

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: **Vojtěch RIEDL**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**

Akademický rok 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch RIEDL**

Osobní číslo: **S13B0244P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Design tramvajových vozidel z hlediska bezpečnosti**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Sledování vlivu vnějšího barevného řešení tramvajových vozidel na jejich nehodovost.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Přehled požadavků na tramvajová vozidla z hlediska bezpečnosti
2. Sledování souvislosti mezi barevným řešením a nehodovostí tramvajových vozidel
3. Porovnání výsledků u různých dopravních podniků
4. Závěr a doporučení s ohledem na bezpečnost

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla III. Plzeň: ZČU, 2011

KALINČÁK, D. Koľajové vozidla I. Žilina: ŽU Žilina, 2008

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Regionální technologický institut

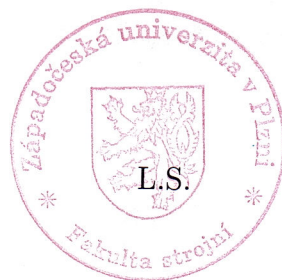
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Petr Tomala**
Dopravní podnik Ostrava

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Riedl	Jméno Vojtěch		
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller, CSc.	Jméno Petr		
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Design tramvajových vozidel z hlediska bezpečnosti			

FAKULTA	FST	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2017
----------------	-----	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	55	TEXTOVÁ ČÁST	55	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	<p>V první části bakalářské práce jsou shrnuty požadavky na bezpečnost tramvajových vozidel s ohledem na technické normy. Druhá část obsahuje statistická data nehodovosti tramvajových vozidel a porovnání výsledků u různých dopravních podniků v ČR. Ve třetí části posuzuje souvislost dopravních nehod s barevným řešením těchto vozidel. Poslední část se zabývá doporučením k realizaci designu tramvají s ohledem na jejich bezpečnost.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	<p>Bezpečnost, Tramvajová vozidla Nehoda, Nehodovost tramvají, Design tramvaje, Barevné řešení tramvaje.</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Riedl	Name Vojtěch	
FIELD OF STUDY	“Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller, CSc.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of tram vehicles in terms of safety		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	55	TEXT PART	55	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>This bachelor thesis deals with the safety of tram vehicles and is divided into several parts. The first part of the bachelor thesis summarizes the requirements for the safety of tram vehicles with respect to technical standards. The second part contains statistical data on the tram vehicles accident and comparison of the results for individual transport companies in the Czech Republic. In the third part, the relation of traffic accidents on the colour solution of these vehicles is assessed. The last part deals with recommendations for the implementation of tram design with regard to their safety.</p>
KEY WORDS	Safety, Tram vehicles, Accident, Tram accident, Design of tram vehicles.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Hellerovi, CSc. za odborné konzultace a cenné rady, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce poskytl.

Obsah

Abstrakt.....	9
1 Úvod	11
2 Přehled požadavků na tram. vozidla z hlediska bezpečnosti.....	13
2.1 Pasivní bezpečnost	13
2.2 Pevnost skříně tramvaje	14
3 Sledování souvislosti mezi barevným řešením a nehodovostí	17
3.1 Barevné řešení tramvajových vozidel ve vybraných městech ČR.....	17
3.1.1 Design tramvají v Praze	18
3.1.2 Design tramvají v Ostravě	18
3.1.3 Design tramvají v Plzni.....	19
3.1.4 Design tramvají v Brně	20
3.1.5 Design tramvají v Olomouci	21
3.1.6 Design tramvají v Bratislavě.....	22
3.2 Základní rozdělení tramvají vyskytujících se v českých městech:	23
3.2.1 Tramvajová vozidla čtyřnápravová.....	24
3.2.2 Tramvajová vozidla čtyřnápravová, částečně nízkopodlažní	24
3.2.3 Tramvajová vozidla kloubová.....	25
4 Vnímání barev	26
5 Studie v dopravním provozu.....	27
6 Reflexní a fluorescenční materiály	29
6.1 Reflexní materiály.....	29
6.1.1 Koutové reflektory	29
6.1.2 Kuličkové reflektory	31
6.2 Fluorescenční materiály	33
7 Porovnání výsledků u různých dopravních podniků	34
7.1 Nasbíraná data.....	34
7.2 Vývoj nehodovosti v Plzni.....	35
7.3 Vývoj nehodovosti v Brně	38
7.4 Vývoj nehodovosti v Olomouci	40
7.5 Vývoj nehodovosti v Ostravě.....	42

7.6	Vývoj nehodovosti v Bratislavě.....	43
8	Náklady na změnu barevného provedení.....	45
9	Zhodnocení výsledků.....	46
9.1	Porovnání hodnot mezi jednotlivými městy 2014	46
9.2	Porovnání hodnot mezi jednotlivými městy 2015	47
9.3	Dlouhodobé porovnání nehodovostí na elektrické dráze.....	47
10	Zhodnocení výsledků a doporučení k vylepšení designu tramvajových vozidel... ..	49
10.1	Vnímání barevnosti tramvajového vozidla v ideálních podmínkách:	49
10.2	Vnímání barevnosti tramvajového vozidla reálných podmínkách:	49
11	Závěr	52
12	Reference:	53

Seznam Obrázků

Obrázek 1 Ukázka rozdílných pevností čel tramvají při střetu	13
Obrázek 2 Statická zkouška hrubé stavby skříně	15
Obrázek 3 Ukázka barevných provedení tramvají vyskytujících se na území ČR	17
Obrázek 4 Design tramvajového vozidla v Praze	18
Obrázek 5 Design tramvajového vozidla v Ostravě	18
Obrázek 6 Design tramvajového vozidla v Plzni	19
Obrázek 7 Design tramvajového vozidla v Brně	20
Obrázek 8 Design tramvajového vozidla v Olomouci	21
Obrázek 9 Design tramvajového vozidla v Bratislavě - nové barevné provedení	22
Obrázek 10 Design tramvajového vozidla v Bratislavě - staré barevné provedení	22
Obrázek 11 Čtyřnápravová tramvaj typ T	24
Obrázek 12 Čtyřnápravová tramvaj typ T s částečně sníženým podvozkem	24
Obrázek 13 Kloubová tramvaj se dvěma klouby - typ KT8D5 a KT8D5-RN2P	25
Obrázek 14 Grafické zobrazení relativní citlivosti na vlnové délce el. mag. vlnění	26
Obrázek 15 Koutový odrazivý materiál se třemi body odrazu	30
Obrázek 16 Koutový odrazivý materiál se dvěma body odrazu	30
Obrázek 17 Kuličkový odrazivý materiál	31
Obrázek 18 Vzdálenosti nutné ke zpozorování různých barev	32
Obrázek 19 Odraz záření od různých povrchů	33

Abstrakt

Design tramvajových vozidel z hlediska bezpečnosti

Tato bakalářská práce se zabývá bezpečností tramvajových vozidel a je rozdělena na několik částí. V první části bakalářské práce jsou shrnuty požadavky na bezpečnost tramvajových vozidel s ohledem na technické normy. Druhá část obsahuje statistická data nehodovosti tramvajových vozidel a porovnání výsledků u různých dopravních podniků v ČR. Ve třetí části posuzuje souvislost dopravních nehod s barevným řešením těchto vozidel. Poslední část se zabývá doporučením k realizaci designu tramvají s ohledem na jejich bezpečnost.

Klíčová slova: Bezpečnost, Tramvajová vozidla, Nehoda, Nehodovost tramvají, Design tramvaje, Barevné řešení tramvaje.

Abstract

Design of tram vehicles in terms of safety

This bachelor thesis deals with the safety of tram vehicles and is divided into several parts. The first part of the bachelor thesis summarizes the requirements for the safety of tram vehicles with respect to technical standards. The second part contains statistical data on the tram vehicles accident and comparison of the results for individual transport companies in the Czech Republic. In the third part, the relation of traffic accidents on the colour solution of these vehicles is assessed. The last part deals with recommendations for the implementation of tram design with regard to their safety.

Key words: Safety, Tram vehicles, Accident, Tram accident, Design of tram vehicles.

1 Úvod

Tramvajová doprava se poprvé dostala do provozu v Severní Americe v městě New York roku 1832. Z počátku se jednalo o tramvajový vagon pro přepravu cestujících spojen s koňským spřežením. V Evropě se tento druh městské dopravy začal používat počínaje rokem 1845. První koňská tramvaj používaná v českých zemích se objevila v moravském Brně roku 1869, v Praze se tak stalo o šest let později na trati z Karlína na Národní třídu. Takzvané koňské tramvaje byly postupem času vystřídány tramvajemi s parním pohonem. Tramvaje, které známe dnes (na elektrický pohon) byly využívány od roku 1881, kdy byla postavena první elektrická linka v německém Berlíně. V Praze byla první elektrická tramvajová trať spuštěna do provozu díky Františku Křižíkovi v roce 1891. František Křižík také zafinancoval stavbu trati z Karlína do Vysočan a po jejím dokončení v roce 1896 odstartovala výstavba rozsáhlé celoměstské sítě. Způsob přepravy tramvajovými vozidly se masivně rozšířil ve 20. a 30. letech 20. století, kdy byly autobusy teprve experimentální způsob dopravy a tramvaje neměly velikou konkurenci. Rozšíření tramvajových linek v amerických a evropských městech bylo podpořeno jejich rychlým růstem. První úpadek tramvajové přepravy přichází po druhé světové válce, kdy byly tyto linky v Evropě i Americe rušeny a byly vnímány jako nemoderní. Tento jev byl způsoben rychlým rozvojem spalovacích motorů, potažmo autobusů. Renesanci tramvajové dopravy způsobila v roce 1973 ropná krize. Prudké zvýšení cen ropy a omezení produkce zeměmi OPEC způsobilo opětovný zájem o tramvajovou dopravu, který v Evropě a některých městech Ameriky trvá dodnes.[3]

Nehody tramvajů jsou v českých zemích spojeny už s počátky tohoto druhu dopravy. První zaznamenaná nehoda se stala ještě před oficiálním spuštěním první elektrické tramvajové linky v Praze v roce 1891. Došlo zde ke střetu tramvajového vozu ve zkušebním provozu s pekařským koňským povelcem.[3]

V současnosti se tramvajové linky v České Republice k městské dopravě provozují v Praze, Brně, Ostravě, Plzni, Olomouci, Liberci, Jablonci, Mostě a Litvínově. Města Liberec a Jablonec jsou propojeny meziměstskou tramvajovou dopravou. Tramvaje zajíždí i na území samostatného města Modřice v okrese Brno-venkov.[1][3]

V roce 2013 zaujímala městská hromadná doprava (dále jen MHD) v ČR 15,2% z celkového přepravního výkonu. Přepravním výkonem rozumíme součin dopravního výkonu a přepravních objemů, můžeme uvádět v jednotkách osobokilometr, nebo tunokilometr. Osobokilometr představuje přepravu jedné osoby na jeden kilometr, obdobně pak tunokilometr.[4]

Tramvaje patří k druhému nejvyužívanějšímu způsobu cestování ve veřejné dopravě v České republice, hned za autobusy. Přepravní objem, tj. počet cest vykonaných cestujícími za rok (nejedná se o unikátní cestující), u tramvajů osciluje kolem hranice 650 mil. cestujících ročně. Autobusy zaujímají první místo s přepravním objemem cca 800 mil. ročně z celkového objemu 2,18 mld. cestujících.[9]

Tato bakalářské práce, tedy nehodovost tramvajů v závislosti na jejich barevném řešení, je postavena především na fyzikálních principech vnímání barev, ale také se snaží najít souvislosti, které by nemusely být na první pohled z teorie vnímání barev zřejmé. Už od pradávna využívali lidé barvy k dorozumívání a vyjadřování emocí. Dnes jsou barvy v denním repertoáru vnímání člověka. Supermarkety vsází na barevnou kombinaci reklam a prodejních ploch, aby nalákali zákazníka.

Jsou studie, které se zabývají barevností interiérů v restauracích, např. v restauraci vymalované do červena nám zase bude jídlo lépe chutnat. Barvy máme spojené se sportem, jídlem, oblečením, místy, lidmi...Co už si možná na první zamyšlení neuvědomíme je to, že hrají důležitou roli v oblasti bezpečnosti. Vzpomeňme na naprosto běžnou věc jako je dopravní světelný ukazatel, známý jako semafor. Základní barvy zelená, žlutá a červená jasně symbolizují pokyny pro miliony řidičů neustále v každém okamžiku. Barva může být brána jako marketingový znak, překvapivě velkou vlnu emocí vzbudila, v roce 2005, zdánlivě obyčejná změna loga firmy McDonald's z červeného na zelené pozadí. V této práci se budu snažit nasbírat co nejvíce informací z nepříliš probádaného oboru bezpečnosti dopravních prostředků v závislosti na jejich barevném provedení.

V závěru této práce je několik doporučení, které byly vyvozeny na základě poskytnutých informací dopravních podniků, týkající se dopravní nehodovosti tramvajů. Závěry, které byly vydedukovány jsou postaveny na studiích týkajících se tématu nehodovosti v souvislosti s barevným řešením, na fyzikálních principech vnímání barev lidmi a v neposlední řadě na porovnání poskytnutých dat z reálných nehod tramvajových vozidel, jako hlavní část této práce.

2 Přehled požadavků na tram. vozidla z hlediska bezpečnosti

2.1 Pasivní bezpečnost

Pasivní bezpečností můžeme rozumět bezpečnostní architekturu nějakého systému, která má v konečném výsledku následky nehody zmírnit, pokud k nehodě dojde. Pasivní bezpečnost, jako jedna z nejdůležitějších vlastností všech dopravních prostředků včetně tramvajových vozidel je důkladně zkoumána. Nejen u automobilů hraje vyspělá pasivní bezpečnost velkou roli při nákupu. Moderní tramvajové vozy jsou také zasaženy trendem zvyšování pasivní bezpečnosti, avšak konstruktéři tramvají stojí před těžším úkolem, nežli konstruktéři automobiloví. Těžší práci mají především díky absenci crash testů, které se u tramvají nedělají z důvodu vysoké pořizovací ceny. Je tedy nutné se spolehnout na dnes rozvíjející se virtuální simulace a později pozorně sledovat následky z reálného střetu v dopravě.

Konstrukční opatření, které se zahrnují pod pojem pasivní bezpečnost, jsou svázány s celkovou konstrukcí vozidla. Pro konstruktéry musí být úvahy o pasivní bezpečnosti při navrhování nové tramvaje naprosto rozhodující.

