VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ANALÝZA SOUSTAVY FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH BEZPEČNOU PODÉLNOU VZDÁLENOST MEZI VOZIDLY

ANALYSIS OF SET OF FACTORS AFFECTING SAFE LONGITUDINAL DISTANCE BETWEEN VEHICLES

DIZERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE — **Ing. et Ing. Lukáš Zemánek**
AUTHOR

ŠKOLITEL — **doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání dizertační práce

Student:	**Ing. et Ing. Lukáš Zemánek**
Studijní program:	Soudní inženýrství
Studijní obor:	Soudní inženýrství
Vedoucí práce:	**doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.**
Akademický rok:	2016/17
Ústav/odbor:	Ústav soudního inženýrství

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

Analýza soustavy faktorů ovlivňujících bezpečnou podélnou vzdálenost mezi vozidly

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Motivací k tomuto tématu jsou dopravní nehody způsobené nedodržením bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem. Jedná se o nehody, při nichž jel řidič za vpředu jedoucím vozidlem v takové vzdálenosti, kdy při náhlém brzdění vozidla vpředu tento řidič nestačil bezpečně zpomalit či zastavit, aby nedošlo ke střetu s vozidlem. V současné době není v českém zákoně o silničním provozu č. 361/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, konkrétně definována bezpečná vzdálenost.

Cíle dizertační práce:

Cílem dizertační práce je analyzovat faktory, které ovlivňují bezpečnou podélnou vzdálenost mezi vozidly, dále mj. zákonná opatření týkající se bezpečné podélné vzdálenosti v okolních zemích a navrhnout doporučení pro úpravu v příslušných právních předpisech České republiky s cílem napomoci zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Seznam literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9.

REIF, K. Automobileelektronik: Eine Einführung für Ingenieure. Berlin: AZ Druck und Datentechnik, 2012. ISBN 978-3-8348-1498-2.

Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?kam=zakon&c=361/2000.

Termín odevzdání dizertační práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 22. 6. 2017

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt finálního díla

Tato dizertační práce pojednává o problematice bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly. Obsahuje rozbor soustavy faktorů ovlivňujících bezpečný odstup mezi vozidly a zabývá se výzkumem vlivu řady z těchto faktorů na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly. V souvislosti s těmito faktory se tato práce zabývá řešením této problematiky v okolních zemích prostřednictvím zákonných opatření, dále statistickou analýzou dopravní nehodovosti v České republice z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti, také problematikou asistenčních systémů operujících v této oblasti a následně jsou na základě zjištěných poznatků doporučeny návrhy opatření pro zvyšování bezpečnosti v této oblasti silniční dopravy.

Klíčová slova: Bezpečná vzdálenost; dopravní nehoda; chování řidiče

Abstract of final work

The doctoral thesis deals with problems of a safe longitudinal distance between vehicles. It includes an analysis of a set of factors influencing the safe distance between vehicles and is concerned with a research of effect of many of these factors on observance of the safe longitudinal distance between vehicles. In connection with these factors, this work deals with the solution of this issue in neighbouring countries through statutory measures, then with statistical analysis of traffic accidents in the Czech Republic caused by non-observance of the safe distance, also problems of assistance systems operating in this area, and subsequently, based on the findings, there are recommended suggestions of actions to increase safety in this area of road transport.

Keywords: Safe distance; traffic accident; driver’s behaviour

Bibliografická citace práce:

ZEMÁNEK, L. *Analýza soustavy faktorů ovlivňujících bezpečnou podélnou vzdálenost mezi vozidly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 132 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená dizertační práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 30. června 2017

Ing. et Ing. Lukáš Zemánek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Aleši Vémolovi, Ph.D., vedoucímu této dizertační práce, za jeho odborné vedení a přínosné připomínky, které pomohly zkvalitnit tuto práci. Také bych chtěl poděkovat kolegům za spolupráci při měřeních a v neposlední řadě rodině a blízkým, kteří mě podporovali při tvorbě této práce.

Obsah

1. ÚVOD 10

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 11

2.1 Vymezení problémové situace 11

2.2 Formulace problémů 12

2.3 Cíle práce 12

2.4 Charakteristika zvolených metod řešení 12

3. SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ 14

3.1 Souhrn předchozích výzkumů 14

3.2 Charakteristika bezpečné podélné vzdálenosti 26

3.3 Faktory ovlivňující bezpečnou podélnou vzdálenost a její dodržování 32

3.4 Bezpečná vzdálenost v právních předpisech ČR a jiných zemí 34

3.4.1 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech ČR 34
3.4.2 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Německa 35
3.4.3 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Rakouska 37
3.4.4 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Slovenska 37
3.4.5 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Polska 38
3.4.6 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Francie 38
3.4.7 Definice bezp. vzdálenosti v právních předpisech Velké Británie 38
3.4.8 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Itálie 38
3.4.9 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Norska 39
3.4.10 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Finska 39
3.4.11 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Švédska 39
3.4.12 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech USA 39
3.4.13 Přehled problematiky bezpečné vzdálenosti v právních předpisech jednotlivých zemí 40

