menší). Oblast ostrého vidění je pouze v rozsahu několika málo stupňů. Zbytek řidič vnímá (neostře) periferním viděním – viz obrázek 28. [102], [103], [92]



Obrázek 28 Pohled řidiče směřuje na dopravní značku v zeleném kruhu, ve kterém je oblast ostrého vidění. Směrem od této oblasti zraková ostrost klesá [103]

6 Reflexní prvky

Reflexní prvky násobně zvyšují viditelnost a současně jejich užívání chodci mimo obec za snížené viditelnosti je povinné. Například viditelnost reflexních pásek je až na vzdálenost kolem 200 metrů. V případě, že řidič potřebuje k reakci a odpovídajícímu úhybnému manévru 1,5 sekundy, v rychlosti 75 km/h se tomuto času rovná dráha 31 metrů, v rychlosti 90 km/h 37,5 metru. V případě pozorného soustředěného řidiče s reakcí i manévrem kolem 1 sekundy by vozidlo v těchto rychlostech urazilo 21, resp. 25 metrů, u nepozorného řidiče se tento čas a vzdálenosti mohou více než zdvojnásobit. BESIP na následujícím obrázku 29 uvádí hodnoty viditelnosti pro oblečení s různou barvou. [35]



Obrázek 29 Viditelnost oblečení podle jeho barvy dle organizace BESIP [104]

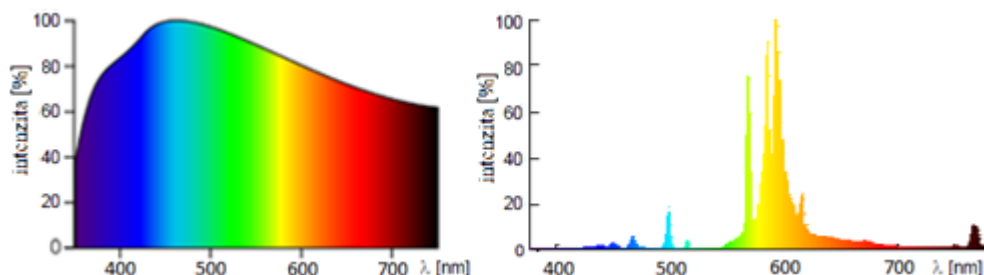
Existují různé reflexní doplňky (viz obrázek 30 jako třeba reflexní páska, potah na batoh, tašku či cyklistickou helmu, připínací odznak, přívěšky, samolepky a v neposlední řadě reflexní šle či vesty. Dalšími zajímavými doplňky nejen pro sportovce jsou například reflexní tkaničky, ponožky, reflexní šátek na krk nebo reflexní návlek na cyklistické tretry. Rovněž se prodávají reflexní prvky také pro domácí zvířata, nebo i pro koně. Funkci dobré viditelnosti reflexních doplňků zajišťují často zároveň 2 prvky. Jedním jsou takzvané fluorescenční barvy, druhým je reflexní materiál. [105], [106], [36]



Obrázek 30 Příklady reflexních doplňků [105]

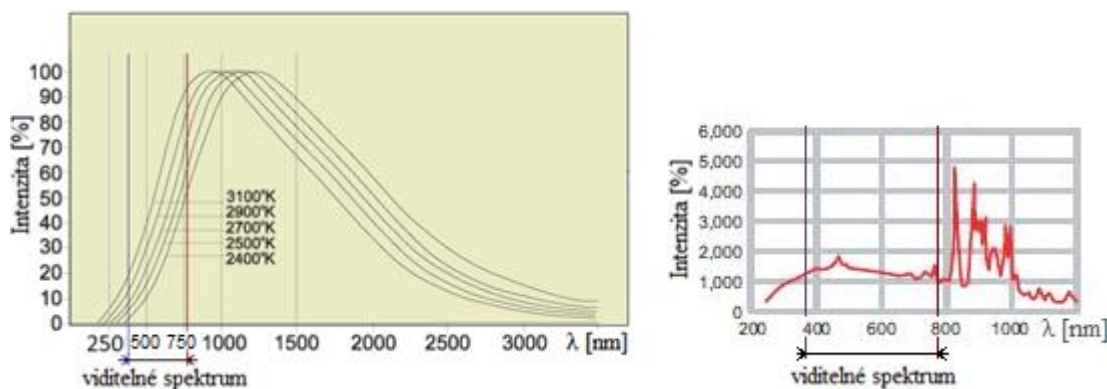
6.1 Fluorescenční barviva a materiály

Fluorescenční barviva a materiály podléhají fluorescence a vytvářejí dobrý kontrast proti okolí, kde se přirozeně nevyskytují. Fluorescence je fyzikální jev, při němž dochází k transformaci krátkovlnného elektromagnetického záření (UV záření, modrá barva) do oblasti záření s delšími vlnovými délkami (např. zelená, žlutá nebo oranžová barva). Transformované záření se poté přičte k odraženému světlu a výsledkem je dojem výrazné (reflexní, syté) barvy. K uskutečnění tohoto jevu je ovšem zapotřebí přítomnosti záření s krátkými vlnami. Fluorescenční materiály tedy zvyšují pomocí fluorescence viditelnost za účasti světla s vhodným barevným spektrem, jakým je např. denního světlo (viz obrázek 31). V noci své fluorescenční vlastnosti ztrácí. Při osvětlení např. vysokotlakou sodíkovou výbojkou, kterou se v ČR nejčastěji realizuje venkovní osvětlení, se z důvodu malého výskytu barev s krátkou vlnovou délkou tohoto světla (viz. Obrázek 30) jev fluorescence příliš neuplatní. Nejčastěji používanými barvami na reflexních doplňcích jsou sytě žlutá, oranžová či zelená. [105], [37]



Obrázek 31 Vlevo: barevné spektrum denního světla, vpravo: barevné spektrum vysokotlaké sodíkové výbojky [105], [38]

U halogenové žárovky je, jakožto u všech teplotních zdrojů, charakteristické spojité spektrum vyzařovaného světla. Zastoupení barev s krátkou vlnovou délkou je velmi malé a poměrné zastoupení vyzařovaného světla s rostoucí vlnovou délkou roste. Maximum vyzařovaného světla je až za hranou viditelného spektra v oblasti dlouhých vlnových délek – viz. obrázek 32. Xenonové výbojky vytváří převážně nepřetržité a velmi podobné spektrum záření v celé viditelné spektrální oblasti. Zdroj vykazuje také významné množství záření v oblasti kratších vlnových délek, menší emisní linku okolo 475 nm a několik velmi silných emisních linek v oblasti 800 – 900 nm. [39], [40], [41]

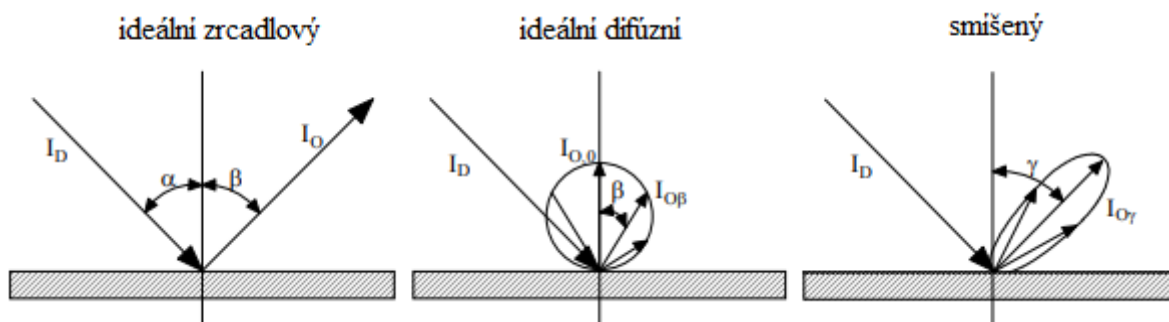


Obrázek 32 Barevné spektrum halogenových žárovek s různými teplotami chromatičnosti (vlevo) a barevné spektrum xenonové výbojky (vpravo) [42], [43]

6.2 Reflexní materiály

V noci při osvětlování cizím zdrojem světla se na reflexních doplňcích uplatňují reflexní materiály. Odrážejí světlo v úzkém kuželu zpět ke zdroji a výrazně zvyšují viditelnost za tmy a za snížené viditelnosti. Reflexní materiály se chovají z hlediska odrazivosti v celém světelném spektru mnohem stabilněji než samotné fluorescenční materiály, u nichž odrazivost v závislosti na vlnové délce dopadajícího záření více kolísá. [106], [36], [6]

Světelný tok dopadající na určitý materiál se dělí na část, která se odrazí, část která (materiálem) prostoupí a část kterou látka pohltí. Každý materiál má tedy svůj činitel odrazu, prostupu a činitel pohlcení. Tyto činitele závisí také na vlnové délce dopadajícího záření. S funkcí reflexních doplňků rovněž souvisí typ povrchu látky podle rozložení odraženého světelného toku do různých směrů v prostoru. Nejjednodušším případem odrazu je ideální zrcadlový odraz, kdy úhel dopadu světelného paprsku je roven úhlu odrazu (měřeno od kolmice povrchu) – viz obrázek 33. V případě, že se paprsek rovnoměrně rozdělí do prostoru tak, že jas uvažované plochy je ve všech směrech stejný, jedná se o (rovnoměrně rozptýlený) ideální difúzní odraz. U většiny povrchů vzniká smíšený odraz, složený ze zrcadlového a difúzního odrazu. U rovinných povrchů s rozptylovým odrazem hodnoty svítivosti klesají s rostoucím odklonem od kolmice k ploše. [44], [45].

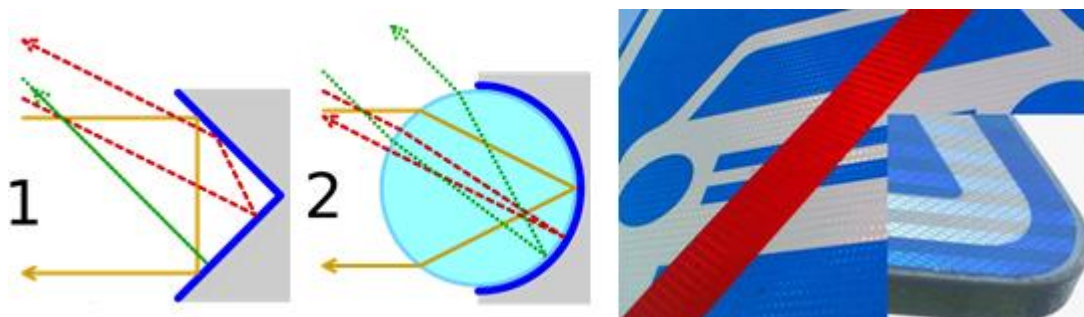


Obrázek 33 Druhy odrazů světelného paprsku [44]

Druhy reflexních materiálů:

- 1) Drobné kuličky – soustava kulových zrcadel využívaná u oděvů i na přechodech pro chodce. Nevýhodou je náchylnost na otěr, a tedy pouze omezená životnost materiálu.
- 2) Odrazné segmenty neboli miniaturní koutové odražeče zvané „prizmata“ se používají na dopravním značení. Tento systém má vysokou účinnost, nevýhodou je vysoká cena. Dalším aspektem je nemožnost vyrobit v podobě tenké ohebné vrstvy použitelné na oblečení.
- 3) Vysoce leštěná hliníková fólie: Nejjednodušší forma reflexních prvků, jenž lze nalézt na některých reflexních páskách.

Princip zpětného odrazu u kulových a koutových odražečů je znázorněn na obrázku 33. U dopravních značek zajišťují retroreflexi prizmatické retroreflexní fólie, rozdělené pro dopravní značky do 3 tříd dle jejich retroreflexe. Nejvýkonnější fólii třídy RA3 tvoří tisíce miniaturních koutových odražečů na cm^2 a tuto fólii najdeme u značek na dálnicích a rychlostních komunikacích – viz obrázek 34. [6], [53], [54]



Obrázek 34 Vlevo: princip odrazu u koutových a kulových odražečů, vpravo: aplikace retroreflexní prizmatické fólie třídy RA3 na značce konec silnice pro motorová vozidla [58], [53], [59]

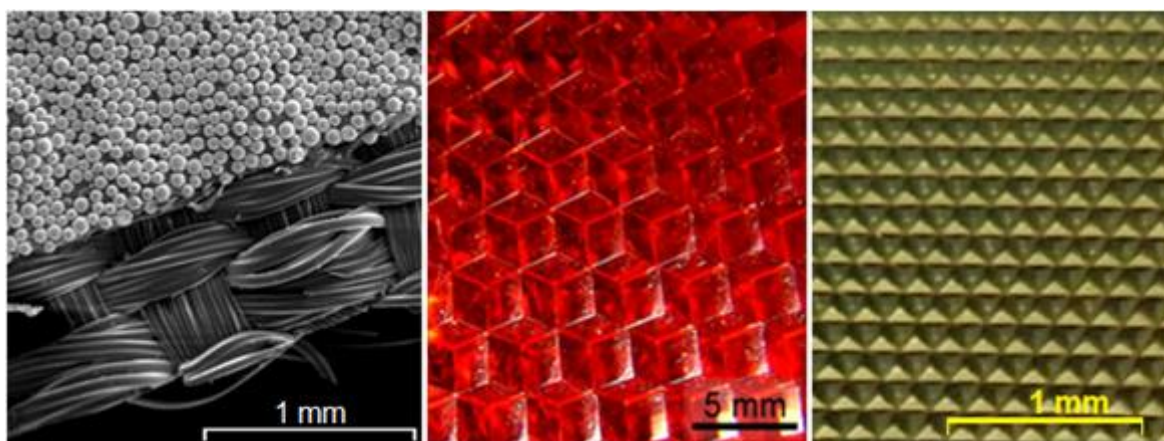
6.3 Reflexní doplňky

Z výše uvedeného vyplývá, že u reflexních doplňků hraje fluorescenční barva roli hlavně přes den a reflexní materiál v noci. Reflexní vesta a podobné reflexní doplňky se skládá z úpletu a reflexního materiálu. Úplet vesty tvořený tkaninou s výraznou fluorescenční barvou by měl mít vlastnosti difúzního odrazu neboli odrážet světlo všesměrově, nezávisle na jeho úhlu dopadu. Reflexní materiál nejčastěji ve formě pruhů má naopak funkci jakéhosi zrcadla, vracejícího světlo zpět směrem ke zdroji – viz obrázek 35.



Obrázek 35 Odraz od reflexního materiálu vesty a úpletu vesty [71]

Reflexní prvky se většinou realizují skupinou kulových zrcadel realizovaných z mikroskopických kuliček nebo soustavou rohových zrcadel z plastu nebo skla – viz. obrázek 36. O legislativě výstražných oděvů hovoří prováděcí vyhláška č. 294/2015 Sb. – kladené podmínky jsou splněny, odpovídá-li výstražný oděv požadavkům příslušné harmonizované evropské normy (ČSN EN ISO 20471:2013). [36]



Obrázek 36 Vlevo: 15násobné zvětšení úpletu a skupiny kulových zrcadel reflexní vesty, uprostřed: reflexní prvek tvořený soustavou koutových odražečů, vpravo: koutové odražeče reflexní pásy použité při měření [72], [73]

Reflexní prvky časem ztrácejí svoje schopnosti a pro oděvy s reflexními prvky souvisí určitá omezení. Oděvy se nesmějí žehlit, chlorovat, prát na víc než 40 °C, a v první řadě mají jen omezený počet čistících cyklů, jelikož se odrazný materiál opotřebovává. Například vesta použitá při měření má předepsáno maximálně 25 čistících cyklů. Pro představu jsou dále (v tabulce 1) uvedeny hodnoty odrazivosti z měření několika reflexních doplňků retroreflektometrem, zveřejněného na webové stránce www.auto.cz.

Tabulka 1 Odrazivost reflexních prvků při měření redakce Auto.cz [6]

Reflexní prvek	Odrazivost [cd/lx·m ²]
Levná vesta	8,2
Slabý reflexní pásek	177,5
Kvalitní vesta	499,5
Kvalitní reflexní pásek na ruku	523,5
Dopravní značka třídy RA3 (dálnice)	1016,7

7 Měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků

První částí měření bylo měření odrazivosti světla vybraných oděvů a reflexních doplňků, jenž předcházelo samotnému měření dohlednosti na figuranta oblečeného v některých těchto oděvech a reflexních doplňcích na silnici v noci. Měření odrazivosti bylo prováděno retroreflektometrem na oděvech a doplňcích popsanych v tabulce 2 a zobrazených na obrázku 37. Oděvy a doplňky označené číslem se žlutým podkladem byly použity v následující části při měření dohlednosti.

Měření odrazivosti bylo podrobena běžné tmavé (černé) oblečení včetně tmavých bot, běžné světlé oblečení včetně světlých bot, 2 reflexní vesty používané pracovníky Dopravního podniku hlavního města Prahy (řidiči tramvají) s maximálním počtem 25 pracích cyklů, z nichž jedna byla nová (nesepraná) a druhá byla podrobena 20 pracím cyklům. Dále bylo měřeno několik reflexních pásek – páska Cetin a páska "nealko" byla získaná jako reklamní předmět, páska Force byla pořízena v cyklo obchodě za 25 Kč. Posledním měřeným byl pracovní oděv používaný pracovníky Dopravního podniku

hlavního města Prahy, skládající se z horního a spodního dílu. U reflexních vest a pracovního oděvu byl měřen úplet a reflexní materiál.