Pasivní bezpečnost jako taková a její prvky se staly součástí povinného schvalování vozidel dle předpisů, které jsou závazné pro připuštění vozidel do silničního provozu v konkrétní zemi. Pro podmínky v ČR jde z velké většiny o předpisy EHK-OSN. [13]



Obrázek 1 Ukázka rozdílných pevností čel tramvají při střetu 0

Obrázek č. 1 výstižně ilustruje pokrok v pasivní bezpečnosti tramvajových vozidel, především v pevnosti celé konstrukce a ve vyztužení čela tramvaje. Na snímku je vyobrazen čelní střet v rychlosti 65km/h moderní tramvaje 14T a starší tramvaje typu KT8D5, po renovaci označovanou jako KT8D5N2. Následky této dopravní nehody, která se stala v září 2011 v Praze byly pro řidiče starší tramvaje tragické. Z fotografie je viditelné, že prostor pro řidiče v tramvaji KT8D5 byl masivně zdeformován a následné deformace karoserie postupovaly až nad prostor prvního podvozku. Zatímco stará tramvaj utrpěla velké deformace, nový model 14T vyvázl z nehody s minimálními deformacemi čela tramvaje.

2.2 Pevnost skříně tramvaje

Statistická data jasně ukazují, že vozidla železniční dopravy i MHD jsou mnohem bezpečnější, než vozidla silniční dopravy. Přesto je nutné věnovat pozornost bezpečnosti cestujících a strojvedoucích, či řidičů v případě tramvajových vozidel. Se zvyšující se popularitou a rostoucí rychlostí přepravy se začala řešit pevnost a odolnost skříní pro podélná zatížení, to bylo v 50. letech 20. století.

Pokud budeme dále srovnávat s vozidly silniční dopravy, potom můžeme říct, že pro železniční vozidla je v platnosti mnohem komplikovanější soustava předpisů. Nejstarší z nich je vytvářen mezinárodní železniční unií UIC. Ta byla založena na začátku 20. let 20. století a má 171 členských zemí napříč kontinenty. Tyto vyhlášky jsou závazné pro dopravce a tím pádem tedy i pro výrobce vozidel. Od 90. let 20. století se začalo s vytvářením evropských norem pro kolejová vozidla v rámci CEN, tj. Evropský výbor pro normalizaci. Evropské standardy vycházejí z vyhlášek UIC, většinou jsou ale obsáhlejší a v některých případech dokonce jsou normy Rady i v rozporu s vyhláškami UIC. Z uvedeného přehledu směrnic a norem je patrné, jak je celý systém předpisů v oblasti kolejové dopravy složitý a obsáhlý. Dále bude následovat výběr některých předpisů týkajících se pevností a odolností skříní pouze pro tramvajová vozidla. [12]

Částečným sjednocením odolnosti skříní bylo sníženo poškození těchto skříní při řazení do vlakových souprav. Dříve docházelo při nárazu k poškozování méně tuhých vozů těmi tužšími. Pro účely dimenzování jednotlivých druhů železničních vozidel byla kolejová vozidla rozdělena do sedmi kategorií. Dle evropské normy EN 12663 spadají tramvajová vozidla do kategorie označené P-V. Zatížení, které musí vozidlo vydržet v podélném zatížení bez vzniku trvalých deformací je pro tuto kategorii 200kN. [12]



Obrázek 2 Statická zkouška hrubé stavby skříně [12]

Pro pasivní bezpečnost kolejových vozidel je v platnosti norma EN 15227, nevztahuje se na nákladní vozy. Tato norma rozděluje kolejová vozidla z hlediska pasivní bezpečnosti do čtyř následujících skupin.

Tabulka 1 Skupiny kolejových vozidel z hlediska pasivní bezpečnosti

Kategorie	Definice	Příklady typů vozidel
C-I	vozidla určená k provozu na tratích transevropské sítě, mezinárodních, národních a regionálních tratích (s úrovnovými přejezdy)	lokomotivy, osobní vozy a pevné vlakové jednotky
C-II	městská vozidla určená k provozu pouze na vyhrazené železniční infrastruktuře bez vazby na silniční dopravu	vozidla metra
C-III	lehká železniční vozidla určená k provozu v městském, popř. regionálních sítích s vazbou na silniční dopravu	tramvajové soupravy, předměstská tramvaj
C-IV	lehká železniční vozidla určená k provozu ve vyhrazených městských sítích s vazbou na silniční dopravu	tramvajová vozidla

Pro vozidla těchto kategorií jsou stanoveny čtyři modelové situace nehod.

- Čelní srážka dvou totožných vlakových jednotek.
- Čelní srážka s odlišným typem železničního vozidla.
- Náraz konce vlakové jednotky do velkého silničního vozidla na úrovnovém přejezdu.
- Náraz vlakové jednotky do nízké překážky (např. auta, zvířete, odpadnutého materiálu na úrovnovém přejezdu). [12]

Tyto modelové situace jsou klasifikovány jako dynamické, kromě posledního, ta je hodnocena jako statická. Rychlosti střetů se pro jednotlivé typy vozidel liší. Pro čelní srážku totožných vlakových jednotek je pro tramvajové jednotky stanovena rychlost 15km/hod. Pro náraz konce vlakové jednotky do velkého silničního vozidla, pevné překážky 3 tuny, je stanovena rychlost 25km/hod. Po dodržení těchto podmínek následují další požadavky na pasivní bezpečnost, které musí být dodrženy. Musí být zabráněno vzájemnému šplhání vozidel při nárazu, dále musí být zabezpečeno, že minimálně jedno dvojkolí podvozku musí být v kontaktu po celou dobu trvání srážky a v neposlední řadě musí být docíleno, že při výše uvedených zkouškách bude maximální deformace prostoru nutného pro přežití, dosahovat nejvýše 10%. Zkoušení těchto požadavků probíhá kombinovanou metodou, která spočívá ve zkoušení nárazů numerickou simulací, až v případě větších deformací přichází na řadu validace pomocí vhodný zkoušek.[12]

3 Sledování souvislosti mezi barevným řešením a nehodovostí tramvajových vozidel

Sledování souvislosti mezi barevným řešením a nehodovostí tramvajových vozidel vyžaduje bližší zkoumání vnímání barev lidským okem a následné zpracování těchto informací lidským chápáním. V této části jsou také uvedené související studie na automobilech, které prováděly různé instituce a univerzity z celého světa a v neposlední řadě seznámení se s designem tramvají, který je možné vidět v provozu v ČR.

3.1 Barevné řešení tramvajových vozidel ve vybraných městech ČR

Na území České republiky existuje devět měst s tramvajovým provozem a každé město má svůj osobitý design tramvají. Tento vzhled se zpravidla odvíjí od tradičních městských barev a historických aspektů.

Níže jsou uvedena jednotlivá barevná řešení tramvají v různých městech České republiky. Na obrázku je zobrazena tramvaj s designem všech tramvají v ČR, zleva: Brno, Jablonec/Liberec, Praha, Most/Litvínov, Ostrava, Olomouc a Plzeň. Ve většině případů barevné řešení dopravních prostředků odráží typické barvy pro konkrétní město.



Obrázek 3 Ukázka barevných provedení tramvají vyskytujících se na území ČR 0

3.1.1 Design tramvajů v Praze

Tramvaje provozované pražským dopravním podnikem se mohou vyskytovat buď tradičně, na typech Tatra T3, v béžové a červené, nebo modernější vozy v červené, šedostříbrné a černé. Tyto barevné pruhy jsou horizontálně podél vozu.



Obrázek 4 Design tramvajového vozidla v Praze 0

3.1.2 Design tramvajů v Ostravě

Ostravské tramvaje jsou v modré a bílé barvě, některé typy mohou mít žluté prvky, jako například dveře. Modré a bílé barvy tvoří na tramvajových vozech horizontální pruhy podél vozu.



Obrázek 5 Design tramvajového vozidla v Ostravě 0

3.1.3 Design tramvají v Plzni

Plzeňské tramvaje jsou ve většině případů zbarveny do žluté, která je jednou z městských barev, a šedé. Nejčastěji používané tramvaje typu Tatra T3 mají barevná kombinaci čtyř horizontálních pruhů podél tramvajového vozu, kde ve spodní části žlutý pruh zaujímá asi 40% výšky vozu. Tento pruh je v půli dělený pruhem bílým, nad ním je pruh šedý s obdobnou výškou nátěru asi 40% výšky vozu a jako poslední je na horním okraji tramvaje opět pruh žlutý, který má přibližně poloviční tloušťku dvou spodních pruhů. Barevné provedení tramvajových vozů se drobně liší podle typu tramvaje. Novější typy tramvají nemají zpravidla tak výrazný pruh šedé barvy, avšak dominantní barvou zůstává žlutá.



Obrázek 6 Design tramvajového vozidla v Plzni 0

3.1.4 Design tramvajů v Brně

Tramvajová vozidla v Brně mají červeno šedo bílé provedení. Dominantním prvkem je tmavě červený pruh pod okny vozu, který je vsazen do bílého pozadí. Části od spodní hranice oken výše jsou lakovány světle šedou barvou. Linie barevného provedení, nemusí být po celé délce vozu vodorovné, jako to je u typických vozů T3, ale mohou měnit svoji horizontální linii s klesající nízkopodlažní částí. Toto je možné pozorovat u modernějších vozů v podnikové flotile.



Obrázek 7 Design tramvajového vozidla v Brně 0

3.1.5 Design tramvají v Olomouci

Olomoucké tramvaje mají jako dominantní barvu bílou, která tvoří široký vodorovný pruh po celé délce vozu, zesponu olemovaný tenkými pruhy červené a pak tmavě modré barvy. Shora je tento bílý pruh ohraničen znovu červenou barvou, která tvoří olemování pásu oken. Střecha vozidla je vyhotovena ve světle šedé barvě. Toto základní barevné provedení se lehce liší od daného typu vozidla, avšak zastoupení barev zůstává stejné.



Obrázek 8 Design tramvajového vozidla v Olomouci 0

3.1.6 Design tramvají v Bratislavě

V Bratislavě se v současnosti vyskytují dva typy barevného provedení tramvají. Starší vozy, které byly dodávány do roku 2009 mají barevné provedení shodné s pražskými tramvajemi. Moderní tramvaje dodávané firmou Škoda Transportation jsou celé červené. Zhruba 60% všech vozidel je v provedení červeno bílém, kdy nejviditelnější pruh tvoří červená barva podél vozu pod okny tramvaje. Zbytek tramvaje, tedy spodní lem, okraje kolem oken a střecha je vyhotovena v bílé, až béžové barvě.

Design tramvají po roce 2009:



Obrázek 9 Design tramvajového vozidla v Bratislavě - nové barevné provedení 0

Design tramvají do roku 2009:



Obrázek 10 Design tramvajového vozidla v Bratislavě - staré barevné provedení 0

3.2 Základní rozdělení tramvají vyskytujících se v českých městech:

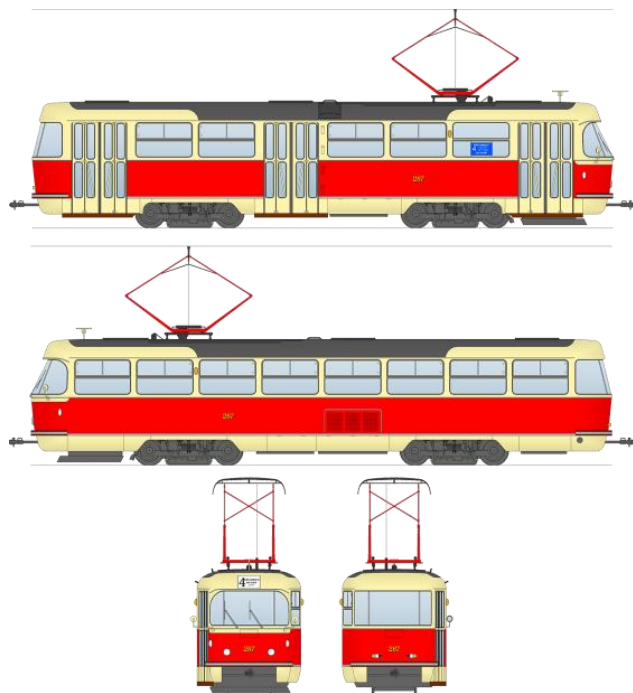
Organizace Union des Transports Publics rozdělila kolejová vozidla sloužící městskému provozu do tří skupin.

- městská tramvaj
- rychlodrážní tramvaj
- rychlodráha – metro

Hlavním rozdílem mezi těmito jednotlivými skupinami je prostředí provozu. Městská tramvaj, první skupina MHD vozidel, jezdí v úrovni ulice. Rychlodrážní tramvaj a rychlodráha-metro se vyznačují buď částečným, nebo úplným provozem ve vlastním tělese nebo tunelu. Pro účely této práce bude dále řeč pouze o městských tramvajových vozidlech, které se provozují v přímé interakci se silničním provozem ve městech.[1]

3.2.1 Tramvajová vozidla čtyřnápravová

Jedná se o typ, který byl vyvinut z historických dvounápravových vozidel. Vozidla se čtyřmi nápravami zajišťovala větší přepravní kapacitu, lepší dynamické vlastnosti a lepší průjezd malými směrovými oblouky. Nejrozšířenějším zástupcem čtyřnápravové tramvaje na českých linkách je bezesporu tramvaj typu T (1 až 3), které se vyráběly do roku 1999. Zvýšení kapacity tohoto vozu je řešeno spřažením dalšího vozu, tyto vozy jsou pak řízeny z jednoho místa.



