



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
INSTITUT OF FORENSIC ENGINEERING

# POROVNANIE VÝSLEDKOV EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ DOHĽADNOSTI S DOSTUPNÝM SOFTWARE

COMPARISON OF RESULTS OF EXPERIMENTAL VISIBILITY MEASUREMENTS WITH  
AVAILABLE SOFTWARE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. RÓBERT ONDRIS

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. ALBERT BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2011/12

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Róbert Ondris

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

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

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

### **Porovnání výsledků experimentálních měření dohlednosti s dostupným software**

v anglickém jazyce:

#### **Comparison of Results of Experimental Visibility Measurements with Available Software**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zajistit měřicí vozidla
2. Zajistit ISOLuxové diagramy k těmto vozidlům, popř. provést měření a potřebné hodnoty intenzity osvětlení zjistit.
3. Zajistit oděv pro figuranty se známými světelnými vlastnostmi (odrazivost).
4. Provést sérii měření s různým oděvem, za různých okolních podmínek.
5. Vyhodnotit tytéž situace programem Dohľadnosť.
6. Provést porovnání a učinit závěry ohledně relevantnosti výsledků programu.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je porovnání zjištěných hodnot dohlednosti z vozidla na chodce za snížené viditelnosti při použití potkávacích světel s teoretickými hodnotami, zjištěnými s pomocí dostupného SW.

Seznam odborné literatury:


- [1] BRADÁČ A. A KOL.: Soudní inženýrství, Akademické nakladatelství CERM, Brno 1997, ISBN 80-7204-133-9).
- [2] BRADÁČ, A.; KREJČÍŘ, P.; GLIER, L.: Znalecký standard II - Vybrané metody zajišťování podkladů pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod. VUT v Brně-ÚSI, Ministerstvo spravedlnosti, 1990
- [3] WEYDE, M. Rekonstruktion der Erkennbarkeit von Fussgängern bei Dunkelheitsunfällen unter dynamischen Realbedingungen, Sborník výroční konference EVU 2010, Praha 2010, ISBN 978-80-7399-128-9
- [4] SCHMEDDING K., Practical Examples of Visual Perception Problems in Night-time Accidents, Sborník výroční konference EVU a ITAI, Hinckley 2009, UK
- [5] HANDBUCH VERKEHRSUNFALL-REKONSTRUKTION – UNFALLAUFNAHME – FAHRDYNAMIK – SIMULATION – BURG, MOSER, 1. VYDÁNÍ 2007, VIEWEG, ISBN 978-3-8348-0172-2
- [6] HUGEMANN, W. a rozsáhlý autorský tým.: Unfall-rekonstruktion, dva svazky, 1. vydání, 2007, ISBN 3-00-019419-3
- [7] WYPADKI DROGOWE – VADEMECUM BIEGTEGO SADOWEGO, VYDAVATELSTVÍ INSTYTUTU EKSPERTYS SADOWYCH, KROKOV 2002, ISBN 83-87425-65-6
- [8] Normy ECE R-98, R-112 a R-123

Vedoucí diplomové práce: Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 1.11.2011



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.  
ředitel vysokoškolského ústavu

**Abstrakt:**

Diplomová práca vyhodnocuje zistené hodnoty dohľadnosti z motorového vozidla na chodca za zníženej viditeľnosti pri použití halogénových svetiel, ktoré sú výsledkom experimentálnych meraní a porovnáva ich s teoretickými hodnotami zistenými s pomocou dostupného software.

**Abstract:**

Master's thesis evaluates determined values of visibility from the motor vehicle on the pedestrian by reduced visibility distance when using halogen headlights, which are the results of experimental measurements and compare them with theoretical values determined by assistance of available software.

**Kľúčové slová:**

Dohľadnosť, vnímateľnosť, viditeľnosť, halogén, svetlomety, zdroj svetla, svietidlo

**Keywords:**

Visibility, perceptibility, visibility distance, halogen, headlights, light source, lamp

## **Bibliografická citácia**

ONDRIS, R. *Porovnanie výsledkov experimentálnych meraní dohľadnosti s dostupným software*. Brno: Vysoké učenie technické v Brne, Ústav súdneho inžinierstva, 2012. 79 s. Vedúci diplomovej práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

## Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca na tému „Porovnanie výsledkov experimentálnych meraní dohľadnosti s dostupným software“ je pôvodná a spracoval som ju samostatne a pod vedením svojho vedúceho diplomovej práce. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušil autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Zb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne, dňa 25. mája 2012

.....

## **Pod'akovanie**

Touto cestou by som chcel poďakovať vedúcemu diplomovej práce pánovi Ing. Albertovi Bradáčovi, Ph.D. za jeho pomoc, cenné rady a odborné vedenie pri spracovávaní tejto diplomovej práce.

Ďalej by som rád poďakoval Ústavu súdneho inžinierstva VUT v Brne za prepožičanie techniky i poskytnutie priestorov potrebných na prípravu aj vykonanie experimentálnych meraní dohľadnosti a pánovi Ing. Bc. Marekovi Semelovi, Ph.D. za poskytnutie potrebnej literatúry.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>VYMEDZENIE PROBLÉMU, STANOVENIE CIEĽOV PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>1. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ RIEŠENIA, POZNATKY Z LITERATÚRY</b>	<b>12</b>
1.1 LEGISLATÍVA SVETIEL .....	12
1.1.1 <i>Vývoj legislatívy.....</i>	<i>12</i>
1.1.2 <i>Platná legislatíva .....</i>	<i>13</i>
1.2 OSVETLENIE MOTOROVÝCH VOZIDIEL – ZÁKLADNÉ POJMY .....	16
1.2.1 <i>Podstata svetla.....</i>	<i>16</i>
1.2.2 <i>Základné fyzikálne veličiny.....</i>	<i>16</i>
1.2.3 <i>Základné rozdelenie svetiel a svetelných zariadení.....</i>	<i>19</i>
1.2.4 <i>Hlavné časti svietidla.....</i>	<i>20</i>
1.3 ZDROJE SVETLA .....	21
1.3.1 <i>Žiarovky .....</i>	<i>21</i>
1.3.1.1 <i>Bežné žiarovky .....</i>	<i>21</i>
1.3.1.2 <i>Halogénové žiarovky .....</i>	<i>23</i>
1.3.1.3 <i>Špeciálne upravené halogénové žiarovky.....</i>	<i>25</i>
1.3.2 <i>Výbojky.....</i>	<i>25</i>
1.3.2.1 <i>Žiarivky.....</i>	<i>25</i>
1.3.2.2 <i>Xenónové výbojky.....</i>	<i>25</i>
1.3.3 <i>Svetlo emitujúce diódy (LED).....</i>	<i>26</i>
1.4 OBECNÁ TEÓRIA VNÍMANIA VODIČA.....	27
1.4.1 <i>Zrakové vnímanie človeka .....</i>	<i>27</i>
1.4.2 <i>Viditeľnosť rôzne farebných materiálov .....</i>	<i>29</i>
1.4.3 <i>Vplyvy počasia .....</i>	<i>30</i>
1.4.4 <i>Osobný proces videnia.....</i>	<i>32</i>
<b>2. RIEŠENIE CIEĽOV DIPLOMOVEJ PRÁCE.....</b>	<b>34</b>
2.1 METODIKA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA DOHL'ADNOSTI.....	34
2.1.1 <i>Predmet experimentálneho merania .....</i>	<i>34</i>
2.1.2 <i>Technické vybavenie merania.....</i>	<i>34</i>
2.1.2.1 <i>Potrebné vybavenie.....</i>	<i>34</i>



2.1.2.2	Meracie prístroje .....	34
2.1.2.3	Vozidlo.....	37
2.1.3	<i>Miesto merania</i> .....	37
2.1.4	<i>Postup merania</i> .....	38
2.1.4.1	Intenzita osvetlenia reflektorov .....	38
2.1.4.2	Dohľadnosť .....	39
2.1.4.3	Fotodokumentácia.....	39
2.2	SOFTWARE DOHL'ADNOSŤ .....	40
2.3	METODIKA TVORBY SOFTVÉROVÉHO MODELU .....	42
2.4	HODNOTOVÉ VÝSTUPY EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA .....	45
2.4.1	<i>Intenzita osvetlenia na rôznych častiach tela figuranta</i> .....	45
2.4.2	<i>Veľkosť ohniska svetlometov</i> .....	46
2.4.3	<i>Kontrast jasů figuranta a jeho pozadia</i> .....	47
2.5	GRAFICKÉ VÝSTUPY SOFTWARE DOHL'ADNOSŤ 2.0.....	48
2.5.1	<i>Diaľkové halogénové svetlometry</i> .....	48
2.5.2	<i>Stretávacie halogénové svetlometry</i> .....	58
2.6	CHYBY A ODCHÝLKY MERANIA .....	68
2.7	ZHODNOTENIE .....	69
	<b>ZÁVER</b> .....	<b>71</b>
	<b>LITERATÚRA</b> .....	<b>72</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b> .....	<b>74</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK</b> .....	<b>77</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBLOV</b> .....	<b>78</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH</b> .....	<b>79</b>

## ÚVOD

K najnáročnejším problémom s ktorými sa súdny znalec stretáva pri nehodách vzniknutých v noci patrí problematika viditeľnosti cesty a prekážok, ktoré sa na nej môžu nachádzať behom nočnej jazdy. Zisťovanie vzdialenosti z akej bola za konkrétnych okolností daná prekážka viditeľná, prípadne z akej mala byť viditeľná aby bolo možné riešiť možnosti zabránenia prípadného stretu je kľúčovou úlohou, ktorej riešenie vyžaduje mnoho odborných znalostí. Jednoznačné a isté konštatovanie skutočnosti je však v tomto ohľade prakticky vylúčené.

Proces videnia a vnímania je procesom zložitým. Podstatný vplyv na videnie a vnímanie majú nasledujúce prvky: druhy zdroja svetla a ich efektívnosť, konštrukcia svetlometu a svetelné vlastnosti prekážok a okolia. Všimnutie si objektu je závislé na veľkosti zorného uhla objektu a podmienke vzniku kontrastu medzi objektom samotným a jeho okolím. Musí byť vytvorený kontrast väčší než prahová (limitná) hodnota, čo má svoje opodstatnenie hlavne za nočných svetelných podmienok. Analýza jasových pomerov v zornom poli vodiča je základom pre určovanie, aké podmienky videnia mal vodič vozidla a kedy mal možnosť práve spozorovať, respektíve rozpoznať chodca či iný objekt na vozovke. V rámci nej sa rieši aj čas zaostrenia vodiča podľa rozlíšenia ľudského oka.

Na vodiča motorového vozidla pôsobí z okolitého prostredia množstvo optických vplyvov, nie všetky sú však dôležité. Z informačného toku v rámci dopravného diania musia byť tie najdôležitejšie informácie odfiltrované tak, aby dokázal na vzniknuté situácie (vrátane núdzových) včas a korektne reagovať. Okrem toho sú prirodzene výhodou empirické skúsenosti, resp. naučené správanie vodiča počas nočnej jazdy.

Dôležitú úlohu z hľadiska bezpečnosti zohráva osvetlenie vozidla. To by malo garantovať vlastné dostatočné osvetlenie ležiace pred vodičom v priestore vozovky, prirodzene bez toho aby oslňovalo vozidlo prichádzajúce v protismere.

Diplomová práca je zasadená do problematiky načrtnutého vedného odboru. Zaoberá sa svetelnými zdrojmi vozidiel a svetelnými podmienkami ako ich vodič vníma v závislosti na parametroch, ktoré vnímanie ovplyvňujú. Konkrétne vymedzenie cieľov práce je umiestnené v nasledujúcej kapitole.

## VYMEDZENIE PROBLÉMU, STANOVENIE CIEĽOV PRÁCE

Stret vozidla s chodcom za zníženej viditeľnosti, kedy znalec vykonáva analýzu priebehu nehodového deju nie je ničím neobvyklým. Za účelom zisťovania zákonitostí platiacich za zníženej viditeľnosti bolo už vykonané početné množstvo rekonštrukcií viditeľnosti objektov v reálnych podmienkach a to statickým aj dynamickým meraním. Pre dosiahnutie cieľov práce je postačujúce vykonanie statického merania dohľadnosti zachytávajúce fyzické podmienky vodiča, nie je potrebné zohľadňovať fyziologické a psychologické aspekty ľudského pozorovateľa pri riadení vozidla dynamickým meraním.

V predchádzajúcej kapitole boli naznačené základné témy práce, ktorých úprava a riešenie je rozdelené do viacerých častí.

Prvou náležitosťou je *výklad základných pojmov z oblasti svetla a popis osvetľovacej techniky motorových vozidiel* na základe zistených poznatkov. Súčasťou oddielu je oboznámenie s *obecnou teóriou vnímania vodiča* týkajúcou sa faktorov ovplyvňujúcich proces videnia človeka.

Ďalšia časť predstavuje *stanovenie metodiky* zisťovania rozhl'adu vodiča vozidla za zníženej viditeľnosti pri zapnutých stretávacích i diaľkových svetlometoch na chodcov oblečených do rôznych materiálov. Jej cieľom je zostavenie pokiaľ možno nenáročnej a efektívnej metódy merania, ktorá s použitím dostupnej techniky poskytuje zabezpečením hodnôt reálny obraz o rozhl'adových pomeroch vodiča. V rámci vykonania experimentálneho zisťovania rozhl'adu vodiča je zaobstarávaná fotodokumentácia.

Následne sú zistené rozhl'adové pomery *aplikované do virtuálneho prostredia* softvéru, vzniká tak rekonštrukcia rozpoznateľnosti chodcov.

Hlavným predmetom diplomovej práce je *porovnanie* výsledkov experimentálnych meraní dohľadnosti so softvérom. Cieľ, ktorého sa práca snaží dosiahnuť je *zhodnotiť* na základe podkladov získaných meraním v teréne ich identickosť s výsledkami získanými zo softvéru pri simulovaní zhodnej situácie a overiť tak aplikovateľnosť softvéru pri znaleckej činnosti súvisiacej s riešením analýzy cestných nehôd za podmienok zníženej viditeľnosti.

# 1. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ RIEŠENIA, POZNATKY Z LITERATÚRY

## 1.1 Legislatíva svetiel

Z hľadiska bezpečnosti zohráva osvetlenie vozidla dôležitú úlohu. Aby osvetľovacia technika vozidla, konkrétne jeho predné svetlomety, splňovala svoju úlohu z hľadiska funkčnosti a správnosti musí byť vyrobená, namontovaná a nastavená podľa predpisov platnej legislatívy krajiny v ktorej bude vozidlo používané. Vyhlášky a smernice predpisujú predovšetkým dosvit svetlometov na vozovku a rozmedzie ich sklonu voči vozovke, tak aby svetlomety zabezpečovali vodičovi dostatočnú dĺžku rozhľadu a zároveň nespôsobovali osľňovanie protiúdcim vozidlám, cyklistom, chodcom atď. Práve tieto faktory patria medzi dôležité predpoklady pre bezpečnosť cestnej premávky za zníženej viditeľnosti.

Dĺžka rozhľadu predstavuje osvetlenú vzdialenosť, na ktorú má vodič motorového vozidla pred sebou rozhľad na vozovku. Pre potreby súdneho znelectva sa zisťuje priamym meraním na mieste, vykonáva sa tzv. vyšetrovací pokus a jeho vyhodnotením sa odvodí dĺžka rozhľadu na konkrétnom mieste. (2, s. 369)

### 1.1.1 Vývoj legislatívy

Dosvit svetlometov na vozovku pre hlavné svetlá najbežnejších vozidiel predpisovali postupne podľa dátumu schválenia nasledujúce vyhlášky:

- Vyhláška č. 145/1958 Ú.I., § 19, v platnosti do 30.06.1972

Vyhláška motorovým vozidlám s konštrukčnou rýchlosťou presahujúcou 20 km/h dosahovanou na rovine prikazuje, aby boli vozidlá vybavené dvoma diaľkovými svetlometmi s účinnosťou osvetlenia vozovky za noci bez atmosférických porúch do vzdialenosti najmenej 100 m dopredu. Súčasne prikazuje, aby boli vozidlá opatrené dvojicou tlmených svetlometov s účinnosťou osvetlenia najmenej 30 m dopredu. (2, s. 338)

- Vyhláška č. 32/1972 Zb., § 45, v platnosti od 01.07.1972

Medzi elementárne fakty vyhlášky patrí nariadenie, že diaľkové svetlá vozidla musia účinne osvetľovať vozovku do vzdialenosti najmenej 100 m a svetlá stretávacie do vzdialenosti najmenej 30 m (platí pre vozidlá schválené do 30.06.1972) alebo najmenej 40 m pred vozidlom (vozidlá schválené od 01.07.1972), pričom posledný osvetlený bod v ľavej polovici od roviny

svetlometov môže byť najviac 115 m. Zároveň je definovaná vzdialenosť najvyššieho okraju činnej svietiacej plochy svetlometov nad rovinou vozovky na nie viac ako 1,2 m. (2, s. 339)

- Vyhláška č. 41/1984 Zb., § 43, v platnosti od 01.01.1985

Najpodstatnejšou náležitosťou vyhlášky je príkaz vertikálneho nastavenia svetlometov so stretávacím svetlom, ktoré je merané pri státi v rozsahu od pohotovostnej do celkovej hmotnosti vozidla a musí zostať v rozsahu sklonu -0,5 % až -2,5 %. Zároveň pre každý typ vozidla musí výrobca stanoviť základné nastavenie, ktoré musí byť najmenej v rozmedzí -1 % až -1,5 %. Na základe toho už nie je možné stanoviť jednotne pre všetky vozidlá hodnotu minimálneho dosvitu svetlometov ale je nutné vychádzať z konkrétnych zistení. (2, s. 339)

Tabuľka č. 1 uvádza pre orientáciu maximálne medze dosvitu stretávacích svetiel na vozovku pre rôzne výšky osí svetlometov a sklony referenčných ôs, pri pohotovostnej hmotnosti vozidla a zaťaženia hmotnosťou vodiča 75 kg. (2, s. 340)

Výška osy svetlometu [mm]		600	700	800	900	1000	1100
Sklon osy [%]	0						
0,5	0,286	(120)	(140)	(160)	(180)	(200)	(220)
1,0	0,573	60	70	80	90	100	110
1,5	0,859	40	46,7	53,3	60	66,7	73,3
2,0	1,146	30	35	40	45	50	55
2,5	1,432	24	28	32	36	40	44

Tabuľka 1: Maximálny dosvit stretávacích svetlometov podľa vyhl. č. 41/1984 Zb.

### 1.1.2 Platná legislatíva

Predpisy pre svetelné signalizačné sústavy sa stále vyvíjajú. V súčasnosti je pre signalizačné sústavy motorových vozidiel v Českej legislatíve v platnosti zákon č. 361/2000 Zb. o cestnej premávke. Problematika svetlometov je definovaná v § 32 tohto zákona, ktorý sa zaoberá používaním stretávacích, diaľkových, obrysových a hmlových svetiel. Ďalším legislatívnym dokumentom zaoberajúci sa svetelnými zariadeniami vozidiel je vyhláška č. 341/2002 Zb. o schvaľovaní technickej spôsobilosti a o technických podmienkach prevádzky vozidiel na pozemných komunikáciách.

Táto vyhláška okrem iného obsahuje aj homologačné predpisy Európskej hospodárskej komisie/Organizácie spojených národov a technické dokumenty Európskeho spoločenstva tvoriace predpisovú základňu. Tie, ktoré sa týkajú osvetľovacej techniky sú predmetom nasledujúceho prehľadu, pričom sú usporiadané

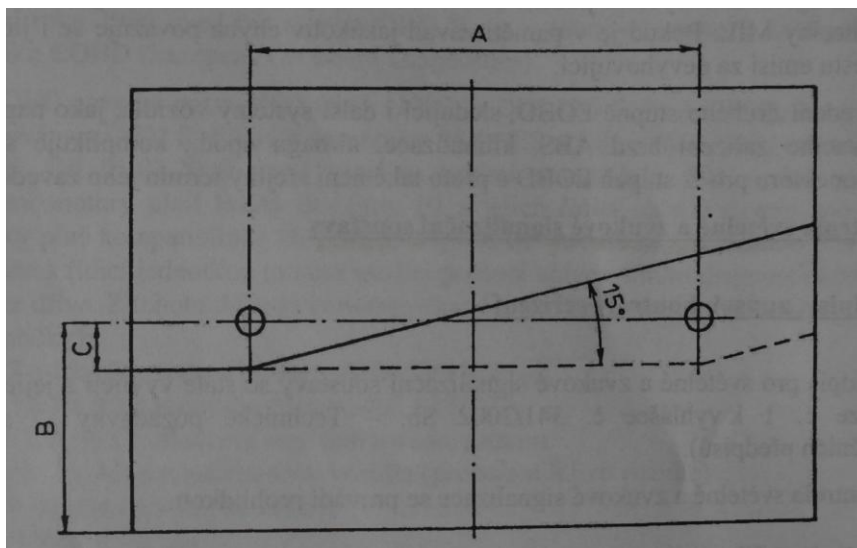
podľa čísel označujúcich samotný predpis. Je vhodné podotknúť, že ich tvoria prílohy Dohody o prijatí jednotných technických pravidiel pre kolesové vozidlá, zariadenia a časti, ktoré sa môžu montovať a/alebo užívať na kolesových vozidlách a o podmienkach pre vzájomné uznávanie homologácií udelených na základe týchto pravidiel, uzatvorené v Ženeve dňa 20. marca 1958 v znení dohody zo 16. októbra 1995.

#### Prehľad predpisov EHK/OSN

1. Jednotné ustanovenie pre homologáciu svetlometov motorových vozidiel s asymetrickým stretávacím svetlom a/alebo diaľkovým svetlom vybavenými žiarovkami kategórií R2 a/alebo HS 1
2. Jednotné ustanovenia pre homologáciu el. žiaroviek pre svetlomety s asymetrickým tlmeným svetlom a/alebo diaľkovým svetlom alebo s oboma svetlami
5. Jednotné ustanovenia pre homologáciu svetlometov motorových vozidiel typu „sealed beam“ (SB), ktoré vyžarujú európske asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo oboje
7. Jednotné ustanovenia pre homologáciu predných a zadných obrysových svietidiel, brzdových a doplnkových obrysových svietidiel motorových vozidiel (s výnimkou motocyklov) a ich prípojných vozidiel
8. Jednotné ustanovenia pre homologáciu svetlometov pre motorové vozidlá, vyžarujúce asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo oboje a vybavených halogénovými žiarovkami (H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR2 a/alebo H11)
19. Jednotné ustanovenia pre homologáciu predných hmlových svetlometov motorových vozidiel
20. Jednotné ustanovenia pre homologáciu svetlometov motorových vozidiel, ktoré vyžarujú asymetrické stretávacie alebo diaľkové svetlo alebo oboje a ktoré sú vybavené halogénovými žiarovkami (H4 žiarovky)
31. Jednotné ustanovenia pre homologáciu halogénových svetlometov motorových vozidiel typu sealed beam (HSB) vyžarujúce asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo oboje.
112. Jednotné ustanovenia pre homologáciu svetlometov motorových vozidiel, ktoré vyžarujú asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo oboje a ktoré sú vybavené žiarovkami.

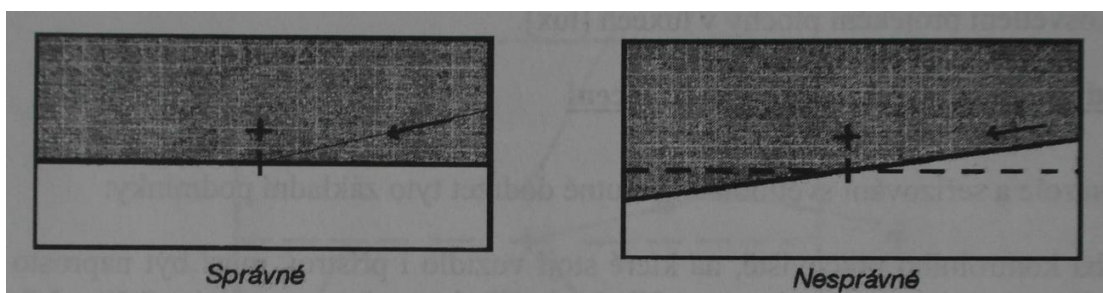
### 123. Jednotné ustanovenia pre homologáciu systémov adaptívnych predných svetlometov (AFS) motorových vozidiel

Rovnakým spôsobom je možné prezentovať smernice, nariadenia a rozhodnutia EHS/ES, vzťahujúce sa ku konštrukcii a prevádzky kolieskových vozidiel a necestných mobilných strojov. Uvádzam len stručný číselný pohľad na smernice Rady, prípadne Komisie týkajúcej sa problematiky svetiel: čísla 76/756, 76/758, 76/761, 76/762, 77/539, 77/583, 80/233, 82/244, 89/517, 89/518, 91/663, 97/32, 1997/17 a 1997/18. (19) Posledným významným dokumentom je *vyhláška č. 56/2001 Zb., o podmienkach prevádzky vozidiel na pozemných komunikáciách*. V ňom sú mimo iného stanovené podmienky nastavovania svetlometov, ktoré sa vykonávajú pomocou optických prístrojov alebo kontrolných stien, znázornených na obrázku, kde : A = vzdialenosť priemetov stredov svetlometov, B = výška stredov svetlometov od zeme, C = zníženie lúčov tlmených svetiel, pričom veľkosť tejto hodnoty je závislá na vzdialenosti svetlometu od kontrolnej steny.



Obrázok 1 - Kontrolná stena k nastavovaniu svetlometov

Zdroj (10)



Obrázok 2 - Vyhodnotenie kontroly nastavenia tlmených symetrických svetlometov

Zdroj (10)

## 1.2 Osvetlenie motorových vozidiel – základné pojmy

### 1.2.1 Podstata svetla

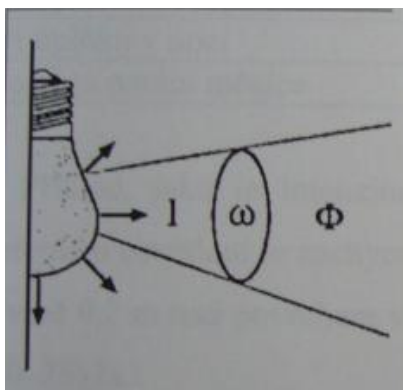
Svetlo je fyzikálnym javom spôsobujúcim zrakový vnem ľudského oka, ktoré má charakter elektromagnetického vlnenia o rôznych vlnových dĺžkach v širokom spektre elektromagnetického žiarenia. Je charakterizované frekvenciou  $f$  (Hz) alebo vlnovou dĺžkou  $\lambda$ . Svetelné žiarenie resp. svetlo predstavuje tzv. viditeľné žiarenie zhodnotené zrakovým orgánom prijímateľa a závisí na citlivosti jeho oka k žiareniu rôznych vlnových dĺžok. V závislosti na tejto skutočnosti sa obvykle uvažuje spodná medza spektrálneho rozsahu viditeľného žiarenia v rozmedzí vlnových dĺžok medzi 360 až 400 nm a horná hranica medzi 760 až 830 nm. (6, s. 6)

### 1.2.2 Základné fyzikálne veličiny

Medzi vybrané základné fotometrické veličiny definované vo svetelnej technike, slúžiace ku hodnoteniu vlastností svetelných zdrojov a ich účinkov na zrakový orgán patria pojmy:

- Svetelný tok  $\Phi$  – udáva, koľko svetla celkom vyžiari zdroj do všetkých smerov. Predstavuje svetelný výkon posudzovaný ľudským okom. Jednotkou je lúmen (lm).
- Svietivosť  $I$  – je podielom svetelného toku vyžiareného zdrojom v tomto smere do nekonečne malého priestorového uhlu a do priestorového uhlu  $\omega$ . Jednotkou je kandela (cd).