Tabulka 2 Oděvy a doplňky podrobené měření odrazivosti

Oděvy a doplňky podrobené měření odrazivosti	
1	Černé kalhoty (džíny Wrangler)
2	Černé kalhoty (džíny módní Fishbone)
3	Černý svetr (Zara)
4	Černá obuv (sportovní Nike airmax 2015)
5	Bílé kalhoty (Marks & Spencer)
6	Bílý svetr (YFL)
7.1	Reflexní vesta nová – úplet (Cerva)
7.2	Reflexní vesta nová – reflexní pruh (Cerva)
8.1	Reflexní vesta sepraná 20 cyklů – úplet (Cerva)
8.2	Reflexní vesta sepraná 20 cyklů – reflexní pruh (Cerva)
9	Reflexní páska stříbrná (Cetin)
10	Reflexní páska nealko žlutá (Český svaz pivovarů a sladoven)
11	Reflexní páska žlutá (force cyklo 25 Kč)
12	Reflexní páska žlutá (noname)
13.1	Pracovní oděv – horní díl – úplet (Brudra)
13.2	Pracovní oděv – horní díl – reflexní pruh (Brudra)
14.1	Pracovní oděv – dolní díl – úplet (Brudra)
14.2	Pracovní oděv – dolní díl – reflexní pruh (Brudra)



Obrázek 37 Použité oděvy a oděvní doplňky při měření odrazivosti

Použitý přístroj – Retroreflektometr Zehntner 6060.EN

Při měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků byl použit retroreflektometr Zehntner 6060.EN zobrazený na obrázku 38. Přístroj osvětluje měřený materiál v úhlu 5° a měří (sleduje) odrazivost v úhlech 0,2°, 0,33° a 2°. Parametry přístroje popisuje tabulka 3.



Obrázek 38 Retroreflektometr Zehntner 6060.EN [74]

Tabulka 3 Parametry Retroreflektometru Zehntner 6060.EN

Parametry Retroreflektometru Zehntner 6060.EN	
Aplikace	dopravní značky, bezpečnostní oděvy, poznávací značky a bezpečnostní značení kontur
Úhel osvětlování β [°]	5
Úhel sledování α [°]	0,2, 0,33, 2
Rozsah měřicí odrazivosti [cd/lx·m ²]	0 – 2 000
Měřicí oblast [mm]	Ø 25
Doba měření [s]	≈ 3
Paměť	interní paměti flash
Velikost / kapacita paměti	1 GB (1 000 000 měření bez obrázků)
Rozhraní	USB, micro-USB (typ B)
Displej	dotykový LCD 3,5 “, rozlišení 320 x 480
Obrázky (rozlišení / formát)	600 x 800, 1200 x 1600 nebo 2592 x 1944, jpg
Baterie	Li-Ion 14,4 V / 6,5 Ah
Provozní podmínky	-10 – +50 °C, čtečka čárového kódu: -10 – +45 °C, vlhkost vzduchu 20 – 85%,
Rozměry [mm]	220 x 85 x 290
Hmotnost	1,9 kg (bez příslušenství)

7.1 Měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků

Měření retroreflektometrem je znázorněno na obrázku 39. Přístroj měří odrazivost, jak je v popisu přístroje popsáno, při úhlu osvětlení 5° podle úhlu sledování – v úhlech $0,2^\circ$, $0,33^\circ$ a 2° . Měření proběhlo při teplotě 24°C a vlhkosti vzduchu 48 %.



Obrázek 39 Měření odrazivosti reflexní pásky a reflexní vesty

Odrazivost každého vzorku byla změřena 3krát. Hodnoty odrazivosti představující průměr z těchto 3 měření u každého prvku jsou uvedeny v tabulce 4. V této tabulce jsou označeny číslem na žlutém podkladu oděvy a doplňky, použité v následující části – při měření viditelnosti těchto oděvů.

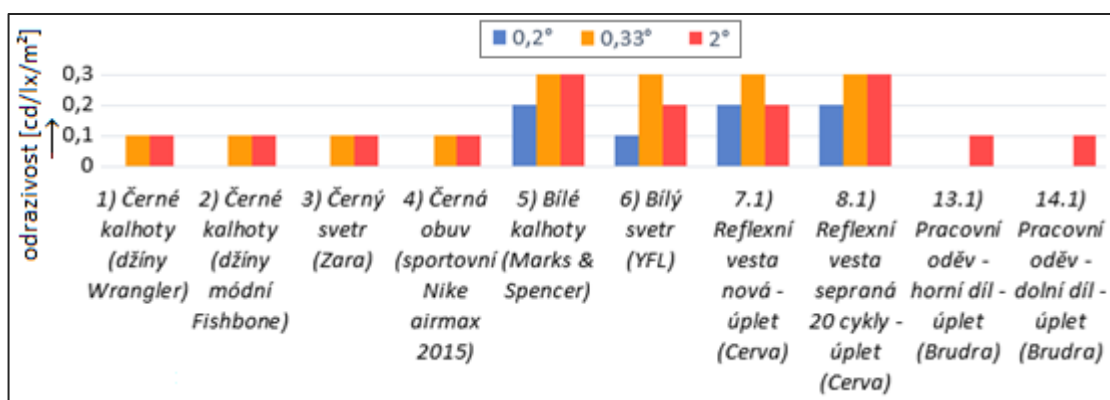
Tabulka 4 Měření odrazivosti oděvů a oděvních doplňků

Odrazivost oděvů a reflexních doplňků ve 3 různých úhlech sledování				
Oděv	0.2° (cd/lx/m²)	0.33° (cd/lx/m²)	2.0° (cd/lx/m²)	Barva oděvu
1) Černé kalhoty (džíny Wrangler)	0,0	0,1	0,1	černá
2) Černé kalhoty (džíny módní Fishbone)	0,0	0,1	0,1	černá
3) Černý svetr (Zara)	0,0	0,1	0,1	černá
4) Černá obuv (sportovní Nike airmax 2015)	0,0	0,1	0,1	černá
5) Bílé kalhoty (Marks & Spencer)	0,2	0,3	0,3	bílá
6) Bílý svetr (YFL)	0,1	0,3	0,2	bílá
7.1) Reflexní vesta nová – úplet (Cerva)	0,2	0,3	0,2	oranžová
7.2) Reflexní vesta nová – reflexní pruh (Cerva)	414,8	318,9	11,0	bílá
8.1) Reflexní vesta sepraná 20 cykly – úplet (Cerva)	0,2	0,3	0,3	oranžová
8.2) Reflexní vesta sepraná 20 cykly – reflexní pruh (Cerva)	114,9	79,0	2,9	bílá
9) Reflexní páska stříbrná (Cetin)	62,8	42,6	15,6	bílá
10) Reflexní páska nealko žlutá (Český svaz pivovarů a sladoven)	104,3	71,2	34,3	žlutá
11) Reflexní páska žlutá (force cyklo 25 Kč)	27,4	19,3	12,7	žlutá
12) Reflexní páska žlutá (noname)	517,0	362,9	6,0	žlutá
13.1) Pracovní oděv – horní díl – úplet (Brudra)	0,0	0,0	0,1	červená
13.2) Pracovní oděv – horní díl – reflexní pruh (Brudra)	540,8	348,2	10,4	bílá
14.1) Pracovní oděv – dolní díl – úplet (Brudra)	0,0	0,0	0,1	červená
14.2) Pracovní oděv – dolní díl – reflexní pruh (Brudra)	551,6	355,1	10,3	bílá

7.2 Vyhodnocení měření odrazivosti oděvů a reflexních doplňků

Naměřené hodnoty odrazivosti světla vybraných vzorků jsou dále zpracovány graficky. Z důvodu téměř nulové odrazivosti u oděvů a doplňků v místě bez reflexního materiálu a vysokých hodnot odrazivosti u reflexních materiálů, jsou vzorky pro lepší porovnání mezi sebou dále rozděleny na **nereflexní** a **reflexní**.

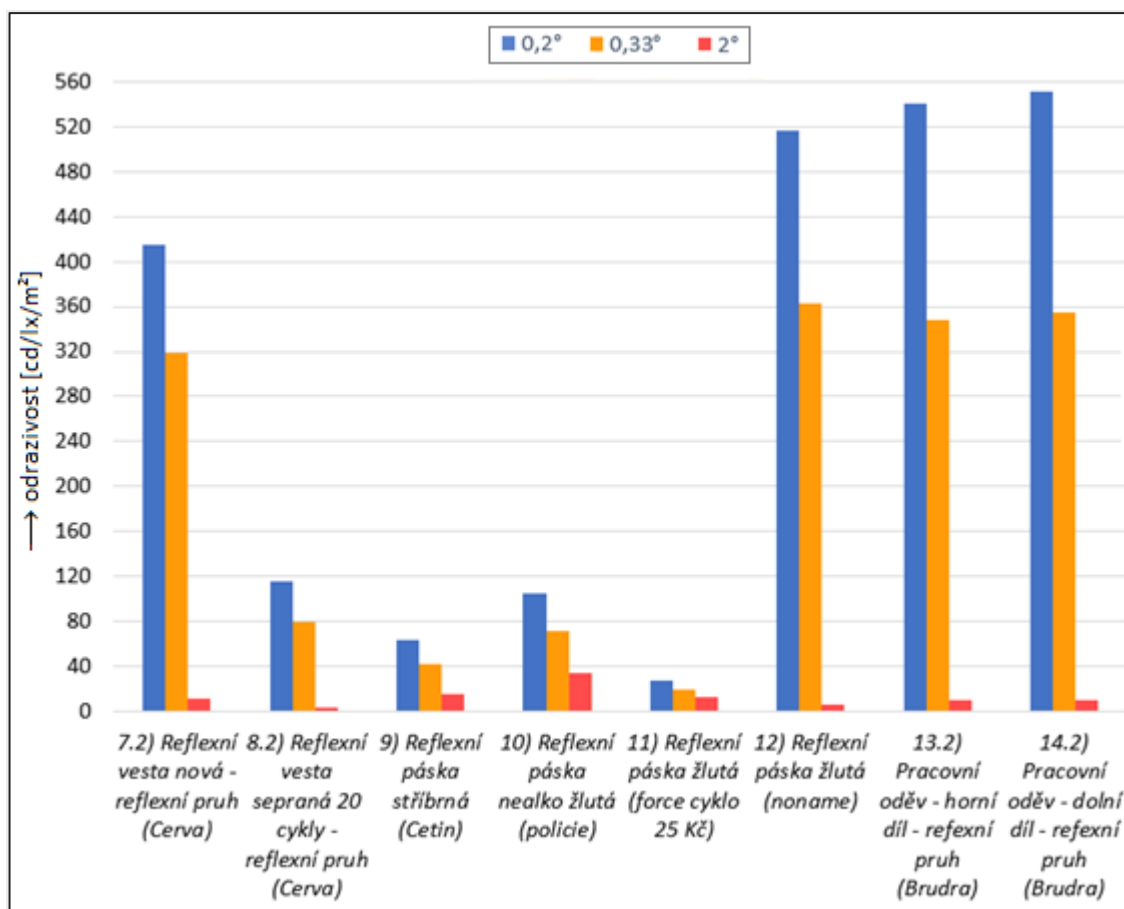
Nereflexní vzorky



Graf 1 Odrazivost světla nereflexních oděvů a doplňků v závislosti na úhlu sledování

V grafu 1 jsou zobrazeny hodnoty odrazivosti světla oděvů a úpletů reflexních vest a pracovního oděvu. Odrazivost dosahuje velmi malých hodnot. Největší naměřená odrazivost $0,3 \text{ cd/lx/m}^2$ byla změřena u světlého oblečení (bílé kalhoty a svetr) a úpletů reflexních vest a zároveň jen u těchto vzorků byla naměřena nenulová odrazivost v úhlu sledování $0,2^\circ$. U zbylých vzorků byla naměřena největší odrazivost $0,1 \text{ cd/lx/m}^2$.

Reflexní vzorky



Graf 2 Odrazivost světla reflexních doplňků v závislost na úhlu sledování

V grafu 2 jsou zobrazeny hodnoty odrazivosti světla reflexních doplňků (u reflexních vest a pracovního oděvu měřeno v místě reflexního materiálu). Největší odrazivost byla v úhlu sledování $0,2^\circ$ naměřena u pracovního oděvu Brudra - $551,6 \text{ cd/lx/m}^2$, nejmenší byla u reflexní pásky Force - $27,4 \text{ cd/lx/m}^2$. Měřené reflexní doplňky lze rozdělit na 2 skupiny lišící se výrazněji mezi sebou svojí odrazivostí. Doplnky ve skupině s vyšší odrazivostí, kde je nová vesta, reflexní páska "noname" a pracovní oděv, vykazovaly odrazivost od $414,8$ do $551,6 \text{ cd/lx/m}^2$ a doplňky ve skupině s nižší odrazivostí – zbylé 3 reflexní pásky a sepraná vesta 20 pracími cykly vykazovaly odrazivost od $27,4$ do $114,9 \text{ cd/lx/m}^2$.

Sepraná vesta 20 pracími cykly s odrazivostí $114,9 \text{ cd/lx/m}^2$ má oproti vestě nové ($414,8 \text{ cd/lx/m}^2$) téměř čtvrtinovou odrazivost v úhlu sledování $0,2^\circ$. U úhlů sledování $0,33^\circ$ a 2° se tento poměr téměř vůbec nemění. U reflexních pásek byly naměřeny velmi rozdílné odrazivosti. Tři ze čtyř měřených reflexních pásek dosahovaly nižších hodnot

odrazivosti – páska Force 27,4 cd/lx/m², páska Cetin 62,8 cd/lx/m² a páska nealko 104,3 cd/lx/m². Naproti tomu "noname" páska vykazovala vysokou odrazivost 517,0 cd/lx/m². Největší odrazivost vykazovaly reflexní pruhy na pracovním oděvu - 540,8 cd/lx/m² na horním dílu a 551,6 cd/lx/m² na dolním dílu.

Z grafu je patrné, že odrazivost je největší v nejmenším úhlu sledování světla (0,2°) a s rostoucím úhlem sledování klesá. Nejvýrazněji se toto projevuje u reflexních doplňků s vyšší odrazivostí – u reflexních pruhů na vestě a pracovním oděvu a u "noname" reflexní pásky, kde hodnoty odrazivosti v úhlu sledování 2° dosahují 1,2 – 2,7 % hodnot odrazivosti v úhlu 0,2°. U zbylých 3 reflexních pásek jsou hodnoty odrazivosti v úhlu sledování 2° na úrovni 25 až 46 % hodnot odrazivosti v úhlu 0,2°.

8 Měření dohlednosti řidiči různých věkových kategorií na různě oděného chodce

Tato druhá část měření spočívala v měření dohlednosti řidičů různých věkových kategorií na figuranta oděného v různých oděvech a reflexních doplňcích z vozidla s rozsvícenými potkávacími světlometry za snížené viditelnosti v noci. Dohlednost řidiče na chodce je maximální vzdálenost, na kterou je řidič schopen chodce rozpoznat.

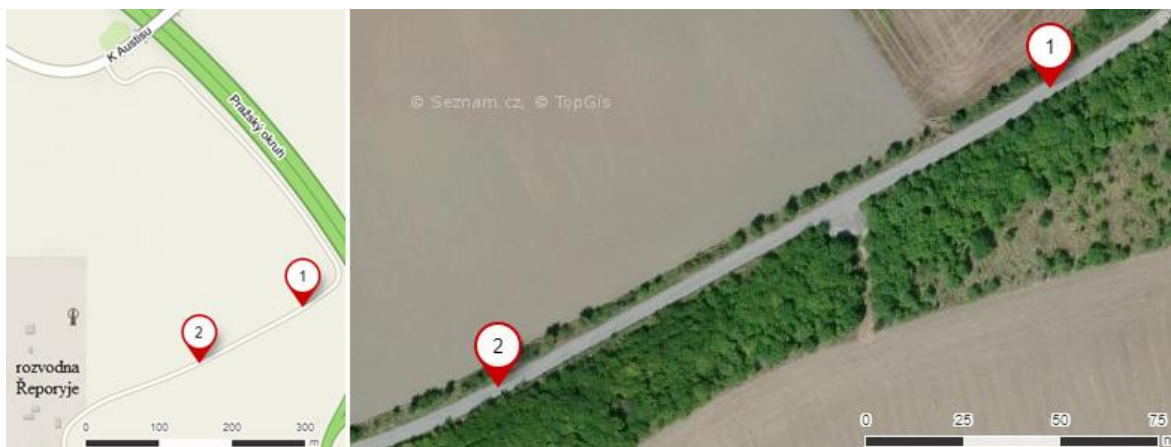
Cíle této části měření:

- Porovnat řidiče různých věkových kategorií z hlediska dohlednosti na chodce
- Porovnat dohlednost na různě oděného chodce

Místo měření

Měření probíhalo na rovném úseku účelové asfaltové komunikace (s šířkou okolo 3 metrů) vedoucí k rozvodně Řeporyje. Tento úsek byl vybrán z důvodu téměř žádné dopravy – celé dvouoční měření zde narušily 2 automobily. Na tomto rovném úseku dlouhém asi 170 metrů, bylo měření prováděno od jeho začátku v bodě 1 (50.0167819N, 14.3369039E) směrem k bodu 2 (směrem k rozvodně) – viz obrázek 40. Na úseku bylo na

150 metrech pomocí 30metrového pásma a značkovacího spreje vyznačeno staničení znázorněné na obrázku 44.



Obrázek 40 Měřicí úsek [107]

Oblečení figuranta

Při měření byl figurant oblečen v oděvech a reflexních doplňcích popsaných v tabulce 5. Jedná se o 3 typy oblečení (černé, bílé a pracovní oděv), případně doplněné u figuranta v černém oblečení o reflexní pásku či reflexní vestu.

Tabulka 5 Použité oděvy a reflexní doplňky při měření dohlednosti na chodce v noci

Černý figurant + Černý figurant s reflexní páskou/vestou	Černá obuv (sportovní Nike airmax 2015) Černé kalhoty (džiny Wrangler) Černý svetr (Zara) Reflexní páska nealko žlutá (Český svaz pivovarů a sladoven) Reflexní vesta nová (Cerva) Reflexní vesta sepraná 20 cyklů (Cerva)
Bílý figurant	Bílošedá módní obuv (Baťa) Bílé kalhoty (Marks & Spencer) Bílý svetr (YFL)
Pracovní oděv	Pracovní oděv (Brudra)

Čas a podmínky při měření

Měření probíhalo 2 noci – 12. a 14. června roku 2018 (13. června byla novoluní fáze měsíce), vždy za plné tmy od zhruba 22:30. 1. noc se měření zúčastnili po sobě řidiči č. 1, 2 a 4. 2. noc řidiči č. 3, 5 a 6. Měření proběhlo bez negativních klimatických podmínek za sucha, v úterý 12.6. bylo 18 C°, ve čtvrtek 14.6. bylo 16 °C.