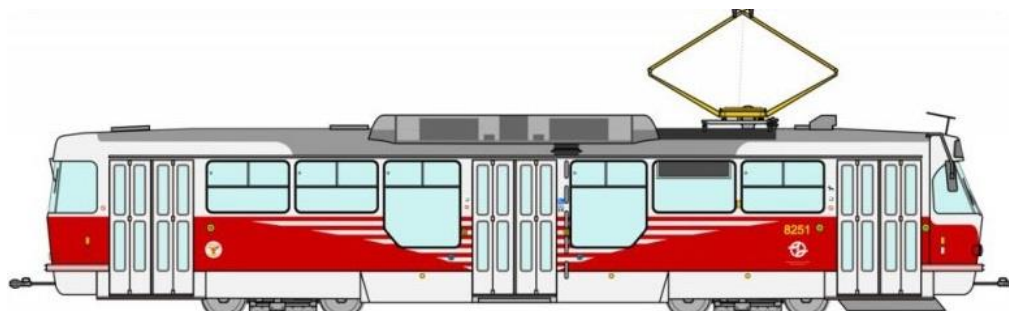
Technické parametry:

Délka vozové skříně:	14000 mm
Šířka vozové skříně:	2500 mm
Výška vozové skříně:	3053 mm
Hm. obsazeného vozu:	28500 kg
Výkon motoru:	4x40 Kw
Maximální rychlost:	65 km/h
Přepravní kapacita:	162 osob

Obrázek 11 Čtyřnápravová tramvaj typ T 0

3.2.2 Tramvajová vozidla čtyřnápravová, částečně nízkopodlažní

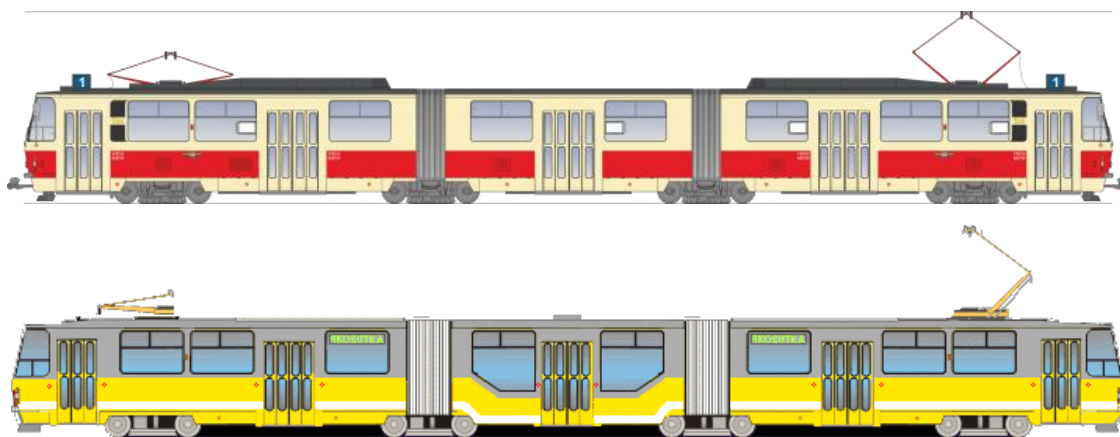
Tento typ tramvaje svým částečným snížením podlahy vozidla vyřešil základní nedostatek vozidel typu T. S ohledem na finance je většina částečně nízkopodlažních čtyřnápravových tramvajů modifikací starších tramvajů typu T. Tímto krokem se velmi zvýšil komfort pro všechny cestující, především pak pro osoby s hendikepem.



Obrázek 12 Čtyřnápravová tramvaj typ T s částečně sníženým podvozkem 0

3.2.3 Tramvajová vozidla kloubová, vysokopodlažní/nízkopodlažní, se dvěma klouby

S použitím tohoto vozu došlo k dalšímu navýšení přepravní kapacity cestujících až na cca 340 osob. S postupem času se vyřešil i problém vysoké podlahy, kdy ve většině případů prostřední článek tramvaje prošel přestavbou a stal se nízkopodlažním. Zástupcem tramvaje se dvěma klouby a vysokou podlahou je tramvaj KT8D5. Modifikací tohoto typu na částečně nízkopodlažní vznikl typ KT8D5-RN2P.



Obrázek 13 Kloubová tramvaj se dvěma klouby - typ KT8D5 a KT8D5-RN2P 0

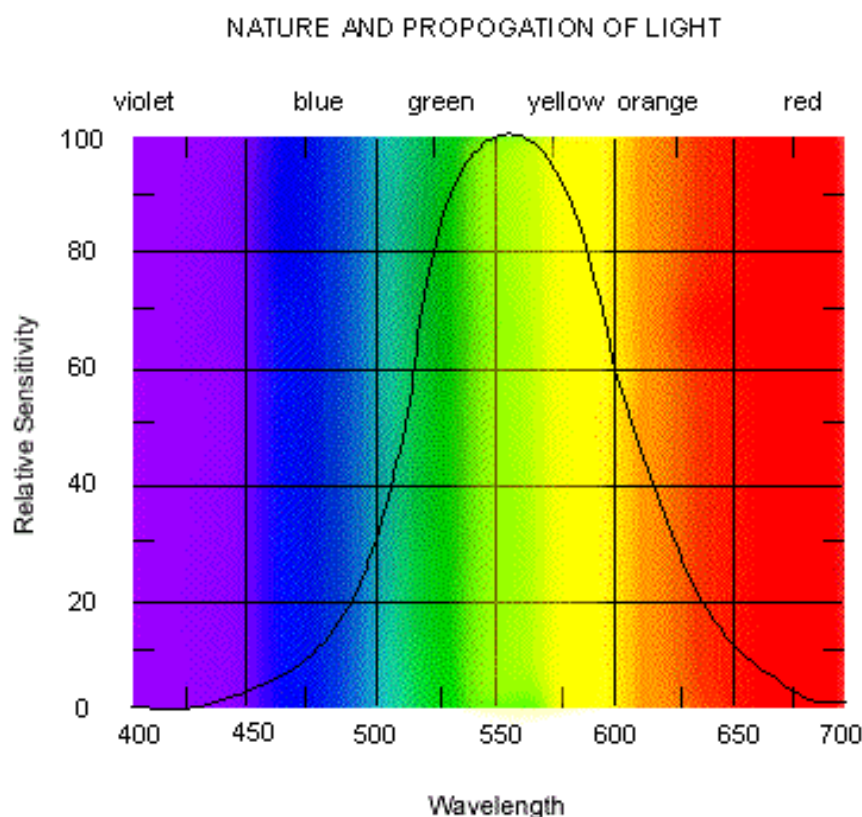
Technické parametry:

Délka vozové skříně:	30300 mm
Šířka vozové skříně:	2480 mm
Výška vozové skříně:	3145 mm
Hmotnost obsazeného vozu:	61550 kg
Výkon motoru:	8x45 Kw
Maximální rychlost:	65 km/h
Přepravní kapacita:	337 osob

4 Vnímání barev

Vnímání barev je bezpochyby subjektivní záležitost každého jedince. Jsem si jist, že každý z nás si potvrdil rozmanitost vnímání daného odstínu barvy. Zda se jedná o zelenou, či modrou barvu a kdo má vlastně pravdu? Tohle vše může být způsobeno citlivostí každého z nás. Každé lidské oko (bez poruch a vad) je ve vnímání barevnosti schopno rozlišit určité spektrum barev, tedy určité spektrum vlnových délek. Dále bylo zjištěno, na jakou barvu je člověk nejvíce citlivý. Údaj o citlivosti lidského oka na konkrétní barvu by mohl později posloužit jako nástroj na vyhodnocení a posouzení výsledků o nehodovosti tramvají s ohledem na barevném provedení.

Citlivost lidského oka se odvíjí od vlnové délky světla, citlivost lidského oka s ohledem na vlnové délky je uvedena na obrázku Obrázek 14. Průměrné lidské oko je schopno vnímat světlo od 380 do 750 nanometrů. Za fotopických, tedy normálních podmínek, je ve dne a při běžném světle člověk nejcitlivější na barvy, které odráží vlnové délky 555 nanometrů. To odpovídá žlutozelené barvě, na obrázku č. 14 je možné vidět, že tato konkrétní délka odpovídá středu viditelného spektra. Při nižším osvětlení a nástupem šera se citlivost lidského vnímání barev přesouvá směrem ke kratším vlnovým délkám světla, jedná se o takzvaný Purkyňův jev. [7]



Obrázek 14 Grafické zobrazení relativní citlivosti na vlnové délce elektromagnetického vlnění [27]

5 Studie v dopravním provozu

Studii o dopravní nehodovosti tramvají z hlediska jejich barevnosti se v dostupných zdrojích neobjevuje. Pro posouzení barevnosti na nehodovosti by tento případ mohl být suplován studii u osobních automobilů, které jsou popsány a vysvětleny dále.

Z několika dostupných dopravních studií zaměřených na souvislost nehodovosti a barevném řešení je patrné, že barva výrazně ovlivňuje riziko účasti v dopravní nehodě. Z různých studií, které následně popisují, vyplývají různé výsledky.

První studie, se kterou se pojí problematika nehodovosti v závislosti na barevnosti vozidla byla provedena na Novém Zélandu a zkoumala počty a závažnost nehod těchto vozidel v závislosti na barevném provedení. Zkoumáno bylo 1000 vozů v poměrném zastoupení každé barvy. Ze studie bylo patrné, že vlastníci a řidiči stříbrných vozů měli o 50% menší účast v dopravních nehodách, než řidiči bílých automobilů. Bílá, žlutá, šedá, červená a modrá auta měla velmi podobné počty nehod a s tím spojená zranění. Řidiči černých, hnědých a zelených aut měli 2x větší počty nehod, než řidiči bílých vozidel. Vědci z university v Aucklandu, kteří vedli tuto studii nezjistili prokazatelný a vědecký důvod, proč stříbrná auta měla výrazně menší nehodovost. Domnívají se, že jde o kombinaci světlé barvy a vysoké odrazivosti u stříbrných nátěrů. [9]

Druhá studie zaměřená na stejnou problematiku byla provedena ve Švédsku, kde bylo zkoumáno 31 000 vozů v běžném provozu. Výsledek ukázal, stejně jako u studie na Novém Zélandu, že černá auta jsou považována za riskantní. Celkově bylo spočítáno, že 22,5% vozů, které měly nehodu ve zkoumaném období, měly černou barvu. Poměr zastoupení této barvy v množině vozů byl však pouze 4,4%. Tato čísla znamenají, že černá auta jezdící ve Švédsku, jsou pětikrát více náchylná na výskyt v dopravní nehodě. Z této studie také vyplynula informace, že nejbezpečnější barva automobilu je růžová. [10]

Další Studie ze Spojených Států Amerických ukázala, že barvy červená, bílá a modrá jsou správným řešením z hlediska bezpečnosti. Na firemních vozidlech pošty Spojených Států Amerických, které mají červenou, bílou, modrou a tmavě zelenou barvu byl spočítán následující údaj. Červená, modrá a bílá vozidla byla téměř o třetinu méně zúčastněny v dopravních nehodách, než vozidla tmavě zelená. Tento rozdíl činil přesně 27%. [10]

Dalším názorem, ke kterému na základě studií společnost Daimler-Benz je, že bílá barva na vozidlech je ideální. Bez použití reflexních nátěrů provedli odborníci výzkum zabývající se barevnými nátěry automobilů a jejich snadností na zpozorování. Každá zkoumaná barva byla zhodnocena na snadnost ke zpozorování procentuální hodnotou, kdy hodnota 100% představuje ideální výsledek. Z výzkumu vyplynula bílá barva jako nejvhodnější s hodnocením 86%. Naopak černá, tmavě modrá a tmavě červená s pouhými 4%. [9]

Co nám tedy všechny tyto výzkumy přinesly? Která barva je nejbezpečnější na dopravních prostředcích? Viditelnost dopravního prostředku závisí na mnoha faktorech. Viditelnost ovlivňuje například počasí, jízdní podmínky (vlastnosti povrchu, členitost terénu) a denní doba (především světelné podmínky). Obecně světlé a opaleskující barvy jsou

mnohem lepší z hlediska bezpečnosti, než barvy tmavé, jelikož světlé barvy mnohem lépe odrážejí dopadající světlo a mohou být zpozorovány ze čtyřikrát větší vzdálenosti, než barvy tmavých odstínů. Americký státní úřad pro bezpečnost definoval bílou barvu jako: "**one that is highly visible in the widest range of lighting, weather and vision conditions**" (Furness, S., 2013), v překladu by se dalo říci jako barvu, která je dobře viditelná v nejrůznějších světelných podmínkách a počasí. Tento úřad ale také poznamenal, že úskalí bílé barvy je na silnicích světlé barvy a v provozu za přímého a silného slunečního svitu, na čerstvém sněhu a v mlze.

Ukázalo se, že různé barvy způsobují odlišné vnímání vzdálenosti objektu. Kalifornská univerzita na základě výzkumů došla k závěru, že barva přijíždějícího vozidla ovlivní úsudek pozorovatele, jak je dané auto daleko. Modrá a žlutá vzdálenosti jedoucího auta nejvíce zkracují a na druhé straně odstíny šedé usuzovanou vzdálenost nejvíce prodlužují. Zajímavostí se ukázal i fakt, že červená a žlutá auta byla v Kalifornii nejvíce přistižena při překračování rychlosti.

Z uvedených studií vyplývají zajímavé informace týkající se barevnosti, nehodovosti, oblíbenosti a různých vlastností automobilů, pro představu:

- Australané preferují bílá auta. Jedením z hlavních důvodů tohoto výběru je teplé klima. Bílá barva, jak známo, odráží sluneční svit lépe než barvy tmavé.
- Stříbrná auta nejvíce „maskují“ nečistoty a jsou velmi populární v Německu.
- Metalické barvy jsou více reflektující a snadněji zpozorovatelné, avšak jejich cena je z pravidla vyšší, a to z důvodů následných oprav a dodržení daného odstínu.
- Černá auta jsou málo populární v oblastech subtropických a tropických.
- Bílá vozidla jsou často vybírána do firemních flotil a obecně jsou považována za reprezentativní a bezpečná.

Možná zásadní novinkou je módní barva zvaná „Harlequin“, která je schopna měnit barvu v závislosti na dopadajícím světle a úhlu ze kterého na ni koukáme. Cena této barvy se však v současnosti pohybuje v astronomických částkách přes \$1200 na jeden litr barvy (cena na Americkém trhu). [9]

Všechny tyto poznatky o vnímání barev a výsledky nejrůznějších studií budou zohledněny v konečném analyzování zpracovaných dat o nehodovosti tramvají. Na základě těchto zjištění bude vyvozené co možná nejobjektivnější zhodnocení výsledků srovnání dat o nehodovosti tramvají (viz kapitola 8.) a závěr práce.

6 Reflexní a fluorescenční materiály

6.1 Reflexní materiály

Reflexní prvky jsou materiály s vysokou odrazivostí světla ve směru právě opačném ke zdroji dopadajícího světla. Vektor dopadajícího světla je rovnoběžný s vektorem odraženého světla, má však opačný směr.