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} [cd; lm; sr] \text{ (6, s. 7)}$$

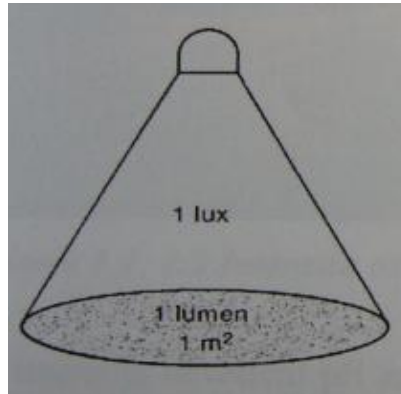


Obrázok 3 - K definícii svietivosti  
Zdroj (6)



- Intenzita osvetlenia E – je podielom svetelného toku, ktorý dopadá na element tejto plochy. Jednotkou je lux (lx).

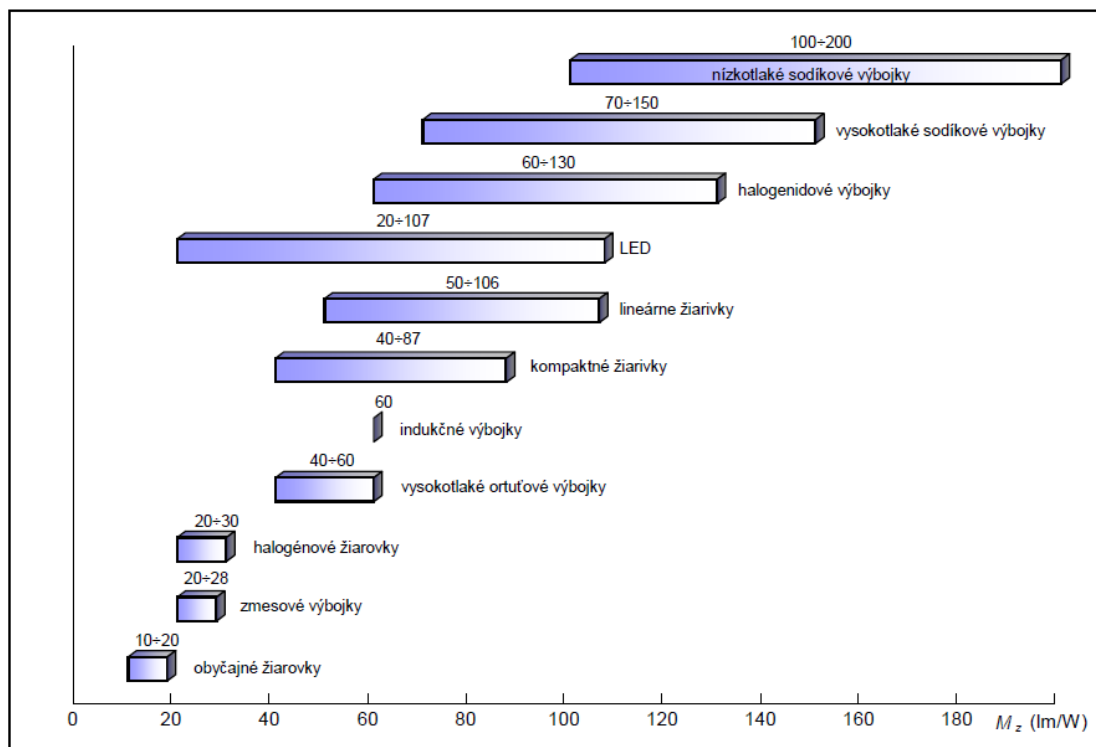
$$I = \frac{d\Phi}{dS} [cd; lm; m^2] \text{ (6, s. 7)}$$



Obrázok 4 - K definícii intenzity osvetlenia  
Zdroj (6)

- Merný výkon M<sub>Z</sub> – merný výkon elektrického svetelného zdroja vyjadruje vzťah medzi svetelným tokom a elektrickým príkonom zdroja, jedná sa teda o jeho svetelnú účinnosť. Jednotkou merného výkonu je lm.W<sup>-1</sup>.

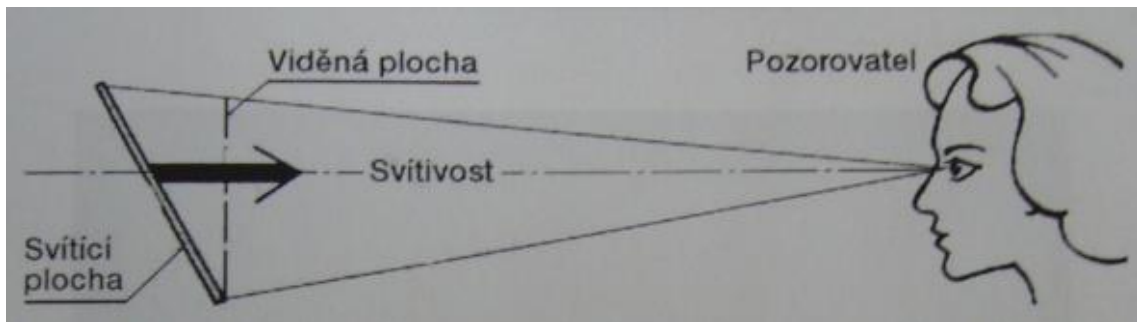
$$M_z = \frac{\Phi}{P} [lm/W]$$



Obrázok 5 - Merné výkony bežných zdrojov svetla  
Zdroj (1)

- Jas L – je merítkom pre vnem svetelnosti svietiaceho alebo osvetľovaného telesa vnímaného ľudským okom. Jas L plochy o veľkosti dS v smere normály je podielom svietivosti tejto plochy v smere pozorovania  $\alpha$  k veľkosti jeho priemetu do kolmej roviny na smer pozorovania. Jednotkou je  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

$$L = \frac{dI}{dS \cos\alpha} [\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}; \text{cd}; \text{m}^2; ^\circ] \quad (6, \text{ s. } 10)$$



Obrázok 6 - K výkladu pojmu jas  
Zdroj (6)

Veličina jasu má podstatný význam pri rozpoznávaní objektov pozorovaných v zornom poli pri zníženej viditeľnosti. Aby došlo k rozpoznaniu je nutné, aby mali objekty medzi sebou dostatočne rozdielne jasy. Stupeň rozoznatelnosti objektov je charakterizovaný kontrastom jasu:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (6, \text{ s. } 13)$$

kde:

$K$  ...kontrast

$L_a$ ...jas objektu (jas rozlišovaného detailu) [ $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

$L_b$ ...jas jeho okolia (jas pozadia) [ $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

### 1.2.3 Základné rozdelenie svetiel a svetelných zariadení

Osvetľovaciu techniku motorového vozidla možno triediť podľa viacerých hľadísk:

- a) Podľa priestoru pôsobenia na vonkajšie a vnútorné
- b) Podľa účelu
  - Osvetľovacie svetlá – svetlá vyžarované svetlometmi určenými k osvetľovaniu jazdnej dráhy na vzdialenosť vyhovujúcu pre vedenie vozidla. Osvetľovacie svetlá sú diaľkové, stretávacie a svetlá do hmly
  - Návestné svetlá – svetlá vyžarované svietidlami vozidla určené k zaisteniu jeho viditeľnosti, k upozorneniu na spomalenie jazdy pri brzdení, na zmenu smeru jazdy a pod. Návestné svetlá sú svetlá obrysové, koncové, brzdové a smerové.
- c) Podľa typu svetelného zariadenia
  - Svetlomety – svietidlá so zdrojom spojeným s optickou sústavou vysielajúce svetlo do určitého vymedzeného priestoru
  - Svietidlá – svietidlá spravidla s menším svetelným výkonom vydávajúce svetlo usmernené i neusmernené
  - Odrazky – zariadenia so sklom (odrazové sklá) upraveným opticky tak, aby za predpísaných podmienok odrážali svetlo vysielané cudzím zdrojom (5, s. 111)

#### Definícia vybraných pojmov:

*Svetlomet* je zariadenie konštruované k osvetleniu vozovky, rozlišujeme:

- tlmené svetlo je svetlom užívaním k osvetleniu vozovky pred vozidlo bez toho, aby nepatrične oslňoval alebo obťažoval vodičov prichádzajúcich z opačného smeru alebo iných užívateľov vozovky
- diaľkové svetlo je svetlom užívaným k osvetľovaniu vozovky na veľkú vzdialenosť pred vozidlom
- svetlomet do hmly je svetlom zlepšujúcim osvetlenie vozovky za hmly, sneženia, búrky alebo v mračnách prachu

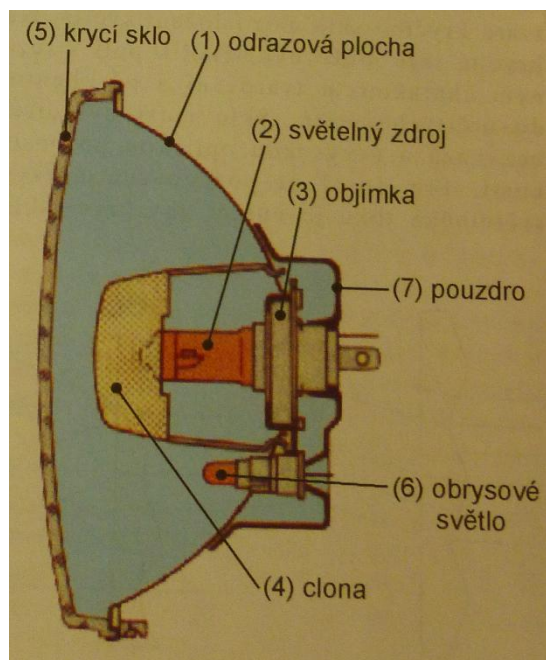
*Svietidlo* je zariadenie k vysielaniu svetelného signálu ostatným užívateľom cesty:

- svietidlo smerové je svietidlom slúžiacim k informácii pre ostatných užívateľov cestnej komunikácie, že vodič chce meniť smer vpravo alebo vľavo
- svietidlo denné je svietidlom, ktoré smeruje dopredu a činí vozidlo jednoduchšie viditeľné za jazdy cez deň
- svietidlo predné obrysové je svietidlom používaným k označeniu prítomnosti vozidla a jeho šírky pri pohľadu spredu (18)

### 1.2.4 Hlavné časti svietidla

Svietidlo pozostáva z troch podstatných náležitostí :

- Svetelný zdroj – žiarovka, výbojka, LED dióda a podobne.
- Optický systém – je tvorený odrazovou plochou a priesvitným krytom, jeho časť ktorou vystupuje svetlo sa skladá z optických útvarov upravujúcich priestorové rozloženie vystupujúceho svetla, tzv. výstupná plocha
- Puzdro – do puzdra je vstavaný svetelný zdroj s optickou sústavou



Obrázok 7 - Základné konštrukčné usporiadanie svetlometu  
Zdroj (5)

Podľa vzájomného usporiadania týchto prvkov sa svietidlá ďalej triedia a rozoznávajú na samostatné, združené a zlúčené. (5, s. 112)

## **1.3 Zdroje svetla**

V súčasnej dobe sa pri osvetľovacej technike u motorových vozidiel využíva niekoľko rozličných zdrojov svetla, fungujúcich na rozličných princípoch. Nasledujúca kapitola sa venuje popisu týchto zdrojov, ich princípu, vlastností a porovnávaní.

### **1.3.1 Žiarovky**

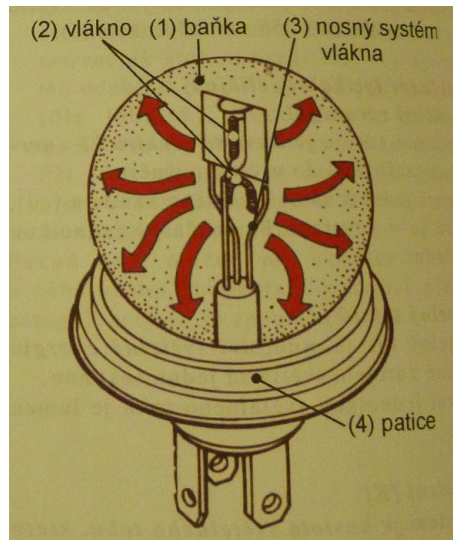
Žiarovky stále predstavujú najrozšírejší druh zdrojov svetla pre motorové vozidlá aj keď v súčasnej dobe sa dostávajú do popredia LED technológie, pričom ani výbojky netvorí zanedbateľnú časť. Patria medzi žiarové zdroje svetla u ktorých je vznik svetla podmienený vysokou teplotou svietiacej látky, ich svetelná účinnosť je však veľmi malá. Majú spojité spektrum tzn. vyžarované svetlo obsahuje všetky farby od červenej až po fialovú. (5, s. 112)

#### **1.3.1.1 Bežné žiarovky**

Bežné žiarovky konštrukčne pozostávajú zo sklenenej banky, volfrámového vlákna, nosného systému vlákna a päťice ku ktorej je banka pritmelená.

Volfrámové vlákna majú teplotu tavenia 3410 °C, sú vinuté v jednoduchej špirále a počet vlákien v žiarovke je jedno alebo dve. Špirála je buď rovná alebo má tvar oblúku, prípadne písmena V (obyčajné dvojvláknové žiarovky používajú vlákno v tvare oblúku alebo písmena V pre diaľkové svetlo a rovné vlákno pre tlmené svetlo). Umiestnenie vlákien je závislé na druhu odrazovej plochy.

Funkciou päťice žiarovky je spoľahlivé mechanické uchytienie žiarovky, tak aby nedochádzalo ku zmene polohy vzhľadom k optickému systému vplyvom otrasov. Zároveň musí päťica zaisťovať spoľahlivý kontakt po elektrickej stránke. Tvar päťíc je normalizovaný a priradený jednotlivým druhom žiaroviek. Päťice existujú bajonetové, prírubové, sufitové alebo sa vyrábajú bezpäťicové žiarovky.



Obrázok 8 - Bežná žiarovka  
Zdroj (5)

#### Základné parametre žiaroviek

Bežne používané žiarovky majú nasledujúce parametre:

- menovité napätie – 6 až 24 V
- menovitý príkon – 2 až 75 W
- svetelný tok – 20 až 2150 lm (5, s. 115)

V automobilovom priemysle sa prakticky výhradne používajú žiarovky plnené nezlúčivými plynmi a to väčšinou zmesou dusíku a argónu, poprípade aj kryptónom. Týmto sa znižuje emisia materiálu vlákna vznikajúca pri vysokých teplotách. Emisiou materiálu sa vlákno zoslabuje a v mieste zoslabenia dochádza k jeho pretrhnutiu alebo pretaveniu. (5, s. 112)

### 1.3.1.2 Halogénové žiarovky

V porovnaní s bežnými žiarovkami dosahujú žiarovky halogénové vyššej svietivosti (pri rovnakom príkone až dvojnásobok svetelného toku) a dlhšej životnosti (cca. dvojnásobne). Banka žiarovky je vyrobená z kremičitého skla s veľkou citlivosťou na znečistenie predovšetkým masťou a je v porovnaní s bežnou žiarovkou menšia, aby sa v nej dosahovalo požadovanej teploty. Banka je plnená plynom s prísadou halových prvkov, v automobilovom priemysle sa používa ako plniaci plyn metylénbromid s prísadou halového prvku brómu. V banke je umiestnené volfrámová špirála, ktorá je viac kompaktnějšía ako u bežnej žiarovky. Používajú sa rovné špirály umiestnené buď v ose alebo kolmo k ose žiarovky.

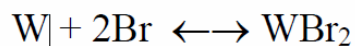
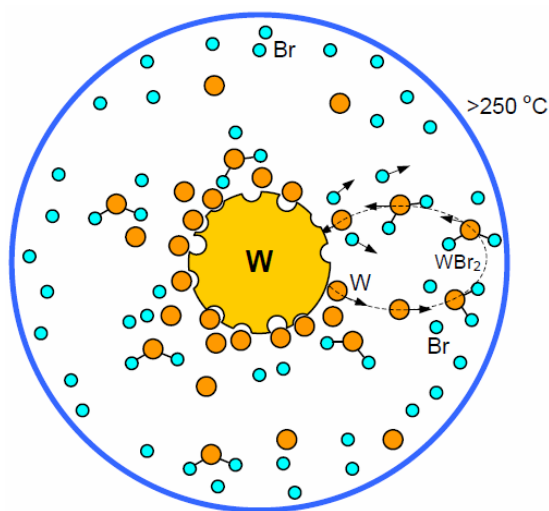


Obrázok 9 - Konštrukcia halogénovej žiarovky  
Zdroj (18)

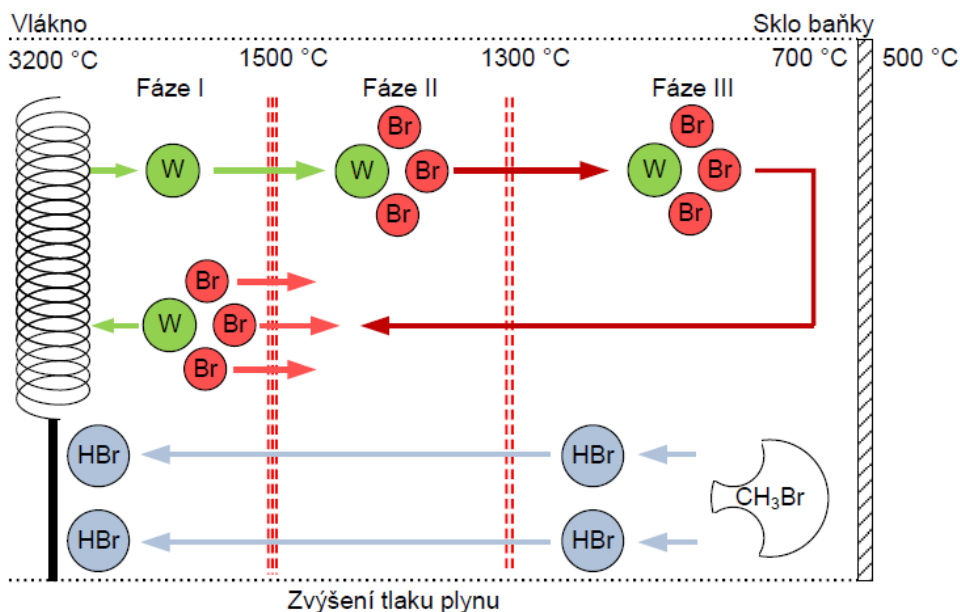


Obrázok 10 - Halogénové žiarovky (zľava doprava H1, H3, H4, H7)  
Zdroj (13)

Vo vnútri banky prebieha proces znázornený na obrázkoch, tzv. halogénový cyklus prebiehajúci nasledovne: V zóne I sa z volfrámového vlákna rozžeraveného na 3200 °C uvoľňujú atómy volfrámu, ktoré sa v zóne II pri teplote 1400 °C zlučujú s voľne sa pohybujúcimi atómami brómu na bromid volfrámu. Bromid volfrám sa pohybuje k rozžeravenému vláknu kde sa rozpadá na bróm a volfrám, ktorý sa usadzuje na vlákne. Tým je halogénový cyklus uzavretý. V zóne III sa pri teplote nad 500 °C rozpadá metylénbromid. Diely žiarovky ležiace v chladnej zóne III sú chránené neagresívnym bromovodíkom a tak nie sú napadané chemicky. (5, s. 113)



Obrázok 11 - Halogénový cyklus, pohľad 1  
Zdroj (1)



Obrázok 12 - Halogénový cyklus, pohľad 2  
Zdroj (5)



### **1.3.1.3 Špeciálne upravené halogénové žiarovky**

Jedná sa o špeciálnu úpravu halogénových žiaroviek H1, H4 a H7. Tieto žiarovky produkujú biele svetlo podobné dennému svetlu podobne, ako to dokážu xenónové výbojky a to za nepomerne nižšiu cenu. Na trh takéto žiarovky dodávajú napr. firmy Philips a Osram.

### **1.3.2 Výbojky**

Na rozdiel od žiaroviek, ktoré na výrobu svetelnej energie využívajú tepelné účinky elektrického prúdu pri prechode tuhým telesom a žiarivé vlastnosti tohto telesa, u výbojok svetlo vzniká výbojom medzi elektródami. Pretože je teplo vytvorené pri výboji len sprievodným javom a nie podmienkou vzniku svetla je výbojka v porovnaní so žiarovkou pri prevádzke len mierne teplá. Výbojka je sklenená trubica naplnená príslušným médiom (zriedený plyn alebo pary niektorých kovov) do ktorej koncov sú zatavené prívody k elektródam. Tie sú buď studené alebo žhavené prechádzajúcim prúdom, pri napojení na vhodné napätie sa plyn medzi nimi rozžiarí a produkuje obvykle farebné monochromatické svetlo. (5, s. 115)

#### **1.3.2.1 Žiarivky**

Žiarivky predstavujú nízkotlakové ortuťové výbojky vo tvare trubice, na ktorej vnútornej strane je vrstva fluorescenčnej látky. Práve táto fluorescenčná látka podľa svojho druhu mení neviditeľné ultrafialové žiarenie na viditeľné svetlo, ktorého farba môže byť namodravá, biela a naružovelá. Žiarivky vzhľadom k svojej negatívnej napäťovej charakteristike vyžadujú stabilizovaný prúd pre svoje napájanie. Využívajú sa takmer výhradne na vnútorné osvetlenie priestoru karosérie vozidiel pre hromadnú dopravu osôb. (5, s. 116)

#### **1.3.2.2 Xenónové výbojky**

Zdroj svetla predstavuje sklenená trubica so zatavenými elektródami, vyrobená z čisto kremičitého skla a naplnená xenónom s prísadou metalických solí. Samotný výboj zapaluje striedavé napätie o veľkosti 24 kV. Principiálne funguje xenónová výbojka na ionizácii plynnej náplne a vytvorení elektrického oblúku po preskoku iskry medzi oboma elektródami. Rozdelenie svetla nie je závislé na napätí palubnej siete, pretože riadiaca elektronika zaisťuje prevádzku výbojky s konštantným výkonom po celú dobu prevádzky. Súčasťou riadiacej jednotky sú aj kontrolné a bezpečnostné

systemy, chrániace obvod proti preťaženiu a vypínajúce elektroniku ak hodnota prúdu presahuje 20 mA. Používajú sa dva druhy výbojok a to D2R pre čisto reflexné plochy a D2S pre projekčné systémy.

Výhody xenónových výbojok:

- lepšie zaistenie osvetlenia krajníc
- svetlo produkované výbojkami je podobné dennému svetlu
- viac než dvojnásobný svetelný tok v zrovnaní s halogénovou žiarovkou (5, s. 116)



Obrázok 13 - Xenónové výbojky (zľava doprava D2S, D1S)  
Zdroj (13)

### 1.3.3 Svetlo emitujúce diódy (LED)

Svetlo emitujúca dióda (z anglického Light emitting diode) je polovodičovým prvkom vyžarujúcim svetlo prípadne iné žiarenie v prípade, ak ním prechádza elektrický prúd. Spektrum žiarenia závisí od chemického zloženia polovodičov z ktorých je prechod elektrického prúdu diódy skonštruovaný. Výhodami tohto zdroja svetla sú napríklad vysoká životnosť, nízky príkon, vysoký merný výkon, farebná stálosť svetla a stálosť svetelného toku pri zmene napätia. Diódy LED sa používali predovšetkým ako indikačné a kontrolné prvky, sprevádzané vývojom už však existujú aj super svietivé diódy. Tie majú v súčasnosti využitie nielen do koncových a brzdoých svetiel automobilov, ale aj pre predné denné svietenie. Navyše okrem už pomerne bežného zapracovania do predných svetlometov s využitím na denné svietenie sa do budúcnosti dá predpokladať vystavanie predných svetlometov len na základe tejto technológie. (5, s. 117)

V súčasnosti sa vyskytuje nástupca technológie LED a to tzv. OLED. Jedná sa o svetelný zdroj na báze LED, kde sa na generovanie svetla využíva organický materiál.

## 1.4 Obecná teória vnímania vodiča

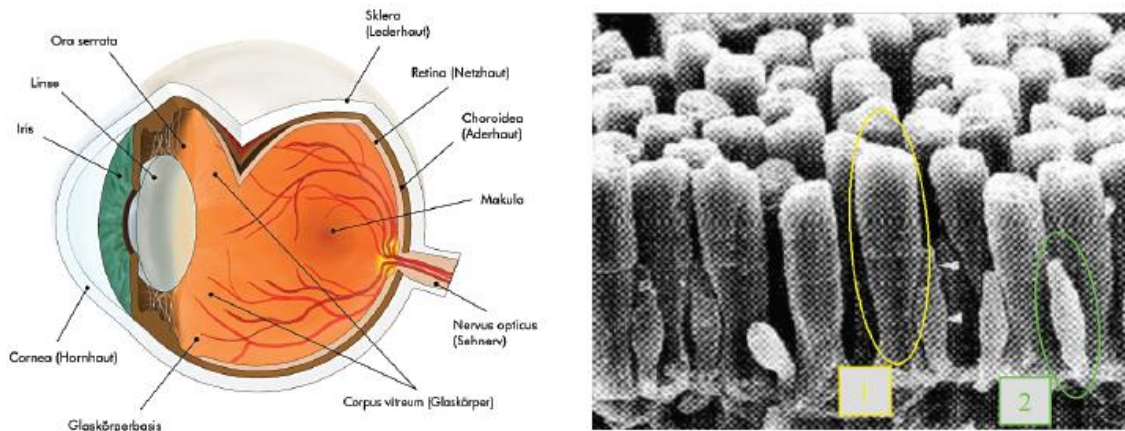
Mnoho dopravných nehôd sa stáva v noci resp. za zníženej viditeľnosti spôsobenej rôznymi atmosférickými podmienkami. Za takýchto okolností je veľmi náročné späťne rozhodovať alebo dokazovať, v ktorom momente sa mohli objekty cestnej dopravnej nehody vzájomne zbadat' po prvýkrát. Parametrom ktorý je potrebné v tejto súvislosti zisťovať je stupeň osvetlenia priestoru pred vozidlom a stupeň osvetlenia okolia v ktorom sa objekty pohybujú. Až následne je možné začať uvažovať o možnostiach odvrátenia stretu účastníkov nehody. Problematika fyzikálnych vlastností osvetlenia je teda kritická a to aj v závislosti na skutočnosti, že osvetlenie je jedným z mnohých faktorov podieľajúcich sa na vzniku nehodových udalostí, ktorý na rozdiel od ostatných faktorov (ako napr. stav a povaha vozovky, technický stav vozidla, rýchlosť, koncentrácia) naberá na význame pri poklese viditeľnosti.