Testované osoby (řidiči)

1. řidič – 25 let

- není si vědom vady zraku nebo zhoršeného vidění, měření zraku neabsolvoval

2. řidič – 25 let

- není si vědom vady zraku nebo zhoršeného vidění, měření zraku neabsolvoval

3. řidič – 25 let

- není si vědom vady zraku nebo zhoršeného vidění, měření zraku neabsolvoval

4. řidič – 51 let

- nosí brýle na blízko,
- podstoupil měření zraku – 1,5 dioptrie, před 5 lety měl 1 dioptrii
- je si vědom zhoršeného vidění při jízdě v noci

5. řidič – 57 let

- není si vědom vady zraku nebo zhoršeného vidění, měření zraku neabsolvoval

6. Řidič – 76 let

- po operaci šedého zákalu (2 měsíce)
- není si vědom vady zraku nebo zhoršeného vidění, měření zraku neabsolvoval

Použité vozidlo při měření

Při měření bylo použito vozidlo Škoda Octavia 1,4 tsi CNG, r.v. 2014. Světlo (na obrázku 41) je reflexního typu, zdrojem tlumeného světla je halogenová žárovka H7. Tato žárovka je umístěna ve výšce 68 cm nad vozovkou. Sklon světlometů byl nastaven podle návodu a dle zatížení na horní mez s nejmenším sklonem světlometů.



Obrázek 41 Reflexní světlomet Škody Octavia III

Měřicí přístroje

Luxmetr EXTECH Instruments 407026

Pro měření intenzity osvětlení byl použit luxmetr EXTECH Instruments 407026 zobrazený na obrázku 42. Luxmetr byl nastaven na zdroj světla z wolframového vlákna a na denní světlo, pomocí tlačítka v poloze L. Dále byl přepnut do měřicího rozsahu 0 – 1999 lx. Parametry jsou uvedeny v tabulce 6.



Obrázek 42 Luxmetr EXTECH Instruments 407026

Tabulka 6 Parametry luxmetru EXTECH Instruments 407026

Parametry luxmetru EXTECH Instruments 407026	
Okruh	Vlastní jednočipový LSI mikroprocesor okruh
Měřicí rozsah	Intenzita osvětlení: 0 až 50000 LUX (3 rozsahy), Foot-candle: 0 – 5000 Fc (3 rozsahy), Relativní režim: 0 až 1999 %
Rozsahy měření intenzity osvětlení [lx]	0 – 1999 1800 – 19990 18000 – 50000
Chyba při měření intenzity osvětlení	± 4 % (+ 2 % při plném rozsahu)
Světelné zdroje	Sodíkové, Denní světlo / wolframová žárovka, Fluorescenční a Rtuťové
Vzorkovací frekvence	0,4 sekundy
Provozní podmínky	0 °C až 50 °C (32 °F až 122 °F), < 80% relativní vlhkosti
Displej	1,4“ LCD displej s nastavitelným kontrastem
Napájení	9 V baterie
Váha	320 g
Rozměry	Přístroj: 180 * 72 * 32 mm Senzor: 85 * 55 * 15,5 mm

Při měření byl senzor luxmetru uchycen pomocí lepící pásky k trubce (spodní části francouzské berle) 10 cm od jednoho konce a od druhého 55 cm. Otáčením této části na vozovce bylo prováděno měření intenzity osvětlení v obou výškách.

Měřicí pásmo PAR 30 m

Při značení staničení vozovky bylo použito měřicí 30metrové pásmo PAR (obrázek 43).



Obrázek 43 Měřicí pásmo PAR 30 m

Fotoaparát Pentax K-3

Pro fotodokumentaci měření byla použita digitální zrcadlovka Pentax K-3 (obrázek 44), jejíž parametry jsou uvedeny v tabulce 7.



Obrázek 44 Fotoaparát Pentax K-3 [108]

Tabulka 7 Parametry fotoaparátu Pentax K-3

Parametry fotoaparátu Pentax K-3	
Typ fotoaparátu	Digitální zrcadlovka
Citlivost ISO (min – max)	100 – 51200
Rychlost závěrky (min – max) [s]	1/8000 – 30
Obrazový snímač	CMOS APS-C 22,3 x 14,9 mm Rozlišení 25 MPx Poměr stran snímáče 3:2
Objektiv	Na fotoaparátu byl nasazen objektiv s ohniskovou vzdáleností 50 mm
Displej LCD	3,2"
Paměťové médium	SD / SDHC / SDXC
Rozměry [mm]	131 x 100 x 77
Hmotnost [g]	800
Rozhraní	HDMI, USB
Baterie	Dobíjecí baterie Li-ion D-LI90

Postup měření

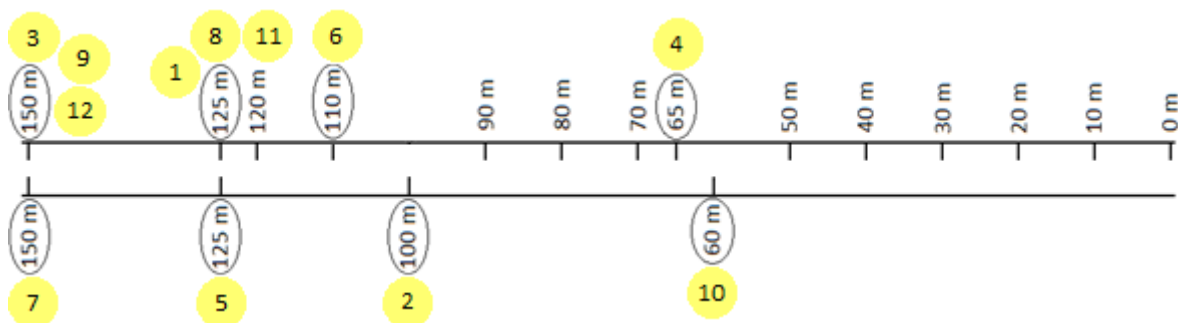
Měření probíhalo za účasti testovaných řidičů, figurantky, vedoucího měření a fotografa. Komunikace probíhala pomocí vysílaček.

Vozidlo vyjíždělo od značky nultého metru. Řidič vozidlo rozjel a jel na 1. rychlostní stupeň bez přidání plynu téměř na volnoběžné otáčky rychlostí 7 až 8 km/h. V okamžiku spatření figuranta řidič sešlápl spojku a brzdu. Vozidlo z této rychlosti zastavovalo na velmi krátké dráze, dle mého odhadu na dráze menší než 1 metr. Po zastavení vozidla byla situace vyfocena, poté figurant v místě, kde simuloval chůzi změřil intenzitu osvětlení ve výškách 10 cm a 55 cm nad vozovkou a odečetla se vzdálenost vozidla od figuranta.

Figurant byl postupně oblečen podle čísla měření v pořadí určeném tabulkou 7 a simuloval chůzi na příslušném místě, zakroužkovaném v obrázku 45. U těchto míst je na obrázku ve žlutých kolečkách označené číslo měření.

Tabulka 8 Oblečení a umístění figuranta podle čísla měření

Měření č.	Oděv figuranta	Strana vozovky
1	černý – pásek pod kolenem	Pravá
2	bílý	Levá
3	černý – vesta sepraná	Pravá
4	černý	Pravá
5	černý – pásek na zápěstí	Levá
6	bílý	Pravá
7	černý – vesta sepraná	Levá
8	černý – pásek nad kotníkem	Pravá
9	černý – vesta nová	Pravá
10	černý	Levá
11	černý – pásek na zápěstí	Pravá
12	pracovní oděv	Pravá



Obrázek 45 Staničení vozovky a polohy jednotlivých figurantů podle čísla měření

Pro měření bylo důležité testovaným řidičům vysvětlit moment, ve kterém vozidlo zastaví. Řidičům bylo řečeno, aby zabrzdili až v momentě, kdy uvidí část figuranta nebo rozpoznají jeho siluetu, nikoliv v momentě, kdy uvidí "svítící" reflexní doplňky a budou si myslet že se jedná o chodce. Řidiči byli rovněž informováni, že figurant může být na pravé i levé straně vozovky.

Fotografie byly vždy foceny s citlivostí ISO o hodnotě 100 při clonovém čísle $f/2.8$ a rychlosti závěrky 1 sekundy. Pro změření intenzity osvětlení bylo třeba, aby se fotodioda adaptovala na okolní intenzitu osvětlení a před měřením tak byl sundán ochranný kryt ze senzoru luxmetru. Při měření intenzity osvětlení bylo senzorem luxmetru natáčeno a odečtena byla největší hodnota.

Možné chyby při měření

Mezi faktory, které mohly ovlivnit naměřené hodnoty patří nerovnost (zvlnění vozovky) a houpání vozidla na nerovnostech, zatačení na dráze, nerovnoměrnost rozložení světla reflektorovými světly, únava řidičů a zastavování vozidla před momentem rozpoznatelnosti figurantů s reflexními doplňky.

Nerovnoměrné rozložení světla reflektorovými světly mohlo kromě vzdálenosti dohlednosti ovlivnit rovněž měření intenzity osvětlení – intenzita osvětlení mohla nabývat v nepříliš od sebe vzdálených bodech odlišných hodnot.

Konec posledních měření byl v noci kolem 2. hodiny. Měření podstoupily v oba dny starší řidiči po mladších. Zde mohl hrát větší roli faktor únavy a s ním spojené horší reakce.

Dalším problémem bylo rozpoznání figurantů s reflexními doplňky, neboť tyto prvky byly viditelné už od počáteční polohy vozidla na začátku dráhy a řidiči mohli zastavovat dříve než v momentě jistého rozpoznání figuranta.

8.1 Naměřené hodnoty

Měření podstoupilo 6 výše popsaných řidičů. Řidiči byli pro vyhodnocení rozděleny na skupinu mladších a skupinu starších. Ve skupině mladších byli 3 řidiči, všichni ve věku 25 let. Ve skupině starších byli 3 řidiči ve věku 51, 57 a 76 let. U každého proběhlo 12 měření, celkem tedy proběhlo 72 měření. Naměřené hodnoty zobrazují tabulky 9 a 10.

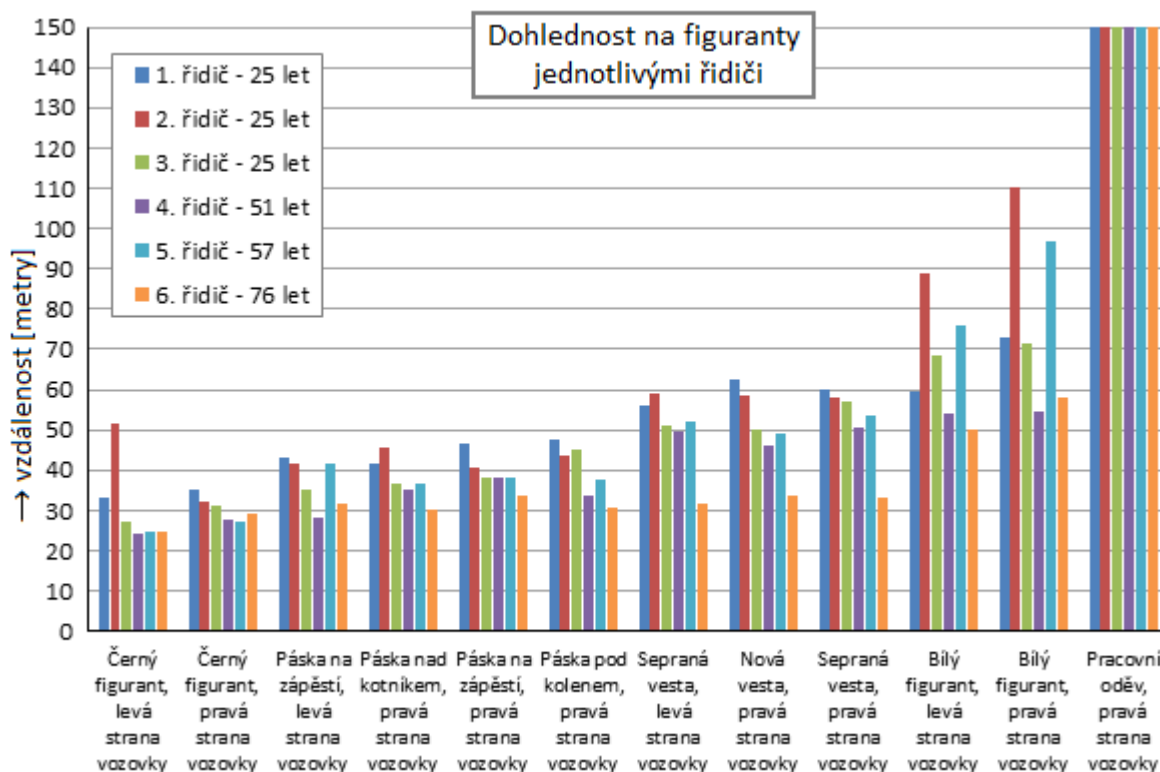
Tabulka 9 Vzdálenosti dohledností řidičů na figuranty

Vzdálenosti dohledností na různě (dle čísla měření) oděného figuranta [metry]												
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. řidič - 25 let	47,8	59,5	60,0	35,0	43,0	73,0	56,0	41,5	62,5	33,3	46,5	150
2. řidič - 25 let	43,5	89,0	58,0	32,2	41,6	110,0	59,0	45,5	58,5	51,5	40,7	150
3. řidič - 25 let	45,0	68,5	57,0	31,2	35,0	71,3	51,3	36,5	50,0	27,0	38,0	150
4. řidič - 51 let	33,6	54,3	50,5	27,5	28,0	54,8	49,5	35,3	46,3	24,0	38,3	150
5. řidič - 57 let	37,8	75,8	53,6	27,2	41,5	96,7	52,0	36,8	49,0	24,8	38,0	150
6. řidič - 76 let	30,5	50,0	33,0	29,0	31,5	58,0	31,5	30,0	33,5	24,5	33,8	150
Průměr mladších řidičů	45,4	72,3	58,3	32,8	39,9	84,8	55,4	41,2	57,0	30,2	41,7	150
Průměr starších řidičů	34,0	60,0	45,7	27,9	33,7	69,8	44,3	34,0	42,9	24,4	36,7	150
Průměr všech řidičů	39,7	66,2	52,0	30,4	36,8	77,3	49,9	37,6	50,0	27,3	39,2	150

Tabulka 10 Intenzity osvětlení

Intenzity osvětlení v místě figurantů při jejich rozpoznání řidiči [luxy]												
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. řidič - 25 let - 10 cm	1	1	1	6	1	1	1	2	1	2	1	0
1. řidič - 25 let - 55 cm	1	1	1	2	0	1	0	1	1	1	1	0
2. řidič - 25 let - 10 cm	1	0	1	8	1	0	1	1	1	0	2	0
2. řidič - 25 let - 55 cm	1	0	1	2	1	0	0	1	1	0	1	0
3. řidič - 25 let - 10 cm	1	0	1	10	1	0	1	4	6	6	3	0
3. řidič - 25 let - 55 cm	1	0	1	2	1	0	1	1	1	2	1	0
4. řidič - 51 let - 10 cm	9	1	5	11	6	2	1	6	6	10	3	0
4. řidič - 51 let - 55 cm	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	0
5. řidič - 57 let - 10 cm	3	1	1	9	1	1	1	3	6	3	3	0
5. řidič - 57 let - 55 cm	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0
6. řidič - 76 let - 10 cm	15	1	8	13	4	1	5	18	8	9	9	0
6. řidič - 76 let - 55 cm	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	1	0
Průměr mladších řidičů - 10 cm	1,0	0,3	1,0	8,0	1,0	0,3	1,0	2,3	2,7	2,7	2,0	0
Průměr mladších řidičů - 55 cm	1,0	0,3	1,0	2,0	0,7	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	0
Průměr starších řidičů 10 cm	9,0	1,0	4,7	11,0	3,7	1,3	2,3	9,0	6,7	7,3	5,0	0
Průměr starších řidičů 55 cm	1,7	1,0	1,3	2,0	1,3	0,7	1,3	2,0	1,3	1,7	1,0	0
Průměr 10 cm všech řidičů	5,0	0,7	2,8	9,5	2,3	0,8	1,7	5,7	4,7	5,0	3,5	0
Průměr 55 cm všech řidičů	1,3	0,7	1,2	2,0	1,0	0,5	0,8	1,5	1,2	1,3	1,0	0

Různě odění figuranti jsou podle naměřených hodnot vzdáleností dohlednosti v následně vytvořených grafech seřazeni od nejmenší po největší. Hodnoty vzdáleností dohlednosti všech řidičů na jednotlivé figuranty znázorňuje graf 3, hodnoty intenzit osvětlení 10 cm a 55 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání řidiči znázorňuje graf 4 a graf 5.