Existují různé typy reflexních prvků, které jsou používány, nebo by mohly být použity v dopravě. Nejčastěji se u dopravních prostředků jedná o speciální reflexní samolepky, které pracují na různých principech. [11]

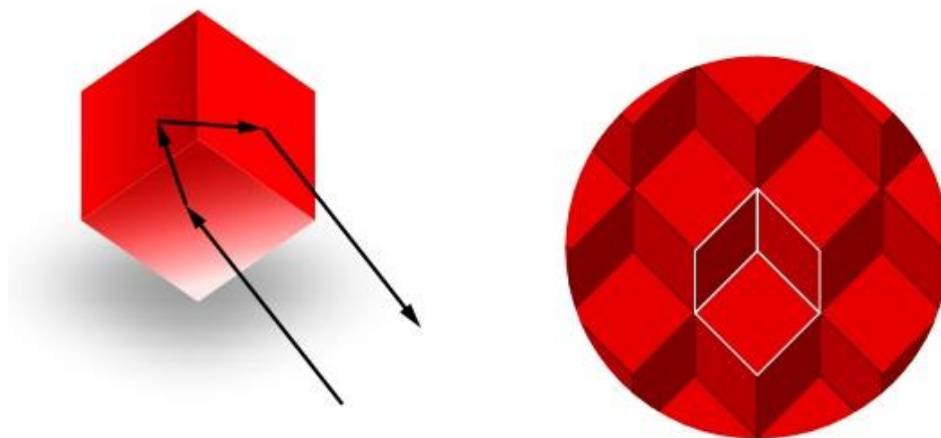
Průmyslově se vyrábí dva základní typy reflektujících materiálů,

6.1.1 Koutové reflektory

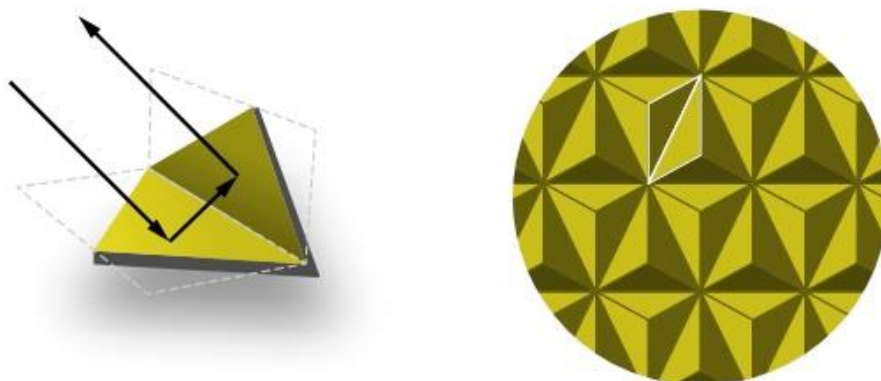
Tyto reflexní materiály pracují na principu tří vzájemně kolmých ploch, které odráží dopadající paprsek světla, jedná se v zásadě o roh krychle. Valná většina těchto odrazivých prvků se používá jako pevná odrazka v dopravním značení, nebo jako povinná výbava jízdních kol. Tento princip najdeme i v zadních světlech automobilů i u jiných dopravních prostředků, jakou jsou tramvaje. Při použití koutového typu reflektoru se musí dopadající paprsek odrazit třikrát, aby je jeho směr zcela otočil. Majoritním materiálem na výrobu je plast (nejčastěji transparentní označovaný ABS), který dosahuje účinnosti až 60%. Při potřebě dosáhnout účinnosti vyšší, pak lze použít optické sklo, které má odrazivost větší a v případě postříbření vnějšího povrchu dosahuje účinnosti až 80%. [11]

Koutové reflektující materiály mají dvě možná uspořádání odrazových ploch. První z nich je do tvaru čtverce, potom mluvíme o čtvercovém uspořádání ploch. Druhé je uspořádání do trojúhelníku, pak hovoříme o trojúhelníkovém uspořádání odrazných ploch. Právě trojúhelníkový princip uspořádání poskytuje nižší profil celkové struktury, ovšem jeho nevýhoda je skryta v určitém mrtvém úhlu, kdy prvek není schopen odrazu světla ve směru k jeho zdroji. V případě trojúhelníkového uspořádání platí dva odrazy paprsku do úplného otočení paprsku ke zdroji světla. [11]

Grafické znázornění jednotlivých typů odrazivých materiálů:



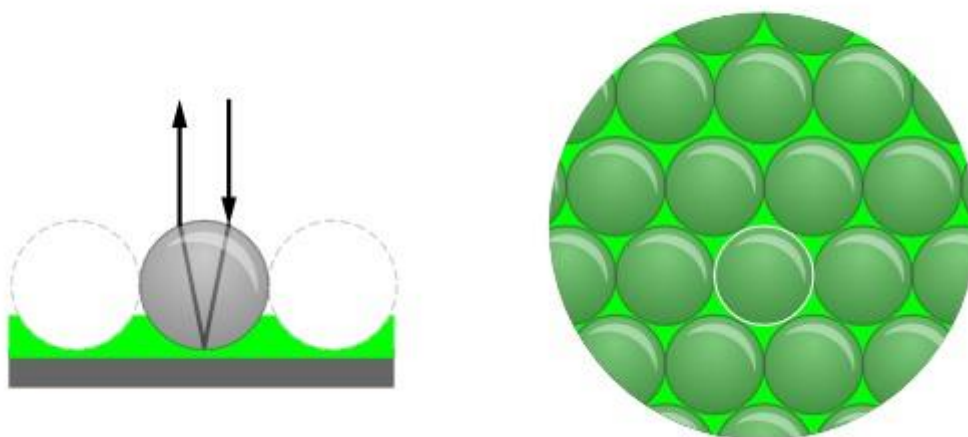
Obrázek 15 Koutový odrazivý materiál se třemi body odrazu [11]



Obrázek 16 Koutový odrazivý materiál se dvěma body odrazu [11]

6.1.2 Kuličkové reflektory

Druhý typ reflexních materiálů funguje díky tenké vrstvě mikroskopických kuliček nalepených na základní vrstvě celého odrazivého prvku. Princip odrazu světla funguje tak, že zadní strana nalepených kuliček je pokryta odrazivým nátěrem a paprsek po dvojitě odrazu na rozhraní vzduch/kulička míří zpět ke zdroji světla. Tento efekt lze vypočítat i v přírodě, kdy některým živočichům prochází světlo na zadní stranu oka a tam se odráží zpět, pak to působí, že ono oko svítí.

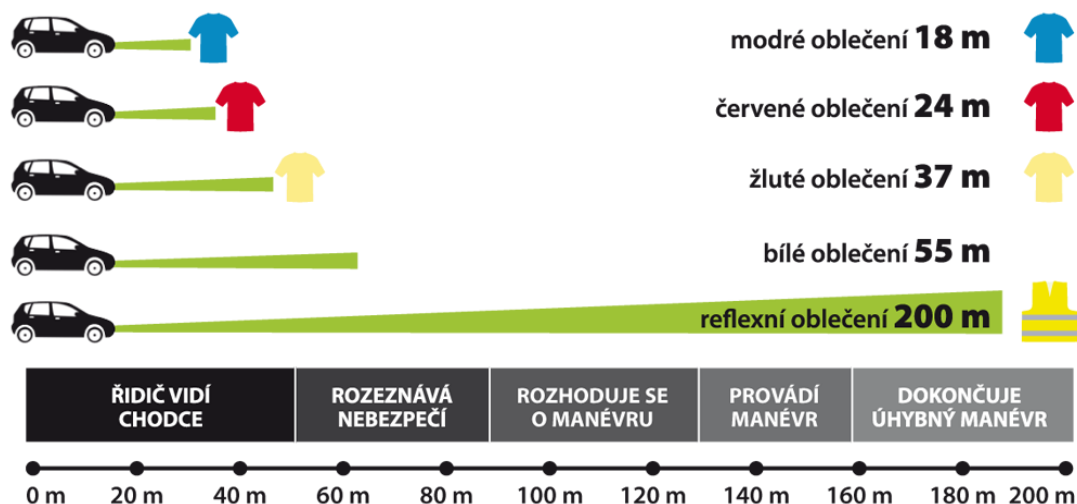


Obrázek 17 Kuličkový odrazivý materiál [11]

Tento principiální typ má velkou výhodu v širokém pásmu použití. Tyto reflexní materiály mohou být připevněny i na pružné materiály a látky.

Reflexní prvky jsou schopny odrazit dopadající světelný kužel zpět, až na vzdálenost 200 metrů, tento fakt je demonstrován na obrázku níže. [11]

Srovnání, jak rychle řidič zaznamená různé barvy a reflexní materiál, za snížené viditelnosti (za tmy).



Obrázek 18 Vzdálenosti nutné ke zpozorování různých barev v porovnání s reflexním materiálem za tmy 0

Ukázka použití reflexních samolepek na školním autobusu ve Spojených státech. Samolepky z reflektujícího materiálu jsou vyrobeny na principu kuličkového odrazu.



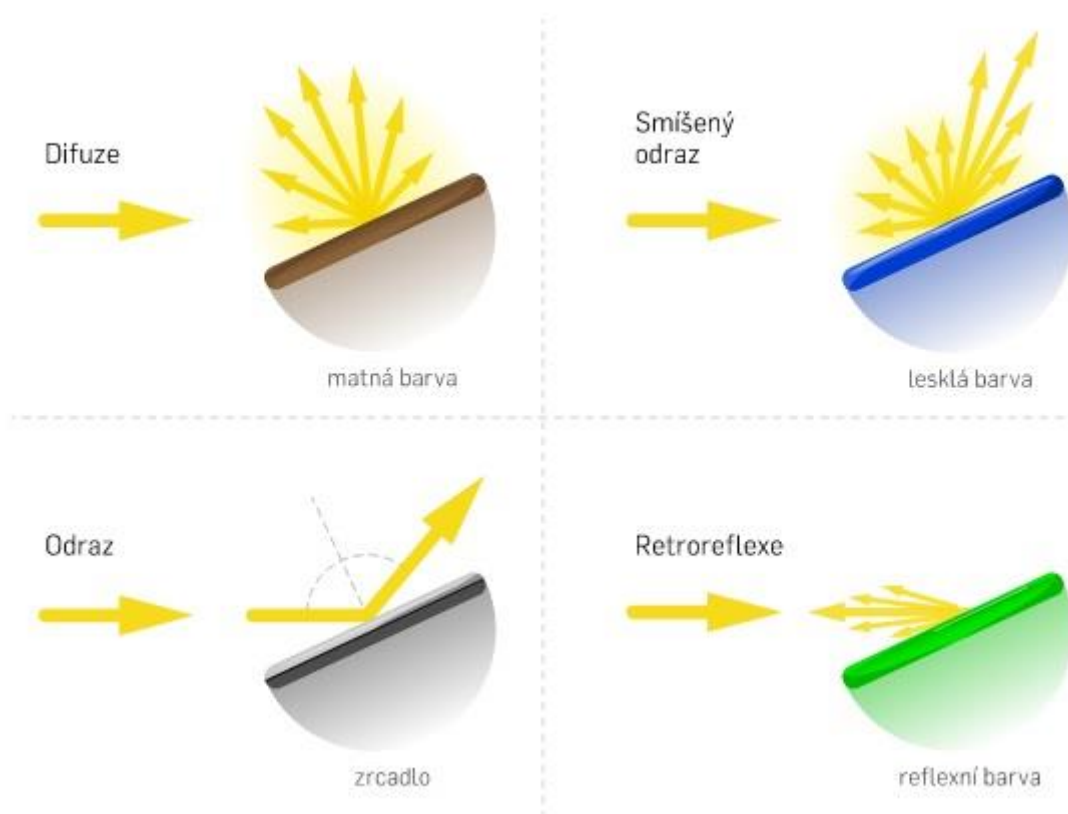
Obrázek 19 Reflexní samolepky na karoserii autobusu [29]

6.2 Fluorescenční materiály

Fluorescenční barvy pohlcují elektromagnetické záření o určité vlnové délce a energii, pak odráží vlny s menší energií, ale s delší vlnovou délkou. Tento jev se pak lidskému oku zdá, jako když daná plocha svítí. Běžně dochází k pohlcování neviditelného UV záření a odražení záření ve viditelném spektru.

Tyto materiály ovšem ztrácejí svoji užitečnost ve tmě, proto by měly být a často jsou kombinovány s materiály reflexními.

Fluorescenční technologie je často využívána jako nátěr takovéto speciální barvy na dopravní značení. Při dostupnosti této technologie je ke zvážení, zdali by tento nátěr na některých částech vozů hromadné dopravy měl pozitivní vliv na nehodovost těchto vozidel. [11]



Obrázek 20 Odraz záření od různých povrchů [11]

7 Porovnání výsledků u různých dopravních podniků

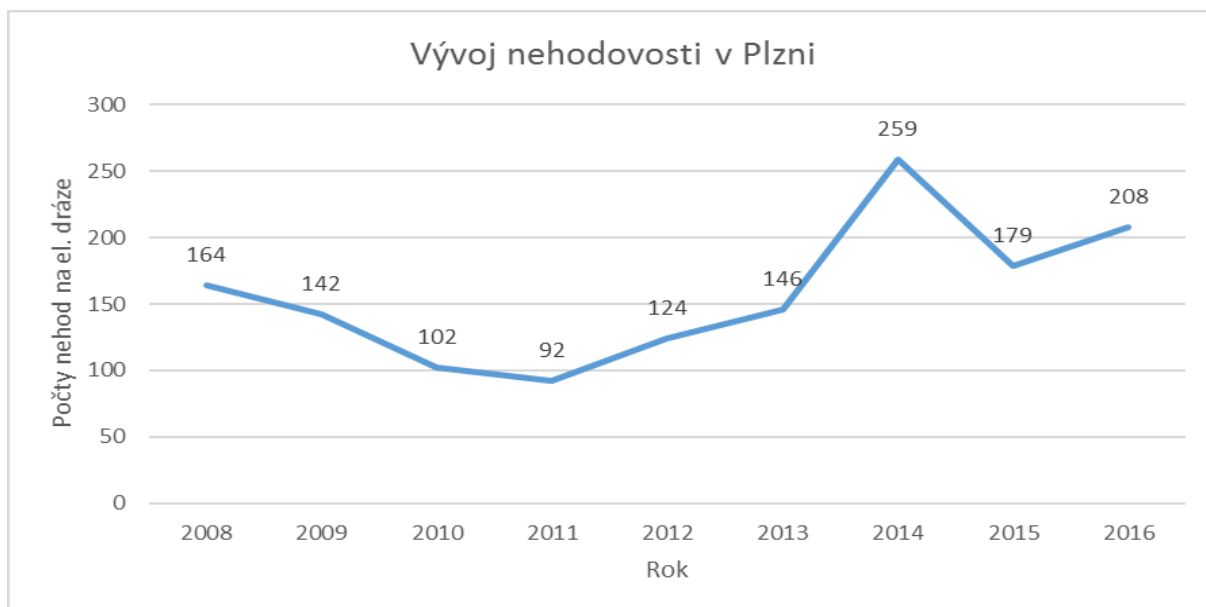
7.1 Nasbíraná data

Data týkající se nehodovostí na elektrických drahách byla poskytnuta od dopravních podniků. Pro účely porovnání s ohledem na design a barevnost tramvaje budou stěžejní data z měst Brno, Ostrava, Plzeň, Bratislava a Olomouc, která jsou nejvíce srovnatelná z hlediska počtu linek a celkové dopravní situace. Pro další porovnání a dosažení co možná nejvíce objektivních výsledků budou nehody vztaženy k počtu ujetých kilometrů tramvajových vozů v daném roce. Pro soupravy složené z dvou vozů budou ujeté kilometry počítány pouze jednomu vozu, bude se jednat o takzvané vlakové kilometry (vlakokm), někdy uváděné jako vozové kilometry (vozokm).