### 1.4.1 Zrakové vnímanie človeka

Zrakové vnímanie je pri vedení vozidla najdôležitejším vnemom človeka, samozrejme za podpory ostatných zmyslových vnemov. Slúži predovšetkým pre jeho orientáciu v priestore a zaisťuje informácie, dôležité pre ďalšie rozhodovanie. Základná funkcia zraku pozostáva z vnímania jasu, detailov, kontrastov, priestoru a farieb. Zložitý proces videnia prebieha obecné v hlavných rysoch nasledovne:

- oko sa orientuje v jeho zornom poli mikropohybmi
- pozornosť zaujme externý podnet z prostredia
- zrakový receptor sa zameria a sústreďí na zaujímavý optický podnet a na základe zistených optických parametrov situácie sa pripraví na recepciu
- podnet spracovaný optickým systémom oka zasiahne svetlo citlivé elementy sietnice
- transformáciou optických podnetov na nervové vzruchy vzniká odozva v optickom nerve, ktorým je vedená k mozgovým centráram videnia v ktorých vzniká „počítok“
- syntézou „počítok“ vzniká vnem na základe ktorého sa rozhoduje o odpovedi organizmu na daný podnet pričom dochádza k tzv. diferenciacii
- vnem môže pominúť, byť uložený v pamäti alebo transformovaný vo vzruch šíriaci sa pohybovými nervami k nervo-svalovým platničkám
- v týchto platničkách sa nervový vzruch transformuje vo svalový sťah

- v priebehu tohto procesu je centrálna nervová sústava neustále informovaná o zmenách vlastností pozorovaného objektu a jeho okolia, vysiela povelý a plynulo riadi adaptačný stav (2, s. 224)



Obrazok 14 - Schematické znázornenie oka (štruktúra oka, tyčinky a čípky)

Zdroj (11)

Aj bez základných znalostí medicíny by malo byť každému vodičovi jasné, že bezpečne môže viesť vozidlo len osoba vidiaca dostatočne ostro. Ostrosť videnia dosahuje svoju maximálnu hodnotu za denného svetla v celkom malom rozsahu oka a to v ústrednej jamke sietnice. Ak nebude zainteresovaný objekt zobrazený v tomto rozsahu očí, je nevyhnutné pootočenie výhľadu tzv. fixácia. Oko je, zjednodušene povedané, postavené ako fotoaparát. Zrenica na seba prevezme úlohu clony a podľa svetelných pomerov prepúšťa do vnútra oka buď (pri)veľa žiarenia alebo stiahnutím tomu pri veľmi jasných podmienkach zabraňuje. Úlohou šošovky je vykresliť na sietnici predmety z okolitého sveta tak ostro, nakoľko to je len možné. K ochrane oka je celý systém uložený pod rohovkou, ktorá musí byť pre tento cieľ samozrejme priehľadná. Zaostrovanie oka je uskutočňované telesom šošovky, ktorej mohutnosť je variabilná. Pod mohutnosťou šošovky sa rozumie recipročná hodnota jej ohniskovej vzdialenosti. Metódami merania ostrosti videnia je napr. skúška zraku čítaním z tabule alebo Landoltov kruh. V prípade odhalenia porúch zraku, ktoré obmedzujú účinnosť vodiča automobilu, musia byť tieto poruchy korigované. V rámci svetelno-technického posudzovania je k povšimnutiu tiež skutočnosť, že optický systém človeka je podmienený procesom starnutia. Zatiaľ čo u mladého človeka sa ešte zornička mení priemerne v rozsahu od približne 2 až 8 mm, tento rozsah sa zmršťuje u 40 ročného na 4 až 6 mm a u 60 ročného na iba 3 až 4 mm. Výkonnosť normálneho oka je však ohraničená. Predpokladom pre zaregistrovanie objektu je, aby bol k jeho pozadiu a tiež okoliu dostatočne veľký farebný alebo svetelný kontrast. Závisí tiež na tom, v akom

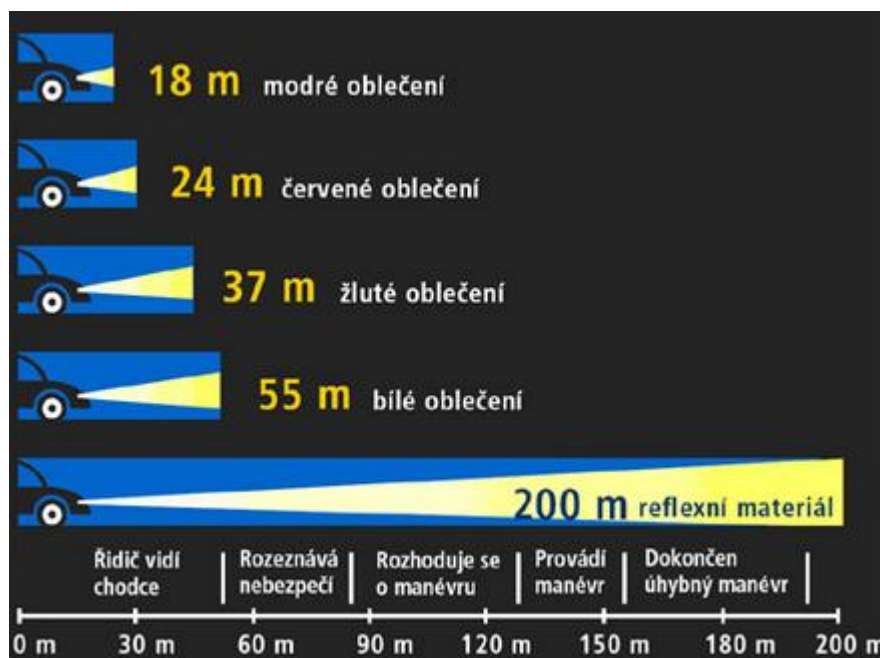
prostredí sa pozorovateľ nachádza a či je scenéria jasne osvetlená alebo úplne tmavá. Platí čím je v očiach väčšia jasnosť, tým väčšia musí byť potrebná svetelná diferenciacia pre kogníciu. (4, s. 703)

#### 1.4.2 Viditeľnosť rôzne farebných materiálov

Podstatný vplyv na včasné rozpoznanie prekážky na cestnej komunikácii (chodca, cyklistu, zvieratá atď.) má farba oblečenia resp. materiál zovňajšku objektu. Je všeobecne známe, že viditeľnosť pozorovaného objektu je možné podstatne zvýšiť vhodnou farbou a doplnkami z fluorescenčných a reflexných materiálov. Tie zvyšujú svetelný kontrast voči pozadiu a predlžujú tak vzdialenosť, na ktorú môže vodič zaznamenať objekt.

*Fluorescenčné materiály* – zvyšujú viditeľnosť za denného svetla a za súmraku, v tme však strácajú svoju funkčnosť. Najčastejšie používanými farbami sú jasne žltá, zelená a oranžová.

*Reflexné materiály* – odrážajú svetlo v úzkom kuželi naspať ku zdroju a to až na vzdialenosť okolo 200 m. Výrazne zvyšujú viditeľnosť za tmy a za zníženej viditeľnosti. Reflexný materiál je v noci vidieť na 3x väčšiu vzdialenosť ako biele oblečenie a viac než na 10x väčšiu vzdialenosť ako modré oblečenie, vid' obrázok. Pre predstavu, pri rýchlosti 75 km/h potrebuje šofér vozidla najmenej 31 m (1,5 s) na to, aby si uvedomil nebezpečenstvo a zareagoval odpovedajúcim spôsobom. (17)



Obrázok 15 - Dynamická viditeľnosť rôznych farebných materiálov v noci  
Zdroj (17)

Na jednoduchom príklade možno ukázať, akú dôležitú úlohu hrá koeficient odrazu pri zrkovom podnete. Pri tmavých svetelných podmienkach je vnímateľnosť ovplyvnená predovšetkým vlastnými svetlometmi vozidla, avšak z hľadiska objektu je možno pozorovať, že na tmavo oblečenej osobe sú viditeľné len nohy pri približnej vzdialenosti 20 m, zatiaľ čo svetlo oblečená osoba je viditeľná celá.



Obrázok 16 - Tmavo a svetlo oblečená osoba vo vzdialenosti 20 m od vozidla  
Zdroj (7)

Z týchto poznatkov možno vyvodit' záver, že pri experimentálnych meraniach osvetlenia je nutné brať do úvahy aj svetelné vlastnosti (odrazivosť) povrchového materiálu vnímaného objektu. Následkom vysokej odrazivosti reflexných materiálov môže byť objekt videný na dostatočnú vzdialenosť pri malej intenzite osvetlenia, ale pri použití tmavých materiálov absorbujúcich svetlo možno objekt prehliadnúť aj pri relatívne vysokej intenzite osvetlenia.

### 1.4.3 Vplyvy počasia

Počasia veľmi výrazným spôsobom vplyva na proces videnia. Z nášho pohľadu skúmania problematiky sa zaujímate predovšetkým o špecifiká zmien videnia, ktoré spôsobujú dažď, sneženie a hmla.

#### Dážď

Výskyt dažďu je spojený so vznikom niekoľkých faktorov, ktoré majú vplyv na proces videnia. Predovšetkým sa mení farba vozovky, ktorá sa stáva podstatne tmavšia (až čierna) a tým sa menia všetky faktory týkajúce sa kontrastu. Kvapky dažďu na čelnom skle automobilu pôsobia ako malé šošovky, ktoré tvoria pre oko vodiča nevhodné nové zdroje svetla, obzvlášť v prípade pohybu auta z protismeru. Podstatnou komplikáciou je tiež výskyt dažďu s intenzitou, kedy sú kvapky viditeľné vo svetle

reflektoru vozidla. Nevhodné javy spojené s dažďom sa objavujú tiež na vozovke. Vznikajú totiž nepravidelné škvryny vody, ktoré osvetlené lampami verejného osvetlenia tvoria polia s rôznou úrovňou luminancie. Obzvlášť mokrá vozovka tvorí určitý druh zrkadla odrážajúceho svetlo z verejného osvetlenia, ktoré dopadá na vozovku priamo zhora. Rovnaký problém sa týka protiúdúch automobilov, ktorých stretávacie svetlá sú nasmerované na vozovku od ktorej sa odrazia a miera priamo do oka vodiča a tak spôsobujú oslnenie. Prieskumom bolo preukázané, že v takom prípade klesá schopnosť spozorovania objektu o 40 – 50 % (pokles vzdialenosti z ktorej vodič vidí objekt). (12, s. 891)

### Sneženie

Výskyt sneženia v teplotách nad nulou (týkajúcich sa teploty vzduchu aj vozovky) spôsobuje problémy rovnako ako u mokrej vozovky. Dodatočne vzniká veľmi silný odraz svetla od bielych vločiek. Vďaka tomu vzniká viac svetla (pochádzajúceho z vlastných reflektorov), ktoré sa vracia do oka vodiča a následne spôsobuje zvýšenie oslnenia vodiča a zhoršenie podmienok videnia. V prípade zasneženej vozovky má vodič dojem, že pole pred autom je osvetlené podstatne jasnejšie. To je spôsobené bielou farbou, ktorá má pozitívny absorpčný potenciál a preto je možné vidieť na dlhšiu vzdialenosť. Je nutné upozorniť, že aj v tomto prípade je vnímanie objektu na vozovke založené na princípe kontrastu. (12, s. 982)

### Hmla

Hmla je zložená z drobných kvapiek vody nachádzajúcich sa vo vzduchu. Svetlo reflektoru nemôže prenikať do hĺbky hmly, pretože kvapky vody fungujú ako malé zrkadlá a rozptyľujú svetelný lúč. Týmto sú objekty a ich pozadie na vozovke horšie osvetlené a hmla spôsobuje zásadný odraz svetla z vlastných reflektorov, ktorý oslňuje vodiča. Podmienkou možnosti určenia vzdialenosti na ktorú vidí vodič v hmle je jej určovanie na mieste udalosti v kontexte konkrétnej situácie. Určujú sa pritom tri druhy vzdialeností: videnie neosvetlených prekážok, spozorovanie zadných svetiel alebo hmloviek predchádzajúceho auta a spozorovanie predných stretávacích svetiel. Bez preverenia týchto vzdialeností na mieste nehody nie je potom možné určiť obmedzenie viditeľnosti hmlou, čo má zásadný vplyv na hodnotenie postupu jednotlivých aktérov dopravnej nehody. (12, s. 892)

#### **1.4.4 Osobný proces videnia**

##### Oslňovanie

Zdroj svetla, ktorý sa objaví v dohľade vodiča k nemu vysiela svetelné lúče. Tie sa v jeho očnej banke rozptýlia t.j. dôjde k procesu oslnenia. Spôsobí to skutočnosť, že pre spozorovanie prekážok bude vodič potrebovať jasnejšie osvetlenie. Ak je oslnenie spôsobené protiídúcim vozidlom, vodič bude môcť spozorovať prekážku len vo veľmi skrátenej vzdialenosti. Stupeň oslnenia je rozdielny podľa intenzity svetla a vo väčšine prípadov narastá behom približovania sa protiídúceho vozidla. Maximálne obmedzenie spôsobené oslnením je v okamihu momentu pred stretnutím vozidiel vo vzdialenosti cca. 25 m. V prípade kedy sa na vozovke nachádza veľké množstvo vody tvoriacej súvislý povrch, dochádza k významne väčšiemu oslneniu vodiča lúčmi, ktoré sa odrážajú od povrchu mokrej vozovky. Oslňovanie vyvoláva problémy vnímania objektu na vozovke a diskomfort, ktorý unaví oko. Táto situácia sa tiež týka svetlometov vozidiel idúcich za nami, ktoré sa odrazia v spätných zrkadlách. Od okamihu kedy zmizne zdroj oslňovania (protiídúce auto) potrebuje oko určitú dobu na adaptáciu videnia v tme. (12, s. 893)

##### Adaptácia (prispôsobenie) zraku

Očný orgán dokáže nastaviť množstvo svetla, ktoré dorazí do jeho vnútrajšku a to vďaka prispôbovaniu priemeru dúhovky. Dokáže sa teda adaptovať k priebežným zmenám množstva svetla. Táto adaptácia sa deje na úkor času, v priebehu ktorého sa oko pomaly vracia k pôvodnému stavu. V cestnej premávke je tento čas 1 – 5 s v závislosti na intenzite svetla protiídúceho vozidla a veku vodiča. Samozrejme neznamená to, že v prípade priemerného oslnenia vodič nič nevidí. Avšak návrat k pôvodnému stavu trvá zmienenú dobu a v cestnej premávke to znamená prejedenie nemalého úseku v podmienkach oslabeného videnia. (12, s. 984)

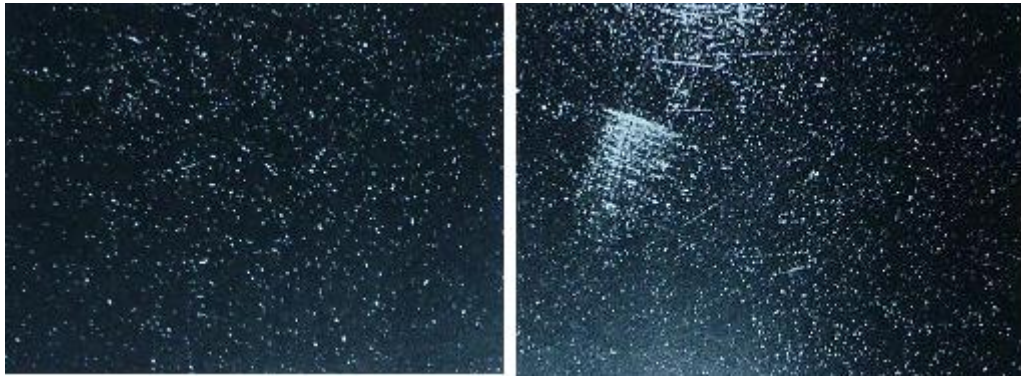
##### Ochranné sklá

Príjem informácií vodičom automobilu je len tak dobrý, ako je dobrý prenos a vlastnosti rozptýleného svetla, ktoré prechádza cez predné sklo umiestnené pred ním. V našom prípade sa jedná konkrétne o čelné sklo automobilu. To nikdy nemôže prepustiť svetelnosť prostredia na vonkajšej strane čelného skla na 100 % do vnútra vozidla – je treba vziať do úvahy zásadné prenosové straty. Priepustnosť nezávisí len na



hrúbke čelného skla ale tiež na uhle jeho zabudovania. Strata kontrastu vzniká skrz montážnu polohu a typ čelného skla, čo môže mať veľmi nepriaznivé následky, predovšetkým s klesajúcou svetlosťou okolia. Kvôli nepriaznivému tvarovaniu čelného skla v priestore vodičovho výhľadu môže tiež vznikáť optické skresľovanie, to znamená deformácia reálnych proporcií. (4, s. 706)

Pri vyhodnocovaní vnímanej vzdialenosti je taktiež podstatný stav čelného skla. Na združenom obrázku je zobrazené jak čelné sklo nepatrne poškodené úlomkami kameňa, tak aj čelné sklo s veľkým počtom škrabancov. Diagonálne škrabance boli spôsobené používaním stieračov na „suchom“ čelnom skle, posúvaním častíc prachu lištou stieraču hore-dole po suchom povrchu.



Obrázok 17 - Rozptýlené svetelné obrazy na poškodených čelných sklách  
Zdroj (7)

Hoci je stav čelného skla pravidelne testovaný (napr. v Nemecku pri generálnej inšpekcii vozidla Technickou inšpekčnou asociáciou TÜV alebo zrovnateľnými organizáciami), škrabance vznikajú na prieszore bežným opotrebovaním a preto je riziko neodhalenia relatívne vysoké. (7)



Obrázok 18 - Podmienky viditeľnosti cez prieszory poškodené škrabancami  
Zdroj (7)

## **2. RIEŠENIE CIEĽOV DIPLOMOVEJ PRÁCE**

### **2.1 Metodika experimentálneho merania dohľadnosti**

#### **2.1.1 Predmet experimentálneho merania**

Predmetom experimentálneho merania je zisťovanie dohľadnosti z vozidla na chodca za zníženej viditeľnosti – v noci a to pri použití stretávacích aj diaľkových halogénových svetiel motorového vozidla. Konečným cieľom pokusu je zaistiť hodnoty a v praktickej časti diplomovej práce vyhodnotiť mieru dohľadnosti z vozidla na statického chodca stojaceho proti smeru jeho jazdy a to aj pomocou porovnania s dostupným software. Séria meraní prebehne za okolitých podmienok zníženej viditeľnosti, z rôznych vzdialeností medzi chodcom a vozidlom a s rozličnými odevmi figurantov so známymi svetelnými vlastnosťami. Tomu však ešte predchádza zaistenie potrebných hodnôt intenzity osvetlenia reflektormi vozidla.

#### **2.1.2 Technické vybavenie merania**

##### **2.1.2.1 *Potrebné vybavenie***

Nutné pomocné vybavenie pre celé experimentálne meranie je nasledovné:

- pásmo dĺžky 50 m
- biele kriedy
- meracie koliesko
- tabuľa matnej tmavej farby
- geometrické potreby na kreslenie po tabuli
- fotoaparát s normálnym objektívom a statívom
- odevy pre figurantov s rozličnou odrazivosťou

##### **2.1.2.2 *Meracie prístroje***

V prvej časti merania je potrebný na zistenie hodnôt intenzity osvetlenia vozidla lux meter. S jeho pomocou zabezpečíme hodnoty zadávané do software pri definovaní nových svetlometov. V druhej časti merania je potrebný jasomer. Ten slúži na meraniu jasú na povrchu oblečenia chodca a jasú jeho okolia resp. pozadia. Rozdielom týchto dvoch hodnôt je zisťovaný kontrast obrysu chodca, definujúci jeho viditeľnosť. Bližšie predstavenie a technické parametre prístrojov je predmetom nasledujúcich riadkov.

### **Lux meter s číslicovou indikáciou PU 550**

Lux meter je prístrojom pre meranie svetelnosti. Čidlom je fotónka, dnes najčastejšie hradlový kremíkový fotočlánok, ktorý je v porovnaní s predtým užívanými selénovými fotočlánkami výrazne citlivejší a časovo i teplotne stabilnejší. Vyhodnocovacím prístrojom lux metru je potom analógový alebo digitálny mikroampérmeter kalibrovaný v jednotkách svetelnosti, t.j. v luxoch [lx]. Digitálny (číslivý) prístroj je vhodnejší pre presnejšie a jednoduchšie odčítavanie. Pri podmienkach nízkej svetelnosti – nižších číslivých ukazovateľa – je z dôvodu kolísania svetelného toku svetelných zdrojov odčítanie problematické. Použitie analógového prístroja je vhodné len pri kontrole tolerancií a zmien svetelnosti, pretože jeho odčítavanie je menej presné a môže dochádzať k veľkým chybám. (8, s. 2)

#### Technická špecifikácia:

- výrobca: Metra Blansko a.s.
- meracie rozsahy: 20; 200; 2000 lx; 20; 100 klx
- druh meracej sondy: kremíková fotoida
- rozmery: 168 x 96 x 35 mm
- hmotnosť: cca 300 g (bez sondy)
- presnosť:  $\pm(0,5\% \text{ MH} \pm 0,5 \text{ MR} + \text{celková chyba sondy})$

Súčasťou čidla umiestneného v meracej sonde je sústava optických filtrov zaisťujúcich spektrálnu citlivosť blízku spektrálnej citlivosti ľudského oka (16)



**Obrázok 19 - Lux meter PU 550**  
Zdroj (16)

## Jasomer LS-110

Jasomer je prístrojom pre meranie jasů, ktorého snímačom je tiež fotónka a vyhodnocovacím prístrojom digitálny mikroampérmeter. Ten je však kalibrovaný v jednotkách jasů, t.j. v  $[cd/m^2]$ . Prístroj je doplnený optikou so zaoštrovaním, ktorá vymedzuje priestorový (zorný) uhol v ktorého medziach dopadá na fotónku svetelný tok. Súčasťou je optika hľadáču na sledovanie miesta merania (zorného poľa jasomeru) s vyznačenou meranou plochou, ktorej priemerný jas priestor vyhodnocuje. (8, s. 2)

### Technická špecifikácia:

- výrobca: Konica Minolta
- merací uhol:  $1/3^\circ$
- optický systém: 85 mm f / 2.8 šošovka
- uhol pozorovania:  $9^\circ$
- vzdialenosť zaoštrovania: 1014 mm až nekonečno
- minimálna meraná plocha:  $\varnothing 4,8$  mm
- prijímač: kremíkový fotočlánok
- doba odozvy: Fast: meranie 0,1 s; zobrazenie 0,8 až 1,0 s  
Slow: meranie 0,4 s; zobrazenie 1,4 až 1,6 s
- rozsah merania: Fast: 0,01 až 999,900  $cd/m^2$   
Slow: 0,01 až 499,900  $cd/m^2$
- presnosť merania: Fast: 0,01 až 9,99  $cd/m^2$  :  $\pm 2\% \pm 2$  číslice hodnoty  
Slow: 10,00  $cd/m^2$  a viac :  $\pm 2\% \pm 2$  číslice hodnoty
- rozmery / hmotnosť: 79 x 208 x 154 mm / 850 g bez batérie (15)



Obrázok 20 - Jasomer LS – 110  
Zdroj (15)

### 2.1.2.3 Vozidlo

Vozidlom použitým pre experimentálne meranie je Škoda Octavia II. generácie bez face liftu, s dvojkomorovou osvetľovacou technikou. Tá využíva halogénové žiarovky H7 od výrobcu OSRAM s technickými údajmi: napätie vo vozidle 12 V, výkon 55 kW.



Obrázok 21 - Svetlomet Octavia II.  
Zdroj (13)

### 2.1.3 Miesto merania

Ako bolo vyššie uvedené, celý experiment pozostáva z dvoch meraní. Miestom vykonania prvej časti, týkajúcej sa zaistenia hodnôt intenzity osvetlenia reflektormi vozidla sú uzavreté neosvetlené priestory objektu garáže. Tá sa nachádza vo vlastníctve VUT v Brne a je lokalizovaná v priestoroch areálu Ústavu súdneho inžinierstva VUT, Údolní 244/53, 602 00 Brno.

Miestom druhej časti súvisiacej s experimentálnym meraním dohľadnosti bola zámerné vybratá lokalita mimo centra mesta Brno, tak aby znečistenie svetlom neovplyvňovalo výsledky merania. To sa odohralo konkrétne na odľahlom parkovisku pri vodnej ploche priehrady v mestskej časti Brno-Bystrc, ulica Rakovecká, GPS súradnice 49.247652,16.492805.



Obrázok 22 - Lokalita realizácie pokusu  
Zdroj (14)

## 2.1.4 Postup merania

### 2.1.4.1 Intenzita osvetlenia reflektorov

Samotnému meraniu intenzity osvetlenia predchádza prípravná fáza pozostávajúca nielen zo zaistenia potrebného vybavenia a jeho úpravy ale aj technického nastavenia. Ako prvý je pripravený raster kreslený bielou kriedou na tmavú matnú tabuľu, ktorá svetlo absorbuje a neodráža, čo je jeden z dôležitých predpokladov pre presnosť merania. Raster je tvorený štvorcami o rozmeroch 10 x 10 cm. Horizontálne ho tvorí 12 štvorcov a vertikálne 41 štvorcov, čo predstavuje veľkosť rastru 410 x 120 cm. To znamená nameranie 492 hodnôt intenzity svetiel pre každý režim zvlášť (spolu 1968 hodnôt pre ľavý stretávací, pravý stretávací, ľavý diaľkový a pravý diaľkový svetlomet). Hodnoty sú potrebné pre editovanie svetlometov v programe Dohľadnosť. Hotový raster je umiestnený do priestorov garáže, ktorej svetelné podmienky sú uspokojené na úplnú tmu. Poloha rastru je prispôbená tak, aby bola jeho rovina kolmá ku svetlometu vozidla a zároveň bod rastru v meranej rovine so súradnicami [0,0] bol prienikom tejto roviny a osi meraného svetlometu.