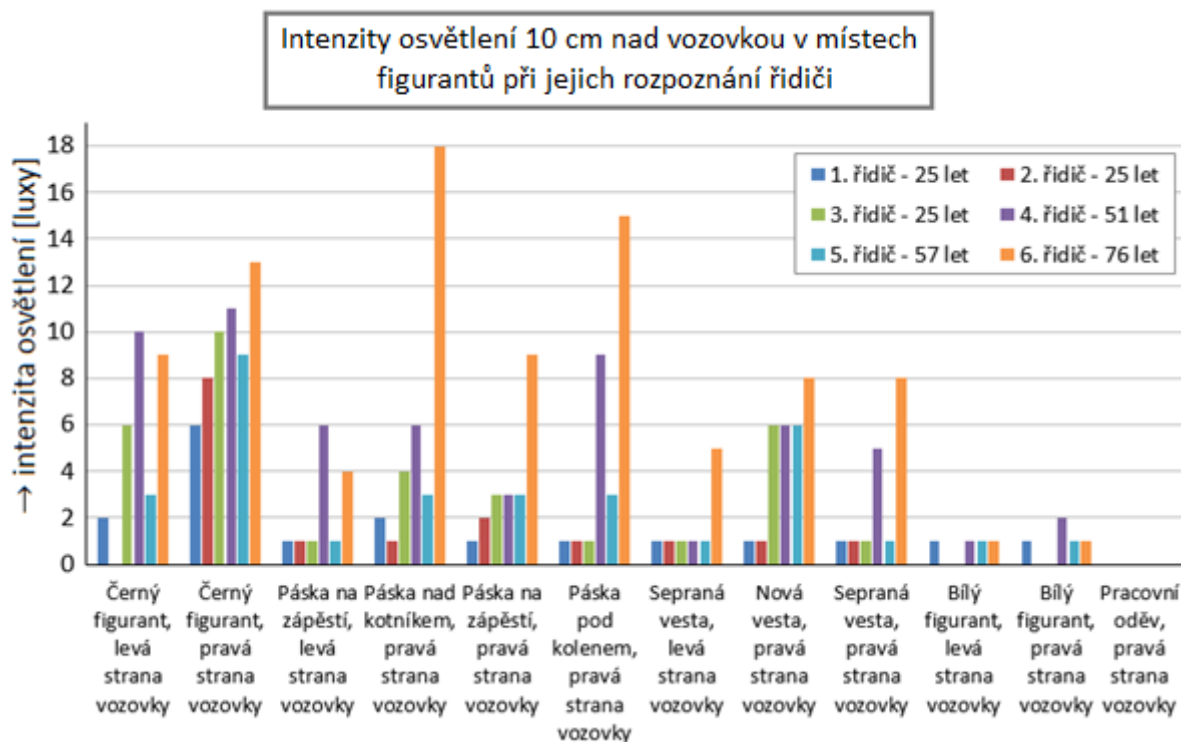
Graf 3 Vzdálenosti dohlednosti na různě oděné figuranty všemi řidiči

U figuranta v černém oblečení na levé straně vozovky si lze všimnout extrémní hodnoty dohlednosti u řidiče č.2. U tohoto figuranta bylo dosahováno nejmenších vzdáleností dohlednosti a zde byla naměřena hodnota 51,5 metrů. Toto bylo způsobeno nerovností vozovky, nebo kombinací se zatáčením na dráze. Tato hodnota je vyřazena a není s ní počítáno v průměrných hodnotách.

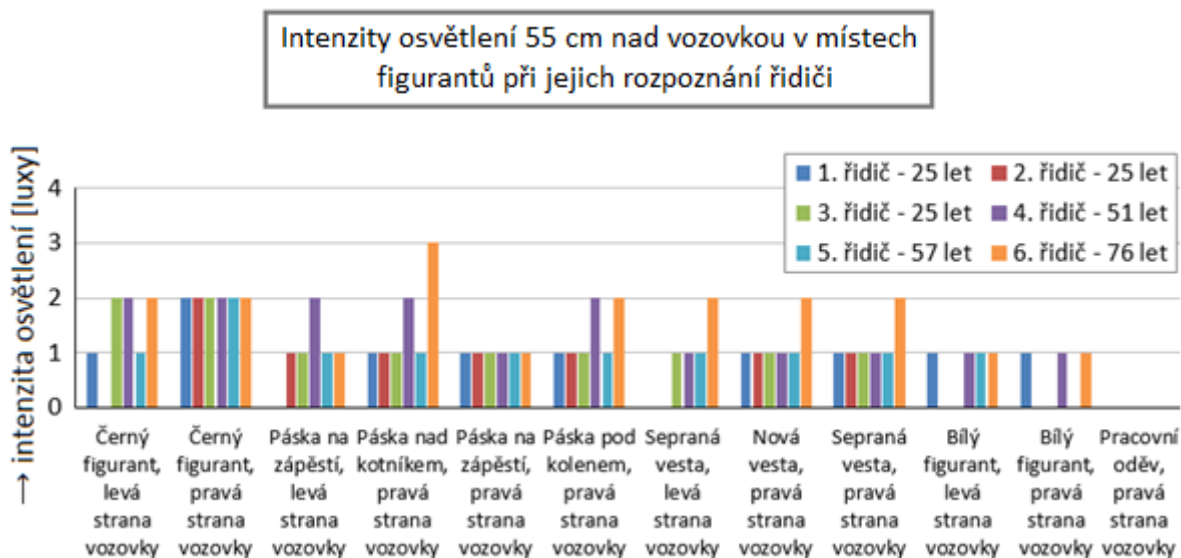
Největších vzdáleností dohlednosti na figuranty bylo dosahováno u 1. a 2. řidiče. Tito řidiči byli velmi namotivováni a mohli zastavovat dříve než při stoprocentní jistotě rozeznání figuranta. Toto mohlo nastat u figurantů s reflexní páskou nebo reflexní vestou.

Při měření bylo dosahováno celkem velkých rozdílů v naměřených intenzitách osvětlení. Například ve vzdálenosti 43,5 metrů byla na pravé straně 10 cm nad vozovkou naměřena intenzita 1 lux, při jiném měření byla ve vzdálenosti 50,5 metrů ve stejné výšce

naměřena intenzita 5 luxů. To mohlo být způsobeno nerovností vozovky a jejím zvlněním, zatačením vozidla a nerovnoměrností rozložení světla reflektorovými světly, které v případě malého zatočení vozidlem mohly osvětlovat stejné místo se zřetelně jinou intenzitou.



Graf 4 Intenzity osvětlení 10 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání řidiči



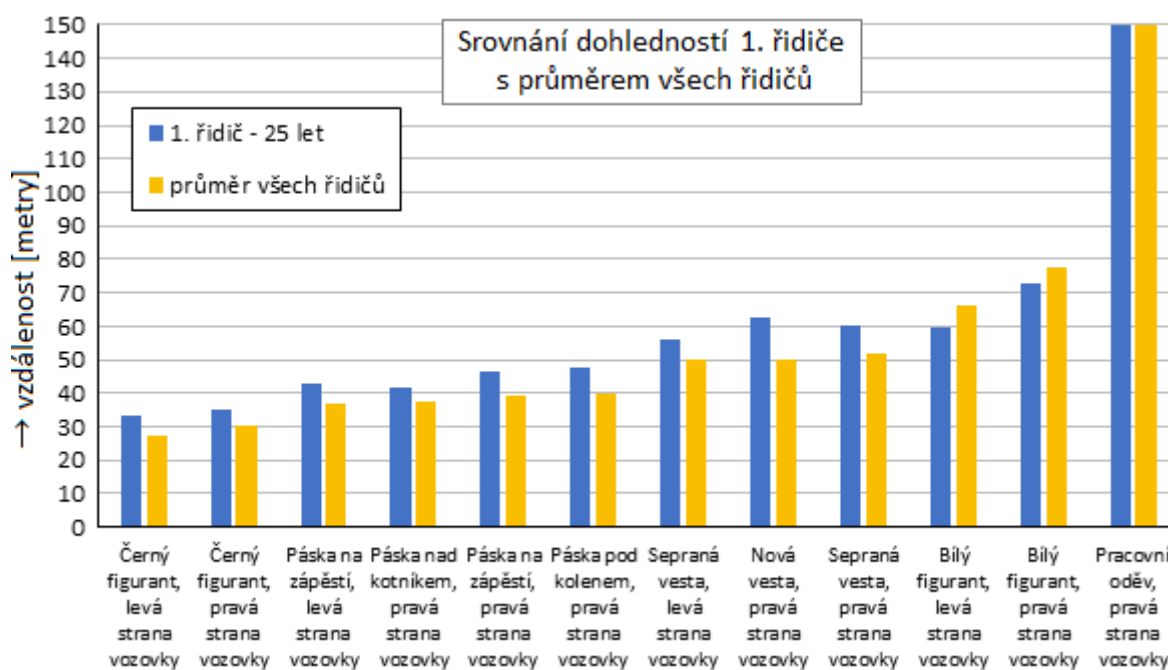
Graf 5 Intenzity osvětlení 55 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání řidiči

8.2 Viditelnost figurantů řidiči různých věkových kategorií

Porovnání dohledností jednotlivých řidičů s průměrnými hodnotami

1. řidič – 25 let

1. řidič rozpoznával nejčastěji na nejdelší vzdálenost tmavě oděné figuranty (kromě extrému 2. řidiče popsaného výše) včetně těch s reflexními doplňky. Například černého figuranta na pravé straně vozovky rozpoznal na 35 metrů (průměr je 30,4 metrů) nebo černého figuranta s reflexní páskou pod kolenem vpravo (obrázek 46) na 47,8 metrů (průměr je 39,7 metrů). Bílé figuranty viditelné na větší vzdálenosti nerozpoznával až tak dobře, dosahoval lehce podprůměrných hodnot – figuranta na pravé straně vozovky rozpoznal na 73 metrů (průměr je 77,3 metrů). Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 1. řidiče je znázorněno v grafu 6.



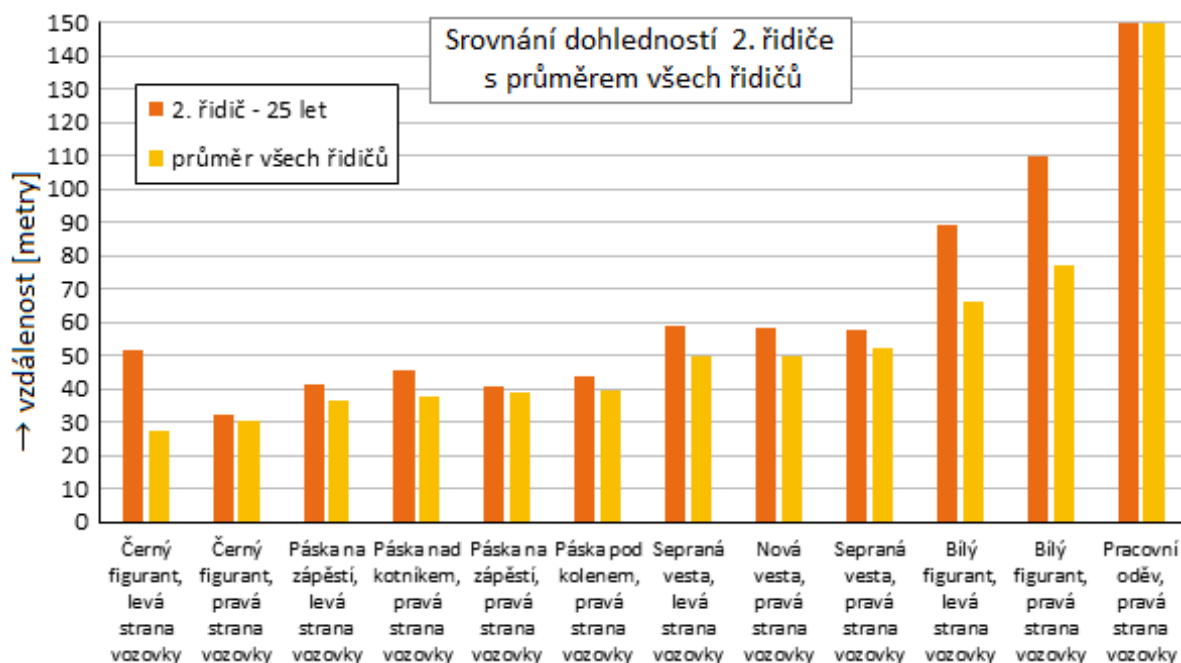
Graf 6 Srovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 1. řidiče s průměrem všech řidičů



Obrázek 46 Černý figurant s reflexní páskou pod kolenem na pravé straně vozovky rozpoznáný 1. řidičem na vzdálenost 47,8 metrů

2. řidič – 25 let

2. řidič dosahoval nadprůměrných hodnot u všech figurantů, bíle oděné figuranty rozpoznal na největší vzdálenost. Bílého figuranta na levé straně vozovky (obrázek 47) rozpoznal na 89 metrů (průměr je 66,2 metrů) a na pravé straně na 110 metrů (průměr je 77,3 metrů). Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 2. řidiče je znázorněno v grafu 7.



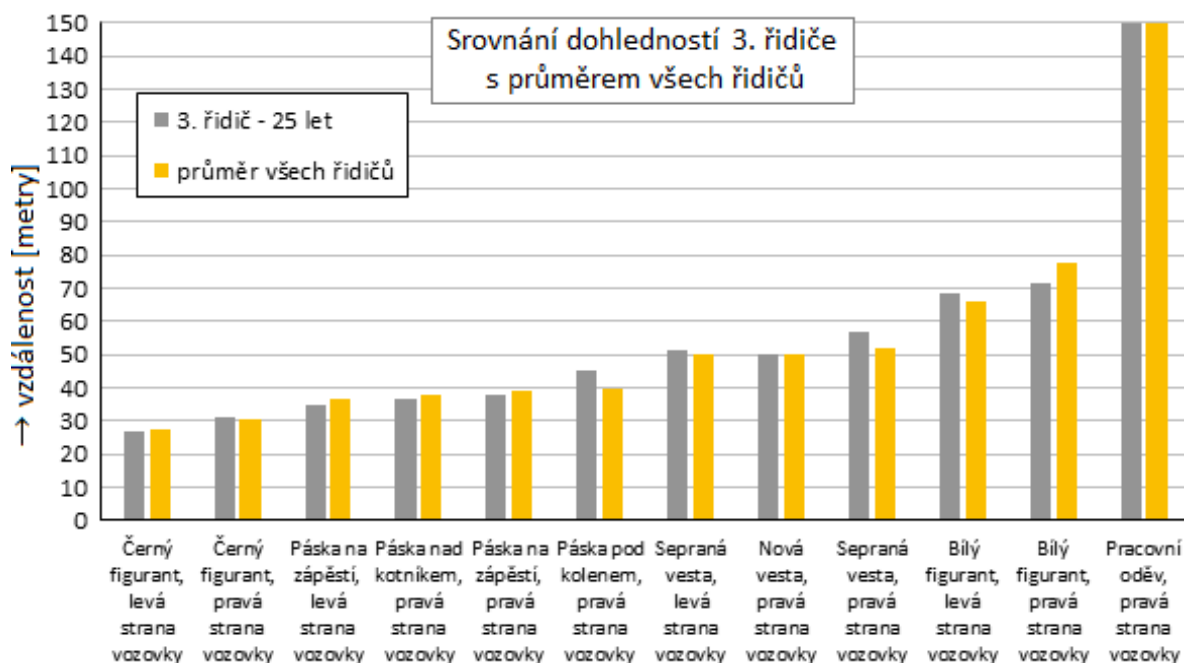
Graf 7 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 2. řidiče s průměrem všech řidičů



Obrázek 47 Bílý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 2. řidičem na vzdálenost 89 metrů

3. řidič – 25 let

3. řidič dosahoval průměrných až lehce nadprůměrných hodnot. Například černého figuranta na levé straně vozovky rozpoznal na 27 metrů (průměr je 27,3 metrů), figuranta v seprané vestě vpravo (obrázek 48) na 57 metrů (průměr je 49,9 metrů) nebo bílého figuranta vlevo rozpoznal na 68,5 metrů (průměr je 66,2 metrů). Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 3. řidiče je znázorněno v grafu 8.



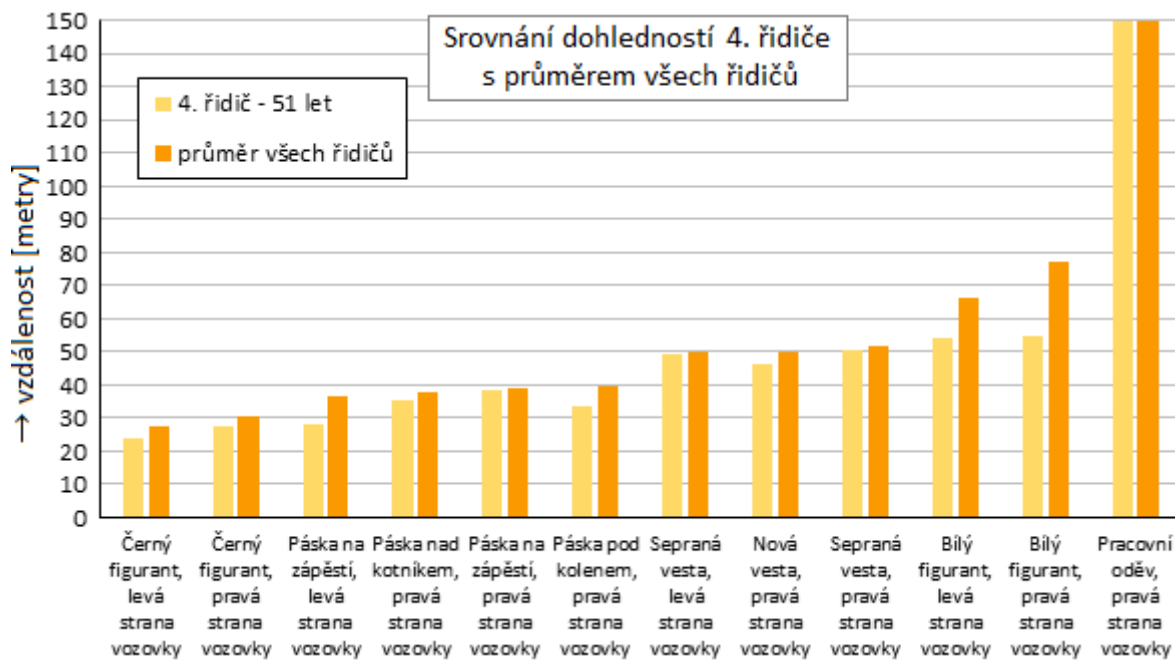
Graf 8 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 3. řidiče s průměrem všech řidičů



Obrázek 48 Černý figurant v seprané vestě na pravé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 57 metrů

4. řidič – 51 let

U tohoto řidiče, který nosí brýle na blízko a uvádějící zhoršené vidění při jízdě za snížené viditelnosti jsou patrné menší vzdálenosti dohledností. Černého figuranta na levé straně vozovky (obrázek 49) rozpoznal na nejmenší vzdálenost – na 24 metrů (průměr je 27,3 metrů), stejně tak figuranta s reflexní páskou na zápěstí vlevo na 28 metrů (průměr je 36,8 metrů) a na nejmenší vzdálenost rozpoznal také bílého figuranta vlevo – na 54,3 metrů (průměr je 66,2 metrů). U reflexních doplňků dosahoval téměř průměrných hodnot, například u figuranta s reflexní páskou na zápěstí vpravo byla jeho dohlednost 38,3 metrů (průměr je 39,2 metrů). Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 4. řidiče je znázorněno v grafu 9.