Údaje poskytnuté z různých dopravních podniků byly analyzovány a prezentované výsledky unifikovány tak, aby pro každé město, dopravní podnik, byl uveden vývoj nehodovosti, vývoj ujetých kilometrů v letech a poměrná závislost nehodovosti k ujetým kilometrům. Pro přehlednost je také u každého zkoumaného města uvedena tabulka s přepočtem kolik dopravních nehod bylo v daném roce zaznamenáno na sto tisíc ujetých vlakokm.

7.2 Vývoj nehodovosti v Plzni

Nehodovost tramvají v Plzni má poměrně kolísavou tendenci, což může být pozorováno z údajů vnesených do grafu níže.

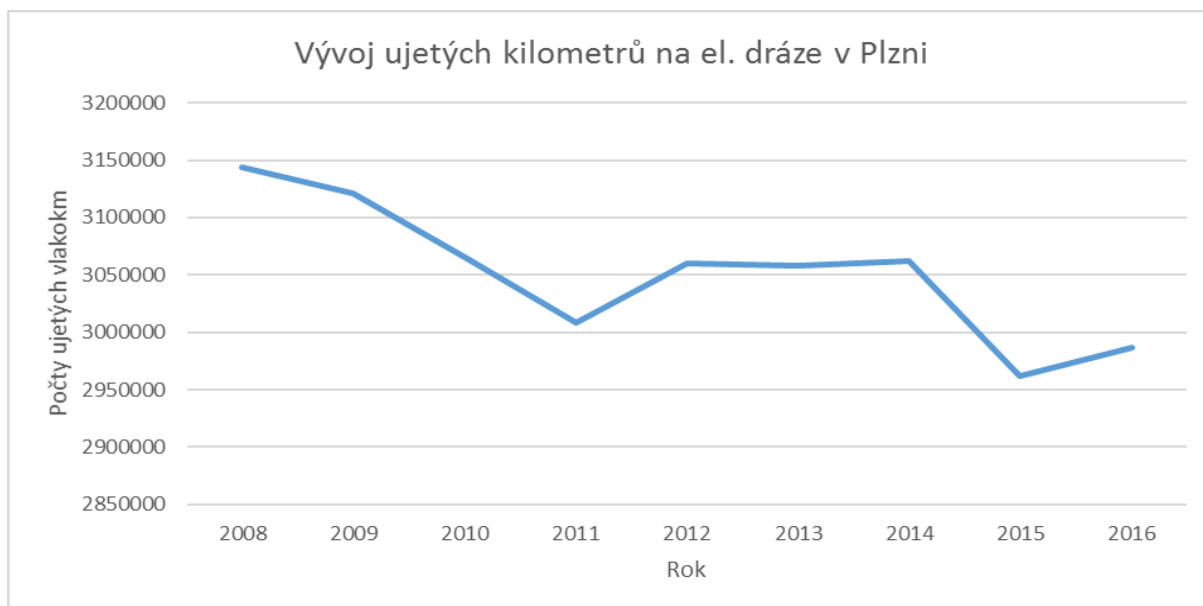


Graf 1 Počty nehod tramvajových vozidel v Plzni

Procentuální deviační rozdíl nehodovosti v letech dosahuje hodnoty 181,5%, jedná se o maximální rozptyl hodnot z let 2011 a 2014. Z tohoto čísla je možné vidět, že nehodovost v roce 2014 byla téměř třikrát větší, než nehodovost v roce 2011, i když nárůst kilometrů nedosahoval ani z daleka takového poměru.

Plzeňský městský dopravní podnik poskytl informace, jaký podíl nehod zaviní řidiči tramvají a kolik procent zbylo na ostatní řidiče. Zaviněné nehody dopravce PMDP na elektrické dráze se v průběhu uvedených osmi let pohybují od 17% z celkového počtu nehod, údaj z roku 2008, až do 28,8%, kdy tohoto podílu dosáhli řidiči v roce 2011. Přestože se podíly zaviněných nehod dopravcem zdají vysoké, majoritním viníkem nehod jsou ostatní účastníci provozu. Díky tomuto údaji dostává porovnání nehodovosti a zhodnocení vlivu barevnosti na tyto čísla smysl. Výsledek tohoto srovnání a následné doporučení může posloužit hlavně řidičům, kteří nesedí v kabině tramvaje, popřípadě jiného hromadného dopravního prostředku.

Klesající tendence ujetých kilometrů v Plzni může být pozorována v následujícím grafu č. 2. Jelikož Plzeňské městské dopravní podniky nenevidují hodnoty vlakových kilometrů, bylo od technika doporučeno podělit poskytnuté hodnoty koeficientem 1,8 k získání ujetých kilometrů na soupravu. Z údaje jasně vyplývá, že většina vypravených tramvají se skládá z více spřažených vozidel.

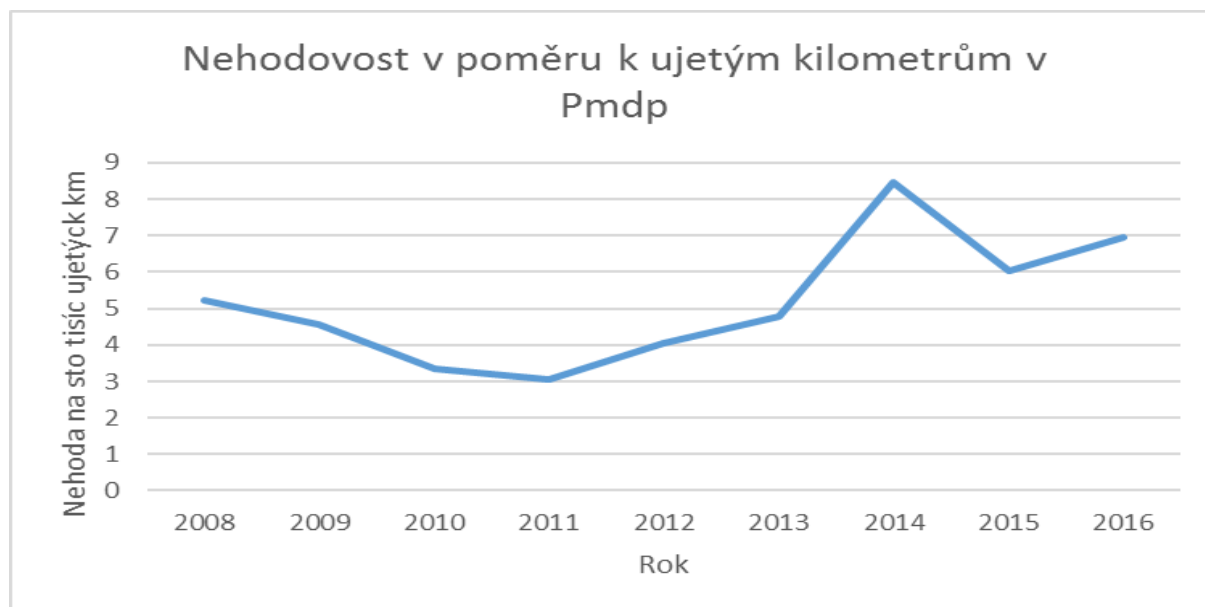


Graf 2 Ujeté vlakové kilometry tramvajemi v Plzni od roku 2008 až 2016

Jako vhodné kritérium pro srovnání výsledků z jednotlivých měst jsem zvolil počet zaznamenaných nehod v poměru ke sto tisícům ujetých kilometrů tramvají.

Tabulka 2 Počet nehod tramvají na sto tisíc ujetých vlakových kilometrů v Plzni

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nehoda na 100tis. Km	5,22	4,55	3,33	3,06	4,05	4,78	8,46	6,04	6,96

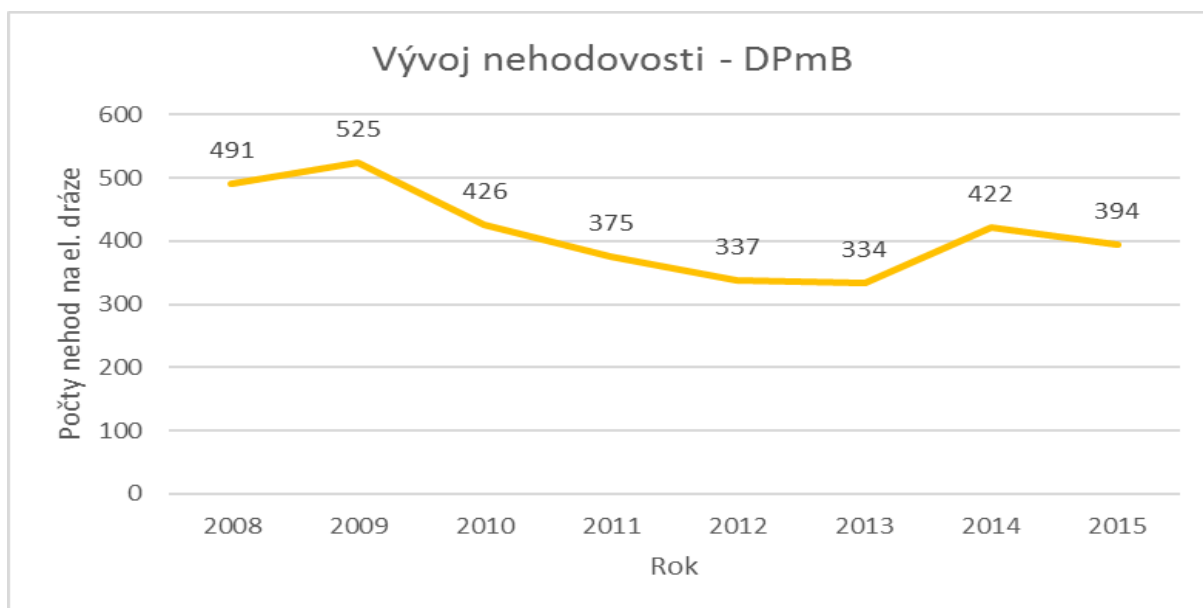


Graf 3 Poměr nehodovosti k ujetým vlakokm v Plzni

Z uvedeného grafu závislosti nehodovosti k ujetým kilometrům je patrné, že křivka téměř kopíruje křivku počtů nehod. V ideálním případě by měla být křivka klesající, nebo aspoň vyrovnaná do vodorovné polohy. Díky rostoucímu trendu by bylo vhodné přijmout nějaká opatření vedoucí ke snížení nehodovosti. V závěru práce uvedu některá doporučení.

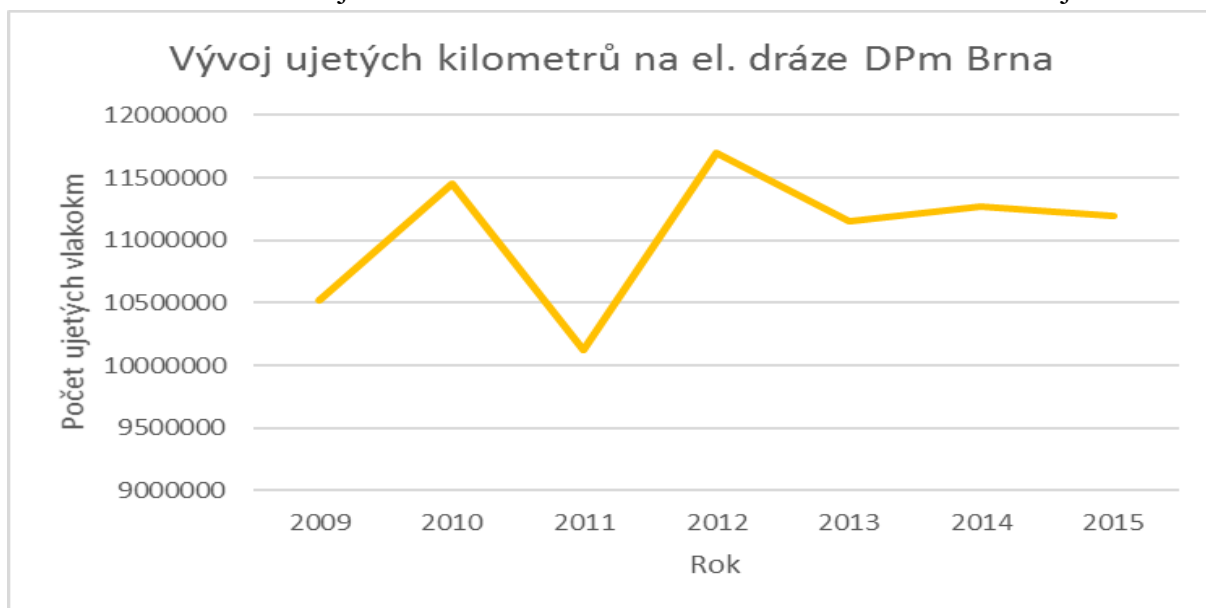
7.3 Vývoj nehodovosti v Brně

Z údajů poskytnutých Dopravním podnikem města Brna je patrné, že pozitivní trend ve snižujícím se počtu nehod trvá několik let za sebou (2009 až 2013). Výjimkou je rok 2014, kdy se tento trend obrátil a nehodovost skokově poskočila o 26%. Podíl zaviněných dopravních nehod dopravním podnikem se pohybuje od minima 14,7% v roce 2011 až do 22,1%, kdy tohoto podílu bylo dosaženo v roce 2010.



Graf 4 Počty nehod tramvajových vozidel v Brně

Procentuální deviační rozdíl nehodovosti v letech dosahuje hodnoty 57,2%, jedná se o maximální rozptyl hodnot z let 2013 a 2009. Navzdory tomu, že v roce 2013 bylo na elektrické trati najeto více kilometrů než v roce 2009, nehodovost klesla více jak o třetinu. Z vývoje nehodovosti a ujetých kilometrů v Brně je možné snadno pozorovat, že neexistuje přímá korelace mezi počtem najetých kilometrů a součtem nehod celkem na elektrické dráze.