Meranie spočíva v odčítavaní hodnôt umelého osvetlenia v rovine rastru v určitej vzdialenosti od reflektora vozidla. Odčítavanie hodnôt je vykonávané pomocou lux metru, pohybom čidla po vrcholoch jednotlivých štvorcov rastru. Predtým však musia byť eliminované akékoľvek zdroje umelého osvetlenia vozidla, t.j. odstránené napájanie žiaroviek svetlometov, ktoré sa netýkajú konkrétneho merania. Do úvahy treba brať aj fakt, že fotónka lux metru je kalibrovaná pre kolmý dopad svetla na jej prijímaciu plochu. Aby nedochádzalo k chybám merania je preto treba túto polohu voči osi svetlometu zabezpečiť. Zaznamenávajú sa základné údaje o meranej stene a vzdialenosť meranej roviny od reflektora, meria sa aj ohnisko reflektora. O pseudo-ohnisku a obecných požiadavkách pri vlastnom meraní viac v kapitole Software. Takto zmerané údaje sa následne prenesú manuálne zo zápisu hodnôt z meracieho priestoru do počítaču. V programe Dohľadnosť sa z nich najprv zostavia modely jednotlivých nameraných plôch a potom sa istým spôsobom premietajú do priestoru. V modeli, ktorý vznikne je v akomkoľvek jeho mieste možno zistiť intenzitu osvetlenia.

#### **2.1.4.2 Dohľadnosť**

Po vykonaní merania intenzity osvetlenia sa vozidlo premiestni do zvolenej lokality pre meranie dohľadnosti. Pre experimentálne určovanie vzájomnej viditeľnosti účastníkov pokusu je najvýhodnejšie merať intenzitu osvetlenia v rôznych vzdialenostiach od vozidla. Pokus začne nameraním priamočiarej vzdialenosti o dĺžke 100 m, pričom úsek je rozdelený po krokoch dĺžky 10 m a jednotlivé kroky sú bodovo zaznačené na povrch vozovky. Vymedzí sa tak trajektória pohybu vozidla po tejto priamke, pričom je treba podotknúť že sklon vozovky je bez prevýšenia. Potom je možno pristúpiť k vlastnému vykonávaniu experimentu zameranému na zisťovaníu rozhľadu vodiča automobilu za statických podmienok. Vozidlo sa postaví do východzieho postavenia pokusu t.j. na začiatok vymedzenej trajektórie jeho pohybu. Na koniec tejto trajektórie (a teda počiatočnej vzdialenosti vozidlo-figurant 100 m) je umiestnený statický chodec. Vozidlo používa stretávacie osvetlenie, posádka vozidla odčítava hodnoty jasú chodca a jeho okolia a vytvára fotodokumentáciu pohľadu smerom k chodcovi. Zároveň figurant odčítava hodnoty luxov, ktoré dopadajú do oblasti jeho hrude, pásu, kolien a kotníkov. Následne sa automobil priblíži k figurantovi o krok 10 m a meranie sa opakuje rovnakým spôsobom, až kým sa vozidlo úplne nepriblíži k figurantovi. Experimentálne zisťovanie dohľadnosti sa vykoná pre osvetlenie stretávacie ako aj diaľkové a to v kombinácii pre štyri varianty oblečenia od tmavých prvkov až po reflexné prvky.

#### **2.1.4.3 Fotodokumentácia**

Počas merania sa, ako bolo vyššie spomenuté, dokumentuje dohľad vodiča vozidla. Statív s fotoaparátom je postavený k vozidlu na strane vodiča tak, aby bol objektív fotoaparátu vo výške očí vodiča. Ďalšie podmienky pre vykonávanie fotodokumentácie sú nastavované podľa odporúčaní znaleckým štandardom: Výhodné je použitie statívu s vyoseným uchyténím fotoaparátu. Nesúhlasné bočné umiestnenie fotoaparátu vzhľadom k očiam vodiča však neovplyvní dokumentačný účel snímku. Expozícia sa vykonáva plne otvorenou clonou časom 3 s. (3, s. 95)

## 2.2 Software Dohľadnosť

Software balík Dohľadnosť je znaleckým software pre odbor cestnej dopravy vyvinutý Vizi. Manažérom projektu je Ing. Gabriel Belobrad. Na vývoji software, dizajnu, 2D a 3D modelov pracoval Ing. Dušan Sucha. Software je postavený na báze multidokumentu, čo znamená možnosť mať otvorených viacero projektov súčasne. Každý projekt môže mať otvorené dva typy okien a to 3D okno alebo okno diagramu. Pracovná plocha pozostáva z menu, nástrojových panelov, troch nemoďálnych dialógov (dialóg transformácie a vlastností objektov, editor materiálov) a stavového riadku.

Pre potreby diplomovej práce je využívaná verzia programu Dohľadnosť 2.0 umožňujúca vykonávanie výpočtov, modelovanie skutočných situácií cestnej premávky, ich vyhodnocovanie a vytváranie animácií. Podstatné náležitosti a možnosti, ktoré software obsahuje:

- načítanie pohybu vozidiel resp. ich polohy v čase z programu Pc-Crash, vychádza sa z hodnôt uvedených v dynamike vozidla
- vkladanie objektov (auto, svetlo, pozorovateľ, človek, doplnok, dráha, cesta, križovatka, značka, pole značiek) pričom jednotlivé objekty obsahujú svoje vlastné dialógy parametrov
- nastavovanie okolitého svetla, vrátane hraníc izoluxových intervalov
- editor svetiel umožňujúci definovanie nových svetiel z nameraných údajov, pozostávajúci z panelu základných údajov o meranej stene a dialóg analýzy hodnôt
- funkcie tvorenia a prehrávania animácií z aktívnych 3D okien projektu s možnosťou posúvania v čase – využitie pre simuláciu približovania k prekážke z pohľadu očí vodiča
- editor materiálov poskytuje funkciu potrebnú pre tvorbu, definovanie a priradenie materiálov objektom v projekte
- tvorba kinematických väzieb medzi jednotlivými objektmi (zmena polohy jedného objektu sa prejaví na zmene polohy pridruženého objektu)
- manipulácia s pohľadom tzn. funkcie pre pohyb v priestore
- zloženie pohybu do sekvencií (reakcia, spomalenie, zrýchlenie, bod zrážky, rovnomerný pohyb)



Manuál k software presne formuluje podmienky merania intenzity osvetlenia svetlometov z ktorých sa vychádzalo pri zostavovaní a priebehu experimentálneho merania:

- hodnoty osvetlenia sú merané lux metrom v luxoch
- pred meraním zabezpečte výrobné nastavenie reflektorov
- zabezpečte čistotu paraboly i skla reflektoru
- zabezpečte bežné prevádzkové podmienky vozidla pri jazde v noci
- zabezpečte rovnomerné udržiavanie otáčok motora
- zabezpečte zaťaženie vozidla priemernou váhou človeka v sedadle vodiča
- rovina merania je kolmá na os reflektora
- počiatočný bod merania (0,0) je v prieniku meranej roviny a osi reflektora
- rovina merania je vo vzdialenosti od reflektora  $\geq 3$  m
- meranie prebieha minimálne do výšky 1,2 m, do strán od osi reflektora min. 2 m
- pre meranie treba zabezpečiť minimálne odrazové prostredie
- osvetlenie prostredia nemôže prekročiť hodnotu 0,1 LUX
- sonda lux metra v každej polohe smeruje k reflektoru
- každý z reflektorov je meraný zvlášť
- nepohybovať sa pri meraní v priestore pred sondou lux metra (9, s. 50)

Manuál zároveň definuje spôsob merania ohniska reflektorov:

Pseudo-ohnisko možno zmerať premietnutím prekážky rozmeru  $L_v$  vo vzdialenosti  $d_v$  na nejakú vzdialenosť  $d_o$  od reflektoru. Veľkosť obrazu  $L_o$  je určená rozmerom ostrého tieňa premietnutej prekážky. Hodnota pseudo-ohniska je veľmi citlivá na presnosť merania a je počítaná vzťahom

$$F = (L_o * d_v - L_v * d_o) / (L_v - L_o) [m] \text{ kde:}$$

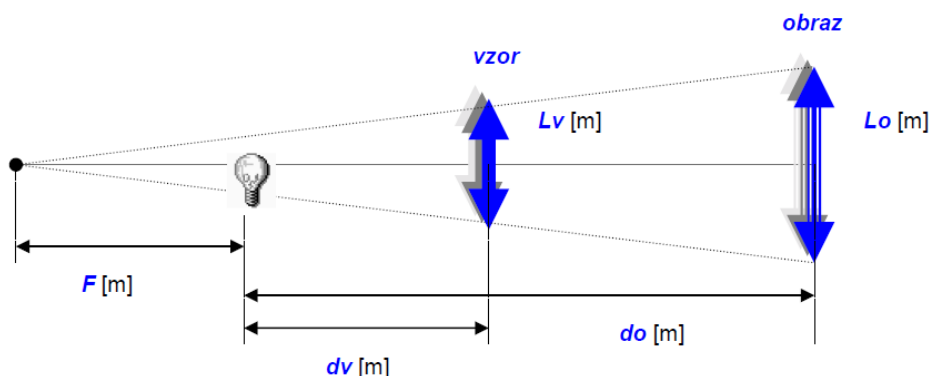
$L_v$  – rozmer vzoru v metroch

$L_o$  – rozmer obrazu v metroch

$d_v$  – vzdialenosť vzoru od reflektoru v metroch

$d_o$  – vzdialenosť obrazu od reflektoru v metroch

$F$  – vzdialenosť ohniska v metroch (9, s. 51)



Obrázok 23 - Schéma výpočtu pseudo-ohniska svetlometu  
Zdroj (9)

### 2.3 Metodika tvorby softvérového modelu

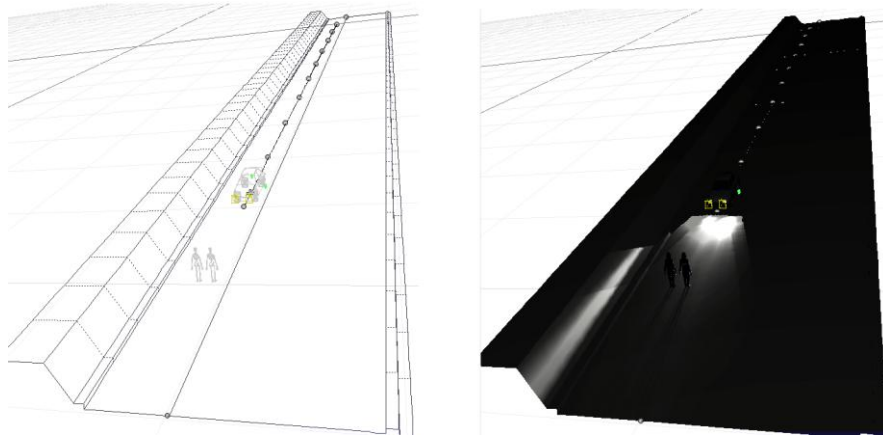
Ťažiskom vytvárania softvérového modelu je snaha o zabezpečenie identických podmienok v tvorenej simulácii na maximálne nožnej dosiahnuteľnej úrovni tak, aby zodpovedala a čo najvernejšie zobrazovala situáciu pri vykonávaní experimentálneho merania. Iba pri dodržaní tejto podmienky je možné dosiahnuť ciele práce, a to overiť a posúdiť vernosť zobrazenia reálnych okolností v cestnej premávke pomocou príslušného softvéru.

Kapitola je zameraná na menovanie prvkov, ktoré potreba nadefinovať v užívateľskom prostredí Dohľadnosť 2.0 spolu s údajmi o ich parametroch.

#### Vozovka a dráha vozidla

Prvým zobrazeným elementom je cesta s potrebnými rozmermi pásov a profilom bez pozdĺžneho a priečneho stúpania či klesania, dodržiujúca aj vonkajší zráz so zeleňou na pravej strane v smere jazdy. Skutočná vozovka nebola v naprostej rovine ale pre účely pokusu s prijateľnými odchýlkami (maximálne pozdĺžne prevýšenie približne do 0,5 % t.j. 0,5 m na úseku 100 m). Zároveň zachycuje poveternostné podmienky pri meraní, povrch cesty je mokrý asfalt betón.

Na tejto ceste je nadefinovaná dráha pohybu vozidla Škoda Octavia, zložená z kinetických sekvencií po úsekoch dlhých 10 m. Na bodoch konca každej takejto sekvencie je určené státie na niekoľko sekúnd, potrebné pre tvorbu fotodokumentácie.



Obrázok 24 - Virtuálny objekt vozovka  
Zdroj (Vlastný)

### Pozorovateľ a okolité svetlo

Pozorovateľ je jedným z najdôležitejších prvkov, pretože z jeho pohľadu prebieha celé vyhodnocovanie priebehu simulácie. Je viazaný k pohybu vozidla. Nie je umiestnený na miesto výhľadu vodiča z kabíny ale vedľa vozidla do príslušnej výšky a rotácie, tak aby korešpondoval s usporiadením statívu pri dokumentovaní dohľadnosti. Hodnota okolitého svetla je 0,5 lux a farba pozadia tmavo čierna, odpovedajúca noci a dažďu.

### Človek

Prvkom ľudí je nutné okrem pozície, výšky a pohlavia nutné priradiť príslušné oblečenie a to v nasledujúcich kombináciách:

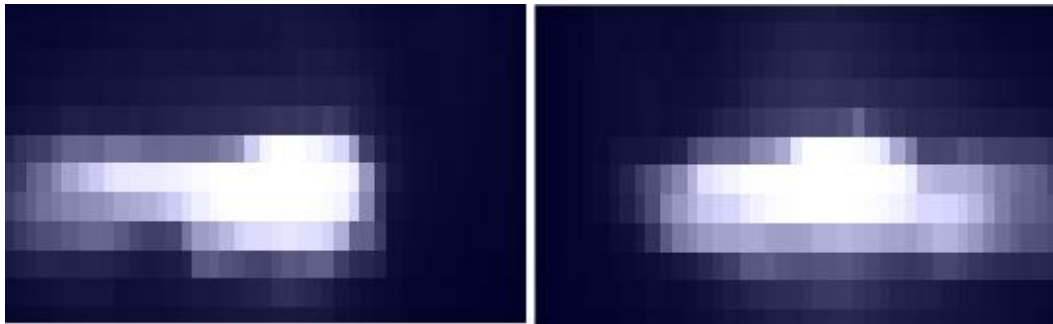
- reflexná verzia obsahuje zelenú reflexnú vestu s bielymi reflexnými pruhmi v oblasti brucha a tmavomodré rifle
- svetlá verzia obsahuje bielu bundu a sivobiele nohavice
- tmavá verzia obsahuje modrú bundu s bielym pruhom na hrudi a tmavomodré rifle
- bežná verzia obsahuje zelenú bundu a čierne nohavice



Obrázok 25 - Kombinácie oblečenia figurantov  
Zdroj (Vlastný)

## Svetlomety vozidla

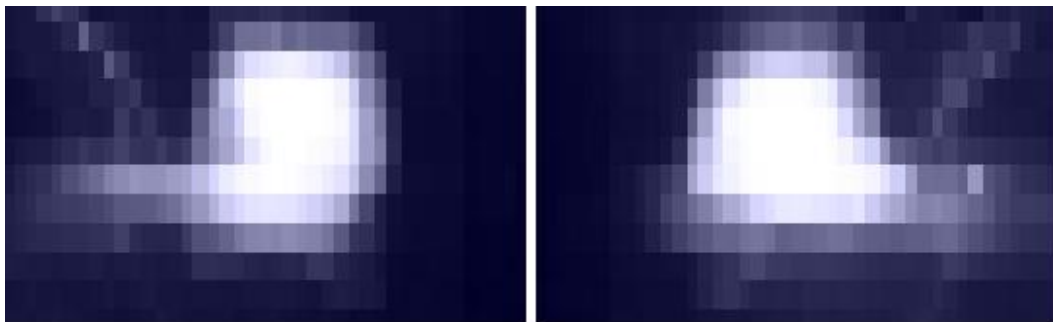
Prvky svetlomety pripojené k vozidlu musia byť umiestnené v korektnej výške, šírke a so sklonom k vozovke podľa konkrétneho typu automobilu. Tomu predchádza zaznamenanie meraných hodnôt intenzity oboch svetlomietov v jednotlivých režimoch v doplnkovom programe Editor svetiel (príloha č. 1). Ten poskytuje nasledujúci dialóg analýzy svietivosti, na obrázkoch v porovnaní so skutočným stavom.



Obrázok 26 - Dialóg analýzy, E. a P. stretávací svetlomet  
Zdroj (Vlastný)



Obrázok 27 - E. stretávací svetlomet, skutočný stav  
Zdroj (Vlastný)



Obrázok 28 - Dialóg analýzy, E. a P. diaľkový svetlomet  
Zdroj (Vlastný)



Obrázok 29 - E. diaľkový svetlomet, skutočný stav  
Zdroj (Vlastný)

## 2.4 Hodnotové výstupy experimentálneho merania

Pri vykonávaní experimentálneho merania sa nedokumentuje len optický výhľad vodiča resp. pozorovateľa ale sú zisťované aj ďalšie skutočnosti súvisiace s dohľadnosťou a to konkrétne: Kvantifikujú sa hodnoty intenzity osvetlenia na rôznych častiach tela človeka v závislosti od prevádzkového režimu svetlometu vozidla a jeho vzdialenosti od figuranta, určuje sa hodnota ohniska svetlometov a predovšetkým sa zisťuje jas človeka a jeho pozadia v závislosti od režimu svetlometov a ich vzdialenosti od figuranta. Počítaný kontrast jasu medzi figurantom a jeho pozadím charakterizuje stupeň rozoznateľnosti objektu.

O jednotlivých meraniach a niektorých podstatných náležitostiach pojednáva táto kapitola.

### 2.4.1 Intenzita osvetlenia na rôznych častiach tela figuranta

Hodnoty intenzity osvetlenia sa na rôznych častiach tela figuranta merali pomocou lux metru a to v oblasti hrude, pásu, kolien a kotníkov, pričom boli zaznamenané nasledujúce údaje:

Halogénové stretávacie svetlá				
Vzdialenosť objektu od svetelného zdroju (m)	Namerané hodnoty osvetlenia (lx)			
	Hruď	Pás	Koleno	Kotník
100	0,52	0,98	1,68	2,31
90	0,65	1,36	2,27	3,49
80	0,33	0,56	0,93	2,22
70	0,57	0,87	1,87	4,33
60	0,62	1,02	3,11	6,11
50	1,17	2,15	6,57	11,9
40	0,90	1,96	4,97	14,5
30	2,10	11,5	27,6	29,2
20	2,35	5,82	39,2	60,2
10	4,27	7,11	175	135

Tabuľka 2 - Osvetlenie figuranta stretávacími svetlami  
Zdroj (Vlastný)

Predpokladané postupné zvyšovanie osvetlenia figuranta so znižujúcou sa vzdialenosťou od svetelného zdroju je naplnené. Je však možné pozorovať, že približne od vzájomnej polohy 60 m je trend zvyšovania intenzity osvetlenia zásadnejší v spodnej polovici tela človeka ako v hornej polovici. Tento trend je spôsobený špecifikáciou sklonu a vykrojenia stretávacích svetlometov prispôbených pre jazdu v obci.

Halogénové diaľkové svetlá				
Vzdialenosť objektu od svetelného zdroju (m)	Namerané hodnoty osvetlenia (lx)			
	Hrud'	Pás	Koleno	Kotník
100	5,07	5,36	5,24	4,99
90	5,40	6,01	6,16	6,12
80	5,89	6,80	6,99	7,60
70	9,00	9,96	10,4	10,2
60	12,2	14,1	14,3	13,8
50	17,5	19,5	19,3	18,0
40	21,6	25,5	27,7	29,5
30	29,5	36,3	42,4	35,7
20	76,1	103	115	73,5
10	131	284	347	137

Tabuľka 3 - Osvetlenie figuranta diaľkovými svetlami  
Zdroj (Vlastný)

Rovnaký trend ako u stretávacích svetlometov nemožno pozorovať aj u diaľkových. Pri nich dochádza k takmer rovnomernému zvyšovaniu intenzity osvetlenia vo všetkých meraných oblastiach človeka, čo znova spôsobuje špecifikácia diaľkových svetlometov, usporobovaných na dlhý dosvit pred vozidlo pre jazdu v noci.

Pozn. Softvér Dohľadnosť umožňuje posudzovať viditeľnosť jednotlivých častí objektu matematickou simuláciou v závislosti na vzdialenosti (príloha č. 2)

#### 2.4.2 Veľkosť ohniska svetlometov

Veľkosť ohniska svetlometov má zásadný vplyv na mieru osvetľovania vozovky vozidlom, preto je jeho použitá hodnota v programe zásadná. Zisťuje sa podľa už spomenutej metodiky, premietaním obrazu určitého vzoru na kolmú plochu. Je veľmi citlivá na presnosť merania, ktoré sa z toho dôvodu vykonalo viacnásobne pre rôzne vzdialenosti vzoru od svetelného zdroju. Výpočtom dostaneme dátový súbor s hodnotami ohnísk z ktorého sa odstránia chyby (veľké odchýlky) a zistí sa stredná hodnota súboru. S tou potom pracujeme v softvéri, použité hodnoty:

Hodnota ohniska svetlometu			
Diaľkové svetlá		Stretacie svetlá	
F1	4,98 m	F1	1,20 m
F2	3,73 m	F2	1,24 m
F3	3,93 m		
$\varnothing f =$	<b>4,21 m</b>	$\varnothing f =$	<b>1,22 m</b>

Tabuľka 4 - Ohniská svetlometov  
Zdroj (Vlastný)

### 2.4.3 Kontrast jasú figuranta a jeho pozadia

Hodnoty jasú na oblečení človeka a jeho pozadia sa merali pomocou jasomeru. Z nižšie uvedených tabuliek možno vyčítať niekoľko trendov. V prvom rade je pozorovateľný nárast jasú na figurantovi pri približovaní sa k svetelnému zdroju. Táto tendencia resp. jej priebeh však nie je celkom lineárny, túto chybu spôsobuje citlivosť jasomeru pri väčšej vzdialenosti merania. Optický systém vymedzujúci priestorový uhol pre fotočlánkový snímač s rastúcou vzdialenosťou merania ohraničuje väčšiu zornú plochu jasomeru, čím sa stáva citlivejšou na jas rozlišovaného detailu nachádzajúci sa v tejto ploche.

Halogénové stretávacie svetlá								
Vzdialenosť figuranta od svetelného zdroju (m)	Namerané hodnoty jasú ( $\text{cd/m}^2$ )							
	Svetlý figurant		Reflexná vesta		Tmavý figurant		Bežný odev	
	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie
100	0,04	0,01	1,41	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02
90	0,20	0,02	17,2	0,04	0,03	0,01	0,04	0,01
80	0,08	0,01	6,80	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01
70	0,11	0,01	8,25	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01
60	0,09	0,01	7,50	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01
50	0,21	0,02	8,75	0,03	0,05	0,02	0,08	0,01
40	0,15	0,01	7,86	0,02	0,13	0,03	0,33	0,02
30	0,41	0,03	30,5	0,03	0,07	0,03	0,99	0,03
20	2,20	0,13	10,7	0,03	0,45	0,17	3,00	0,24
10	13,81	0,28	5,20	0,12	1,41	0,40	9,92	0,54

**Tabuľka 5 - Kontrast jasú vytvorený stretávacími H7**  
Zdroj (Vlastný)

Druhým trendom je najmä u diaľkových svetlometov príznačný rozdiel jasú figuranta v svetlom, tmavom a bežnom oblečení voči reflexnému materiálu.

Halogénové diaľkové svetlá								
Vzdialenosť figuranta od svetelného zdroju (m)	Namerané hodnoty jasú ( $\text{cd/m}^2$ )							
	Svetlý figurant		Reflexná vesta		Tmavý figurant		Bežný odev	
	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie	Figurant	Pozadie
100	0,82	0,14	82,0	0,21	0,14	0,06	0,32	0,11
90	0,87	0,14	46,0	0,11	0,13	0,07	0,42	0,11
80	1,12	0,12	46,9	0,05	0,18	0,06	0,43	0,10
70	1,31	0,10	56,0	0,10	0,28	0,06	0,80	0,07
60	2,57	0,10	71,5	0,11	0,36	0,07	1,14	0,09
50	3,86	0,13	126	0,11	0,48	0,10	1,72	0,13
40	5,54	0,12	136	0,11	0,58	0,11	1,46	0,13
30	12,0	0,16	206	0,15	0,75	0,07	3,79	0,11
20	19,9	0,33	204	0,12	1,92	0,07	9,92	0,13
10	52,0	0,16	335	0,26	3,83	0,10	32,8	0,33

**Tabuľka 6 - Kontrast jasú vytvorený diaľkovými H7**  
Zdroj (Vlastný)

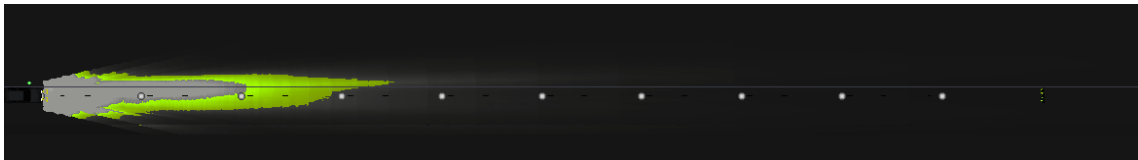
## 2.5 Grafické výstupy software Dohľadnosť 2.0

Nasledujúca kapitola pozostáva z vizuálneho porovnávania dohľadnosti z očí pozorovateľa, ktorý je výstupom virtuálnej modelovej situácie zo software a skutočnej dohľadnosti z pohľadu pozorovateľa pri experimentálnom meraní, zachytenej fotodokumentáciou.