Graf 9 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 4. řidiče s průměrem všech řidičů

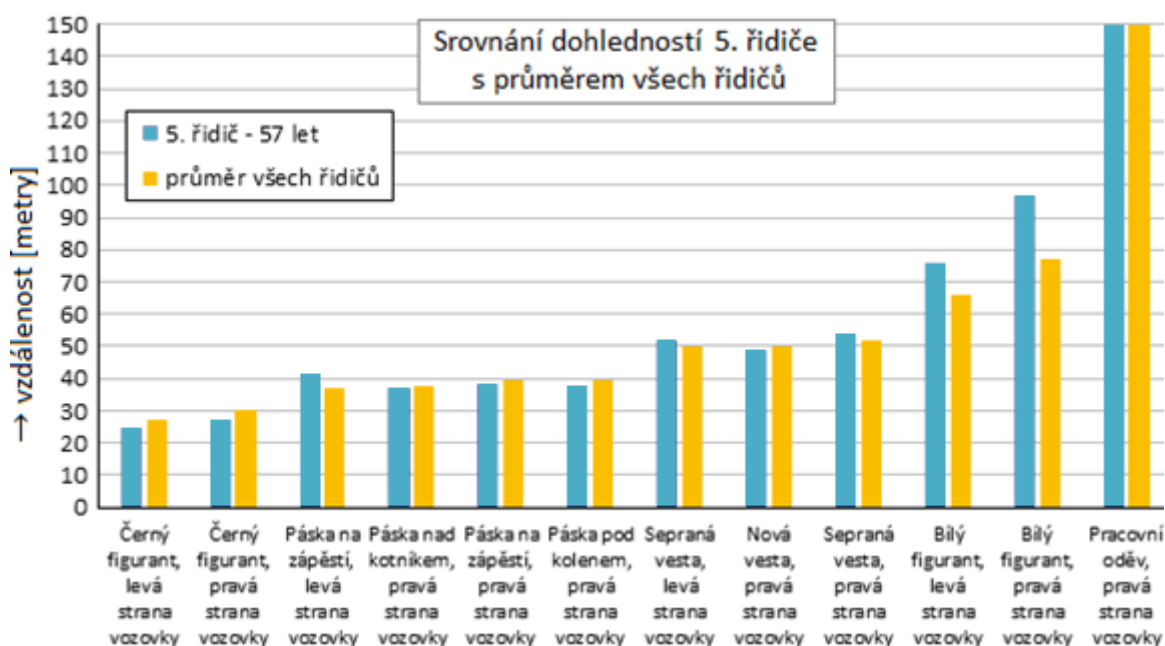


Obrázek 49 Černý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 4. řidičem na vzdálenost 24 metrů

5. řidič – 57 let

5. řidič, který si není vědom zhoršeného vidění dosahoval horších výsledků jen u černého figuranta bez reflexních prvků – například na pravé straně vozovky figuranta rozpoznal na nejmenší vzdálenost – 27,2 metrů (průměr je 30,4 metrů). U figurantů

s reflexní páskou nebo vestou dosahoval průměrných až nadprůměrných výsledků, například figurant v seprané reflexní vestě na levé straně (obrázek 50) rozpoznal na 52 metrů (průměr je 49,9 metrů). Bílého figuranta rozpoznával na velmi nadprůměrné vzdálenosti – 96,7 metrů v případě figuranta na pravé straně vozovky (průměr je 77,3 metrů), 75,8 metrů v případě figuranta na levé straně vozovky (průměr je 66,2 metrů). Těmito vzdálenostmi překonal dva 25leté řidiče. Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 5. řidiče je znázorněno v grafu 10.



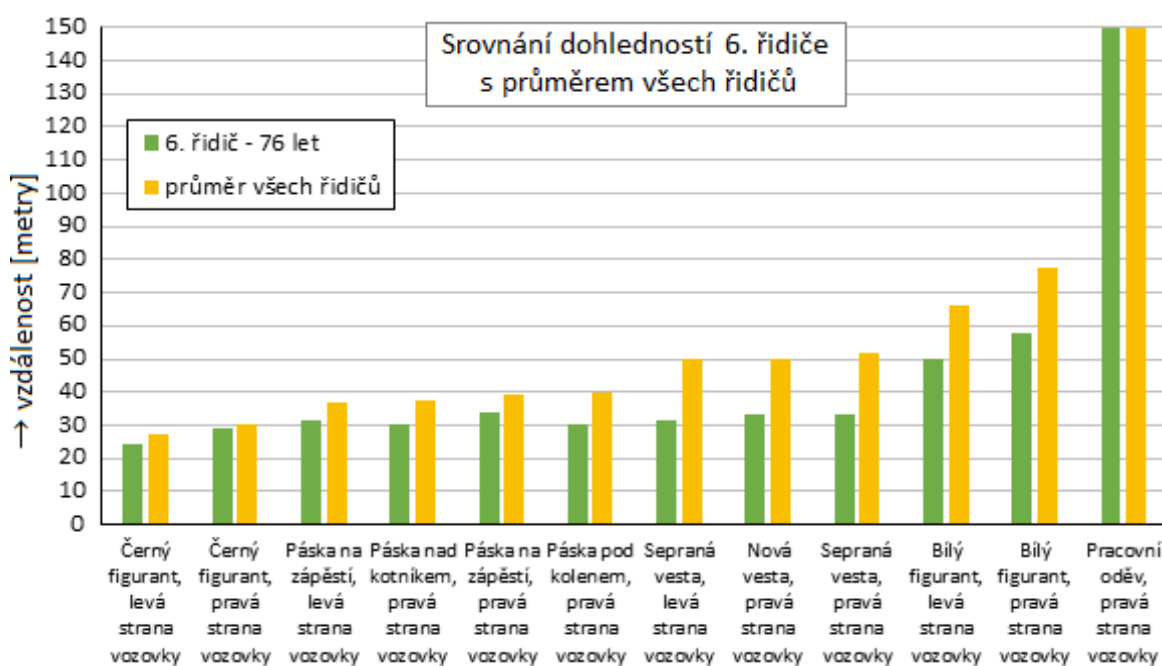
Graf 10 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 5. řidiče s průměrem všech řidičů



Obrázek 50 Černý figurant v seprané reflexní vestě na levé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 52 metrů

6. řidič – 76 let

Tento řidič po operaci šedého zákalu ale uvádějící, že si není vědom zhoršeného vidění, dosahoval lehce až silně podprůměrných hodnot dohledností. Zde si lze všimnout, že rozpoznával figuranty v reflexních doplňcích na velmi podobnou krátkou a jen nepatrně vyšší vzdálenost než u černých figurantů bez reflexních doplňků a pro jejich rozpoznání potřeboval intenzity osvětlení s hodnotami výrazně převyšujícími hodnoty intenzit osvětlení ostatních řidičů. Například figuranta s reflexní páskou nad kotníkem na pravé straně vozovky (obrázek 51) rozpoznal na vzdálenost 30 metrů. Znatelně tak snižoval průměrné hodnoty vzdáleností dohlednosti, přičemž nejvýrazněji se toto projevilo u figurantů s reflexní vestou. Zároveň zvyšoval průměrné hodnoty intenzit osvětlení. Porovnání průměrných dohledností a dohledností na figuranty u 6. řidiče je znázorněno v grafu 11.



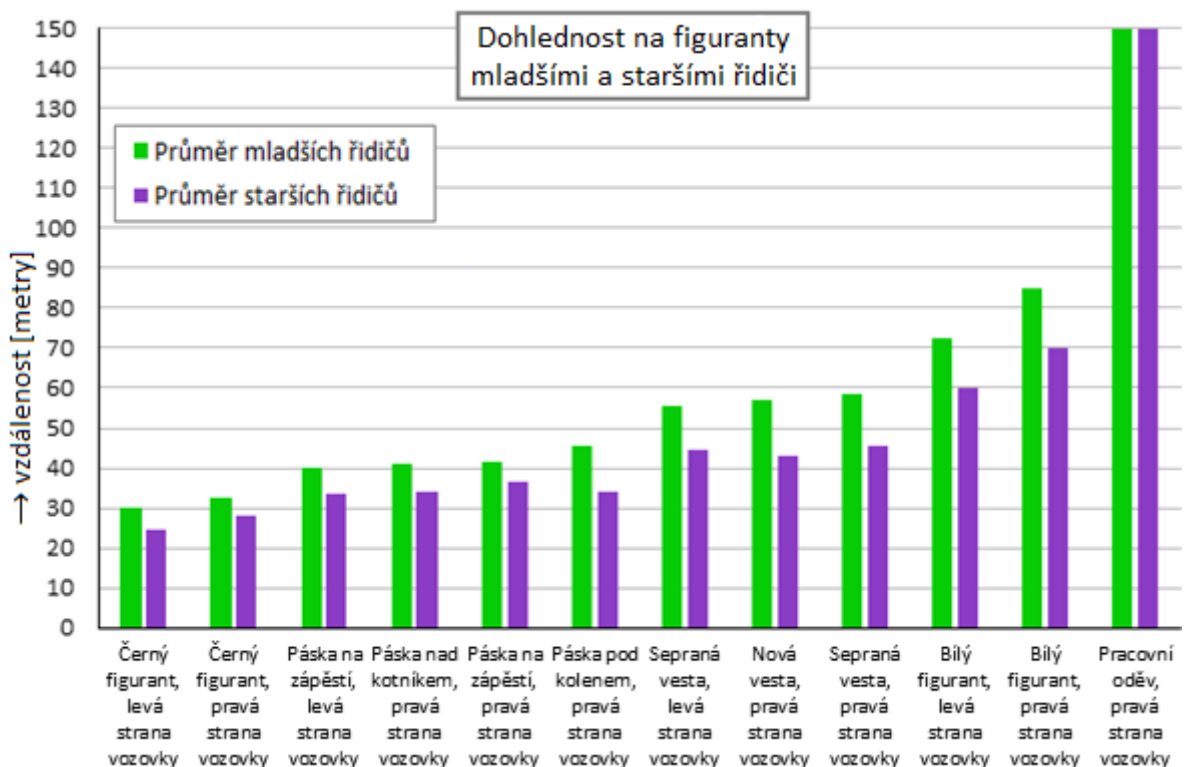
Graf 11 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 6. řidiče s průměrem všech řidičů



Obrázek 51 Černý figurant s reflexní páskou nad kotníkem na pravé straně vozovky rozpoznáný 6. řidičem na vzdálenost 30 metrů

Porovnání mladších a starších řidičů

Na následujícím grafu 12 jsou zobrazeny průměrné vzdálenosti dohledností mladších a starších řidičů na různě oděné figuranty.

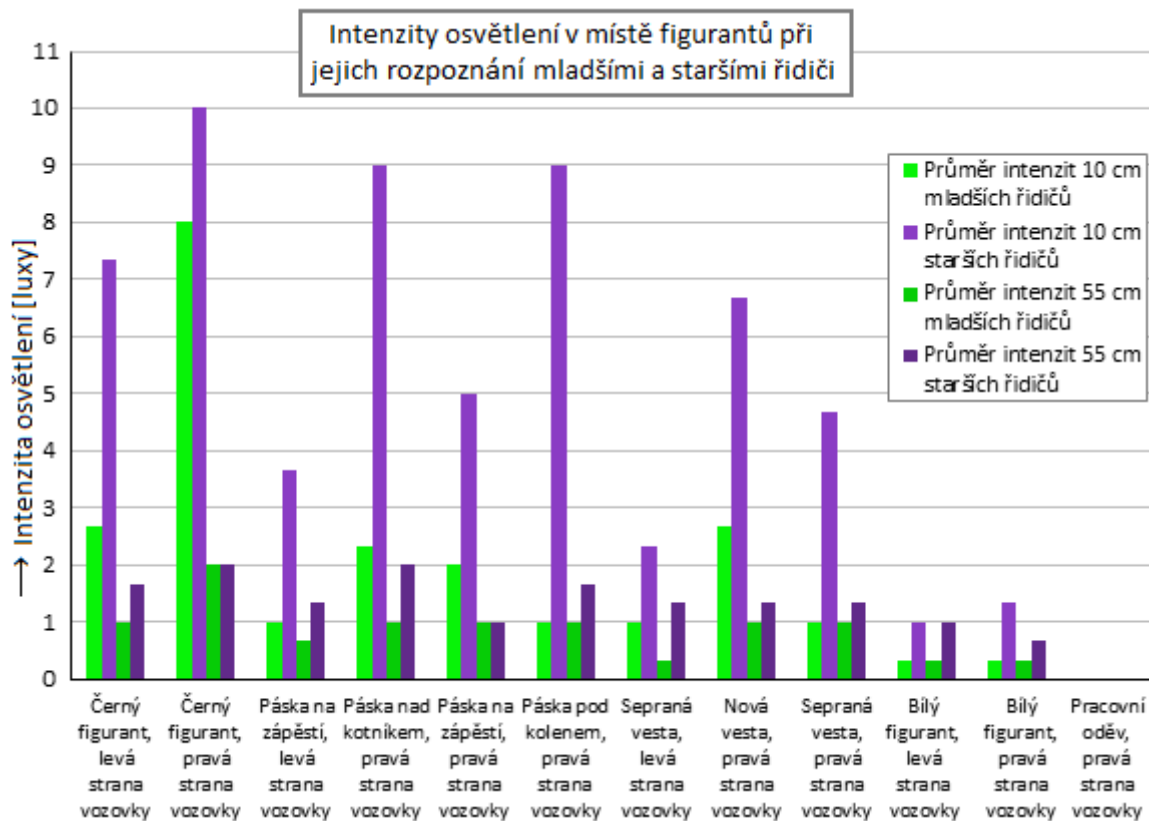


Graf 12 Srovnání průměrných vzdáleností dohlednosti mladších a starších řidičů na různě oděné figuranty

Z grafu 12 je patrná jasně horší dohlednost na figuranty staršími řidiči. Pro rozpoznání černého figuranta na pravé straně vozovky potřebovali mladší řidiči v průměru 32,8 metrů při průměrné intenzitě osvětlení 8 luxů ve výšce 10 cm nad vozovkou, u starších řidičů to bylo 27,9 metrů při průměrné intenzitě 11 luxů. U figuranta na levé straně vozovky byly tyto hodnoty u mladších řidičů 30,2 metrů a 2,7 luxu, u starších řidičů 24,4 metrů a 7,3 luxů. Bílého figuranta na pravé straně rozpoznávali mladší řidiči průměrně na 84,8 metrů při intenzitě 0,3 luxu, starší řidiči na 69,8 metrů při 1,3 luxech. Na levé straně byly tyto hodnoty u mladších řidičů 72,3 metrů a 0,3 luxu, u starších řidičů 60 metrů a 1 lux.

U figurantů s reflexní páskou a reflexní vestou měl velký vliv řidič. č. 6, který pro jejich rozpoznání potřeboval proti ostatním řidičům větších intenzit osvětlení – potřeboval být tedy znatelně blíže k figurantům a průměr starších řidičů značně snižoval. Přesto při vyloučení jeho hodnot vychází celkově u těchto figurantů v případě mladších řidičů průměrná vzdálenost dohlednosti o 6,3 metrů (o 14,9 %) delší a průměrná intenzita osvětlení 10 cm nad vozovkou o 2,29 luxu (o 59,3 %) menší, než u dvou zbylých starších řidičů.

Průměrné intenzity osvětlení 10 cm a 55 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání mladšími a staršími řidiči jsou vyobrazeny v grafu 13.



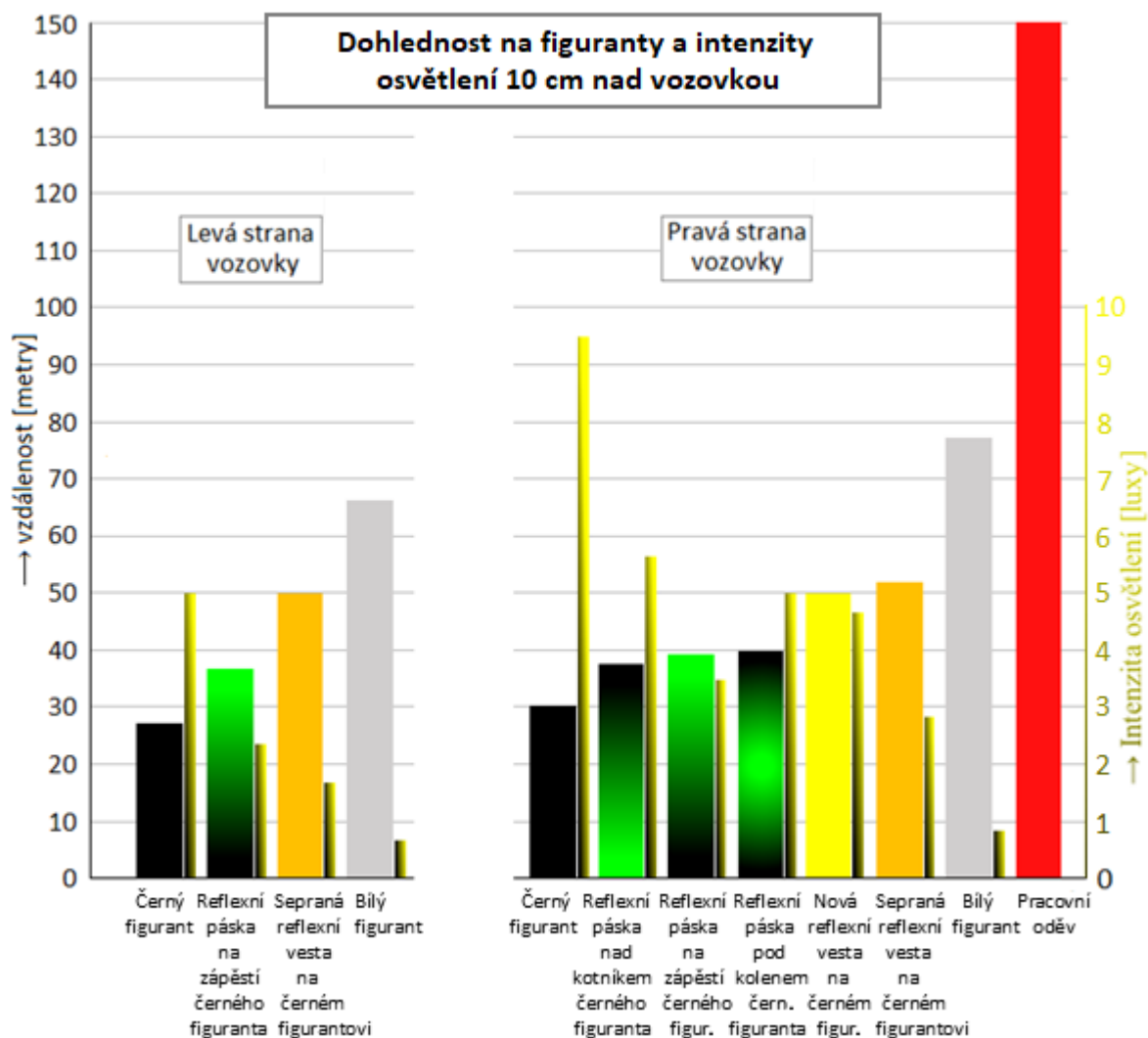
Graf 13 Intenzity osvětlení 10 cm a 55 cm nad vozovkou v místě figurantů při jejich rozpoznání mladšími a staršími řidiči

8.2.1 Vyhodnocení výsledků

Naměřené hodnoty ukazují, že mladší řidiči rozpoznávali figuranty na delší vzdálenost a pro rozpoznání jim stačily znatelně menší intenzity osvětlení. V případě figurantů bez reflexních doplňků bylo u mladších řidičů dosahováno v průměru o 20,8 % vyšších hodnot vzdáleností dohlednosti a potřebovali v průměru o 45,2 % menší intenzitu osvětlení v 10 centimetrech nad vozovkou. U černých figurantů v reflexních doplňcích byli řidiči upozorňováni odraženým světlem z reflexních doplňků a záleželo v jaké intenzitě osvětlení řidič figuranta rozpozná. U těchto figurantů dosahoval nejstarší řidič, vůči ostatním řidičům, neobvykle slabých výsledků a zhoršoval průměrné hodnoty u starších řidičů. I po vyloučení jeho výsledků rozpoznávali mladší řidiči tyto figuranty na vzdálenost o 14,9 % delší při o 59,3 % menší intenzitě osvětlení v 10 centimetrech nad vozovkou než zbylí 2 starší řidiči. Figurant v pracovním oděvu byl rozpoznán na 150 metrů i nejstarším řidičem při nulové intenzitě osvětlení.