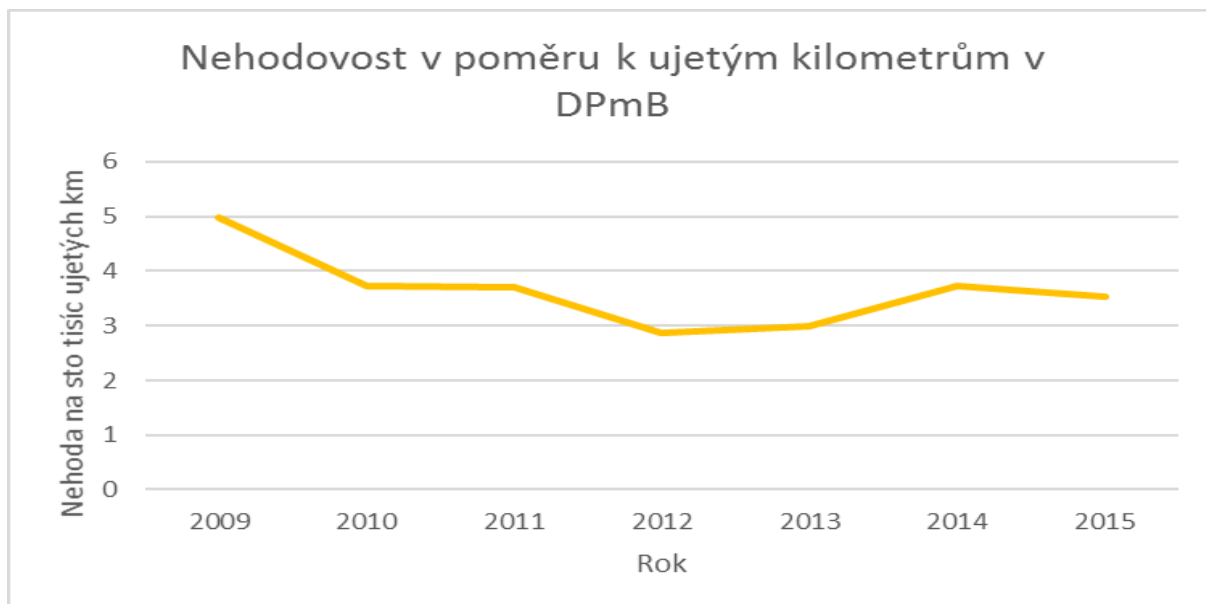


Graf 5 Ujeté vlakové kilometry tramvajemi v Brně od roku 2009 až 2015

Pro lepší porovnání nehodovostí je z výše zobrazených hodnot vypočten počet dopravních nehod s účastí tramvaje na sto tisíc kilometrů.

Tabulka 3 Počet nehod tramvajů na sto tisíc ujetých vlakových kilometrů v Brně

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nehoda na 100tis. km	4,99	3,72	3,7	2,88	2,99	3,74	3,52

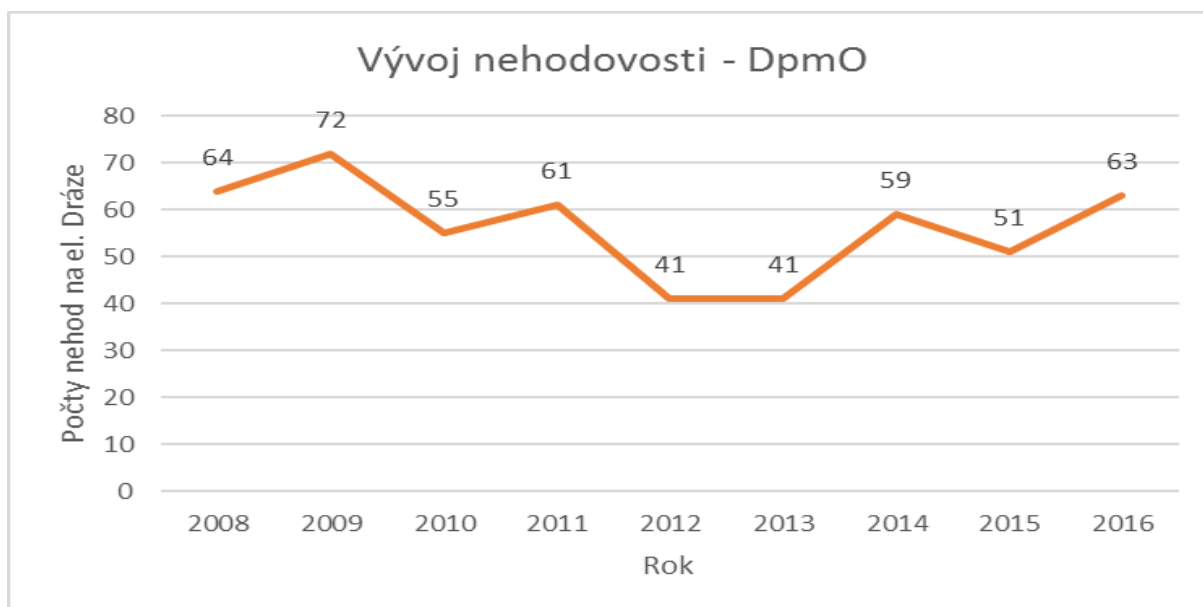


Graf 6 Poměr nehodovosti k ujetým vlakokm v Brně

Z ukazatele nehodovosti v závislosti na dopravních nehodách je zřetelně vidět, že poměr soustavně, (až na drobnou výjimku v roce 2014), klesá a tento trend lze hodnotit jako žádoucí. Avšak poměry počtu nehod na ujetých sto tisíc kilometrů jsou v celkovém porovnání spíše nadprůměrné.

7.4 Vývoj nehodovosti v Olomouci

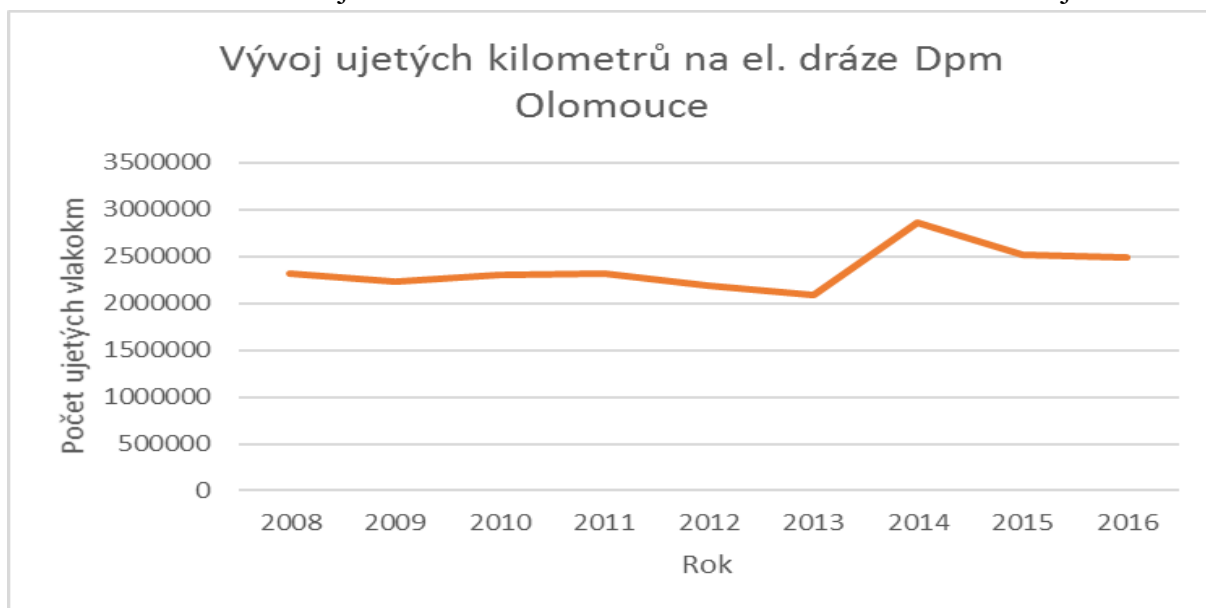
Z údajů poskytnutých dopravcem byly eliminovány nehody bez cizích stran, to znamená nehody vykolejení vozidel, vzplanutí a další druhy nehod, které nejsou relevantní pro zkoumání našeho problému barevnosti vozidla.



Graf 7 Počty nehod tramvajových vozidel v Olomouci

Procentuální deviační rozdíl nehodovosti v letech dosahuje hodnoty 125%, jedná se o maximální rozptyl hodnot z let 2015 a 2009. Vývoj nehodovosti tramvají v Olomouci má kolísající tendenci s maximem zaznamenaných nehod v roce 2009 a minimem v letech 2012 a 2013. Tramvajová přeprava v Olomouci představuje v tomto srovnání nejmenší město s minimem ujetých kilometrů a tím odpovídající počet událostí. Rozhodující faktor pro srovnání bude vztahování počtu nehod na sto tisíc ujetých kilometrů.

Město Olomouc je, jak už bylo řečeno, nejmenším městem v porovnání s ostatními městy v této práci. Menší města s tramvajovým provozem do srovnání zahrnuta nebyla, z důvodu řídkého a přehlednějšího provozu, který kladně ovlivňuje nehodovost. Provoz v dalších městech s tramvajovými tratěmi, jako je Liberec, Jablonec nad Nisou, Litvínov a Most nejsou dobře srovnatelná s většími městy, která jsou v této práci srovnávána.



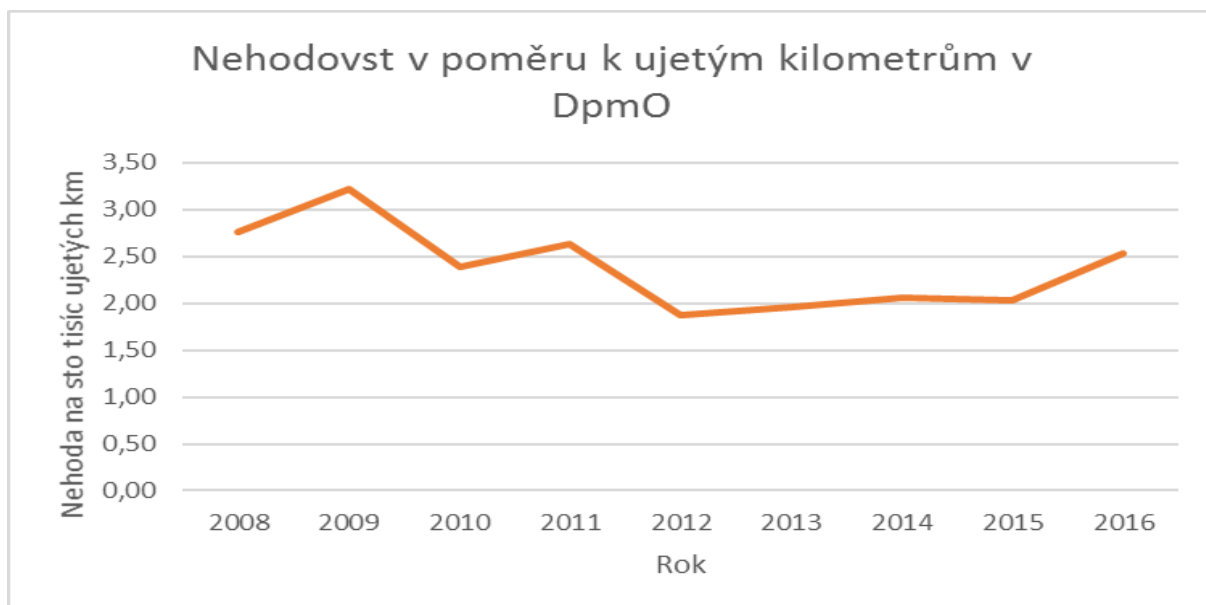
Graf 8 Ujeté vlakové kilometry tramvajemi v Olomouci od roku 2008 až 2016

Vývoj nehodovosti v Olomouci má i přes lehce vrůstající počty najetých kilometrů klesající trend, což je bezesporu cílem každého přepravce.

Poměr mezi najetými kilometry a nehodami v daném roce je viditelný i v následující tabulce.

Tabulka 4 Počet nehod tramvajů na sto tisíc ujetých vlakových kilometrů v Olomouci

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
nehoda na 100tis. Km	2,77	3,23	2,39	2,63	1,87	1,97	2,06	2,02	2,53



Graf 9 Poměr nehodovosti k ujetým vlakokm v Olomouci

I v Olomouci, stejně jako v Brně, je poměr mezi ujetými kilometry a udávanými nehodami v zásadě klesající.

7.5 Vývoj nehodovosti v Ostravě

Dopravní podnik Ostrava, jakožto iniciátor tématu této bakalářské práce poskytl velké množství informací ohledně této problematiky, včetně osobní konzultace. DPO zaznamenává nehody jako celek za všechny trakce provozované na území Ostravy (tramvaje, autobusy, trolejbusy). Z těchto dat není možné vyselektovat pouze údaje týkající se tramvají. Poskytnutá data neumožňují přímé porovnání s ostatními městy. V tabulce č. 4 je uvedeno obecnější porovnání s hodnotami pro všechny trakce dopravy, avšak tyto data jsou uvedeny pouze orientačně a nejsou zahrnuty do celkového porovnání.

Na druhou stranu je Dopravní podnik Ostrava jediný v republice, který se problematikou nehodovosti v závislosti na barevném provedení dopravních prostředků zabývá a má vypracovanou ministudii a srovnání s ostatními DP v ČR. Poskytnutá studie porovnává dopravní prostředky dopravních podniků jako celek, bez vynětí jednotlivých trakcí dopravy. Studie srovnává čtyři města: Olomouc, Ostravu, Plzeň a Brno v roce 2015.