### 2.5.1 Diaľkové halogénové svetlomety

#### Vzdialenosť figurantov 100 m od svetelného zdroja

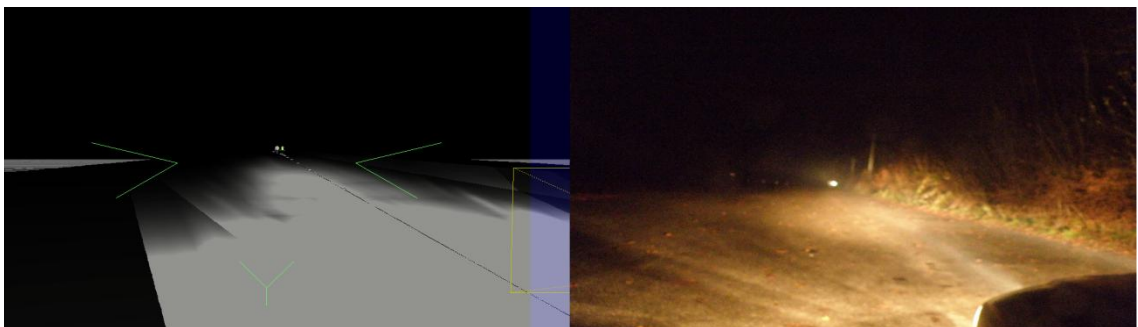
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



Obrázok 30 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 100 m  
Zdroj (vlastný)

Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta

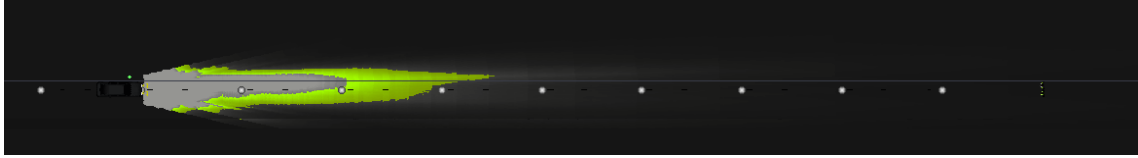


Obrázok 31 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 100 m  
Zdroj (vlastný)



### Vzdialenosť figurantov 90 m od svetelného zdroja

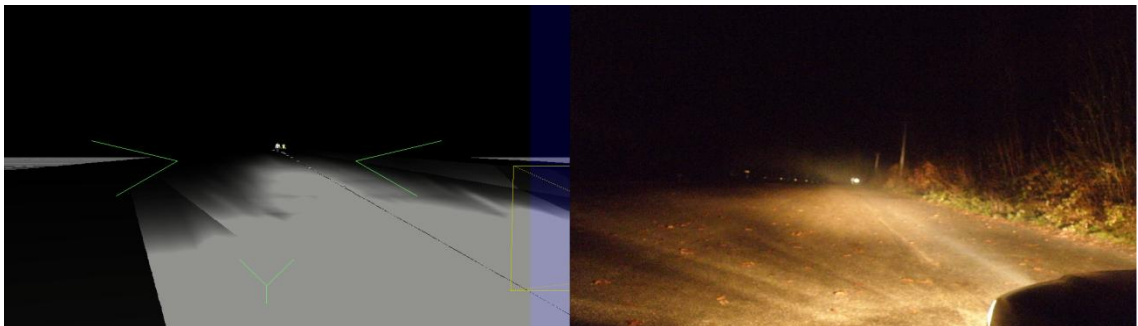
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 32 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)**

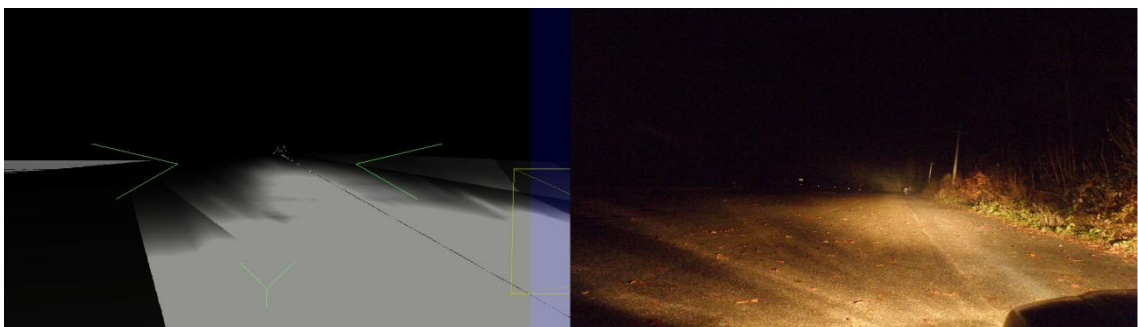
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 33 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)**

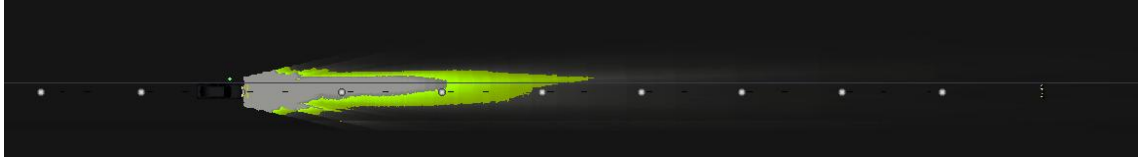
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 34 – Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 80 m od svetelného zdroja

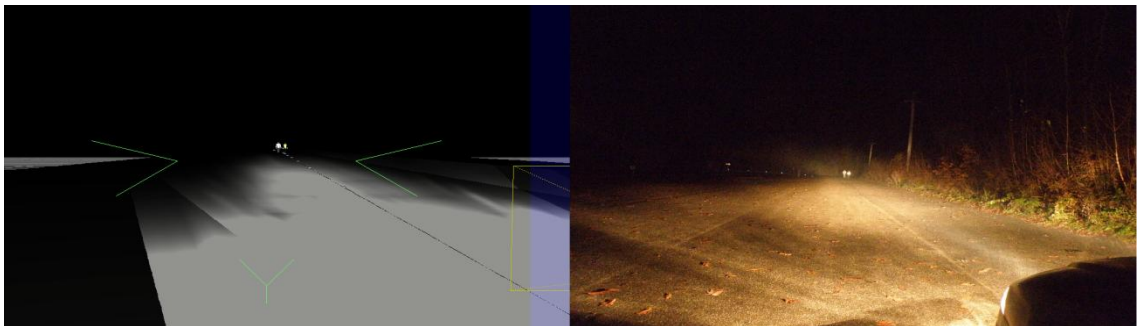
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 35 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

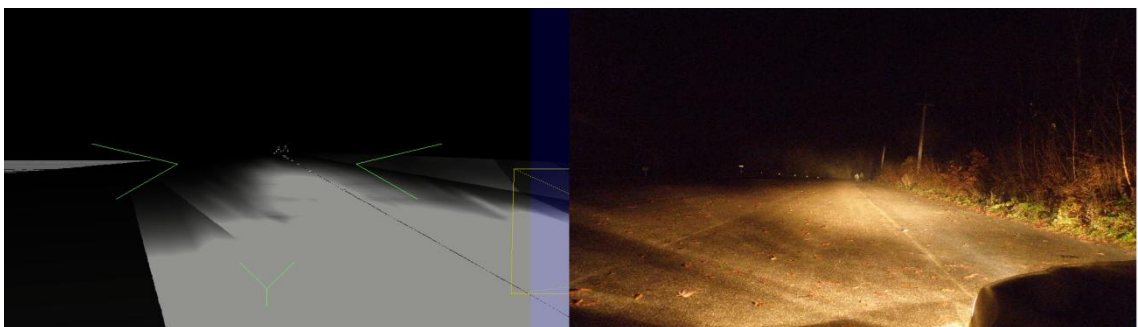
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 36 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

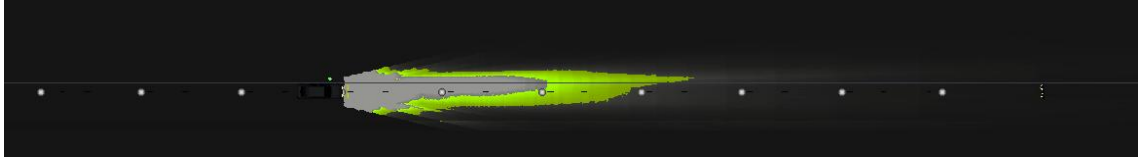
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 37 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 70 m od svetelného zdroja

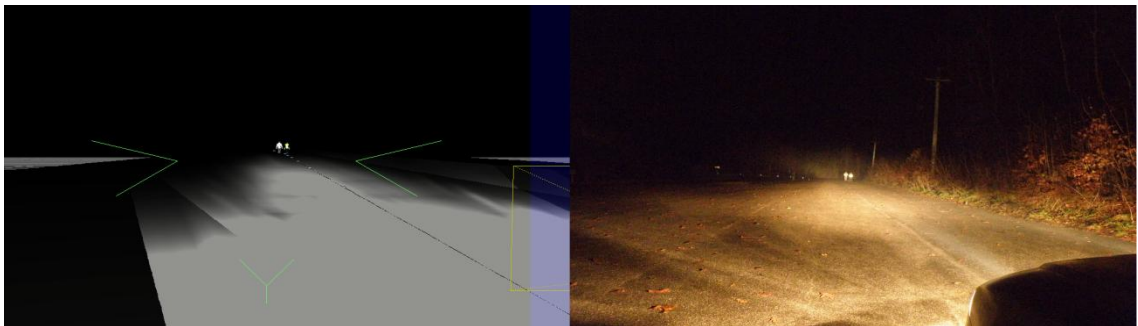
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 38 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

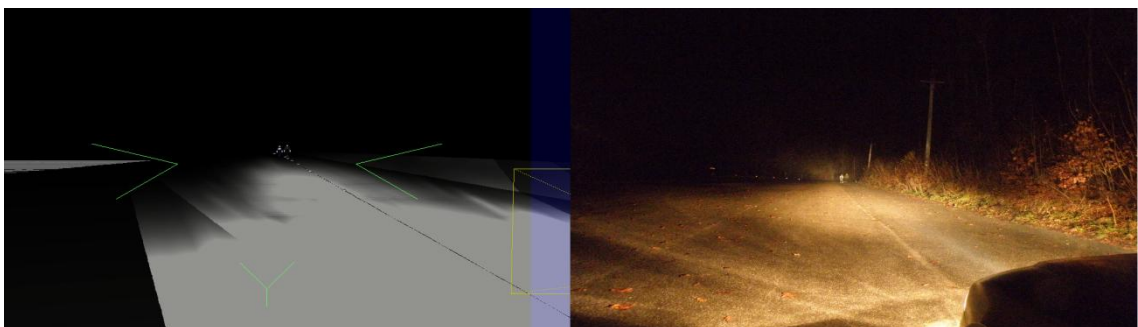
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 39 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

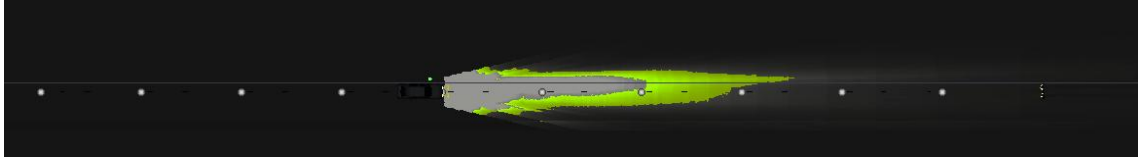
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 40 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 60 m od svetelného zdroja

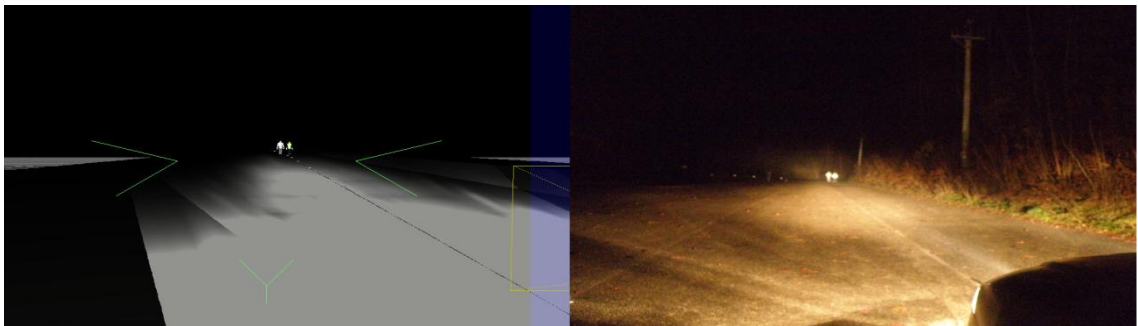
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznú reflexiu).



**Obrázok 41 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

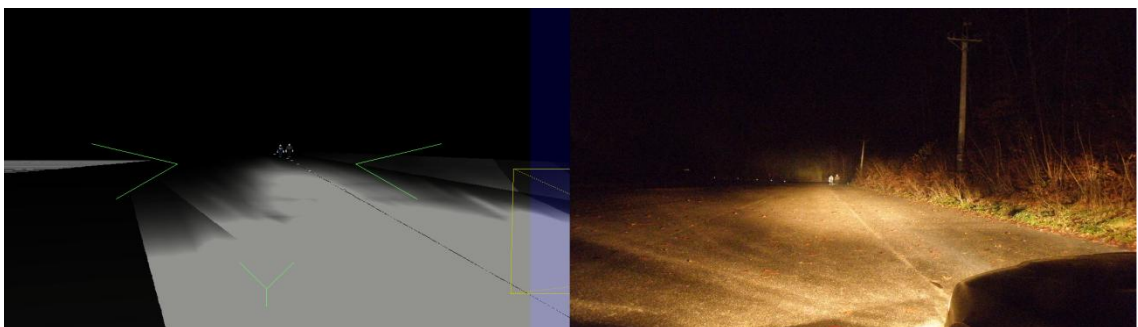
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 42 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

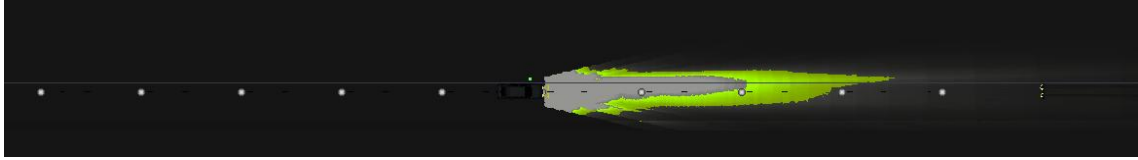
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 43 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 50 m od svetelného zdroja

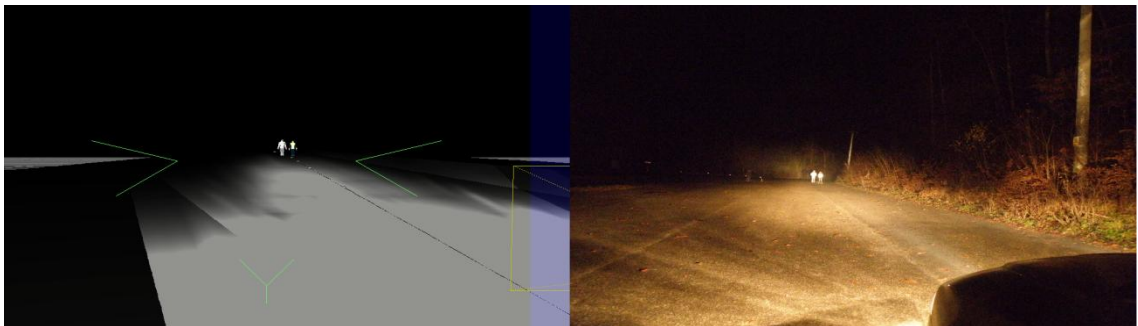
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 44 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

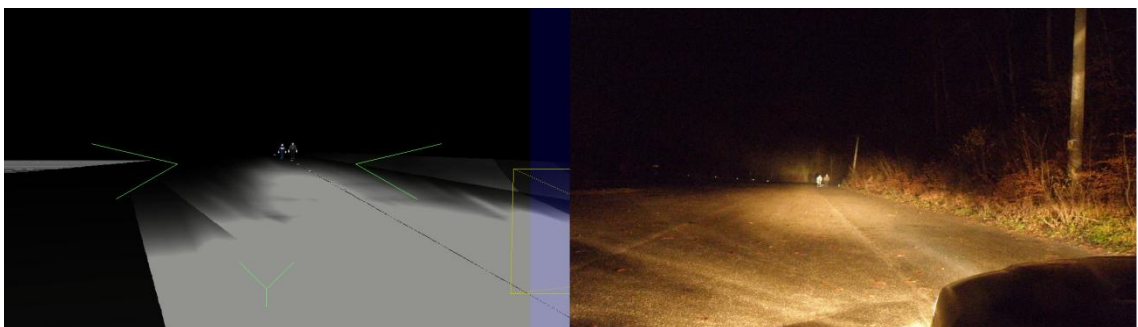
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 45 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

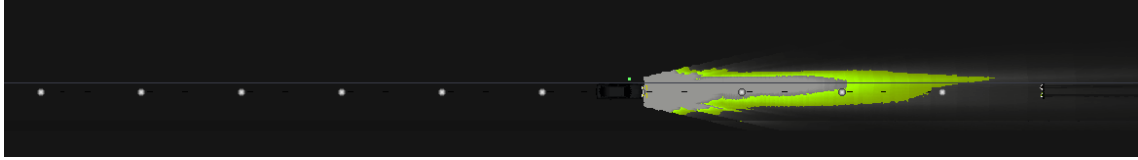
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 46 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 40 m od svetelného zdroja

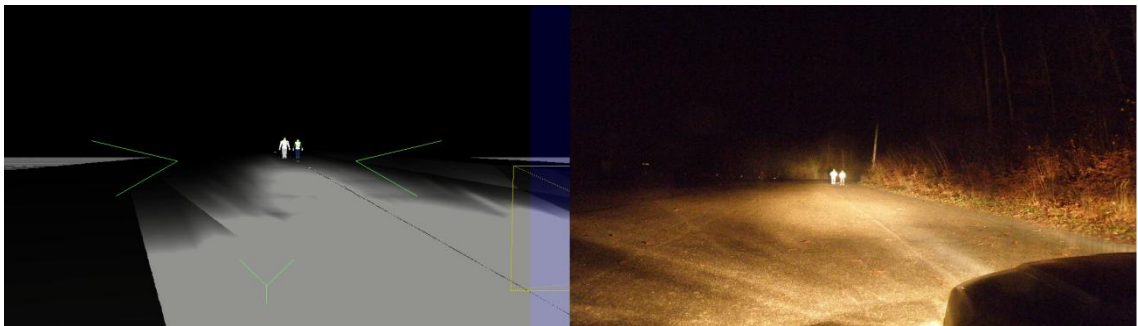
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 47 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**

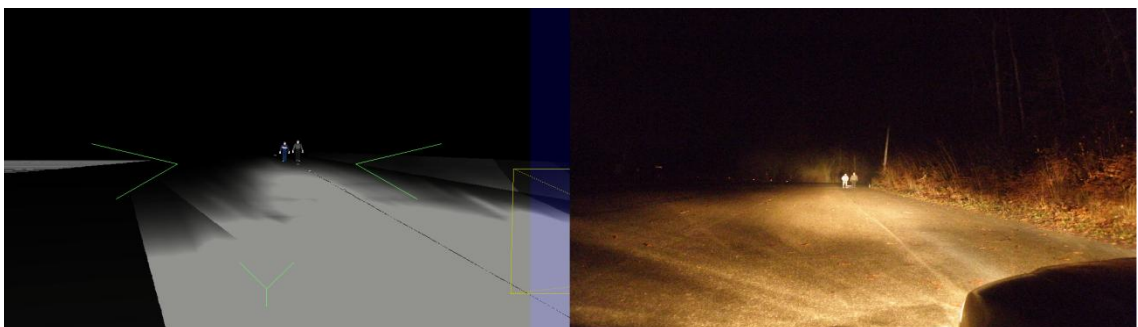
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 48 – Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**

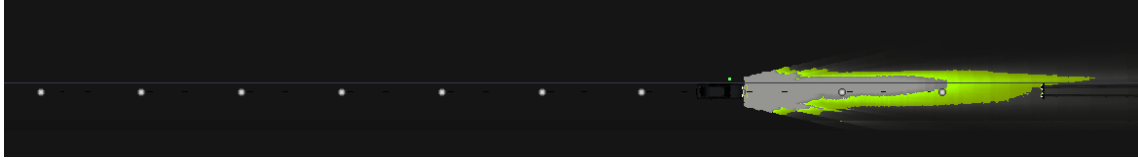
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 49 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 30 m od svetelného zdroja

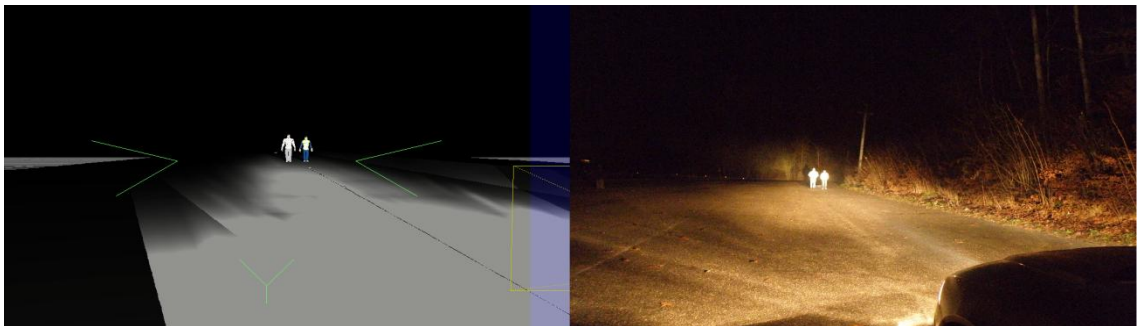
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 50 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

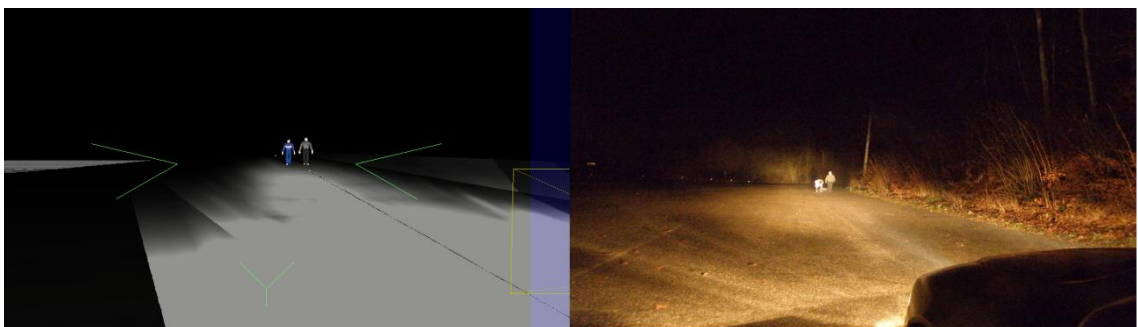
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 51 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

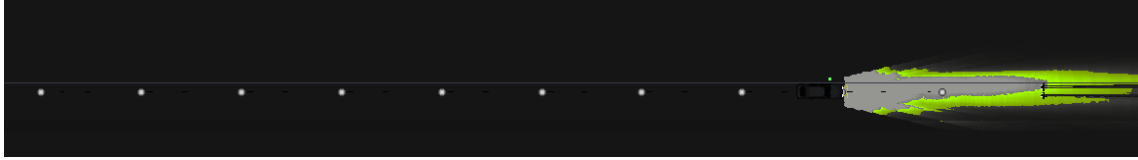
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 52 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 20 m od svetelného zdroja

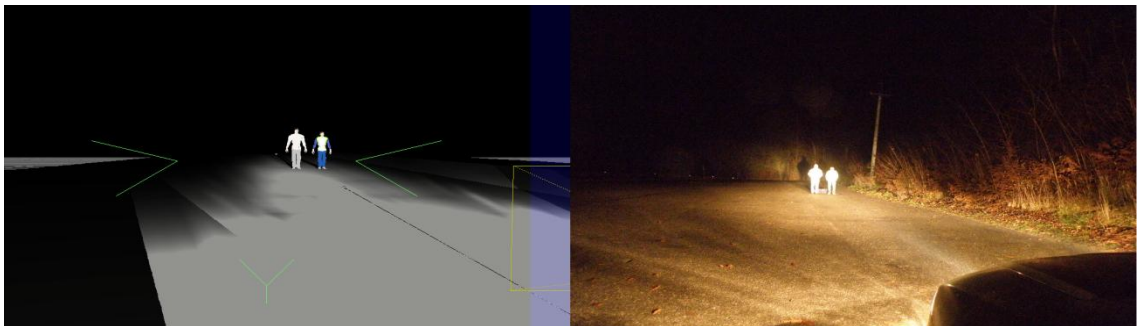
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 53 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 20 m  
Zdroj (vlastný)**

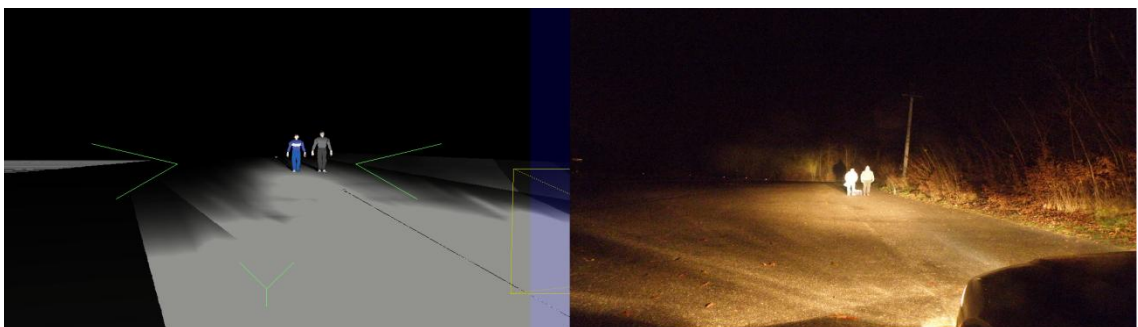
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 54 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 20 m  
Zdroj (vlastný)**

Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta

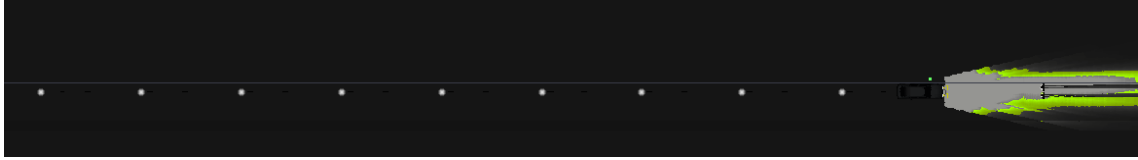


**Obrázok 55 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 20 m  
Zdroj (vlastný)**



### Vzdialenosť figurantov 10 m od svetelného zdroja

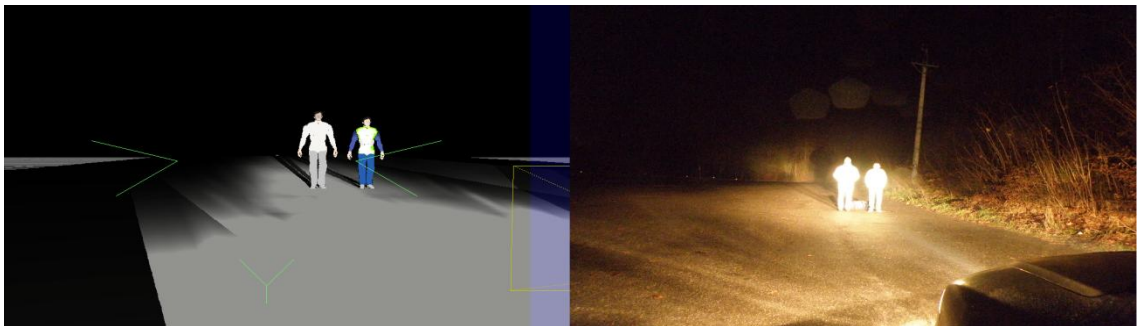
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 56 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 10 m  
Zdroj (vlastný)**

Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 57 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 10 m  
Zdroj (vlastný)**

Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta

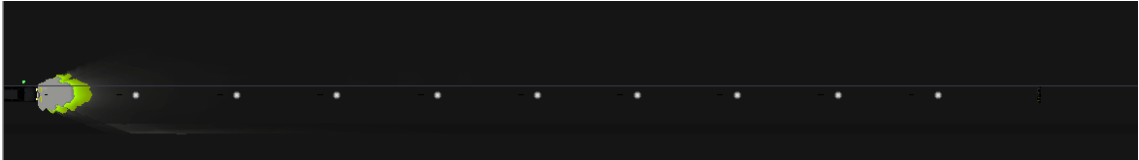


**Obrázok 58 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 10 m  
Zdroj (vlastný)**

## 2.5.2 Stretávacie halogénové svetlomety

### Vzdialenosť figurantov 100 m od svetelného zdroja

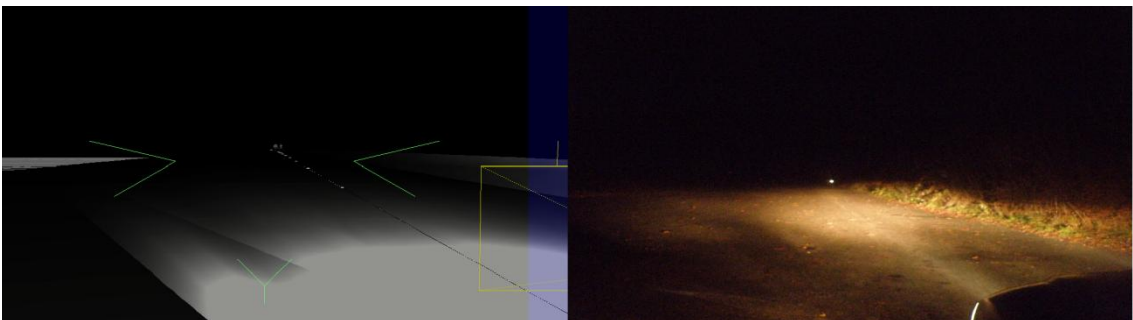
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



Obrázok 59 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 100 m  
Zdroj (vlastný)

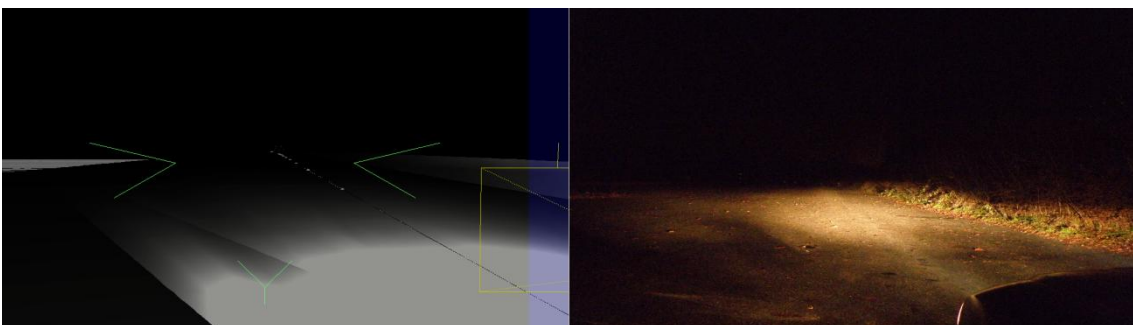
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



Obrázok 60 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 100 m  
Zdroj (vlastný)

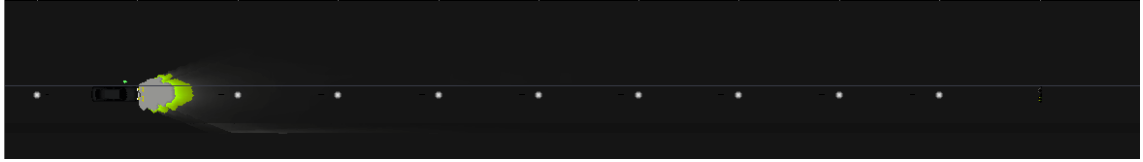
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



Obrázok 61 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 100 m  
Zdroj (vlastný)

### Vzdialenosť figurantov 90 m od svetelného zdroja

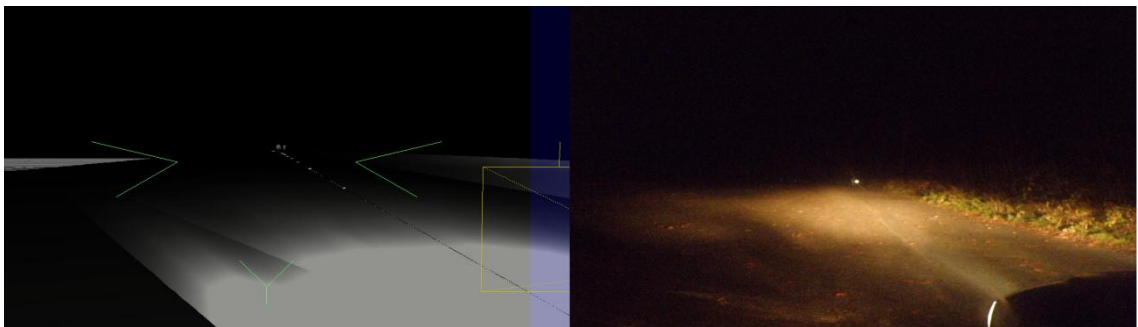
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



Obrázok 62 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)

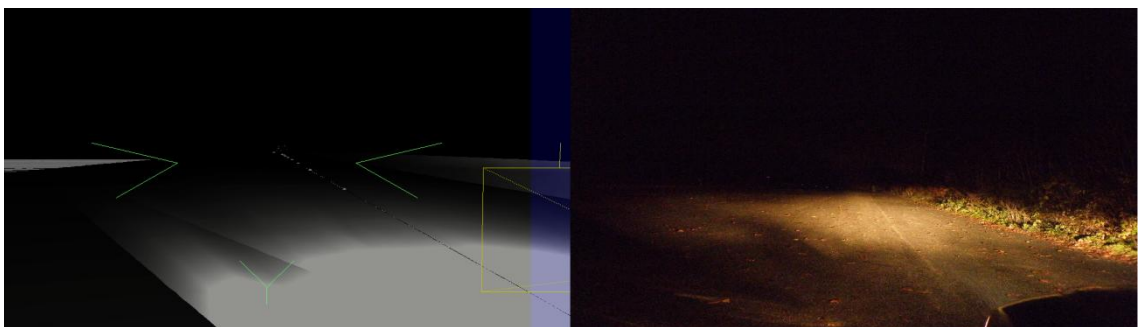
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



Obrázok 63 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)

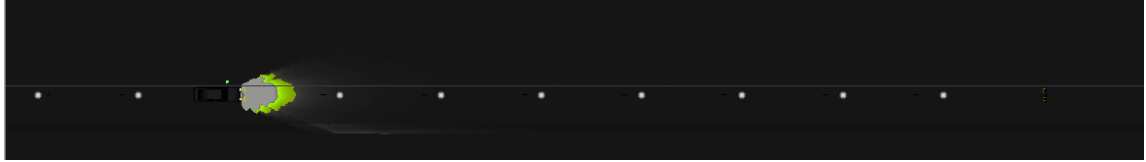
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



Obrázok 64 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 90 m  
Zdroj (vlastný)

### Vzdialenosť figurantov 80 m od svetelného zdroja

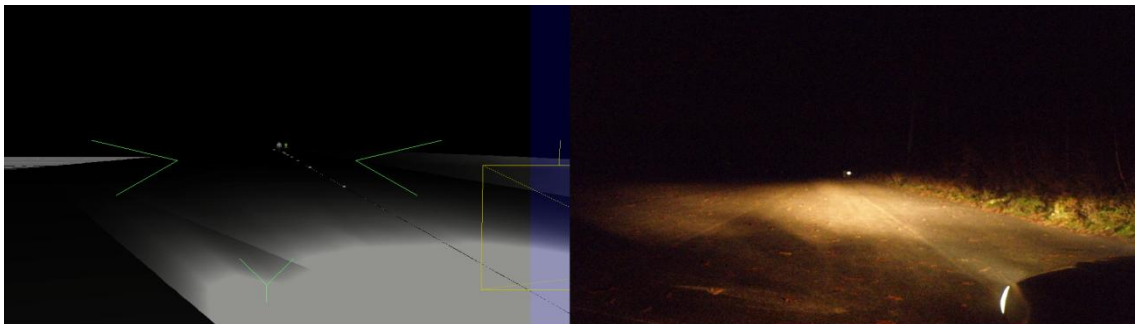
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 65 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

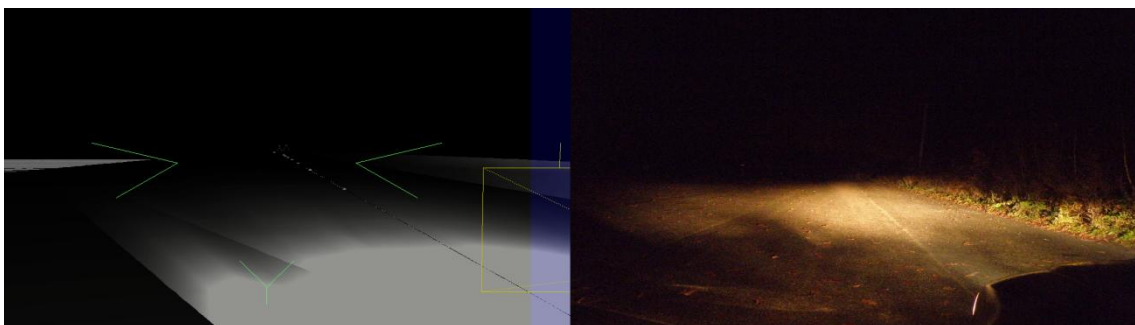
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 66 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

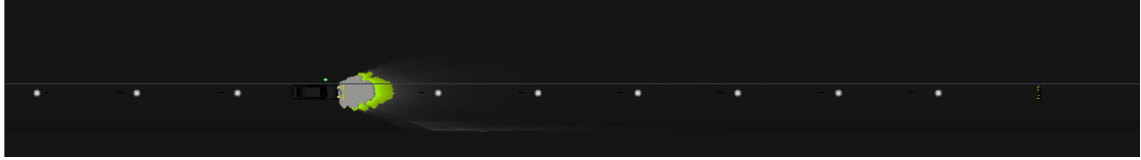
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 67 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 80 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 70 m od svetelného zdroja

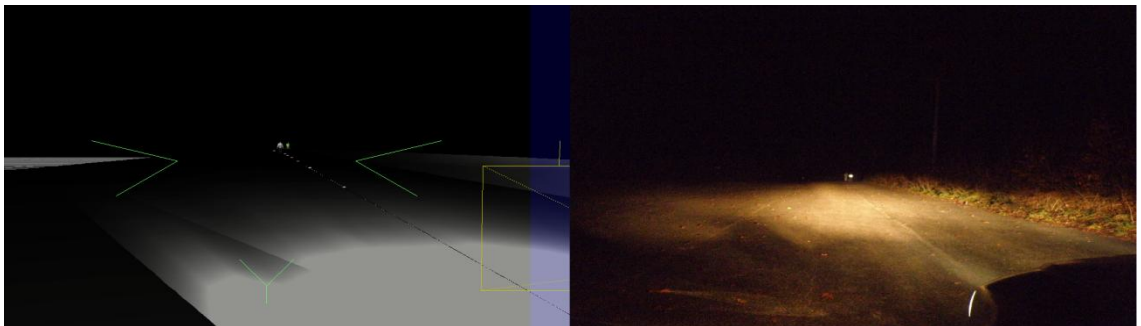
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 68 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

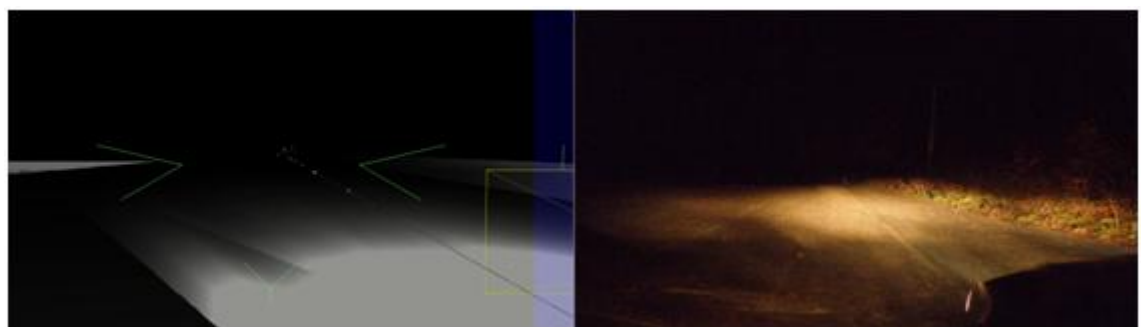
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 69 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

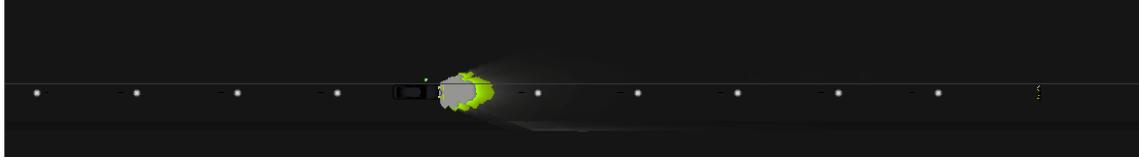
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 70 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 70 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 60 m od svetelného zdroja

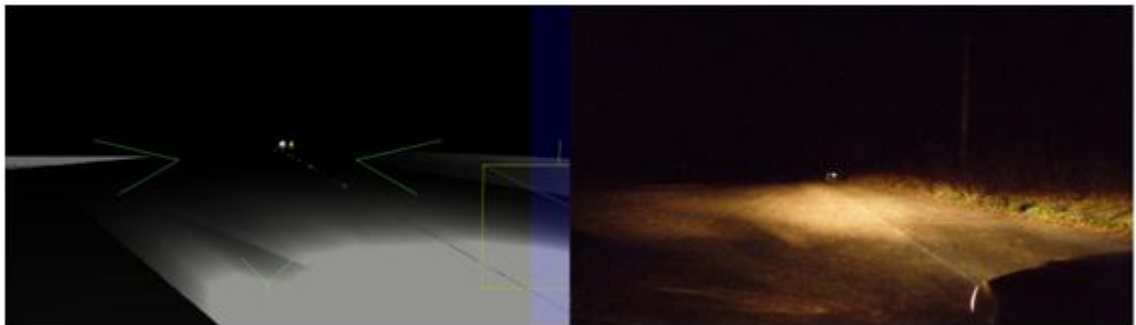
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúziu reflexiu).



**Obrázok 71 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

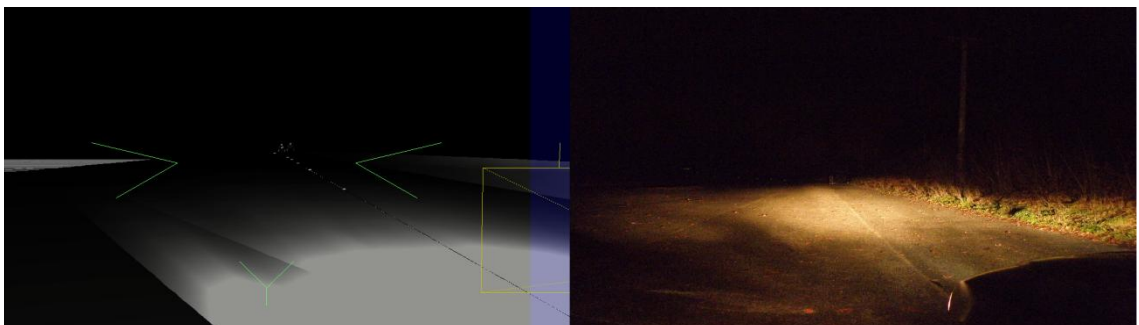
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 72 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

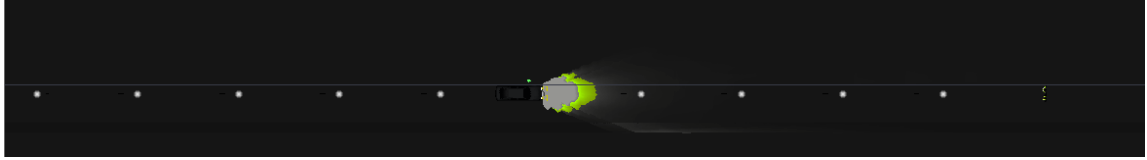
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 73 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 60 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 50 m od svetelného zdroja

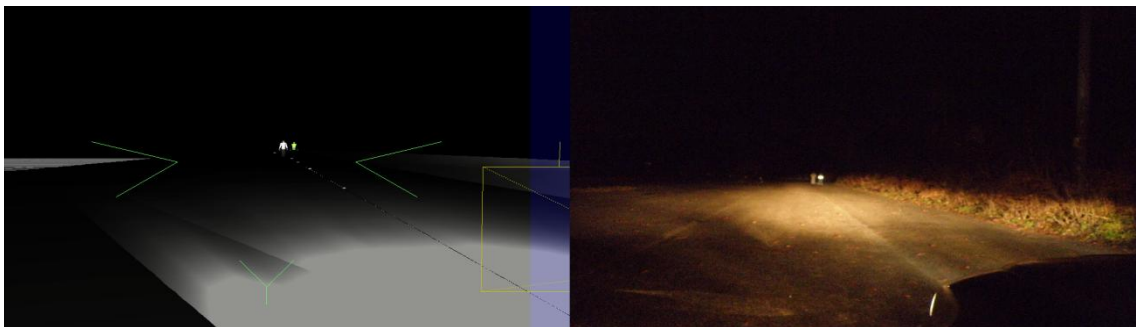
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 74 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

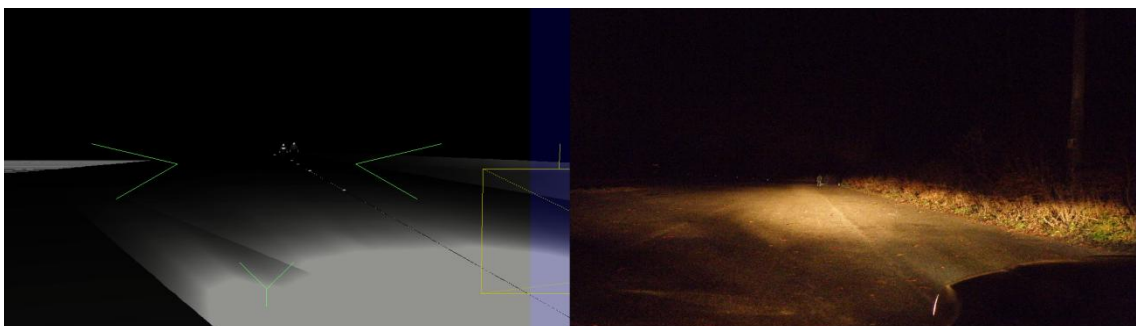
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 75 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

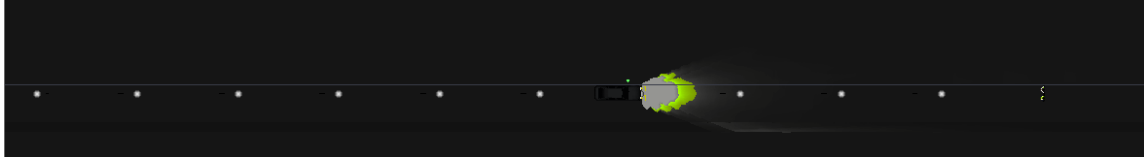
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 76 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 50 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 40 m od svetelného zdroja

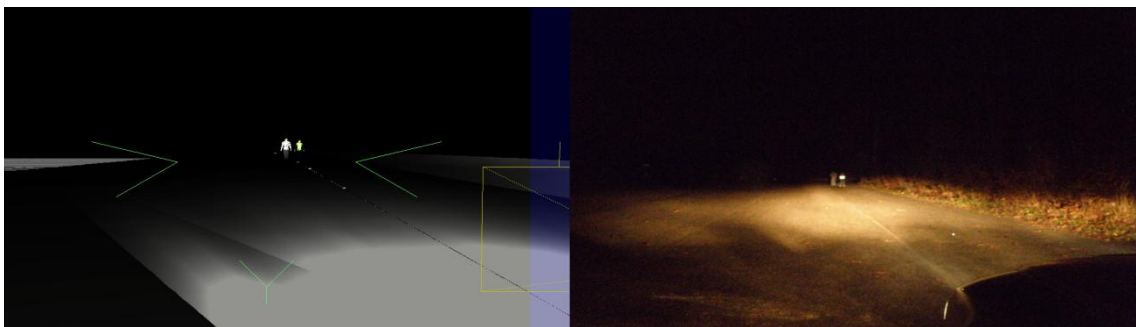
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznú reflexiu).



**Obrázok 77 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**

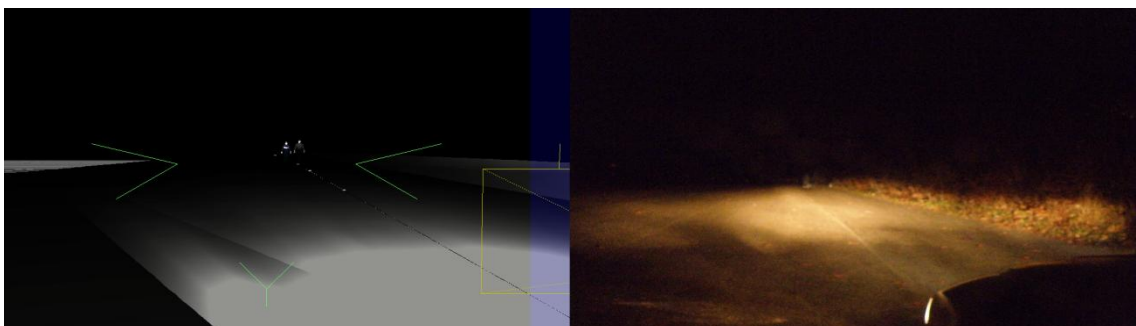
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 78 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**

Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta

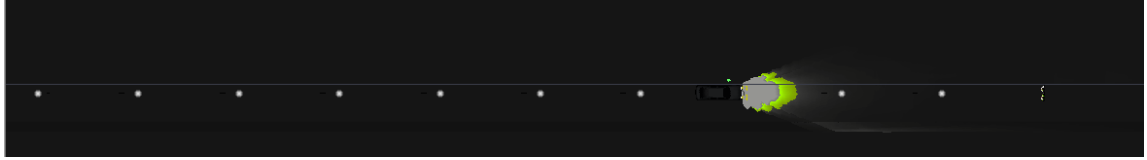


**Obrázok 79 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 40 m  
Zdroj (vlastný)**



### Vzdialenosť figurantov 30 m od svetelného zdroja

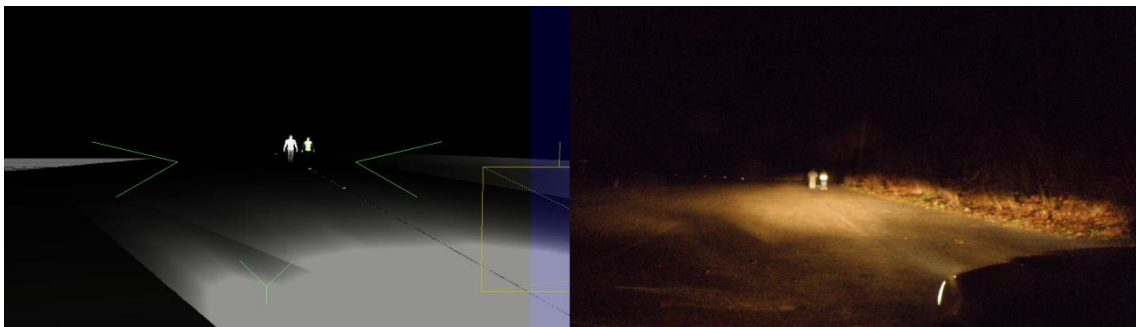
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 80 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

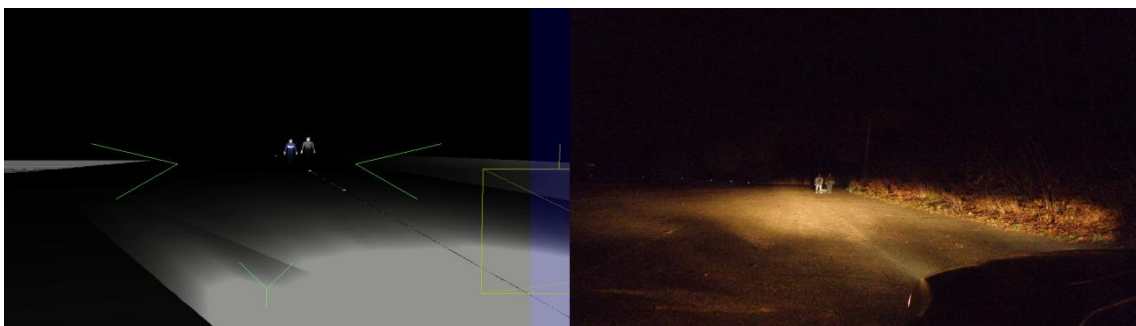
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

### Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 81 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

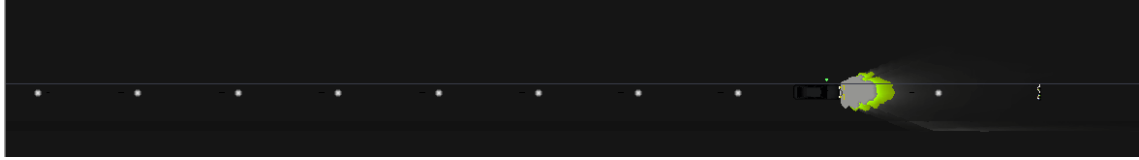
### Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 82 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 30 m  
Zdroj (vlastný)**