8.3 Dohlednost na chodce v různých oděvech a reflexních doplňcích

Na grafu 14 jsou znázorněny průměrné vzdálenosti dohledností všech řidičů na různě oděné figuranty a průměrné intenzity osvětlení 10 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání.



Graf 14 Průměrné vzdálenosti dohledností na jednotlivé figuranty na levé a pravé straně vozovky a průměrné intenzity osvětlení 10 cm nad vozovkou (úzké černožluté sloupce) v místě figurantů při jejich rozpoznání

Černý figurant

Pro rozpoznání černého figuranta bylo potřeba největších intenzit osvětlení a nejmenších vzdáleností mezi vozidlem a figurantem. Průměrně byl na pravé straně vozovky rozpoznáván na 30,4 metrů (hodnoty se pohybovaly v rozpětí 27,2 až 35 metrů)

při průměrné intenzitě osvětlení 9,5 luxů 10 cm nad vozovkou. Na levé straně vozovky byl průměr 27,3 metrů (rozpětí 24 až 33,3 metrů, extrém 51,5 metrů byl vyloučen) při průměrné intenzitě osvětlení 5 luxů. Na obrázcích 52 a 53 jsou zachyceny situace při rozpoznání černých figurantů 2. a 3. řidičem.



Obrázek 52 Černý figurant na pravé straně vozovky rozpoznáný 2. řidičem na vzdálenost 32,2 metrů



Obrázek 53 Černý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 27 metrů

Černý figurant s reflexní páskou na zápěstí

Průměrná hodnota vzdáleností dohlednosti na tohoto figuranta byla na pravé straně vozovky 39,2 metrů (rozpětí hodnot 33,8 až 46,5 metrů) při průměrné intenzitě osvětlení 3,5 luxu a na levé straně 36,8 metrů (28 až 43 metrů) při průměrné intenzitě osvětlení 2,3 luxu. Situace při rozpoznání těchto figurantů 4. a 6. řidičem jsou na obrázcích 54 a 55.



Obrázek 54 Černý figurant s reflexní páskou na zápěstí na pravé straně vozovky rozpoznáný 4. řidičem na vzdálenost 38,25 metrů



Obrázek 55 Černý figurant s reflexní páskou na zápěstí na levé straně vozovky rozpoznáný 6. řidičem na vzdálenost 31,5 metrů

Při měření s různě umístěvanou reflexní páskou na černém figurantovi byla páska viditelná všemi řidiči vždy v počáteční poloze vzdálené 125 metrů a upozorňovala řidiče malým odraženým světlem. Podle tohoto malého světla nešlo specifikovat o jaký předmět se jedná, ale řidiči se mohli více zaměřit na toto místo. Upozornění řidičů a rozpoznání pohybu chodce napomáhal její pohyb. Největšímu pohybu byla páska vystavena při jejím umístění na zápěstí, nejmenšímu při umístění nad kotník. Nicméně i při jejím umístění nad kotník páska významně přitahovala řidičovu pozornost.

Černý figurant s reflexní páskou nad kotníkem

Zde byl průměr vzdáleností dohlednosti na figuranta na pravé straně vozovky 37,6 metrů s rozpětím hodnot 30 až 45,5 metrů. Průměrná intenzita osvětlení byla 5,7 luxů, přičemž zde byl průměr intenzit velmi ovlivněn 6. řidičem s nejvyšší naměřenou intenzitou osvětlení 18 luxů. Situace při rozpoznání tohoto figuranta 3. řidičem je na obrázku 56.



Obrázek 56 Černý figurant s reflexní páskou nad kotníkem rozpoznaný 3. řidičem na vzdálenost 36,5 metrů

Černý figurant s reflexní páskou pod kolenem

Průměrná vzdálenost dohlednosti na tohoto figuranta na pravé straně byla 39,7 metrů s rozpětím hodnot 30,5 až 47,8 metrů, při průměrné intenzitě osvětlení 5 luxů. Situace při rozpoznání tohoto figuranta 6. řidičem je na obrázku 57.



Obrázek 57 Černý figurant s reflexní páskou pod kolenem rozpoznaný 6. řidičem na vzdálenost 30,5 metrů

Černý figurant v seprané reflexní vestě

Tento figurant byl na pravé straně vozovky v průměru rozpoznáván na 52 metrů (rozpětí hodnot 33 až 60 metrů) při průměrné intenzitě osvětlení 2,8 luxu, na levé straně byla dohlednost v průměru 49,9 metrů s hodnotami mezi 31,5 až 59 metry při průměrné intenzitě osvětlení 1,7 luxu. Situace při rozpoznání těchto figurantů 4. a 6. řidičem jsou na obrázcích 58 a 59.



Obrázek 58 Černý figurant v seprané reflexní vestě na pravé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 53,6 metrů



Obrázek 59 Černý figurant v seprané reflexní vestě na levé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 51,25 metrů

Při měření s reflexní vestou byly reflexní pruhy vest v noci velmi výrazné a řidiče značně upozorňovaly, ale neznázorňovaly jasně postavu člověka jako pracovní oděv. Řidiči tak museli čekat až rozpoznají postavu figuranta v nereflexním oděvu. Zde se

uplatnil i úplet vesty, který byl na černém figurantovi viditelný na větší vzdálenost než zbytek oblečení černého figuranta.

Porovnání seprané a nové vesty je na stejně ztmavených fotkách na obrázku 61. Lze vidět, že u seprané vesty jsou reflexní pruhy ve tmě méně odrazivé, ale stále výrazné a barva úpletu lehce ztratila svou oranžovou barvu.

Černý figurant v nové reflexní vestě

Průměrná vzdálenost dohlednosti na tohoto figuranta na pravé straně vozovky byla 50 metrů s rozpětím hodnot 33,5 až 62,5 metrů, při průměrné intenzitě osvětlení 4,7 luxu. Situace při rozpoznání tohoto figuranta 3. řidičem je na obrázku 60.

Rozdíl mezi novou a sepranou reflexní vestou je velmi malý a o 2 metry lepší výsledek u seprané vesty neprokazuje při těchto 6 měření delší dohlednost.



Obrázek 60 Černý figurant v nové reflexní vestě rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 50 metrů



Obrázek 61 Vlevo: sepraná reflexní vesta (33 metrů před vozidlem), vpravo: nová vesta (33,5 metrů před vozidlem) při naměřených stejných intenzitách osvětlení (8 luxů v oblasti kotníků, 2 luxy v oblasti kolen)

Bílý figurant

Bílý figurant byl na pravé straně vozovky rozpoznáván na velký rozsah hodnot vzdáleností, největší hodnota byla 2 x větší než nejmenší. Průměr byl 77,3 metrů (hodnoty se pohybovaly v rozpětí 54,8 až 110 metrů) a průměrná intenzita osvětlení byla 0,8 luxu. Na levé straně vozovky byla dohlednost v průměru 66,2 metrů (rozpětí 50 až 89 metrů), při průměrné intenzitě osvětlení 0,7 luxu. Situace při rozpoznání těchto figurantů 5. řidičem jsou na obrázcích 62 a 63.



Obrázek 62 Bílý figurant na pravé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 96,7 metrů



Obrázek 63 Bílý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 75,75 metrů

Figurant v pracovním oděvu

Pracovní oděv jasně znázorňoval lidskou postavu a všichni řidiči si byli už ve výchozí pozici na 150 metrů jistí, že se jedná o člověka a vozidlo nerozjížděli. V této vzdálenosti byla intenzita osvětlení rovna nule. U řidiče č. 4 byla pro zajímavost vyzkoušena dohlednost na figuranta vzdáleného 165 metrů a řidič stále s jistotou figuranta rozpoznal. Situace při rozpoznání tohoto figuranta na vzdálenost 150 metrů je na obrázku 64.

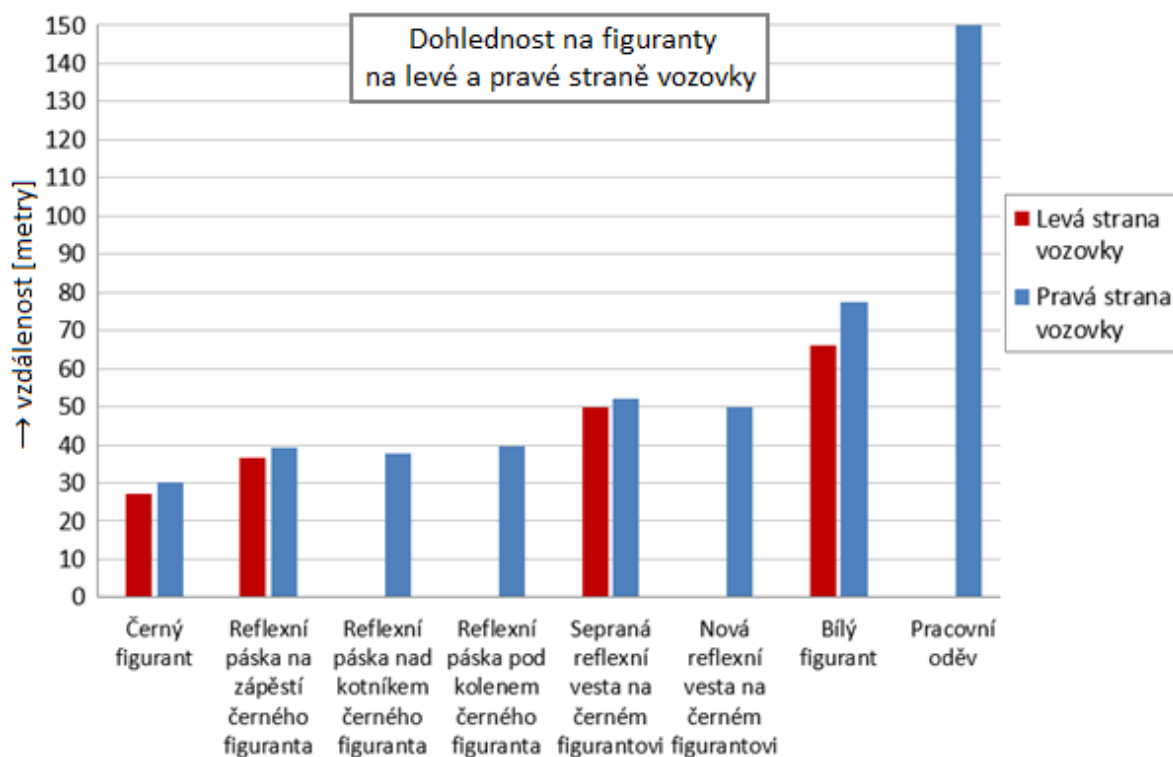


Obrázek 64 Figurant v pracovním oděvu rozpoznáný na vzdálenost 150 metrů



Obrázek 65 Přiblížení fotky figuranta v pracovním oděvu vzdáleného 150 metrů

U čtyř figurantů bylo provedeno měření na pravé i levé straně vozovky. V grafu 15 je znázorněno porovnání průměrných vzdáleností dohlednosti na figuranty na pravé a na levé straně vozovky. U všech čtyř případů je vzdálenost na levé straně menší než na pravé straně.



Graf 15 Srovnání průměrných vzdáleností dohlednosti na různě oděné figuranty na levé a pravé straně vozovky

Rozdíl pravé a levé strany u černého figuranta je 30,4 proti 27,3 metrům. U reflexní pásky na zápěstí bylo dosaženo hodnot 39,2 metrů na pravé a 36,8 metrů na levé straně vozovky. U seprané reflexní vesty bylo dosaženo nejmenšího rozdílu mezi pravou a levou

stranou vozovky, v průměru byl figurant rozeznán na 52, resp. 49,9 metrů. U bílého figuranta jsou tyto hodnoty na pravé a levé straně vozovky 77,3 a 66,2 metrů.

8.3.1 Vyhodnocení výsledků

Z výsledků je patrná nejhorší dohlednost řidičů na černého figuranta, který byl rozpoznáván průměrně na 30,4 metrů na pravé straně vozovky a na 27,3 metrů na levé straně vozovky. Minimum celého měření, zjištěné u tohoto figuranta, bylo 27,2 metrů na pravé, resp. 24 metrů na levé straně vozovky.

Reflexní páska upozorňovala řidiče malým odraženým světlem a na větší vzdálenosti nebylo vůbec jasné, zda se jedná o pohyb chodce. Řidiči se ale mohli na toto místo více zaměřit. Černý figurant byl s reflexní páskou rozpoznáván v průměru na 38,8 metrů (průměr 3 různých umístění pásky) a dohlednost se tedy prodloužila o 8,4 metru (+ 28 %). Na levé straně vozovky došlo k prodloužení o 9,5 metru (+ 35 %). Při měření byla páska umísťována nad kotník figuranta, pod koleno a na zápěstí a vzdálenosti dohledností nabývaly podobných hodnot – 37,6, 39,7 a 39,2 metrů. Doporučit umístění pásky lze než na základě těchto podobných hodnot vzdáleností spíše na základě pohybu páskou, který pomáhá lépe rozpoznat pohyby chodce. Dále pomáhá odhadnout, že se jedná o chodce vhodná výška umístění pásky nad vozovkou. Nejvíce se z pohledu řidiče hýbala páska na zápěstí, která byla zároveň umístěná ve vhodnější – větší výšce nad vozovkou. Páska pod kolenem se hýbala a upozorňovala řidiče o něco více než páska nad kotníkem a zároveň byla od vozovky v o něco vhodnější – větší vzdálenosti.

V případě použití reflexních vest na černém figurantovi došlo k prodloužení dohlednosti o 20,6 metrů (+ 68 %) na 51 metrů (průměr obou vest). Na levé straně vozovky došlo k prodloužení o 22,6 metrů (+ 83 %). Reflexní vesty intenzivně upozorňovaly řidičovu pozornost. Rozdíl mezi novou vestou a sepranou vestou s téměř čtvrtinovou odrazivostí byl ve tmě viditelný, sepraná vesta odrážela znatelně méně světla, nicméně 2 reflexní pruhy byly stále výrazné. V nové vestě byl figurant rozpoznáván průměrně na 50 metrů a v seprané na 52 metrů. Tento velmi malý rozdíl neprokazuje na základě provedených 6 měření lepší dohlednost na jednu z těchto vest.

Bílý figurant se značným kontrastem vůči okolí byl rozpoznáván v průměru na 77,3 metrů a řidiči s nejlepším zrakem jej rozpoznali i na vzdálenost kolem 100 metrů. Na levé straně vozovky byl rozpoznáván na vzdálenost v průměru 66,2 metrů. Dohlednost na

bílého figuranta byla tedy z více jak dvojnásobné vzdálenosti než v případě černého figuranta.

Pracovní oděv s reflexními pruhy na jeho horním i dolním dílu intenzivně odrážel světlo a znázorňoval lidskou postavu. Všichni řidiči rozpoznali figuranta na 150 metrů.

Dohlednost na figuranta na pravé straně vozovky byla vždy větší než na levé straně vozovky. Největší rozdíl 16,8 % byl u bílého figuranta, u černého byl rozdíl 11,4 %, v případě že měl černý figurant reflexní pásku na zápěstí to bylo 6,5 % a v případě že měl reflexní vestu 4,2 %.

9 Závěr

Prvním cílem této práce bylo změřit a porovnat vybrané oděvy a reflexní doplňky z hlediska odrazivosti. Druhým cílem bylo porovnat řidiče různých věkových kategorií z hlediska dohlednosti na chodce a zároveň porovnat oblečení chodců včetně reflexních doplňků z hlediska jejich viditelnosti, při osvětlení vozovky potkávacími světly.

Měřené reflexní doplňky měly velmi rozdílnou odrazivost. Nejslabší páska Force měla téměř 20krát menší odrazivost než páska s největší odrazivostí. Poměrně slabá páska s téměř 5krát menší odrazivostí (oproti nejsilnější pásce) použitá při měření dohledností, byla viditelná na 125 metrů a řidiče poměrně dobře upozorňovala. Reflexní vesta sepraná 20 pracími cykly (s maximálním počtem 25 cyklů) s téměř čtvrtinovou odrazivostí proti vestě nové, byla při měření dohledností stále velmi výrazná, byť rozdíl proti nové vestě byl znát.