Výsledky srovnání poskytnuté Dopravním Podnikem Ostrava:

Tabulka 5 Srovnání nehodovosti hromadných dopravních prostředků - studie provedená DpO

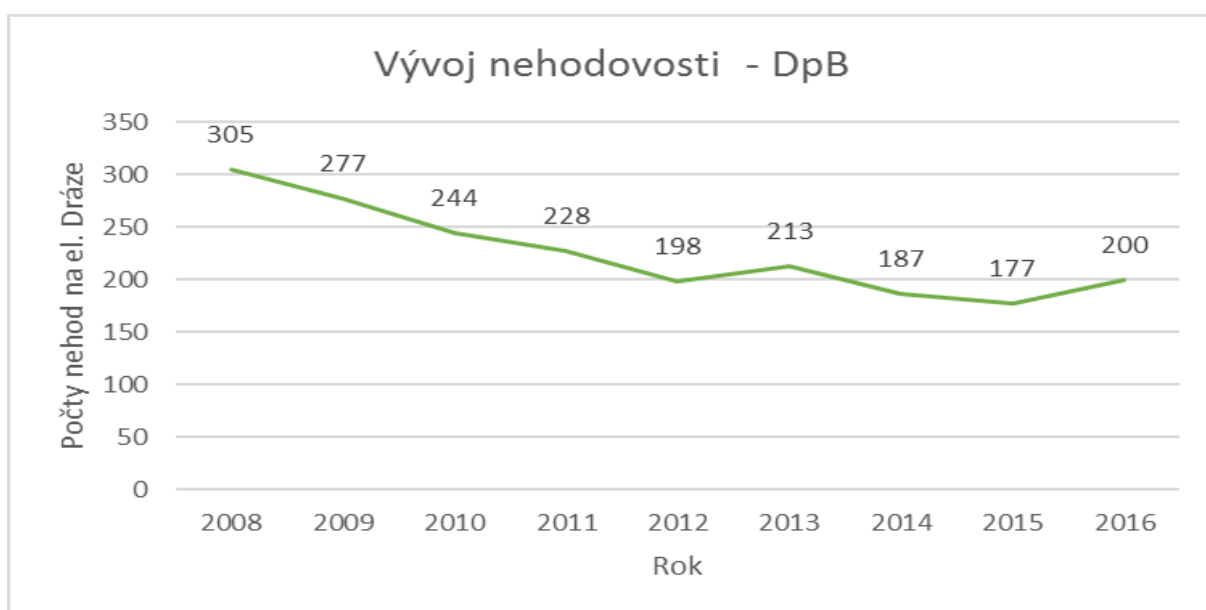
Dopravní podnik	Celkové kilometry	DN celkem	DN/ 100tis vlakokm
DPO	28 719 990	474	1,65
DPMB	34 960 465	986	2,82
PMDP	13 852 000	545	3,93
DPMO	6 196 000	134	2,16

Výsledkem srovnání, poměru dopravních nehod na sto tisíc vlakových kilometrů, ukazuje jasně nejnižší hodnotu pro dopravní prostředky v Ostravě. Je třeba brát tento údaj brát pouze jako orientační, jelikož je to údaj za všechny trakce poskytované dopravy dopravním podnikem.

7.6 Vývoj nehodovosti v Bratislavě

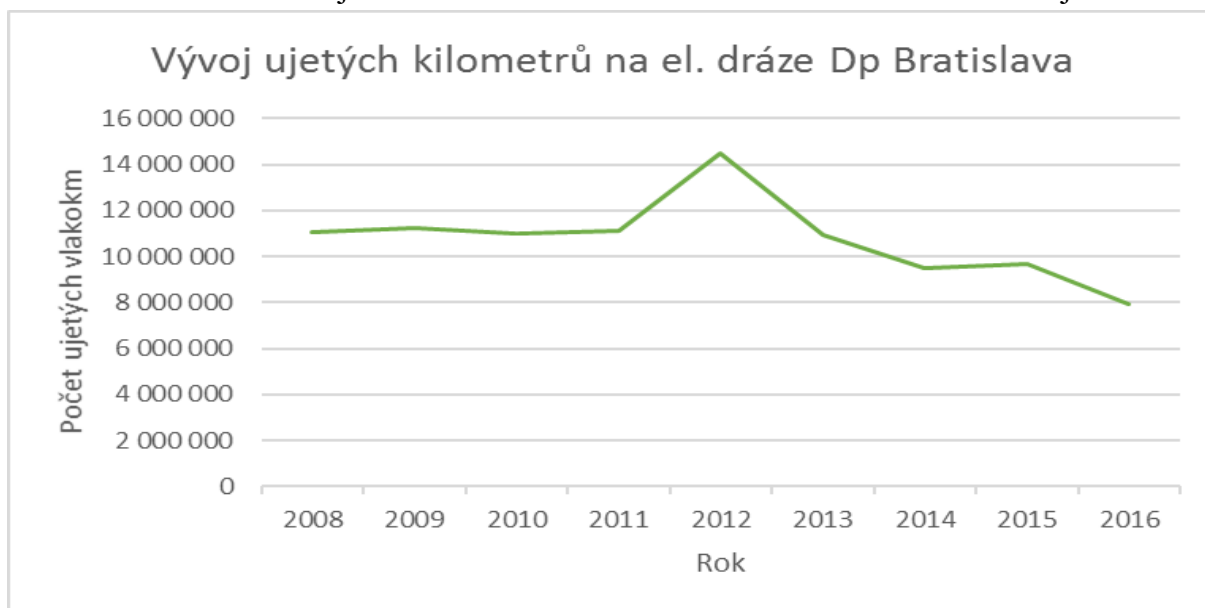
Jako u českých měst Olomouc a Brno i v Bratislavě zaznamenávají snížení celkového počtu nehod na elektrické dráze. Procentuální deviační rozdíl nehodovosti v letech dosahuje hodnoty 42%, jedná se o maximální rozptyl hodnot z let 2015 a 2008. Rozhodujícím ukazatelem bude ovšem poměr nehodovosti k počtu ujetých vlakokm.

V Bratislavě v současné době funguje jedenáct tramvajových linek, na kterých tramvajové vozy najedou ročně asi 8 – 10mil kilometrů.



Graf 10 Počty nehod tramvajových vozidel v Bratislavě

V průběhu posledních čtyř let můžeme pozorovat poměrně prudce se snižující nájezdy kilometrů na linkách provozovaných v Bratislavě, z 14,5 mil. ujetých vlakokm počet klesl až k necelým 8 mil. vlakokm. Jako důvod byly uvedené výluky na tratích, které se modernizují a s tím spojený omezený provoz. Dále menší provoz v nočních hodinách v porovnání s minulými roky (2008-2013).

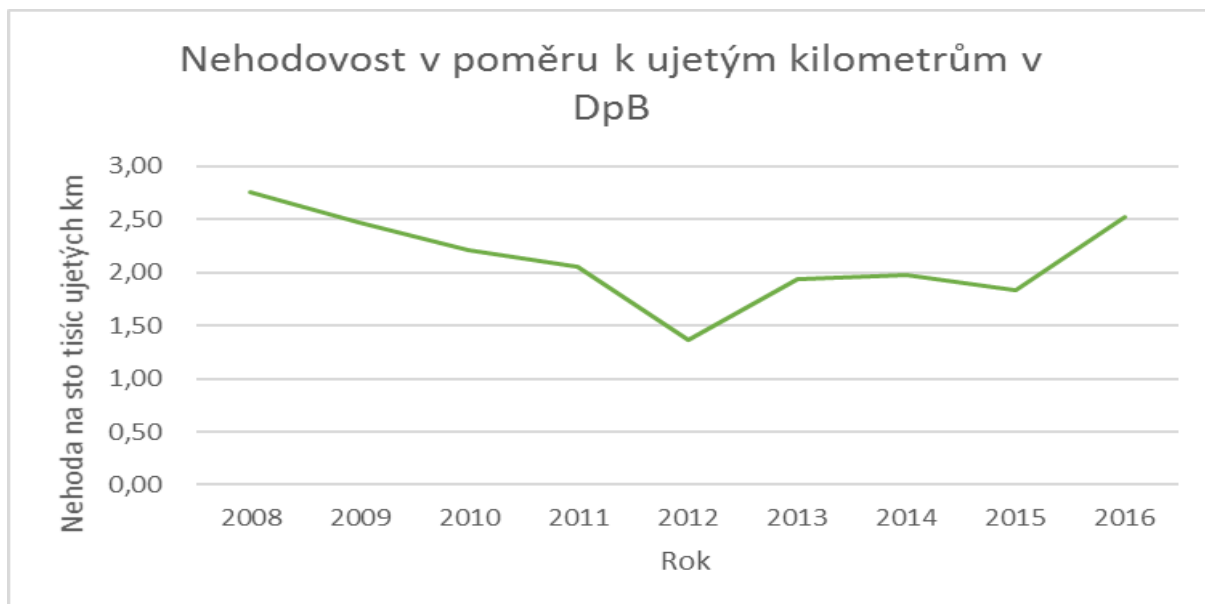


Graf 11 Ujeté vlakové kilometry tramvajemi v Bratislavě od roku 2008 až 2016

Pro lepší přehlednost je uvedena tabulka s přepočtem nastalých nehod v poměru k ujetým kilometrům tramvajových vozů.

Tabulka 6 Počet nehod tramvajů na sto tisíc ujetých vlakových kilometrů v Bratislavě

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
nehoda na 100tis. Km	2,76	2,47	2,21	2,06	1,37	1,94	1,97	1,83	2,50



Graf 12 Poměr nehodovosti k ujetým vlakokm v Bratislavě

Z poměru nehod k ujetým kilometrům je zřejmé, že je trend nehodnosti v posledních letech opačný a četnost nehod stoupá.

8 Náklady na změnu barevného provedení

Dopravním podnikem Ostrava byly poskytnuty informace o finanční náročnosti na změnu barevného provedení na dvou nejvíce rozšířených typech tramvají v České Republice.

Lze předpokládat, že výše ceny na přelakování tramvajových vozů by se lišily minimálně v různých městech republiky a je možné je brát jako ceny obvyklé a plošné.

Tabulka 7 Přehled cen za změnu barevného designu u běžných tram. vozidel v ČR

Tramvaj T3

Materiál	cca 88 000,-Kč bez DPH
Práce	cca 25 000,-Kč bez DPH
Celkem	cca 113 000,-Kč bez DPH

Tramvaj KT8

Materiál	cca 200 000,-Kč bez DPH
Práce	cca 50 000,-Kč bez DPH
Celkem	cca 250 000,-Kč bez DPH

9 Zhodnocení výsledků

9.1 Porovnání hodnot mezi jednotlivými městy 2014

Porovnání hodnot z roku 2014 mezi dopravními podniky měst Olomouc, Plzeň, Brno a Bratislava. V uvedené tabulce níže jsou hodnoty už vybrány pouze pro tramvajová vozidla.

Tabulka 8 Srovnání nehodovosti tramvají v roce 2014

Dopravní podnik	Celkové kilometry	DN celkem	DN/ 100tis vlakokm
DPO	2864124	59	2,06
DPMB	11 271 370	422	3,74
PMDP	5 512 780	259	8,46
DPB	9 472 000	187	1,97

Z vypovídajícího podílu dopravních nehod ke sto tisícům ujetých vlakových kilometrů je patrné, že dopravní podnik v Bratislavě dosáhl nejnižší nehodovosti v roce 2014. Z tohoto porovnání by vyplývalo, že barevné provedení, kdy je celá tramvaj tmavě červená v kombinaci s tramvajemi s červeným horizontálním pruhem v kombinaci s bílou barvou, je nejvhodnější. Pro další upřesnění jsem porovnal hodnoty z roku 2015, zdali bude výsledek shodný.

9.2 Porovnání hodnot mezi jednotlivými městy 2015

Jedná se o stejné podmínky porovnávání jako v roce 2014.

Tabulka 9 Srovnání nehodovosti tramvají v roce 2015

Dopravní podnik	Celkové kilometry	DN celkem	DN/ 100tis vlakokm
DPO	2518730	51	2,02
DPMB	11193256	394	3,52
PMDP	5 330 814	179	6,04
DPB	9 648 000	177	1,83

V roce 2015 nedošlo ke změně a opět má nejmenší nehodovost v poměru k ujetým kilometrům dopravní podnik v Bratislavě.

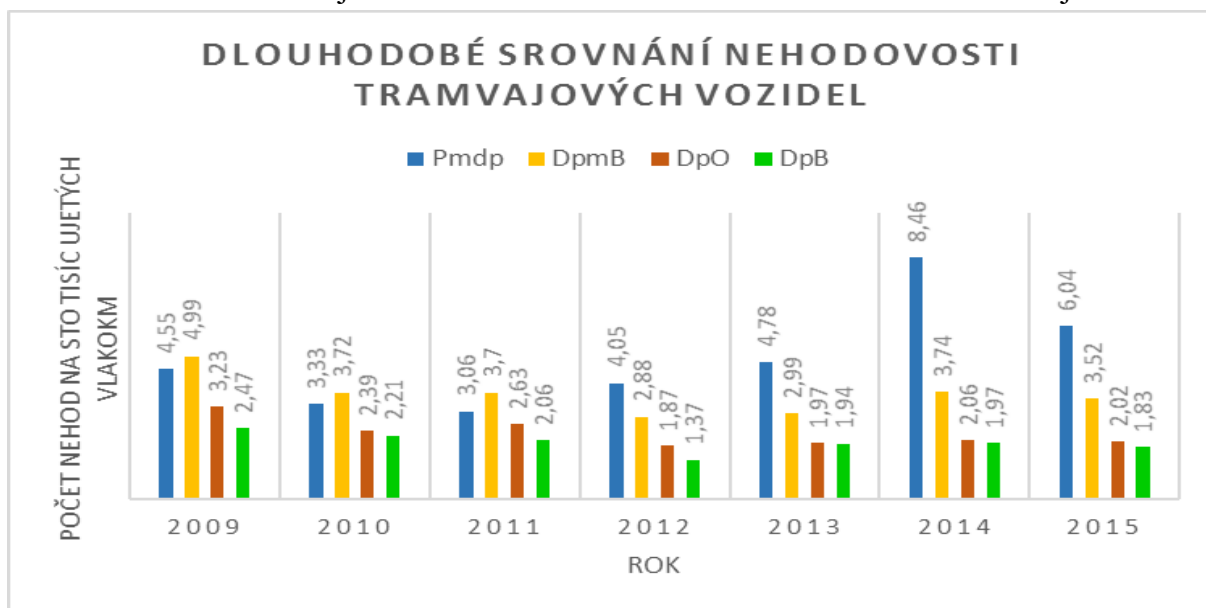
9.3 Dlouhodobé porovnání nehodovostí na elektrické dráze

V následující tabulce je možné sledovat dlouhodobou nehodovost v konkrétních městech České Republiky. Pozorovaná čísla jsou údaje o nehodách vztažené k počtu najetých kilometrů, tedy kolik nehod se stalo v daném roce a městě na sto tisíc ujetých kilometrů.

Tabulka 10 Dlouhodobé srovnání nehodovosti tramvají

Rok/ DP	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PMDP	4,55	3,33	3,06	4,05	4,78	8,46	6,04
DPMB	4,99	3,72	3,7	2,88	2,99	3,74	3,52
DPO	3,23	2,39	2,63	1,87	1,97	2,06	2,02
DPB	2,47	2,21	2,06	1,37	1,94	1,97	1,83

Z tabulky č. 9 je patrné, že v dlouhodobém srovnání zaznamenává tramvajová doprava v Bratislavě nejmenší nehodovost v poměru k ujetým kilometrům. Rozdíl je pak oproti dopravnímu podniku v Plzni citelný, v roce 2014 více jak čtyřnásobný. Pro lepší názornost jsou stejná data z tabulky č. Tabulka 10 převedena do grafu č. Graf 13.