### Vzdialenosť figurantov 20 m od svetelného zdroja

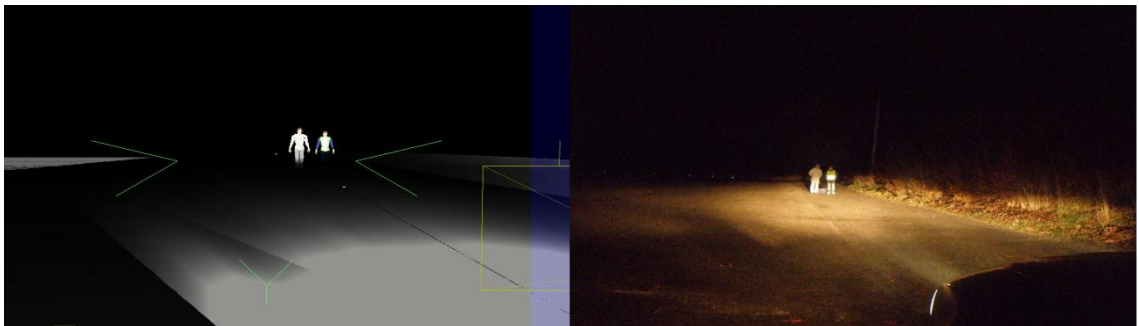
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 83 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 20 m**  
Zdroj (vlastný)

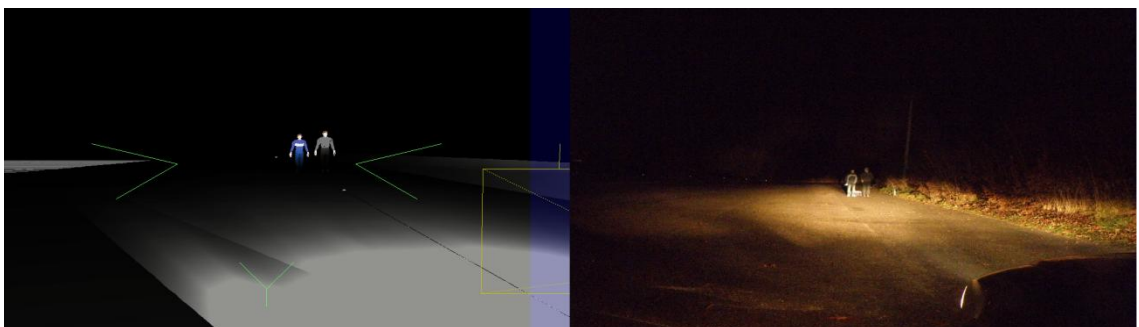
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 84 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 20 m**  
Zdroj (vlastný)

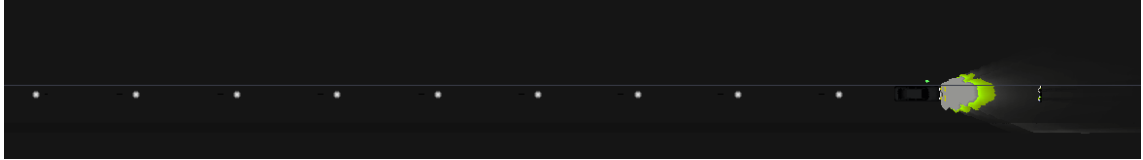
Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 85 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 20 m**  
Zdroj (vlastný)

### Vzdialenosť figurantov 10 m od svetelného zdroja

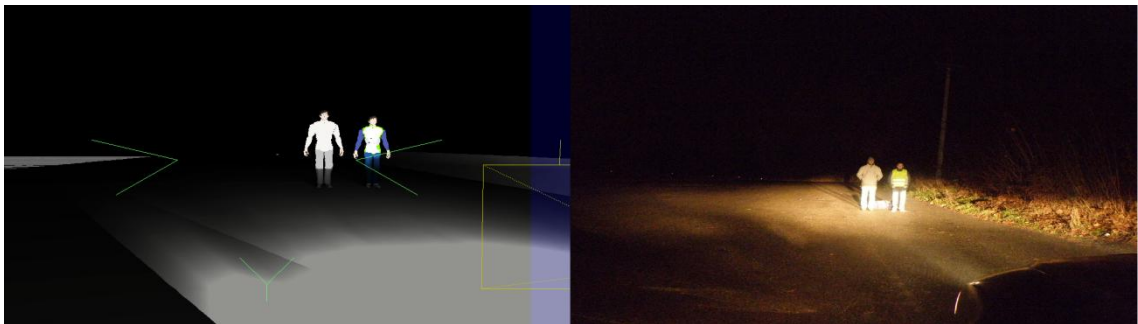
Zobrazenie objektov z horného pohľadu v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov a vykreslením isoluxov (zelená farba znázorňuje difúznu reflexiu).



**Obrázok 86 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 10 m**  
Zdroj (vlastný)

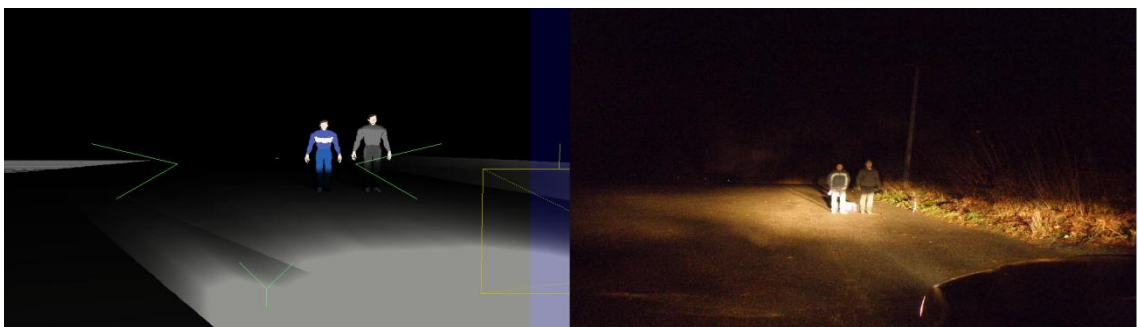
Model situácie z pohľadu pozorovateľa. Objekty sú znázornené vyplnenými plochami (prechod medzi plochami je vyhladený) v móde zobrazenia svetiel s výpočtom tieňov vo vyššom rozlíšení.

Simulácia so svetlým a reflexným oblečením figuranta



**Obrázok 87 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 10 m**  
Zdroj (vlastný)

Simulácia s bežným a tmavým oblečením figuranta



**Obrázok 88 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 10 m**  
Zdroj (vlastný)

## 2.6 Chyby a odchýlky merania

Zámerom každého merania je čo najobjektívnejšie a najpresnejšie zachytiť informácie o skutočnosti, ktorá je jeho predmetom. Každá používaná metóda ma svoju určitú presnosť závislú na rôznych vplyvoch, ku ktorým patria napríklad (ne)dokonalosť prístrojov a pomôcok a vplyv subjektu ich užívateľa.

Cieľom tejto kapitoly je zhrnutie niekoľkých možných odchýlok ale aj ďalších skutočností, ktoré môžu ovplyvniť zaznamenávané hodnoty a následne pri práci s nimi modifikovať grafický výstup softvéru pri porovnávaní reálnej a virtuálnej dohľadnosti.

### Lux meter a jasomer

Fotónky lux metru sú kalibrované pre kolmý dopad svetla na ich prijímaciu plochu. Pri zisťovaní svietivosti reflektorov na tabuľovom rastru je preto potrebné zabezpečiť kolmý dopad svetla, ktoré je emitované žiarovkou svetlometu. V opačnom prípade fotočlánok vykazuje odchýlky a vzniká tzv. smerová (uhlová) chyba, zvlášť pri uhloch dopadu väčších ako  $30^\circ$ . Nedostatky môžu vzniknúť aj vplyvom časovej a tepelnej nestability fotónky, vzhľadom k meraniu pri mínusovej teplote.

Chyby jasomeru sú podobné ako u lux metrov. Príčinou odchýlok je v našom prípade predovšetkým väčšia vzdialenosť od objektu, ktorého jas je meraný.

### Rozdiely od softvéru

Softvér Dohľadnosť obsahuje preddefinované svetlometry, ktorými je vybavené aj vozidlo používané pri pokuse. Vykreslenie svetlometov vo virtuálnom modeli z nameraných hodnôt nie je totožné s týmito preddefinovanými svetlometmi, medzi možné príčiny miernej odlišnosti zaradujeme :

- nemožnosť zabezpečiť dokonale presné podmienky pri experimentálnom pokuse, aké sú dosahované v laboratórnych podmienkach merania svietivosti u výrobcu svetlometov, ktorý je dodávateľom hodnôt pre potreby softvéru
- nastavenie základného sklonu osi svetlometu s ktorým sa pracuje v simulácii je stanovené výrobcom vozidla, predpokladané prípustné zmeny sklonu počas merania však nemožno stanoviť
- svietivosť svetlometu je ovplyvnená životnosťou halogénovej žiarovky, miernu odlišnosť od preddefinovaných hodnôt môže spôsobovať určitá doba jej prevádzky na rozdiel od továrne nových žiaroviek

## 2.7 Zhodnotenie

Nosnú časť diplomovej práce predstavuje porovnanie vizuálneho výstupu modelovej situácie vytvorenej pomocou softvéru Dohľadnosť s fotodokumentáciou zaobstaranou pri realizovaní tejto situácie v reálnom prostredí. To za účelom zhodnotenia, či softvér adekvátne zobrazuje skutočnosť a je ho možno označiť za vhodný nástroj pre účely zisťovania dohľadnosti vodiča a viditeľnosti objektov pri znaleckom vyšetrovaní.

V prvom rade je treba podotknúť, že softvér je už pomerne zastaraný a od svojho vzniku neprešiel z hľadiska funkčnosti množstvom aktualizácií, ako je to v oblasti informačných technológií v dnešnej dobe zvykom. Dopĺňané boli predovšetkým knižnice objektov s ktorými program pracuje ako napr. materiál, ale najmä typy svetlometov vozidiel. Na druhej strane po funkčnej stránke pracuje so všetkými entitami potrebnými pre vytváranie modelových situácií podľa potrieb expertného vyšetrovania. Pracovné prostredie je však neprehľadné a užívateľsky komplikované na obsluhu.

Na základe výsledkov kapitoly 3.5 Grafické výstupy softvéru je vykonané jeho zhodnotenie. Z obrázkov je badateľná zhoda ale aj rozdiely medzi skutočným a virtuálnym zobrazením. U diaľkových halogénových svetlometov možno pozorovať u dvojíc obrázkov zhodnosť vo viditeľnosti figurantov pre všetky varianty oblečenia a vzdialenosti človeka od svetelného zdroju. Stretávacie halogénové svetlomety, ktoré sú chúlостivejšie na správnosť nastavenia vzhľadom k nižšej svietivosti, v niekoľko málo prípadoch vykazujú menšiu diferenciu medzi skutočnou fotografiou a virtuálnym obrázkom a to aj napriek ich presnému definovaniu podľa zistených hodnôt. Tento nesúlad možno eliminovať predovšetkým pomocou presného nastavenia sklonu svetlometov v simulácii, ktorého presná hodnota je len odhadovaná na základe predpisu výrobcu.

Rovnako ako všetky výpočtové metódy a simulačné programy slúžiace pre znaleckú činnosť súvisiacu s odhaľovaním zisťovaných náležitostí dopravných nehôd, aj výstupy softvéru Dohľadnosť sú veľmi citlivé na vstupné hodnoty s ktorými pracuje. Pritom aj drobné odchýlky od skutočného stavu zapríčiňujú podstatné rozdiely v následnej simulácii. Ďalším problémom je práve nedostatok vstupných údajov. Vyšetrovacím pokusom za rovnakých podmienok sa síce náležitosti týkajúce sa situácie ako profil cesty, dráha vozidla, postavenie chodca a pod. získajú relatívne rýchlo. Proces merania a zisťovania svietivosti reflektorov vozidla má ale dlhý a náročnejší

priebeh, ktorý je nutné vykonať z dôvodu nedostupnosti údajov o svetlometoch (isokandelových máp, príloha č. 3) od výrobcov. Navyše celková presnosť takéhoto zisťovania mimo laboratórnych podmienok je diskutabilná.

Súhrnom vyššie uvedených skutočností je vhodné skonštatovať, že softvér môže byť užívaný ako relevantný prostriedok na modelovanie skutočných situácií pre potreby analýzy cestných nehôd. Jeho výsledok je ale doporučené používať len ako sprievodný, usmerňujúci prvok pri riešení dopravných nehôd, nie ho aplikovať ako prostriedok so smerodajnou vypovedajúcou hodnotou pre znaleckú činnosť.

## ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo na základe podkladov získaných pri meraní v teréne hodnotiť, či sú výsledky získané zo softvéru pri nasimulovaní rovnakej situácie zhodné s týmito podkladmi a teda použiteľné pre znaleckú činnosť. Tento primárny cieľ sa podarilo naplniť, výsledok celého riešenia je detailne popísaný v predchádzajúcej kapitole 3.7 Zhodnotenie.

Aby bolo možné tento cieľ dosiahnuť, bolo potreba uskutočniť viacero čiastkových opatrení. V prvom rade sem patrí osvojenie si základných pojmov z oboru osvetľovacej techniky vozidiel a obecnej teórie vnímania človeka. Ďalej je to navrhnutie takej metodiky merania, ktorá zabezpečí dostatočne presné hodnoty a tak zaistí objektivnosť pri posudzovaní a formulácii záverov. Pri experimentálnom pokuse sú vyšetrované napr. hodnoty intenzity osvetlenia chodcov, hodnoty svietivosti svetlometov vozidla, úroveň jasu na chodcoch. V práci sú hodnoty merania uvedené pomocou tabuliek, obrázkov a fotodokumentácie vrátane slovnej interpretácie dosiahnutých výsledkov. Poslednú fázu predstavuje zostavenie virtuálneho modelu situácie. Pri modelovaní je nutnosť zachovať jednotnosť všetkých skutočných podmienok čo do rozmerov, farieb, stavu atmosféry a rôznych špecifik ako napr. vzájomné polohy objektov.

Až následne je možno vyhodnocovať rozlišovaciu schopnosť vodiča za zníženej viditeľnosti. Praktické využitie fotografií umožňuje zistiť z akej vzdialenosti možno zbadat' chodca staticky stojaceho súbežne s osou vozovky proti smere jazdy vozidla za svetelných podmienok pri zníženej viditeľnosti, t.j. z akej vzdialenosti možno vidieť nepohyblivú prekážku. Hlavná funkcia dokumentácie rozhľadových pomerov spočíva v objektivnom zrovnaní s grafickými výstupmi skúšaného softvéru.

Záverom možno podotknúť zistenú skutočnosť a to že softvér nerieši dostatočným spôsobom problematiku dohľadnosti vodiča tak, aby mohla mať rozhodujúci vplyv pri riešení dopravných nehôd za zníženej viditeľnosti. Táto skutočnosť by však nemusela platiť za určitých podmienok a to v prípade, ak by boli vstupné údaje používané pre modelovanie situácií presnejšie. Doporučený je preto ďalší výskum za účelom lepšieho zvládnutia metodiky merania vlastností svetlometov a vlastností materiálov oblečenia chodcov s cieľom dosiahnutia väčšej presnosti. Jednou z možných zmien predstavuje rozšírenie metodiky napríklad o premeriavanie sklonu svetlometov optickými prístrojmi k tomu určenými.

## LITERATÚRA

- [1] BAXANT, P. *Světelná technika*. Elektronický text č. EEN08. Brno: Neuvedené, 2011. 68 s.
- [2] BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997. 725 s. ISBN 80-7204-133-9.
- [3] BRADÁČ, A.; KREJČÍŘ, P.; GLIER, L. *Znalecký standard II – Vybrané metody zajišťování podkladů pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Ústav soudního inženýrství, Ministerstvo spravedlnosti, 1990.
- [4] HUGEMANN, W. a rozsiahly autorský tím. *Unfall-Rekonstruktion*. 1. vyd., dva zväzky, 2007. ISBN 3-00-019419-3.
- [5] JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B.; KUBÁT, J. *Automobily 6: Elektrotechnika motorových vozidel II*. Brno: Avid, 2008. 211 s. ISBN 978-80-87143-07-0.
- [6] KROPÁČ, F. *Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - Ústav soudního inženýrství, 2002.
- [7] SCHMEDDING, K. *Practical Examples of Visual Perception Problems in Night-time Accidents*. Hinckley, UK: Sborník výroční konference EVU a ITAI, 2009.
- [8] SLEZÁK, J. *Doporučený standard technický – Měření osvětlení*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2001. ISBN 80-86364-40-2.
- [9] SUCHA, D. *Softvérový balík Dohľadnosť – Manuál*. Bratislava: Vizi, 1999.
- [10] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů II. díl*. 1. vyd. Brno: Littera, 2006. 84 s. ISBN 80-85763-32-X.
- [11] WEYDE, M. *Rekonstruktion der Erkennbarkeit von Fußgängern bei Dunkelheitsunfällen unter dynamischen Realbedingungen*. Praha: Sborník výroční konference EVU 2010, 2010. ISBN 978-80-7399-128-9.
- [12] *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sadowego*. 2. vyd. Vydavateľstvo Instytutu Ekspertys Sadowych. Krokov 2002. ISBN 83-87425-65-6.



## Internetové zdroje

- [13] *Autodily Škoda* [online]. 2012. [cit. 2012-04-01]. AMD. Dostupné z: <http://www.amd-autodily.cz/>.
- [14] *GPS súradnice merania 49.247652,16.492805* [online]. 2012. [cit. 2012-04-01]. Mapy Google. Dostupné z: <http://maps.google.sk/maps?hl=sk&tab=wl>.
- [15] *Luminance meters* [online]. 2012. [cit. 2012-03-25]. Konica Minolta. Dostupné z: <http://www5.konicaminolta.eu/measuring-instruments/products/light-display-measurement/luminance-meters/ls-100ls-110/specifications.html>.
- [16] *Luxmetre* [online]. 2012. [cit. 2012-03-25]. Metra Blansko a.s. Dostupné z: <http://www.metra.cz/merici-technika/merici-pristroje/revizni-pristroje/luxmetry/luxmetr-s-cislicovou-indikaci-pu-550/>.
- [17] *Rozdíly ve viditelnosti* [online]. 2012. [cit. 2012-03-30]. BESIP. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/Viditelnost/Rozdily-ve-viditelnosti>.
- [18] VANÍK, F.; HOLEČEK, V. *Světlomety a elektronika světlometů* [online]. 2012. [cit. 2012-04-01]. Škoda Auto, TML – vývoj svetlometov. Dostupné z: <http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/SvetlometyUvod.pdf>.

## Zákony a vyhlášky

- [19] *Vyhláška č. 341/2002 Zb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.*

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Kontrolná stena k nastavovaniu svetlometov .....	15
Obrázok 2 - Vyhodnotenie kontroly nastavenia tlmených symetrických svetlometov ..	15
Obrázok 3 - K definícii svietivosti.....	16
Obrázok 4 - K definícii intenzity osvetlenia .....	17
Obrázok 5 - Merné výkony bežných zdrojov svetla .....	17
Obrázok 6 - K výkladu pojmu jas .....	18
Obrázok 7 - Základné konštrukčné usporiadanie svetlometu .....	20
Obrázok 8 - Bežná žiarovka.....	22
Obrázok 9 - Halogénové žiarovky (zľava doprava H1, H3, H4, H7).....	23
Obrázok 10 - Konštrukcia halogénovej žiarovky .....	23
Obrázok 11 - Halogénový cyklus, pohľad 1 .....	24
Obrázok 12 - Halogénový cyklus, pohľad 2 .....	24
Obrázok 13 - Xenónové výbojky (zľava doprava D2S, D1S) .....	26
Obrázok 14 - Schematické znázornenie oka (štruktúra oka, tyčinky a čípky) .....	28
Obrázok 15 - Dynamická viditeľnosť rôznych farebných materiálov v noci .....	29
Obrázok 16 - Tmavo a svetlo oblečená osoba vo vzdialenosti 20 m od vozidla .....	30
Obrázok 17 - Rozptýlené svetelné obrazy na poškodených čelných sklách.....	33
Obrázok 18 - Podmienky viditeľnosti cez priesory poškodené škrabancami.....	33
Obrázok 19 - Lux meter PU 550.....	35
Obrázok 20 - Jasomer LS – 110.....	36
Obrázok 21 - Svetlomet Octavia II. ....	37
Obrázok 22 - Lokalita realizácie pokusu .....	37
Obrázok 23 - Schéma výpočtu pseudo-ohniska svetlometu .....	42
Obrázok 24 - Virtuálny objekt vozovka .....	43
Obrázok 25 - Kombinácie oblečenia figurantov .....	43
Obrázok 26 - Dialóg analýzy, Ľ. a P. stretávací svetlomet.....	44
Obrázok 27 - Ľ. stretávací svetlomet, skutočný stav .....	44
Obrázok 28 - Dialóg analýzy, Ľ. a P. diaľkový svetlomet .....	44
Obrázok 29 - Ľ. diaľkový svetlomet, skutočný stav .....	44
Obrázok 30 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 100 m .....	48
Obrázok 31 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 100 m.....	48

Obrázok 32 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 90 m .....	49
Obrázok 33 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 90 m .....	49
Obrázok 34 – Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 90 m .....	49
Obrázok 35 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 80 m .....	50
Obrázok 36 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 80 m .....	50
Obrázok 37 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 80 m .....	50
Obrázok 38 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 70 m .....	51
Obrázok 39 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 70 m .....	51
Obrázok 40 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 70 m .....	51
Obrázok 41 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 60 m .....	52
Obrázok 42 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 60 m .....	52
Obrázok 43 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 60 m .....	52
Obrázok 44 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 50 m .....	53
Obrázok 45 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 50 m .....	53
Obrázok 46 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 50 m .....	53
Obrázok 47 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 40 m .....	54
Obrázok 48 – Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 40 m .....	54
Obrázok 49 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 40 m .....	54
Obrázok 50 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 30 m .....	55
Obrázok 51 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 30 m .....	55
Obrázok 52 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 30 m .....	55
Obrázok 53 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 20 m .....	56
Obrázok 54 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 20 m .....	56
Obrázok 55 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 20 m .....	56
Obrázok 56 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 10 m .....	57
Obrázok 57 - Svetlý model, diaľkové H7, vzdialenosť 10 m .....	57
Obrázok 58 - Tmavý model, diaľkové H7, vzdialenosť 10 m .....	57
Obrázok 59 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 100 m .....	58
Obrázok 60 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 100 m .....	58
Obrázok 61 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 100 m .....	58
Obrázok 62 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 90 m .....	59
Obrázok 63 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 90 m .....	59
Obrázok 64 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 90 m .....	59
Obrázok 65 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 80 m .....	60

Obrázok 66 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 80 m .....	60
Obrázok 67 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 80 m .....	60
Obrázok 68 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 70 m .....	61
Obrázok 69 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 70 m .....	61
Obrázok 70 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 70 m .....	61
Obrázok 71 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 60 m .....	62
Obrázok 72 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 60 m .....	62
Obrázok 73 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 60 m .....	62
Obrázok 74 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 50 m .....	63
Obrázok 75 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 50 m .....	63
Obrázok 76 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 50 m .....	63
Obrázok 77 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 40 m .....	64
Obrázok 78 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 40 m .....	64
Obrázok 79 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 40 m .....	64
Obrázok 80 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 30 m .....	65
Obrázok 81 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 30 m .....	65
Obrázok 82 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 30 m .....	65
Obrázok 83 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 20 m .....	66
Obrázok 84 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 20 m .....	66
Obrázok 85 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 20 m .....	66
Obrázok 86 - Horný pohľad na simuláciu, vzdialenosť 10 m .....	67
Obrázok 87 - Svetlý model, stretávacie H7, vzdialenosť 10 m .....	67
Obrázok 88 - Tmavý model, stretávacie H7, vzdialenosť 10 m .....	67

## ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Maximálny dosvit stretávacích svetlometov podľa vyhl. č. 41/1984 Zb. ....	13
Tabuľka 2 - Osvetlenie figuranta stretávacími svetlami.....	45
Tabuľka 3 - Osvetlenie figuranta diaľkovými svetlami.....	46
Tabuľka 4 - Ohniská svetlometov.....	46
Tabuľka 5 - Kontrast jasů vytvorený stretávacími H7.....	47
Tabuľka 6 - Kontrast jasů vytvorený diaľkovými H7 .....	47

## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBLOV

Skratka / Symbol	Popis skratky / symbolu
Vyhl. č. / Zb.	Vyhláška číslo / Zbierky
EHK	Európska hospodárska komisia
EHS	Európske hospodárske spoločenstvo
ES	Európske spoločenstvo
OSN	Organizácia spojených národov
TÜV	Technická inšpekčná asociácia
AFS	Adaptive frontlight system, adaptívny systém predných svetiel
SB	Sealed beam, asymetrický svetlomet
§	Paragraf zákona
Ø	Priemer
K	Kontrast jasu
F	Ohnisko
M <sub>Z</sub>	Merný výkon
Φ	Svetelný tok, jednotka lúmen (lm)
I	Svietivosť, jednotka kandela (cd)
E	Intenzita osvetlenia, jednotka lux (lx)
L	Jas, jednotka kandela na meter štvorcový (cd/m <sup>2</sup> )
LED	Light-emitting diode, Svetlo-emitujúca dióda
OLED	Organic light-emitting diode, Organická svetlo-emitujúca dióda

## **ZOZNAM PRÍLOH**

- Príloha č. 1: Namerané hodnoty intenzity osvetlenia halogénových svetlometov na meranej stene v luxoch
- Príloha č. 2: Príklad grafu posúdenia viditeľnosti objektu matematickou simuláciou v závislosti na vzdialenosti
- Príloha č. 3: Isokandelové mapy svetlometov stretávacích svetiel so žiarovkami H7