Měření potvrdilo horší zrak u starších řidičů. Mladší řidiči rozpoznávali chodce na delší vzdálenost a pro rozpoznání jim stačily znatelně menší intenzity osvětlení. Chodce bez reflexních doplňků rozpoznávali mladší řidiči na vzdálenost o 20,8 % delší při o 45,2 % menší intenzitě. Dále například 2 řidiči s lepšími výsledky ze skupiny mladších rozpoznávali chodce na vzdálenost o 43 % delší, než 2 řidiči s horšími výsledky ze skupiny starších. Byla ale naměřena i dvojnásobná hodnota dohlednosti na chodce (bíle oděného) mladším řidičem oproti řidiči staršímu.

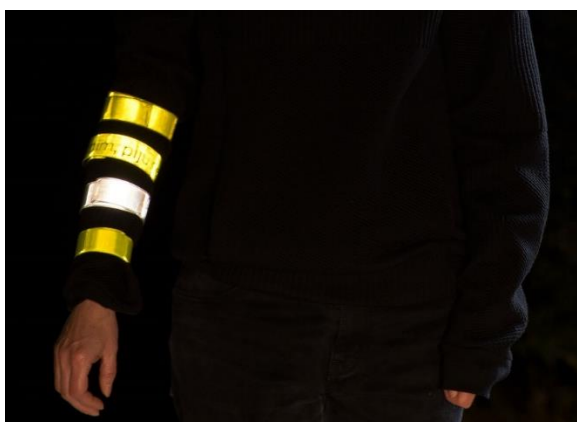
Měření také ukázalo, že chodec může být rozpoznatelný podle jeho oblečení na velmi rozdílnou vzdálenost. Nejhorší dohlednost byla na pravé straně vozovky na chodce

v černém oblečení, a to v průměru 30,4 metrů, s nejmenší naměřenou hodnotou 27,2 metrů. Při užití reflexní pásky u chodce v černém oblečení se tato vzdálenost prodloužila na 38,8 metrů (+ 28 %) a díky odráženému světlu páskou viditelnému na více než 100 metrů mohli řidiči chodce dopředu očekávat. U chodce v reflexní vestě se vzdálenost dohlednosti prodloužila na 51 metrů (+ 68 %). Bíle oděný chodec s větším kontrastem vůči okolí byl rozpoznáván v průměru na 77,3 metrů (+ 154 % oproti černému) s nejhorším naměřeným výsledkem 54,8 metrů. Pracovní oděv byl rozpoznatelný na vzdálenost 150 metrů. Na levé straně vozovky bylo dosahováno menších vzdáleností dohlednosti, přičemž méně se toto projevilo v případě užití reflexního doplňku. Nejmenší naměřená dohlednost byla na chodce v černém oblečení na levé straně vozovky a to 24 metrů.

Doporučení:

S přibývajícím věkem se zrak zhoršuje a mnoho lidí si své oční vady neuvědomuje nebo vyšetření zraku odkládá. Při měření bylo potvrzeno, že k citelnému poklesu kvality zraku dochází již mnoho let před 65 rokem, ve kterém je první povinné vyšetření zraku v souvislosti řidičským průkazem. Bylo by vhodné provádět povinné kontroly zraku od nižšího věku a ve vyšším věku stojí za zvážení povinnost vyšetření u očního lékaře.

Ukázalo se, že zavedení povinnosti nošení reflexních doplňků je vhodné. Užívání reflexních doplňků výrazně pomáhá rozpoznat chodce na silnici za snížené viditelnosti a tím snižovat počty nehod s chodci. Minimální rozměry nebo například odrazivost reflexních doplňků nejsou zákonem stanoveny. V budoucnu by bylo vhodné některé požadavky na reflexní doplňky uzákonit.



Obrázek 66 Reflexní pásky na rukávu černého svetru v nočních hodinách

V případě používání reflexních pásek je vhodné užívat pásy 2, které pomůžou řidiči lépe identifikovat chodce. Měření potvrzuje vhodné umístění reflexních pásek, které doporučuje ministerstvo vnitra na svém webu. V případě použití 2 reflexních pásek je pro lepší rozpoznání chodce vhodné jednu umístit na zápěstí a druhou do oblasti kolene. V případě užití jedné reflexní pásky je nejvhodnější její umístění na zápěstí.

Reflexní oděvy ztrácí svoje reflexní schopnosti mechanickým otěrem a praním (čištěním). Proto je třeba reflexní oděvy, které jsou často používané po určité době měnit a respektovat jejich životnost danou počtem pracích cyklů.

Vzdálenost dohlednosti na chodce také výrazně prodlužuje světlé oblečení vytvářející větší kontrast s okolím. Pro bezpečnost na silnici za snížené viditelnosti je rovněž důležité kontrolovat čistotu světlometů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] POLICIE ČR. *Ročenka nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2017*. Praha: Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, 2018.
- [2] *Legislativa* [online]. [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://www.chodcisobe.cz/o-chuzi/legislativa>.
- [3] *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*. Vydání: dvacáté. Praha: Armex Publishing, 2018. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-59-5.
- [4] Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů*. 9.11.2015.
- [5] *Informace k povinnosti chodců mít na sobě za snížené viditelnosti prvky z retroreflexního materiálu* [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/informace-k-povinnosti-chodcu-mit-na-sobe-za-snizene-viditelnosti-prvky-z-retroreflexniho-materialu.aspx>.
- [6] *Povinné reflexní prvky chodců: Lepší něco než nic. Ale s rozumem...* [online]. Publikováno 14.2.2016 [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/povinne-reflexni-prvky-chodcu-lepsi-neco-nez-nic-ale-s-rozumem-92887>.
- [7] *Jesenné období v cestnej premávke* [online]. Publikováno 6.11.2017 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.minv.sk/?tlacove-spravy-2&sprava=jesenne-obdobie-v-cestnej-premavke>.
- [8] *Čtyřčipový modul Osram* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://www.elektroniknet.de/elektronik-automotive/sonstiges/automotive-led-prototyp-mit-bis-zu-2-000-lumen-123427.html>.
- [9] *Jednočipový LED modul Osram Oslon Compact CL* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: https://www.osram.com/os/ecat/OSLON%C2%AE%20Compact%20CL%20LUW%20CE/com/en/class_pim_web_catalog_103489/global/prd_pim_device_2190838/#downloadDisclaimer

- [10] *HELLA LED WORKLIGHT WITH COMPACT DESIGN AND HIGH LIGHT OUTPUT* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://www.hella-pagid.com/hella-com/en/press/Technology-Products-02-07-2015-3856.html>.
- [11] ŠŤASTNÝ, Jiří a Branko REMEK. *Autoelektrika a autoelektronika*. Vyd. 6. Praha: T. Malina, 2003. ISBN 80-86293-02-5.
- [12] Vlk, F. *Automobilová elektronika 2*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [13] *Zrak* [online]. [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Zrak.html>.
- [14] Procházková Z. – Černochová D. – Veselá K. *Vizuální vnímání řidiče z hlediska psychologie* [online]. Publikováno 10.12.2010 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/vizualni-vnimani-ridice-z-hlediska-psychologie-456627>.
- [15] First, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů*. 1. vyd. Praha: S&T CZ s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [16] *Power LED OSOLON* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://www.soselectronic.cz/products/osram/lcw-cqar-pc-mtnp-5o8q-1-226312>.
- [17] Habel, J. *Základy světelné techniky (2) – zrak a vidění 2. část*. Časopis Světlo, 2008, č. 6 [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-2--15928>.
- [18] *Historie a budoucnost osvětlení automobilů: Od svíčky k laseru* [online]. Publikováno 3.2.2014 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/historie-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-od-svicky-k-laseru-79316>.
- [19] *Barevná teplota* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.techniled.cz/20-barevna-teplota/?odkud=web-filtr-url>.
- [20] Přehled osvětlení obchodního oddělení Hella [online]. 2015/05 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: https://www.hella.com/hella-com/assets/media_global/Presentation_Internet_Business_Division-Lighting_EN.pdf
- [21] Přednášky předmětu světelná technika, Západočeská univerzita v Plzni [online]. [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~benesj/SVT/>.
- [22] Habel, J. *Základy světelné techniky (1)*. Časopis Světlo, 2008, č. 4 [online]. [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-1--15860>.

- [23] *Elektromagnetické spektrum* [online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum.
- [24] *Víte jak funguje LED a OLED dioda?* [online]. Publikováno 1.3.2013 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/15.php>.
- [25] Popa., B. *Battle of the Headlights* [online]. Publikováno 21.1.2016 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html#>.
- [26] *Xenonová výbojka D2S Osram* [online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://svetcon.ru/Lamp/detail.php?ID=28253>.
- [27] Libra, M. *Klasická žárovka neztrácí svůj význam ani ve třetím tisíciletí*. Časopis Světlo, 2003, č. 1 [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/klasicka-zarovka-neztraci-svuj-vyznam-ani-ve-tretim-tisicileti--14627>.
- [28] Dvořáček, V. *Světelné zdroje – světelné diody*. Časopis Světlo, 2009, č. 5 [online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15723>.
- [29] *Žárovka H4 Hella* [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: http://www.autosvetla-sulek.cz/cz/sortiment/225_467/12v-h4-zarovka-h4-hella.
- [30] Slováček, P. *Halogen vs. xenon vs. diody: Žárovky ještě nevymřely* [online]. Publikováno 4.4.2014 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531>.
- [31] Bosch, Robert. *Automotive electrics, automotive electronics*. 5th ed. Plochingen: Robert Bosch GmbH, 2007. ISBN 9780470519370.
- [32] Vlk, F. *Osvětlení motorových vozidel* [online]. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2006-05-292-300.pdf>.
- [34] Dvořáček, V. *Světelné zdroje – světelné diody (pokračování)*. Časopis Světlo, 2011, č. 2 [online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15243>.
- [35] Přednášky předmětu teorie dopravy, Česká zemědělská univerzita v Praze.

- [36] Kuře, Arnošt, et al. *SVĚTELNÉ VLASTNOSTI VYBRANÝCH REFLEXNÍCH PRVKŮ*. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 2013.
- [37] *Fluorescence* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.chemieasvetlo.cz/teorie/fluorescence/>.
- [38] [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: http://www.ledka.net/nas_radce.html.
- [39] Dvořáček, V. *Světelné zdroje – halogenové žárovky*. Časopis Světlo, 2008, č. 5 [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-halogenove-zarovky--15892>.
- [40] *Introduction* [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/articles/lightsources/xenonarc.html>.
- [41] *Osram – technology and application*. [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20130718003525/http://assets.sylvania.com:80/assets/documents/ENGR_BLTN11.161355cc-1d94-4996-b6cd-a3001fea6f1a.pdf.
- [42] *Tungsten Halogen Lamps & Gas Filled Lamps*. [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.intl-lighttech.com/specialty-light-sources/tungsten-halogen-lamps-gas-filled-lamps>.
- [43] *Xenon flash light*. [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: http://www.allaboutsymbian.com/3/features/item/Camera_Nitty_Gritty-part_6-.php.
- [44] Osvětlovací soustavy. Laboratorní cvičení [online]. Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: http://www.svetelnalaborator.cz/files/sylabus/19_Mereni_odraznosti_povrchu.pdf.
- [45] Habel, J. *Základy světelné techniky (3) – světelné technické veličiny 2. část*. Časopis Světlo, 2009, č. 2 [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/38906.pdf>.
- [46] Černý, V. *Laser – od objevu k průmyslovým aplikacím*. Časopis Elektro, 2005, č. 4 [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/laser-od-objevu-k-prumyslovym-aplikacim--13653>.
- [47] *Lasers could offer alternative to LED light sources* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.ledsmagazine.com/articles/2011/11/lasers-could-offer-alternative-to-led-light-sources.html>.

- [48] *Laser 2015: activated phosphors power super-bright headlamps* [online]. Publikováno 25.6.2015 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://optics.org/news/6/6/46>.
- [49] Mička, J. *BMW Laserlights: Revoluce v osvětlení na vlastní oči* [online]. Publikováno 11.4.2014 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: http://www.auto.cz/bmw-laserlights-revoluce-v-osvetleni-na-vlastni-oci-80640?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy.
- [50] Informační zdroje firmy Osram – technologie LARP [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <https://www.osram.com/media/resource/HIRES/617157/836628/flyer-larp-gb.pdf>.
- [51] Předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů.
- [52] *Headlamp* [online]. [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp>.
- [53] Reflexní fólie Stim [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <http://www.stim.cz/reflexni-folie>.
- [54] *Lidé neznají dopravní značky, ignorují i přednost zprava, říká odborník* [online]. Publikováno 18.3.2016 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/rozhovor-seidl-dopravni-znaceni.A160301_114756_krimi_cen.
- [55] Informační zdroje firmy Automotive Lighting – LED [online]. [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.al-lighting.com/lighting/headlamps/led/>.
- [56] Dusil, T. *Audi a LED osvětlení: Diody, kam se podíváš* [online]. Publikováno 6.3.2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/audi-a-led-osvetleni-diody-kam-se-podivas-86123>.
- [57] Ardent, R. *2016 Mercedes E-Class gets second gen Multibeam LED headlamp* [online]. Publikováno 12.5.2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://steeringnews.com/mercedes-benz-announces-new-multibeam-led-headlamps-9246/>.
- [58] *Retroreflective Bikes for Safer Riding?* [online]. Publikováno 17.4.2014 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <https://www.polymersolutions.com/blog/retroreflective-bikes-for-safer-riding/>.
- [59] [online] [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: http://www.mawer.cz/mawer-mawer_dopravni_znacka_ip14a__dalnice__1000x1500_mm-393352351-583149476-informacni-znacky-provozni/?tisk=true.

- [60] Konstrukce laserového světlometu BMW i8 [online]. [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: http://www.zkw-group.com/wp-content/uploads/2014/03/zkw_laserlicht_bmwi8.jpg.
- [61] Intilia, P. *Phares au Laser Audi* [online]. Publikováno 21.1.2015 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.4legend.com/2015/phares-au-laser-audi>.
- [62] Sirota, I. *Asistent dálkových světel* [online]. Publikováno 25.11.2013 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/aba/item/2291-asistent-d%C3%A1lkov%C3%BDch-sv%C4%9Btel>.
- [63] *Dálková světla už nebude nutné vypínat, když vyjede auto v protisměru* [online]. Publikováno 17.5.2010 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.audembezpecne.cz/cz/s40/c1437-Zpravy/n1987-Dalkova-svetla-uz-nebude-nutne-vypinat-kdyz-vyjede-auto-v>.
- [64] Prezentace Advanced Front Lighting System (AFS). [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://slideplayer.org/slide/1285713/>.
- [65] Přednášky předmětu dopravní motorová vozidla, Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [66] Informační zdroje firmy Automotive Lighting – AFS [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://www.al-lighting.com/lighting/headlamps/afs/>.
- [67] *New headlamp and night-view systems: Adaptive Highbeam Assist selects the optimum light settings automatically* [online]. Publikováno 12.11.2008 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-614216-1-1147521-1-0-0-0-0-0-11702-0-0-1-0-0-0-0-0.html>.
- [68] *Glare-Free High Beam* [online]. Publikováno 31.6.2015 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.bmwesys.com/guides/Euro%20LED%20Headlights%20How%20To.pdf>.
- [69] Dragoun, A. *Dynamic Light Assist pro nový VW Touareg vyvinula Hella* [online]. Publikováno 10.5.2010 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/hella-dynamic-light-assist-pro-novy-vw-touareg-22888>.
- [70] Fallah, A. *Audi Matrix LED headlights technology explained* [online]. Publikováno 1.11.2013 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://www.caradvice.com.au/257871/audi-matrix-led-headlights/>.
- [71] *WHAT IS THE WORKING PRINCIPLE OF REFLECTIVE FABRIC?* [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://www.chinareflective.com/faqs/How_does_reflective_fabric_work.html.

- [72] *High-visibility clothing* [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/High-visibility_clothing.
- [73] *Retroreflexní materiál* [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Retroreflexn%C3%AD_materi%C3%A1l.
- [74] ZRS 6060 Retroreflectometer [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrs-6060-retroreflectometer#versions>.
- [75] *OSRAM OSOLON Compact Series LEDs* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: https://cz.rs-online.com/web/p/products/8902957/?grossPrice=Y&cm_mmc=CZ-PLA-DS3A-_-google-_-PLA_CZ_CZ_Displeje_A_Optoelektronika-_-Led_Diody_A_P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD%7CViditeln%C3%A9_Led-_-PRODUCT_GROUP&matchtype=&pla-485620463014&gclid=EAiaIQobChMIwOvEqrqs4AIViuR3Ch2rJQk1EAYYASABEgLky_D_BwE&gclsrc=aw.ds.
- [76] *OSOLON® Compact CL* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: https://www.osram.com/os/ecat/OSOLON%C2%AE%20Compact%20CL%20LUW%20CEUP.CE/com/en/class_pim_web_catalog_103489/global/prd_pim_device_2190838/
- [77] *Updated: Cree claims density record with 264 lm/mm²* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.electronicweekly.com/blogs/led-luminaries/cree-claims-intensity-record-264-lmmm2-2018-05/>.
- [78] *μLARP* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <http://www.osram-continental.com/en/products/ularp.html>.
- [79] Světlo met Škoda Fabia II, Roomster [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.maxidily.cz/Svetlomet-svetlo-predni-prave-H4-Skoda-Fabia-II-Roomster-5J1941018C-D-d1762.htm?tab=description>.
- [80] *ALFA ROMEO STELVIO TI HEADLIGHT* [online]. Publikováno 26.9.2017 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/2018-alfa-romeo-stelvio-ti-headlight-01/>.
- [81] *REVIEW: Hella Bi-led projector* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://www.hidplanet.com/forums/forum/general-discussion/leds/1452406-review-hella-bi-led-projector>.