Graf 13 Dlouhodobé srovnání nehodovosti tramvajových vozidel

Z grafu je lépe patrný markantní rozdíl počtu nehod na sto tisíc ujetých vlakových kilometrů mezi městy Bratislava a Plzeň. Tramvaje v Olomouci zaznamenaly druhou nejmenší nehodovost v porovnání s ostatními městy.

10 Zhodnocení výsledků a doporučení k vylepšení designu tramvajových vozidel

Jedna z možných definic uvádí: „Dopravní nehoda je nepředvídaná kolize jednoho nebo více dopravních prostředků, při níž dojde ke hmotné škodě nebo ke zranění.“ (KOVANDA, J., 1996). Jedná se o nahodilý a nepředpověditelný jev. Z výše uvedených čísel je patrné, že počet nehod, v každém ze zkoumaných dopravních podniků, kolísají v letech a ne příliš závisle na ujetých kilometrech. Problematika barevnosti a následné nehodovosti k ní spojené je složitý proces, který závisí na mnoha aspektech, které byly zanalyzovány v této práci. V zásadě by se výsledek analýzy dal rozdělit do dvou základních kategorií:

10.1 Vnímání barevnosti tramvajového vozidla v ideálních podmínkách:

V případě, že bychom žili v ideálním světě, kde bychom měli stoprocentní viditelnost v každou denní dobu a objekty, tedy pro nás tramvaje, by se pohybovaly před nevýrazným šedým pozadím, pak by se dalo říci, že ideální barva nátěru by měla být žlutozelená. Tedy tak žlutozelená, aby odrážela dopadající světlo (elektromagnetické vlnění) s vlnovou délkou 555nm. Přesně tato vlnová délka a následně barva, která je v tomto spektru rozpoznávána byla vyhodnocena jako nejvíce intenzivní pro lidské oko.

Jelikož je známo, že světelné podmínky a celkově viditelnost se mění v průběhu denní doby je nutno zkoumat tento problém více komplexněji. Toto komplexnější řešení jsem přiřadil do druhého rozdělovacího kritéria.

10.2 Vnímání barevnosti tramvajového vozidla v reálných podmínkách:

Jak už bylo uvedeno, reálné podmínky by též mohly být označovány jako podmínky proměnné. V případě rozhodnutí, že ideální barva je žlutozelená, pak by toto nemohlo platit, pokud by se tramvajové vozidlo ocitlo na pozadí shodné barvy. Tento scénář je velice pravděpodobný, jelikož konečné stanice jednotlivých linek končí na okrajích měst a předměstích. Zde nastane situace, že se tramvaj bude pohybovat v zalesněné, nebo travnaté oblasti. V tomto případě by mohlo dojít k tomu, že nátěr vozu bude shodný s barvou okolí a bude velmi složité pro řidiče ostatních vozidel tramvajový vůz zpozorovat.

Zrakové funkce řidiče dopravního prostředku jsou velmi závislé na osvětlení prostředí a s tím spojená výkonnost řidiče rozpoznat pohybuující se objekty kolem něho. Kvalitu osvětlení prostředí bych rozdělil do tří kategorií:

- Jízda za světla.
- Noční jízda.
- Snížená viditelnost ve dne, například mlha, nebo hustý déšť.

Většina jízd tramvají probíhá v denních hodinách a i provoz na dopravních komunikacích zažívá svoji špičku v období, kdy je světla dostatek.

Bylo prokázáno, že žluté předměty se zdají být k pozorovateli blíže jak ve dne, tak v noci. Tento objev by se mohl zdát užitečný a chtěný, zvláště v kombinaci s faktem, že žlutozelená barva je pro pozorovatele nejvíce dráždivá, tedy nejlépe zpozorovatelná. Při pohledu na čísla nehodovostí, která byla v této práci interpretována, ale vyplývá fakt, že nejmenší nehodovost zaznamenaly vozy dopravního podniku v Bratislavě. Design těchto vozů je uvedený v první části této práce a už víme, že téměř polovina nově nakoupených vozů je celočervených a druhá polovina užívaných vozů má podélný červený pruh s kombinací bílé, až béžové barvy.

Z výše uvedeného by mohlo vyplývat, že rozhodujícím kritériem pro bezpečnost tramvají v dopravním provozu je kontrast vozidla s okolím. Tuto domněnku je možné potvrdit i z paralelní studie, která zkoumá vliv osvětlení na dopravní nehody a v níž je psáno: „Zhoršení vyvolává i nedostatečný kontrast a jas. Je to jedna z příčin zvýšené nehodovosti při nočních jízdách. Zjistilo se také, že podněty, které mají nízký kontrast (rozdíl mezi jasným objektem a jeho pozadím) jsou zpracovávány daleko pomaleji než podněty s vysokým kontrastem.“ (MALKOVSKÝ, Z., 2008)

Teorii, že vysoký kontrast vozidla s okolím zaručí větší bezpečnost z důvodu, že je řidič rychleji a snadněji schopen reagovat na pohybující se vozidla podtrhuje fakt, že design tramvají v Brně je velmi podobný designu starších vozidel v Bratislavě. Vozidla v Brně ovšem nedosahují takové bezpečnosti jako vozidla v Bratislavě, ačkoli to nejsou vozidla nejnebezpečnější s největší nehodovostí. Pokud bychom předpokládali, že vozidla v Brně a starší vozidla v Bratislavě jsou stejně náchylná k nehodě, jelikož se jejich barevný design téměř shoduje, pak bychom museli druhým dechem dodat, že nehodovost v Bratislavě velmi snižují vozidla, která jsou celá červená. Jednalo by se o možné vysvětlení, které nejde důkladně ověřit, jelikož pro toto rozhodnutí neexistují dostupná data.

Jako nejvíce nebezpečná tramvajová vozidla v tomto srovnání paradoxně vyplynula vozidla dopravního podniku v Plzni. Jejich žlutá vozidla měla největší poměr nehodovosti k najetým kilometrům v několika posledních letech za sebou. Ačkoli je obecně žlutá barva hodnocena jako bezpečná, zdá se, že nedochází ke kontrastování vozidla s okolím v městském provozu kde je mnoho zástavby zbarveno do podobné barvy.

Závěrem bych rád zmínil několik doporučení, která by mohla sloužit ke zvýšení bezpečnosti tramvajových vozidel v dopravním provozu a které přímo vyplývají z této práce:

Použití reflexních samolepících materiálů pro zvýšení bezpečnosti za snížených podmínek. Toto řešení by nemuselo znamenat vysoké náklady na úpravu designu vozů jako například celkové přebarvení, které je velmi nákladné (viz kapitola 6).

- V případě rozhodování o novém designu tramvajových vozidel volit spíše barvy, které budou hodně kontrastovat s městským okolím. Z tohoto srovnání se jako nejlepší barva ukazuje barva červená. S použitím reflexních materiálů by se eliminovala nehoda červené barvy v noci.

- Zvážení užitečnosti fluorescenčních materiálů a nátěrů založených na této technologii. Byla by potřeba provést studii o těchto nátěrech, aby nedošlo ke kontraproduktivnímu efektu a řidiči nebyli oslňováni kvůli použití této barvy na karoserii tramvajových vozidel.

11 Závěr

Cílem této práce bylo objektivně zhodnotit, zda barevné provedení, design, tramvajových vozidel ovlivňuje jejich nehodovost. Data poskytnutá jednotlivými dopravními podniky byla analyzována a s ohledem na co možná nejobektivnější interpretaci vyhodnocena. Konečný a směrodatný ukazatel pro porovnání byl zvolen poměr nehod na ujetých sto tisíc kilometrů. V tomto případě se jedná o vlakové kilometry, kdy u soupravy spřažených vozů je počítán pouze počet ujetých kilometrů jednoho vozu.

V samotném posouzení byl brán ohled na různé studie se stejným zaměřením, které byly provedeny z různých světových univerzit a na fyzikální a biologické principy vnímání barev lidmi. Samotná problematika se v průběhu tvorby práce ukázala za dosti neprobádanou. Neexistuje mnoho dostupných zdrojů na téma nehodovosti s ohledem na barevnost dopravního prostředku.

Tato práce ukázala, že nejlepší barevná kombinace pro tramvajová vozidla je taková, která nejvíce kontrastuje s okolním prostředím. S ohledem na to, že nejvíce cest vykonají tramvaje během dne a i provoz je ve dne nejhustější, ukázala se jako nejvhodnější barva červená. Červená barva, ale dle výzkumů není vhodná pro provoz za snížené viditelnosti a v noci, tudíž bylo doporučeno kombinovat tuto barvu například s reflexními prvky, které by eliminovaly jistou nevýhodu v nočním provozu.

Zdá se, že původní barevné řešení tramvají T1 až T3 (majoritní barva červená + krémová barva) z hlediska bezpečnosti obstává více než dobře a v minulosti nebylo navrženo špatně.

Téma bezpečnosti tramvajových vozidel je jistě velmi závažné, jako téma bezpečnosti ostatních druhů dopravních prostředků. Jistě by stálo za to, aby bylo na práci navázáno a následný výzkum rozšířit do větších detailů. To by znamenalo větší spolupráci s dopravními podniky, což by mohl být kámen úrazu, jelikož tyto společnosti považují zveřejňování takovýchto informací jako nekomfortní záležitost. V této práci byla všechna data zpracována s ohledem na co největší objektivitu tak, aby žádný z dopravních podniků nevyplýnul jako poškozený.

12 Reference:

KNIŽNÍ ZDROJE:

- [1] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla III*. Plzeň: ZČU-KKS, 2011.
- [2] KALINČÁK, D., GREŇČÍK, J. *Dopravné systémy*. Žilina: ŽU v Žilině, 2006.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- [3] *HISTORICKÉ TRAMVAJE.CZ*. Historie tramvajového provozu.
http://prahamhd.vhd.cz/Tramvaje/hist_tram.htm. 2006
- [4] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Statistiky.
<https://www.mdcr.cz/Statistiky?tag=ve%C5%99ejn%C3%A1%20doprava>. 2016
- [5] EHRLICH, P. Městská hromadná doprava.
http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=mestska_hromadna_dopravasite=doprava.
Praha: Vítejte na Zemi, 2017.
- [6] VIDĚNÍ.CZ *Barevné vidění*
<http://www.videni.cz/oko/29-barevne-videni>. Vidění.cz, 2017.
- [7] STRACHOTA, P. Lidský zrak, vnímání a reprezentace barev.
<http://saint-paul.fjfi.cvut.cz/base/sites/default/files/POGR/POGR1/03.barvy.pdf>.
Praha: ČVUT-FJFI, 2013
- [8] REICHL, J., VŠETIČKA, M. *Spektrální citlivost*.
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/print/491-spektralni-citlivost>. 2008
- [9] FURNESS, S. *Car colour and risk of car crash injury*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC300804>. 2003
- [10] ROBERT, A. *What's the safest colour for a motor vehicle*.
<https://web.archive.org/web/20060202094543/http://www.ltsa.govt.nz/fascinating-facts/safe-vehicle-colours.html>. 1969
- [11] BEZPEČNÉ CESTY.CZ *Reflexní a fluorescenční materiály zvyšují bezpečnost na silnicích*.
<https://www.bezpecnecesty.cz/cz/informace/chodec/reflexni-a-fluorescencni-materialy-zvysuji-bezpecnost-na-silnicich>. 2013

- [12] MALKOVSKÝ, Z. Současný stav pasivní bezpečnosti kolejových vozidel a trendy do budoucna.

http://www.railvolution.net/czechraildays/2008/seminare/kv_02.pdf. Ostrava, 2008

- [13] KOVANDA, Jan. Konstrukce automobilů: pasivní bezpečnost, Praha : ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01459-2

MONOTEMATICKÉ PUBLIKACE:

- [14] BHATTACHARYA, S. Silver cars are the safest on the road. In BRITISH MEDICAL JOURNAL. Londýn, 2003, s. 1455.

OBRÁZKY:

- [15] DĚNÍK.CZ, Tramvaj jela v okamžiku srážky rychlostí 65km/h.

http://www.denik.cz/z_domova/tramvaj-jela-v-okamziku-20110920.html. 2011

- [16] FOTODOPRAVA.COM, Pražské tramvaje.

http://www.fotodoprava.com/images_mhdpraha2/praha8511v.jpg

- [17] PRAŽSKÉ TRAMCAJE.CZ, Osobní tramvajové vozy.

http://www.prazsketramvaje.cz/obrazky/mesta/ostrava/2012/ostrava_2012-182.jpg

- [18] ŽELEZNICE600.CZ

<http://www.zeleznice600.cz/images/loga%20firem/tramvaje.jpg>

- [19] PLZENSKETRAMVAJE.CZ, Typy plzeňských tramvají.

<http://www.plzensketramvaje.cz/plzen/315-286-2p.jpg>

- [20] FOTODOPRAVA.COM, Tramvaje Brno.

http://www.fotodoprava.com/images_mhd_v6/brno1084v.jpg

- [21] PRAŽSKÉ TRAMCAJE.CZ, Osobní tramvajové vozy.

http://www.prazsketramvaje.cz/obrazky/mesta/olomouc/2013/olomouc_2013-140.jpg

- [22] TOPKY.SK

<http://img.topky.sk/big/1587121.jpg/klimatizacia-autobus-MHD.jpg>

- [23] FOTODOPRAVA.COM, Tramvaje Bratislava.

http://www.fotodoprava.com/images_mhd_slov2v/ba7727v.jpg

- [24] IMHD.SK, ČKD Tatra T3.

<https://imhd.sk/ba/popis-typu-vozidla/20/CKD-Tatra-T3>

[25] MHD140.CZ.

http://www.mhd140.cz/wp-content/gallery/35-vuz-8251/8251_.jpg

[26] TRAM.WEBZDARMA.CZ. Tramvaj KT8D5.

<http://tram.webzdarma.cz/vozidla/kt8d5.htm>

[27] EMANDPPLABS.NSCEE.EDU. Nature and propagation of light.

<http://emandpplabs.nscee.edu/cool/temporary/doors/electrospectrum/visiblelightspec>

[28] ALTIMA.CZ .

<https://www.altima.cz/UserFiles/Image/tabulka.png>

[29] MULTIMEDIA.3M.COM. Vehicle marking.

<http://multimedia.3m.com/mws/media/51172P/vehicle-marking-conspicuity-school-bus-02.jpg>