**Príloha č. 1: Namerané hodnoty intenzity osvetlenia halogénových svetlometov na meranej stene v luxoch**

Ľavý diaľkový svetlomet so žiarovkou H7

	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-5	28.10	31.70	31.90	62.40	90.40	67.20	44.40	25.00	27.50	29.80	28.90	27.40	25.00	28.80	25.10	23.60	50.60	50.00	54.30	52.20	60.10
-4	27.70	31.80	31.80	32.00	38.50	52.20	138.30	70.20	54.10	39.00	30.10	28.70	27.30	30.10	29.00	29.30	55.30	90.10	162.20	163.70	168.50
-3	24.10	28.70	34.90	34.00	32.70	36.30	38.70	45.40	127.20	76.80	42.30	32.30	28.90	29.20	28.40	47.00	108.90	210.00	405.00	576.00	673.00
-2	16.50	18.20	22.50	28.90	32.80	33.70	33.80	46.50	46.20	60.60	72.70	40.70	32.70	32.80	30.70	88.40	198.90	386.00	656.00	1195.00	1663.00
-1	17.70	19.10	20.60	22.70	29.60	37.30	38.10	35.60	41.10	76.80	53.10	66.70	45.90	40.60	44.70	134.00	249.00	322.00	507.00	965.00	1632.00
0	26.30	33.30	37.20	38.00	49.10	58.80	73.60	65.10	73.30	88.40	70.00	65.40	81.30	64.10	79.90	158.60	230.00	294.00	414.00	660.00	1008.00
1	35.40	47.40	56.60	63.30	82.20	110.30	135.40	158.80	205.00	226.00	253.00	243.00	245.00	275.00	293.00	378.00	521.00	728.00	924.00	1141.00	1503.00
2	43.50	50.90	59.40	72.20	78.10	82.90	85.50	94.20	106.10	125.70	127.60	129.20	146.90	167.60	215.00	257.00	341.00	452.00	537.00	628.00	661.00
3	42.30	47.90	52.50	55.50	56.80	60.20	62.40	65.40	67.60	85.40	59.50	51.10	50.40	51.40	80.10	112.60	121.30	145.80	182.20	211.00	218.00
4	38.50	37.10	35.80	35.80	34.10	35.60	37.10	39.60	33.20	37.60	38.20	36.40	33.20	34.80	39.10	60.80	61.70	57.80	56.90	48.10	44.20
5	27.80	28.50	32.30	28.80	30.10	27.40	27.30	28.90	33.70	28.20	30.60	34.80	29.90	29.60	29.30	30.10	29.70	29.30	28.50	30.60	31.50
6	29.50	29.90	28.30	30.40	34.10	29.50	27.10	26.60	25.10	23.80	26.50	27.70	33.70	30.30	26.60	26.50	26.60	27.40	24.20	25.10	26.90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
5	61.60	51.10	53.60	46.60	40.00	37.90	26.80	23.10	22.90	22.50	23.10	22.10	22.20	23.50	19.60	13.90	13.60	12.70	12.60	12.00	12.00
4	187.90	147.80	166.80	150.20	146.60	149.10	120.20	80.10	29.80	23.20	23.40	23.20	20.50	21.10	17.60	13.10	13.30	12.20	11.90	11.10	11.10
3	750.00	805.00	756.00	630.00	542.00	411.00	244.00	162.00	86.80	25.00	21.30	20.10	18.30	19.20	17.10	11.70	12.60	11.90	11.20	10.30	10.30
2	1948.00	2060.00	2000.00	1826.00	1469.00	864.00	464.00	233.00	138.40	37.80	18.10	18.20	17.40	17.80	16.20	10.90	11.50	11.70	11.30	9.50	9.50
1	3050.00	5380.00	3720.00	1920.00	1381.00	1005.00	561.00	282.00	180.00	49.70	18.40	16.70	15.70	16.40	16.90	10.40	10.90	10.80	10.00	9.30	9.30
0	2010.00	2050.00	3220.00	1258.00	1034.00	851.00	544.00	278.00	204.00	53.20	17.80	16.80	16.30	16.30	17.40	11.50	12.70	10.90	10.10	8.70	8.70
1	1838.00	1445.00	1139.00	931.00	742.00	627.00	413.00	227.00	144.00	40.30	20.60	19.80	18.40	16.80	17.60	11.30	12.10	11.50	13.40	8.10	8.10
2	649.00	630.00	552.00	489.00	414.00	322.00	178.00	95.80	41.40	23.30	17.90	16.60	15.80	15.50	16.20	10.60	11.10	11.80	11.30	7.80	7.80
3	208.00	228.00	212.00	204.00	175.80	127.20	69.50	61.40	40.10	20.60	17.90	16.20	15.40	15.90	14.60	8.20	8.50	8.90	8.20	7.50	7.50
4	47.40	52.70	50.30	71.70	70.40	48.00	40.90	36.10	26.80	15.80	13.70	13.60	14.40	13.80	13.80	7.90	8.20	8.60	7.30	6.60	6.60
5	32.10	32.70	29.70	28.10	35.70	39.40	37.00	33.80	30.30	15.10	13.60	14.30	13.40	13.00	12.30	6.80	7.90	7.60	7.70	6.70	6.70
6	27.00	23.90	22.30	21.60	23.20	21.00	16.00	16.50	16.30	13.90	14.00	14.20	13.90	13.90	12.70	7.60	8.70	7.50	7.40	6.30	6.30



Ľavý stretávací svetlomet so žiarovkou H7

	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-5	2.92	3.04	3.20	3.42	3.60	3.76	4.00	4.50	5.02	5.44	5.74	6.22	6.42	6.80	6.91	7.10	8.09	8.46	8.44	8.76	8.98
-4	3.80	3.70	3.83	4.04	4.09	4.63	5.01	5.66	6.02	6.37	6.66	7.10	7.28	7.30	7.49	7.48	8.29	8.49	8.34	8.26	9.09
-3	4.36	4.70	5.19	5.58	6.08	6.90	7.47	7.62	8.08	8.32	8.68	9.49	9.68	9.69	9.85	9.93	10.35	10.36	10.23	10.24	11.04
-2	4.60	5.64	6.61	6.65	7.79	8.55	8.68	8.73	9.47	9.66	10.67	11.41	11.74	12.32	12.53	13.30	13.78	14.68	14.53	15.12	15.84
-1	7.77	8.85	10.02	9.96	10.82	14.14	15.20	14.00	13.55	13.99	14.99	14.41	15.18	16.10	17.52	18.40	18.93	19.83	20.20	21.50	24.00
0	18.36	24.60	28.90	31.10	43.20	54.50	56.50	53.30	64.40	64.70	64.40	57.20	56.90	59.60	58.60	59.20	64.20	74.30	88.40	177.40	337.00
1	25.50	29.20	49.20	60.30	82.80	111.50	141.30	170.20	228.00	257.00	272.00	281.00	286.00	310.00	355.00	411.00	563.00	761.00	983.00	1113.00	1544.00
2	32.10	40.80	51.40	63.30	71.90	80.50	86.90	89.90	97.60	112.80	120.30	127.10	147.10	175.20	229.00	295.00	393.00	528.00	621.00	727.00	773.00
3	21.20	28.10	34.90	40.10	42.10	47.70	55.40	56.40	54.90	46.60	36.40	31.40	31.50	34.90	67.70	104.40	113.40	139.30	183.30	214.00	216.00
4	11.30	13.40	14.70	16.70	16.80	16.40	17.40	17.06	16.06	14.22	12.32	11.52	12.18	13.31	16.62	46.10	49.90	42.70	40.10	34.70	33.40
5	4.97	5.99	7.01	7.33	8.29	8.98	9.05	9.15	9.43	6.94	7.25	7.52	8.36	9.22	10.13	11.63	11.05	12.26	13.73	15.55	17.03
6	3.46	3.88	4.31	4.78	5.39	5.99	6.59	7.43	6.68	6.06	6.21	6.19	6.51	6.82	7.49	8.31	9.03	9.48	9.66	10.09	10.28
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
-5	8.52	9.41	9.42	8.74	8.27	7.68	7.12	5.85	5.23	4.61	4.18	4.31	4.81	5.46	5.10	4.54	4.09	3.05	2.32	1.80	
-4	9.09	11.02	10.32	9.65	9.66	8.46	8.52	6.63	5.91	4.82	4.69	5.06	5.27	5.33	5.35	4.65	4.29	3.32	2.38	1.80	
-3	10.63	11.26	13.64	12.39	12.70	11.39	10.46	8.78	7.55	6.32	5.08	4.62	4.69	5.11	5.21	4.73	4.10	3.53	2.70	1.88	
-2	15.19	15.36	16.64	15.05	14.74	14.78	13.17	11.85	8.24	6.13	5.22	4.63	4.64	4.96	5.03	4.62	3.90	3.38	2.70	1.98	
-1	25.80	25.50	28.10	25.60	30.10	25.30	18.00	13.98	10.22	7.72	5.96	4.98	4.49	4.66	4.63	3.98	3.44	3.16	2.75	1.89	
0	833.00	662.00	542.00	367.00	270.00	202.00	103.10	31.30	15.30	8.90	7.00	5.76	4.92	4.73	4.44	3.74	3.30	3.11	2.68	1.99	
1	2065.00	1353.00	1012.00	734.00	545.00	468.00	283.00	96.30	29.00	11.50	7.42	5.82	4.71	4.13	4.11	3.62	2.78	2.64	2.56	1.99	
2	775.00	730.00	656.00	549.00	448.00	341.00	193.00	81.40	25.20	7.56	6.48	4.87	4.05	3.87	3.34	2.96	2.39	2.66	2.14	1.78	
3	234.00	252.00	232.00	223.00	188.90	125.50	53.30	51.60	28.90	6.25	4.89	4.12	3.62	3.40	2.82	2.51	2.36	2.27	1.81	1.46	
4	40.30	47.20	44.60	51.40	50.80	31.10	21.40	18.60	14.33	5.76	4.25	3.57	3.03	2.77	2.27	2.06	1.85	1.75	1.54	1.26	
5	21.90	22.40	20.10	17.52	14.23	9.72	7.55	6.32	5.10	4.75	3.38	2.85	2.64	2.21	1.95	1.87	1.65	1.40	1.17	0.92	
6	11.48	11.39	10.96	10.35	9.96	7.42	6.23	5.01	4.33	3.82	3.01	2.50	2.21	1.78	1.72	1.61	1.48	1.31	1.02	0.92	

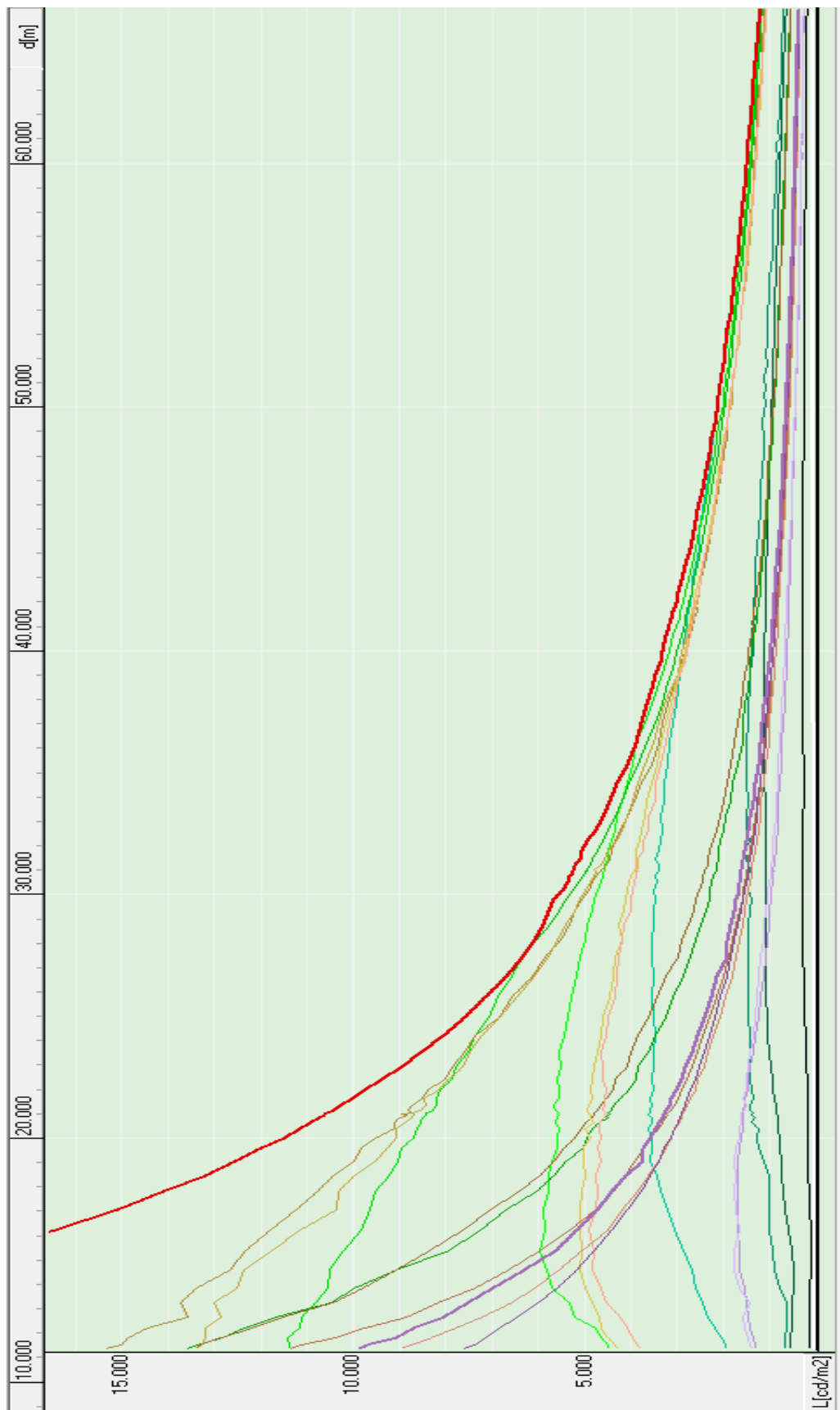
Pravý diaľkový svetlomet so žiarovkou H7

	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-5	8.14	9.75	11.07	11.08	13.14	14.04	18.15	18.40	17.54	17.75	18.96	20.40	21.00	24.40	28.20	38.40	43.20	51.80	56.70	60.60	66.30
-4	7.91	8.74	9.92	10.77	13.33	14.75	18.12	20.90	20.10	19.40	22.00	22.30	25.00	32.10	39.50	54.80	75.20	93.40	109.10	110.40	123.20
-3	7.89	8.22	9.26	10.09	10.94	12.55	16.60	18.67	17.54	18.35	21.90	23.80	29.70	62.60	124.60	178.90	221.00	315.00	358.00	364.00	353.00
-2	7.78	7.88	9.14	9.68	11.12	12.37	14.85	17.11	16.69	19.13	21.50	25.70	48.80	147.20	263.00	453.00	685.00	905.00	1089.00	1044.00	1103.00
-1	7.24	8.55	9.14	9.33	10.78	11.07	15.55	16.61	16.05	18.17	20.70	28.10	102.10	221.00	409.00	776.00	1165.00	1584.00	2530.00	2640.00	2520.00
0	7.46	7.97	8.88	9.45	10.61	11.12	17.02	17.17	17.98	20.10	24.20	44.50	175.20	298.00	433.00	679.00	894.00	1304.00	2840.00	4040.00	2720.00
1	6.69	6.72	8.28	9.12	9.78	11.49	17.64	21.50	29.90	39.60	51.80	73.80	222.00	343.00	501.00	627.00	802.00	1042.00	1939.00	1534.00	1560.00
2	6.38	7.19	9.94	11.04	11.80	13.74	18.72	20.90	28.70	39.50	66.30	85.10	121.90	151.50	192.70	239.00	286.00	386.00	433.00	515.00	528.00
3	5.88	7.43	9.36	11.32	10.77	11.79	16.63	17.75	21.60	33.40	48.40	65.70	83.10	95.60	111.70	111.70	128.30	134.50	127.40	104.70	111.80
4	5.54	6.88	8.64	9.30	9.46	9.99	14.18	14.92	16.93	16.99	18.62	20.10	24.60	36.50	43.90	51.20	69.90	73.80	59.20	58.30	53.90
5	5.83	7.42	9.12	9.68	9.86	9.14	13.52	13.63	15.45	16.20	15.84	17.03	24.40	34.70	45.30	50.10	43.30	36.50	34.90	37.10	36.20
6	5.64	6.95	7.84	7.99	8.59	9.53	14.70	14.12	14.59	16.23	16.10	16.28	18.77	21.60	22.60	23.80	23.00	25.50	28.10	29.00	28.80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
-5	60.00	58.70	60.60	40.10	36.30	26.40	22.50	19.30	38.80	29.00	29.80	26.10	18.40	17.80	35.30	29.70	35.90	30.30	26.90	26.20	26.20
-4	103.40	101.90	87.50	60.40	74.90	32.60	31.80	33.40	28.60	29.50	31.00	35.50	37.80	55.90	47.30	46.80	57.50	30.60	23.50	23.40	23.40
-3	308.00	308.00	222.00	152.00	96.00	49.20	34.00	31.80	31.80	33.80	39.80	58.70	55.90	57.60	77.30	46.40	30.80	28.50	28.00	27.50	27.50
-2	983.00	733.00	511.00	285.00	181.00	107.20	36.90	37.30	39.00	39.50	51.40	75.60	76.80	46.00	29.90	27.10	25.40	24.10	25.20	24.20	24.20
-1	1768.00	1210.00	772.00	416.00	235.00	159.00	56.80	42.10	41.50	51.60	83.60	57.90	43.00	33.30	30.30	28.80	28.10	27.20	25.00	22.60	22.60
0	1818.00	1310.00	996.00	651.00	460.00	356.00	190.00	104.70	87.10	72.20	61.30	69.40	54.60	50.90	45.70	42.50	39.00	36.10	34.70	29.90	29.90
1	1725.00	1476.00	1121.00	929.00	842.00	674.00	472.00	351.00	209.00	125.00	122.00	122.40	106.10	198.30	88.10	73.90	57.50	49.50	44.80	39.80	39.80
2	520.00	484.00	471.00	433.00	488.00	341.00	269.00	230.00	181.00	155.00	164.00	151.00	131.00	112.00	94.50	70.60	61.20	60.20	58.80	54.30	54.30
3	112.60	118.10	128.50	125.50	108.60	102.50	100.60	96.40	102.20	102.50	112.70	117.90	100.80	84.10	74.90	60.60	53.10	48.50	46.10	44.50	44.50
4	54.10	55.50	54.20	51.90	49.30	45.40	42.10	42.80	41.70	40.90	46.60	59.40	55.20	44.80	39.90	38.60	36.50	33.60	33.60	32.20	32.20
5	39.80	39.50	38.60	39.10	38.40	36.80	35.80	34.20	34.80	36.80	41.70	36.40	30.10	26.30	25.20	25.00	24.60	24.70	25.10	25.70	25.70
6	33.80	32.70	30.30	31.40	31.30	31.00	30.10	31.80	36.20	38.80	35.60	32.20	28.40	26.50	25.10	25.00	23.40	24.10	24.80	24.60	24.60

Pravý stretávací svetlomet so žiarovkou H7

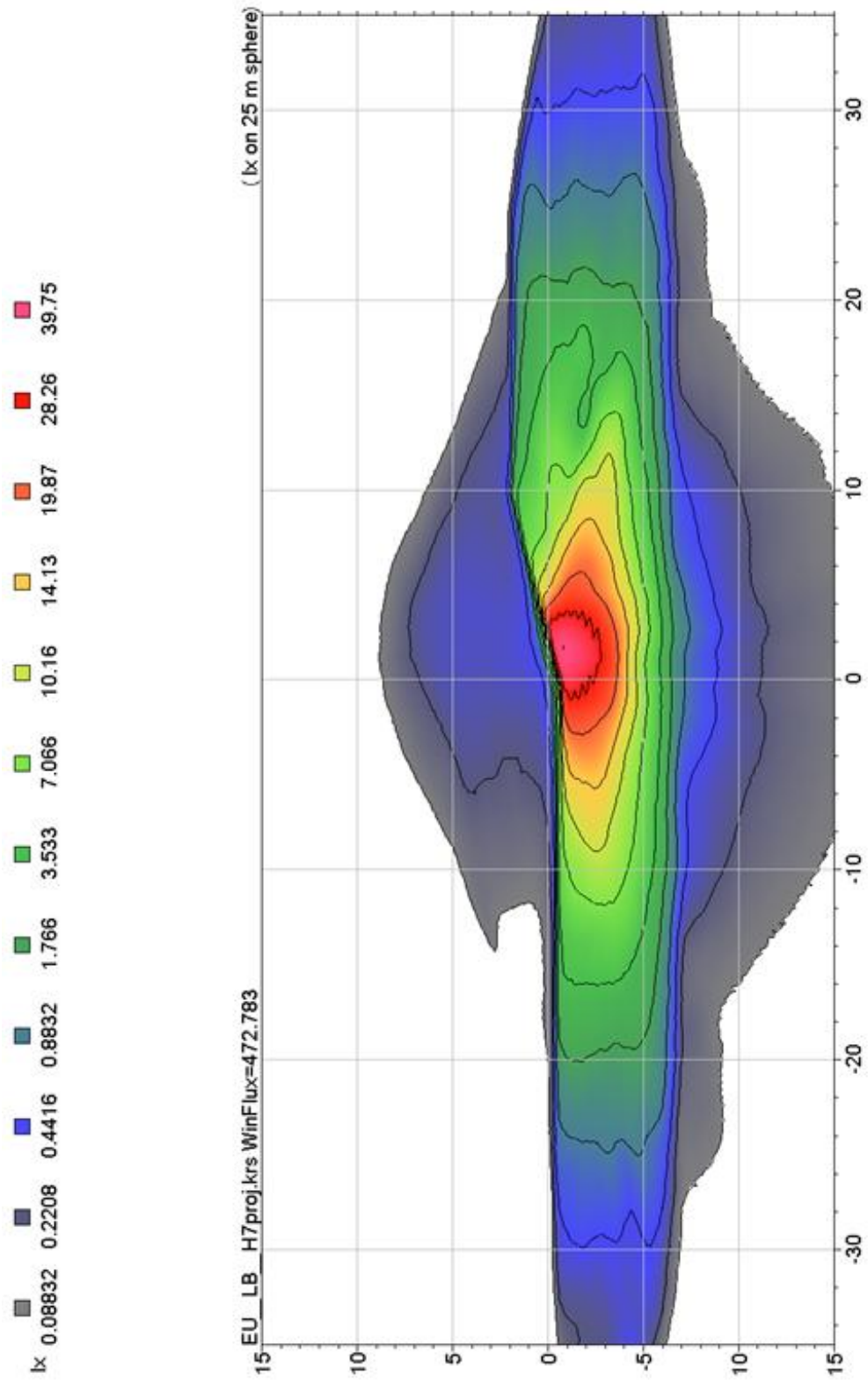
	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-5	1.27	1.36	1.51	1.82	2.48	3.58	3.87	3.94	3.99	4.10	3.78	3.77	4.70	4.13	4.63	5.50	5.81	6.43	7.22	8.05	8.47
-4	1.31	1.47	1.65	2.04	2.84	3.96	4.29	4.17	4.16	4.23	3.95	4.61	4.18	4.70	5.64	6.55	7.80	8.33	9.15	10.65	11.35
-3	1.24	1.43	1.74	2.18	3.23	4.12	4.43	4.68	4.88	4.74	5.36	4.51	4.79	5.34	6.08	7.05	8.46	9.78	11.24	12.41	13.63
-2	1.32	1.47	1.77	2.43	3.44	4.13	4.51	4.96	5.31	5.76	5.03	5.21	5.55	5.91	6.82	8.36	10.69	13.17	14.62	15.06	16.79
-1	1.34	1.53	1.93	2.52	3.53	3.99	4.34	5.04	5.48	5.85	5.46	6.09	6.60	8.13	11.05	13.20	14.62	18.22	20.50	21.60	24.50
0	1.31	1.45	1.90	2.55	3.30	4.05	6.77	7.55	7.50	7.78	9.99	12.70	25.10	33.60	39.60	40.60	43.20	59.30	63.90	84.60	177.70
1	1.30	1.63	1.94	2.54	3.39	5.13	7.94	12.50	21.60	30.10	43.60	58.20	93.50	161.70	201.00	242.00	368.00	575.00	783.00	1013.00	1062.00
2	1.33	1.58	2.01	2.38	3.00	4.29	6.85	11.10	17.76	27.70	55.20	70.70	91.20	117.30	133.20	144.70	185.50	236.00	295.00	358.00	430.00
3	1.29	1.45	1.83	2.45	2.73	2.90	4.74	5.20	8.29	16.96	34.40	51.50	59.70	71.50	79.20	78.50	84.70	85.00	77.30	75.00	76.20
4	1.12	1.44	1.97	2.23	2.28	2.47	3.30	3.77	4.25	5.05	6.38	8.14	9.93	13.50	17.85	22.20	32.90	33.70	36.70	32.40	31.00
5	1.17	1.59	1.84	2.01	2.15	2.36	2.53	3.11	3.25	4.24	4.19	4.51	5.08	6.36	8.01	9.81	11.49	13.91	14.94	15.55	16.03
6	1.20	1.39	1.82	1.78	1.79	1.93	2.20	2.35	2.64	3.42	3.53	3.81	4.69	5.02	6.08	6.87	7.86	8.66	9.95	10.75	10.77
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
8.95	9.75	9.77	8.57	8.06	7.27	6.58	6.28	5.76	5.48	5.60	4.70	4.01	3.37	3.16	2.95	2.78	2.73	2.58	2.18		
11.60	11.30	11.75	10.96	10.70	9.90	8.50	7.60	7.12	6.43	5.89	5.54	5.05	4.54	3.82	3.47	3.23	2.97	2.75	2.50		
14.24	14.37	13.92	13.01	11.40	10.85	9.92	8.55	8.49	7.79	6.96	6.53	5.70	5.20	5.05	4.77	4.23	3.91	3.60	3.35		
17.04	17.40	16.86	16.13	16.66	15.26	13.52	13.08	12.42	11.41	10.32	9.90	8.51	7.54	6.71	5.86	5.50	4.81	4.44	4.07		
26.00	25.80	25.20	29.20	40.80	24.40	20.10	17.00	14.60	13.80	13.30	12.50	11.40	10.50	9.52	9.06	8.98	8.26	7.05	6.54		
484.00	589.00	565.00	392.00	315.00	244.00	157.00	85.40	53.50	25.90	24.50	25.50	31.80	29.10	23.50	23.20	21.40	21.20	20.10	16.70		
1472.00	1250.00	962.00	842.00	800.00	650.00	488.00	334.00	201.00	105.00	95.40	90.40	88.80	81.20	65.10	53.00	46.20	40.60	36.10	26.50		
449.00	464.00	445.00	444.00	418.00	331.00	271.00	225.00	177.00	144.00	149.00	140.00	123.00	99.00	74.10	53.50	41.70	39.10	35.20	31.50		
78.80	89.90	91.50	96.40	90.70	88.60	80.90	79.90	75.20	84.30	96.20	94.10	83.10	70.60	54.60	44.70	37.10	31.20	30.30	27.30		
30.40	31.10	31.50	32.60	30.00	26.00	23.40	21.50	19.60	21.10	26.10	26.20	23.20	19.20	17.20	15.10	14.40	13.90	14.20	13.50		
17.80	19.95	20.60	20.90	18.40	16.60	14.33	12.20	11.58	10.83	10.72	8.65	7.50	6.86	6.11	5.30	4.78	4.77	4.33	3.77		
12.57	12.87	13.63	13.99	13.64	12.00	10.91	9.70	9.30	8.29	8.32	7.71	6.80	6.49	5.53	5.22	4.72	4.24	3.43	2.92		

**Príloha č. 2: Príklad grafu posúdenia viditeľnosti objektu matematickou simuláciou v závislosti na vzdialenosti**



### Príloha č. 3: Isokandelové mapy svetlometov stretávacích svetiel so žiarovkami H7

Isokandelová mapa / projektor, zobrazenie 1



Isokandelová mapa / projektor, zobrazenie 2