- [82] Katalogy a ceníky BMW [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <https://www.bmw.cz/cs/topics/details/katalogy-ceniky-ke-stazeni.html>.
- [83] Katalogy a ceníky Audi [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/>.
- [84] *Audi A8: 32 LEDs und ein Laser in einem Modul* [online]. Publikováno 17.5.2018 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.next-mobility.news/audi-a8-32-leds-und-ein-laser-in-einem-modul-a-715914/>.
- [85] *The Official BMW i8 Released* [online]. Publikováno 10.3.2013 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://tcbmw.blogspot.com/2013/09/the-official-bmw-i8-released-gallery.html>.
- [86] Sajdl, J. *Světlořetivost s funkcí „Corner“* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/svetlomety-s-funkci-corner>.
- [87] *Static bend lighting* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Bend-lighting-703/>.
- [88] *Headlamps* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.hella.com/hella-com/Headlamps-620.html>.
- [89] *HELLA INTRODUCES CAR FEATURING DYNAMIC HD MATRIX LED HEADLAMPS WITH LASER HIGH BEAMS* [online]. Publikováno 14.5.2018 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.hella.com/press/en/Technology-Products-14-05-2018-16945.html>.
- [90] *Daimler MULTIBEAM LED Grid Module* [online]. Publikováno 13.2.2016 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.invetr.com/automotive-industry/multibeam-led-headlamps>.
- [91] *Mercedes Shows Future Path for its LED Headlights* [online]. Publikováno 14.11.2014 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://www.carscoops.com/2014/11/mercedes-shows-future-path-for-its-led/>.
- [92] Hradecká, L. *Vizuální vnímání řidiče z hlediska psychologie* [online]. Publikováno 10.12.2010 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/vizualni-vnimani-ridice-z-hlediska-psychologie-456627>.
- [93] Starý, P. *Krátkozrakých raketově přibývá, lidé jsou málo venku a moc koukají nablízko* [online]. Publikováno 23.10.2017 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://faei.cz/rozhovor-kratkozrakych-raketove-pribyva-lide-jsou-malo-venku-a-moc>

koukaji-nablizko/?fbclid=IwAR3RrJyh20-cCSwm1M1z-

q3w5_eH3KRV1EvD9itYSmqcmKnCPS0z0YrJChg.

[94] Habel, J. *Základy světelné techniky (2) – zrak a vidění 1. část*. Časopis Světlo, 2008, č. 5 [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z:

<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zaklady-svetelne-techniky-2--15893>

[95] Boguszaková, J. *Zrak a vidění*. Časopis Světlo, 2003, č. 4 [online]. [cit. 2019-03-01].

Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zrak-a-videni--16756>

[96] Habel, Jiří a Žák, Petr. *Význam mezopického vidění pro praxi*. Časopis Světlo, 2007, č. 6 [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z:

<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/36187.pdf>.

[97] *Funcionamiento del ojo* [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z:

http://www.iessuel.es/ccnn/interactiv/receptores_efectores/receptores_y_efectores_07.htm.

[98] *Funkce zdravého oka* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.optika-nemec.cz/vady-zraku>.

[99] *Jaké jsou oční vady a onemocnění* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z:

<https://www.neovize.cz/jake-jsou-ocni-vady-a-onemocneni/>.

[100] [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <https://www.max-optik.eu/media/wysiwyg/vady.png>

[101] *Šedý zákal (Cataracta)* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z:

<https://www.mojezdravi.cz/nemoci/sedy-zakal-cataracta-2075.html>

[102] *Zraková ostrost (Vizus)* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z:

<http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/zrakova-ostrost/>.

[103] *ZÁSADY BEZPEČNÉ JÍZDY – 1* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z:

[http://www.ecodrive.cz/download/BESIP_ECODrive_080703%20-](http://www.ecodrive.cz/download/BESIP_ECODrive_080703%20-%20Zasady_bezpecne_jizdy_1.pdf)

[%20Zasady_bezpecne_jizdy_1.pdf](http://www.ecodrive.cz/download/BESIP_ECODrive_080703%20-%20Zasady_bezpecne_jizdy_1.pdf).

[104] *Víš CO jsou reflexní materiály?* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z:

<http://www.pankuzel.cz/cz/pravidla/reflexni-materialy>.

[105] Sortiment obchodu ALTIMA LZ s.r.o. [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z:

<https://www.altima.cz/6-reflexni-prvky/>.

[106] *Materiály pro lepší viditelnost* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z:

<https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Aktivni-pohyb-v-silnicnim-provozu/Budte-videt,-prezijete/Budte-videt>.

[107] www.mapy.cz

[108] *Recenze: Pentax K3 II - evoluce vlajkové lodi Pentaxu* [online]. Publikováno 22.1.2016 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.fotoradce.cz/recenze-pentax-k3-ii-evoluce-pentaxi-vlajkove-lodi>.

[109] Knoll, P. *Automotive Night Vision Systems – Status and Development Trends* [online]. Publikováno 05/2010 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/281005005_Automotive_Night_Vision_Systems_-_Status_and_Development_Trends.

[110] Laukkonen, J. *What is Automotive Night Vision?* [online]. Publikováno 15.3.2019 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-automotive-night-vision-534824>.

[111] *Pedestrian detection in near-infrared night vision system* [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Pedestrian-detection-in-near-infrared-night-vision-Luo-Remillard/01eb6045b32ccb613c5e5ec6bbece5fc87b00b0>.

[112] *Laser beams. Sources?* [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://www.hidplanet.com/forums/forum/general-discussion/specific-questions/1451335-laser-beams-sources>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Počty úmrtí chodců při dopravních nehodách podle denní doby mezi léty 2013 až 2017	1
Obrázek 2 Počty úmrtí chodců při dopravních nehodách podle viditelnosti a místa – mimo obec/obec mezi léty 2013 až 2017	2
Obrázek 3 Příklady vyobrazení výstražných oděvů	10
Obrázek 4 Elektromagnetické záření a jeho viditelná oblast.....	11
Obrázek 5 Spektrum barevné teploty světla	12
Obrázek 6 Intenzity osvětlení	12
Obrázek 7 Jas	13
Obrázek 8 Kontrast při různých jasech chodce	13
Obrázek 9 Halogenová dvouvláknová žárovka H4 Hella (vlevo), xenonová výbojka D2S (vpravo).....	14
Obrázek 10 Jednočipový LED modul Osram Oslon Compact CL a čtyřčipový modul Osram.....	15
Obrázek 11 Modrá laserová dioda a modul Osram μ LARP.....	16
Obrázek 12 Světlomet s reflektorem s volnou plochou Škody Fabia II (vlevo), Jeepu Liberty (uprostřed) a reflexní systém LED světlometu (vpravo)	17
Obrázek 13 Schéma projekčního světlometu (vlevo), Bixenonový (25 watt) projekční světlomet Alfy Romeo Stelvio (uprostřed) a projekční systém LED světlometu (vpravo).18	
Obrázek 14 Bi-led projektorový světlomet firmy Hella	19
Obrázek 15 Světlomet BMW i8 (vlevo nahoře) a konstrukce jeho laserového světlometu (vlevo dole), světlomet Audi A8 (vpravo) a laserový systém v Audi (vpravo dole).....	20
Obrázek 16 Osvětlení statickými postranními světlometry a porovnání osvětlení vozovky konvenčními a dynamickými světlometry	22
Obrázek 17 AFS Hella.....	23
Obrázek 18 Regulace velikosti a tvaru osvětlené plochy	24
Obrázek 19 Neoslňující dálkový světlomet	24
Obrázek 20 Světlomet Multibeam s 84 diodami s dvojitou optikou automobilu Mercedes E	25

Obrázek 21 Odstínění protijedoucího vozidla jednotlivými generacemi systému Multibeam LED.....	25
Obrázek 22 Systém FIR (vlevo) a systém NIR (vpravo).....	26
Obrázek 23 Lidské oko	27
Obrázek 24 Relativní citlivost oka na vlnovou délku světla podle adaptačního jasu.....	28
Obrázek 25 Akomodace oka.....	29
Obrázek 26 Typická křivka adaptace na tmu.....	29
Obrázek 27 Refrakční vady zraku	30
Obrázek 28 Pohled řidiče směřuje na dopravní značku v zeleném kruhu, ve kterém je oblast ostrého vidění. Směrem od této oblasti zraková ostrost klesá.....	31
Obrázek 29 Viditelnost oblečení podle jeho barvy dle organizace BESIP.....	32
Obrázek 30 Příklady reflexních doplňků	32
Obrázek 31 Vlevo: barevné spektrum denního světla, vpravo: barevné spektrum vysokotlaké sodíkové výbojky.....	33
Obrázek 32 Barevné spektrum halogenových žárovek s různými teplotami chromatičnosti (vlevo) a barevné spektrum xenonové výbojky (vpravo)	34
Obrázek 33 Druhy odrazů světelného paprsku	35
Obrázek 34 Vlevo: princip odrazu u koutových a kulových odražečů, vpravo: aplikace retroreflexní prizmatické fólie třídy RA3 na značce konec silnice pro motorová vozidla .	35
Obrázek 35 Odraz od reflexního materiálu vesty a úpletu vesty	36
Obrázek 36 Vlevo: 15násobné zvětšení úpletu a skupiny kulových zrcadel reflexní vesty, uprostřed: reflexní prvek tvořený soustavou koutových odražečů, vpravo: koutové odražeče reflexní pásy použité při měření	36
Obrázek 37 Použité oděvy a oděvní doplňky při měření odrazivosti	39
Obrázek 38 Retroreflektometr Zehntner 6060.EN	24
Obrázek 39 Měření odrazivosti reflexní pásy a reflexní vesty	25
Obrázek 40 Měřicí úsek.....	46
Obrázek 41 Reflexní světlomet Škody Octavia III.....	48
Obrázek 42 Luxmetr EXTECH Instruments 407026	48
Obrázek 43 Měřicí pásmo PAR 30 m.....	49
Obrázek 44 Fotoaparát Pentax K-3.....	50
Obrázek 45 Staničení vozovky a polohy jednotlivých figurantů podle čísla měření	51

Obrázek 46 Černý figurant s reflexní páskou pod kolenem na pravé straně vozovky rozpoznáný 1. řidičem na vzdálenost 47,8 metrů	57
Obrázek 47 Bílý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 2. řidičem na vzdálenost 89 metrů	58
Obrázek 48 Černý figurant v seprané vestě na pravé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 57 metrů	59
Obrázek 49 Černý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 4. řidičem na vzdálenost 24 metrů	60
Obrázek 50 Černý figurant v seprané reflexní vestě na levé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 52 metrů	61
Obrázek 51 Černý figurant s reflexní páskou nad kotníkem na pravé straně vozovky rozpoznáný 6. řidičem na vzdálenost 30 metrů	63
Obrázek 52 Černý figurant na pravé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 31,2 metrů	67
Obrázek 53 Černý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 27 metrů	67
Obrázek 54 Černý figurant s reflexní páskou na zápěstí na pravé straně vozovky rozpoznáný 4. řidičem na vzdálenost 38,25 metrů	68
Obrázek 55 Černý figurant s reflexní páskou na zápěstí na levé straně vozovky rozpoznáný 6. řidičem na vzdálenost 31,5 metrů	68
Obrázek 56 Černý figurant s reflexní páskou nad kotníkem rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 36,5 metrů	69
Obrázek 57 Černý figurant s reflexní páskou pod kolenem rozpoznáný 6. řidičem na vzdálenost 30,5 metrů	69
Obrázek 58 Černý figurant v seprané reflexní vestě na pravé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 53,6 metrů	70
Obrázek 59 Černý figurant v seprané reflexní vestě na levé straně vozovky rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 51,25 metrů	70
Obrázek 60 Černý figurant v nové reflexní vestě rozpoznáný 3. řidičem na vzdálenost 50 metrů	71

Obrázek 61 Vlevo: sepraná reflexní vesta (33 metrů před vozidlem), vpravo: nová vesta (33,5 metrů před vozidlem) při naměřených stejných intenzitách osvětlení (8 luxů v oblasti kotníků, 2 luxy v oblasti kolen)	72
Obrázek 62 Bílý figurant na pravé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 96,7 metrů	72
Obrázek 63 Bílý figurant na levé straně vozovky rozpoznáný 5. řidičem na vzdálenost 75,75 metrů	73
Obrázek 64 Figurant v pracovním oděvu rozpoznáný na vzdálenost 150 metrů.....	73
Obrázek 65 Přiblížení fotky figuranta v pracovním oděvu vzdáleného 150 metrů	74
Obrázek 66 Reflexní pásy na rukávu černého svetru v nočních hodinách	77
Obrázek 67 Uspořádání světlometu BMW i8	94

Seznam tabulek

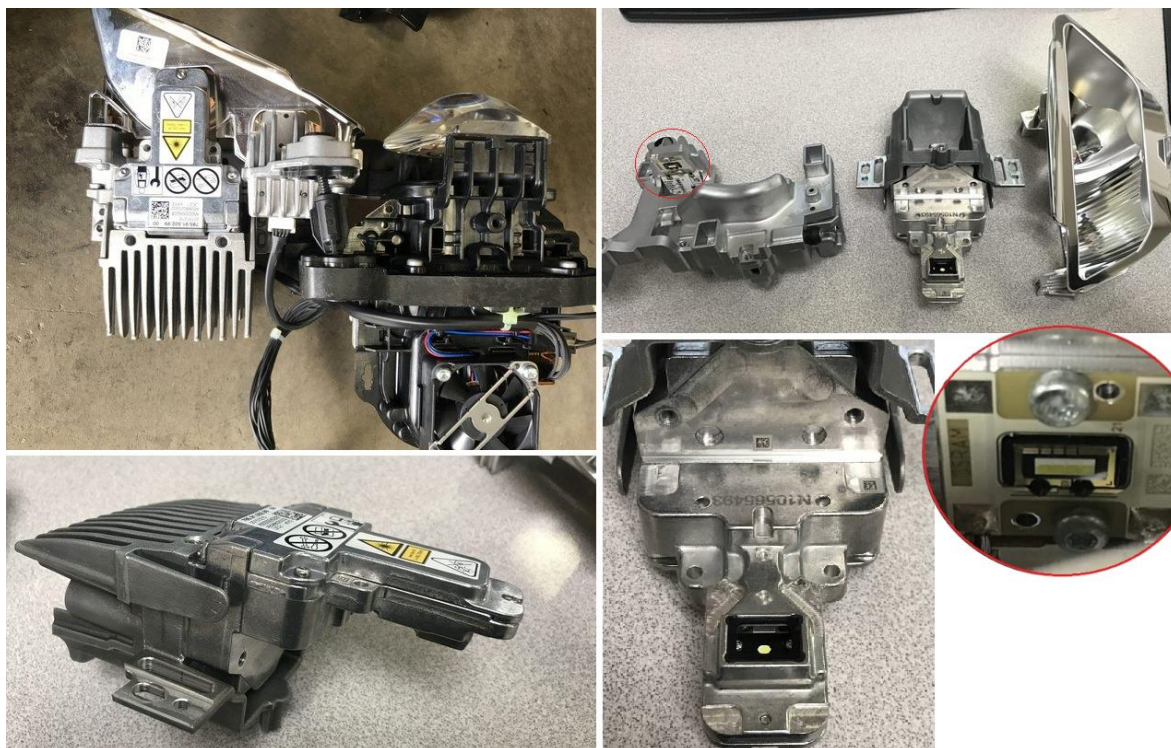
Tabulka 1 Odrazivost reflexních prvků při měření redakce Auto.cz.....	37
Tabulka 2 Oděvy a doplňky podrobené měření odrazivosti	38
Tabulka 3 Parametry Retroreflektometru Zehntner 6060.EN	40
Tabulka 4 Měření odrazivosti oděvů a oděvních doplňků.....	42
Tabulka 5 Použité oděvy a reflexní doplňky při měření dohlednosti na chodce v noci	46
Tabulka 6 Parametry luxmetru EXTECH Instruments 407026.....	49
Tabulka 7 Parametry fotoaparátu Pentax K-3.....	50
Tabulka 8 Oblečení a umístění figuranta podle čísla měření.....	51
Tabulka 9 Vzdálenosti dohledností řidičů na figuranty	53
Tabulka 10 Intenzity osvětlení.....	53

Seznam grafů

Graf 1 Odrazivost světla nereflexních oděvů a doplňků v závislosti na úhlu sledování	43
Graf 2 Odrazivost světla reflexních doplňků v závislosti na úhlu sledování.....	44
Graf 3 Vzdálenosti dohlednosti na různě oděné figuranty všemi řidiči	54
Graf 4 Intenzity osvětlení 10 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání řidiči.....	55
Graf 5 Intenzity osvětlení 55 cm nad vozovkou v místech figurantů při jejich rozpoznání řidiči.....	55
Graf 6 Srovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 1. řidiče s průměrem všech řidičů.....	56
Graf 7 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 2. řidiče s průměrem všech řidičů.....	57
Graf 8 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 3. řidiče s průměrem všech řidičů.....	58
Graf 9 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 4. řidiče s průměrem všech řidičů.....	60
Graf 10 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 5. řidiče s průměrem všech řidičů.....	61
Graf 11 Porovnání vzdáleností dohlednosti na jednotlivé figuranty 6. řidiče s průměrem všech řidičů.....	62
Graf 12 Srovnání průměrných vzdáleností dohlednosti mladších a starších řidičů na různě oděné figuranty	63
Graf 13 Intenzity osvětlení 10 cm a 55 cm nad vozovkou v místě figurantů při jejich rozpoznání mladšími a staršími řidiči.....	65
Graf 14 Průměrné vzdálenosti dohlednosti na jednotlivé figuranty na levé a pravé straně vozovky a průměrné intenzity osvětlení 10 cm nad vozovkou (úzké černožluté sloupce) v místě figurantů při jejich rozpoznání.....	66
Graf 15 Srovnání průměrných vzdáleností dohlednosti na různě oděné figuranty na levé a pravé straně vozovky	74

Přílohy:

Příloha 1



Obrázek 67 Uspořádání světlometu BMW i8, vlevo nahoře: Pravý Laser/Bi-LED světlomet BMW i8, vpravo nahoře: konstrukce dálkového laserového a LED světlometu (LED světlomet tvořen červeně zakroužkovaným čtyřčipovým LED modulem Osram jehož detail je zobrazen vpravo), dole: modul s laserovou technologií [112]