3.5 Asistenční systémy vozidel ovlivňující bezpečnou vzdálenost 41

3.5.1 Adaptivní tempomat 41
3.5.2 Systém nouzového brzdění 44
3.5.3 ABS 46
3.5.4 Brzdový asistent a další 49

4. VÝZKUM V OBLASTI BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI 53

4.1 Problematika nehodovosti České republiky 53

4.1.1 Počet dopravních nehod 53
4.1.2 Následky dopravních nehod 54
4.1.3 Místo vzniku dopravních nehod 55
4.1.4 Dopravní nehody způsobené nedodržením bezpečné vzdálenosti 56

4.2 Problematika nehodovosti ČR ve srovnání s jinými zeměmi 69

4.2.1 Počet usmrcených a zraněných na milion obyvatel 69
4.2.2 Počet usmrcených a zraněných na milion registrovaných vozidel 71
4.2.3 Nehody způsobené nedodržením bezp. vzdálenosti v Německu 73

4.3 Metodika měření rychlosti a vzdálenosti mezi vozidly video-kamerami 74

4.4 Měření bezpečné vzdálenosti na dálnici v ČR v odlišných povětrnostních podmínkách 78

4.4.1 Postup měření 78
4.4.2 Podzimní měření podélné vzdálenosti mezi vozidly 80
4.4.3 Zimní měření podélné vzdálenosti mezi vozidly 80
4.4.4 Srovnání měření a zjištěné poznatky 81
4.4.5 Zaznamenané kritické situace na fotografiích 83
4.4.6 Shrnutí poznatků 84
4.5 Měření dodržování bezp. vzdálenosti na dálnici v Německu 85
4.5.1 Metodika měření 85
4.5.2 Poznatky z analýzy měření na dálnicích 86
4.5.2.1 Měření podélné vzdálenosti mezi vozidly u obce Winkl 86
4.5.2.2 Měření podélné vzdálenosti mezi vozidly u obce Au A. Aign 87
4.5.3 Výsledky analýzy vzhledem k sankcím a zjištěné poznatky 89
4.6 Výzkum vlivu svislé dopravní značky na dodržování bezp. vzdálenosti u Bořitova 90
4.6.1 Vstupní parametry a metodika měření 90
4.6.2 Výsledky analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky 92
4.6.2.1 Měření rychlosti před a za dopravní značkou „Bezpečný odstup“ 92
4.6.2.2 Měření vzdálenosti mezi vozidly před a za dopravní značkou „Bezpečný odstup“ 93
4.6.3 Zaznamenané kritické situace na fotografiích 97
4.6.4 Shrnutí poznatků 98
4.7 Výzkum vlivu silniční kontroly na dodržování bezp. vzdálenosti na dálnici v Rakousku 98
4.7.1 Vstupní parametry a metodika měření 99
4.7.2 Výsledky 1. analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky 100
4.7.3 Výsledky 2. analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky 103
4.7.4 Shrnutí poznatků výzkumu 105
4.8 Výzkum vnímání vzdálenosti časové a délkové míry u řidičů 106
4.8.1 Metodika měření 106
4.8.1.1 Metodika měření odhadu vzdálenosti za vodidlem v metrech 106
4.8.1.2 Metodika měření odhadu vzdálenosti v sekundách 106
4.8.2 Poznatky z analýzy měření 107
4.9 Doporučené návrhy na změnu v právních předpisech 109
4.9.1 Délkové určení odstupu od vpředu jedoucího vozidla 109
4.9.2 Časové určení odstupu od vpředu jedoucího vozidla 110
5. ZÁVĚR 113
ZDROJE LITERATURY 115
SEZNAMY 126
Seznam grafů 126
Seznam obrázků 129
Seznam tabulek 130
Seznam vybraných zkratek a symbolů 132

1. Úvod

Dopravní nehoda je většinou přímý důsledek selhání jednoho nebo více ze základních vzájemně se ovlivňujících faktorů, mezi které patří vlastní bezpečnost vozidla, vlastní bezpečnost pozemní komunikace a jejího okolí a chování účastníků silničního provozu. Lidský faktor je nejčastější příčinou vzniku dopravní nehody, přičemž dle statistiky policie v roce 2016 mezi tři nejčastější příčiny patřily nevěnování se řízení vozidla, nesprávné otáčení nebo couvání a nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem. [81], [35]

Tato dizertační práce se zabývá analýzou soustavy faktorů ovlivňujících bezpečnou podélnou vzdálenost mezi vozidly. Zaměřuje se především na problematiku dodržování podélné bezpečné vzdálenosti za vozidlem z pohledu řidičů vozidel jedoucích v silničním provozu s cílem pomoci zabránit, resp. alespoň minimalizovat počet dopravních nehod tohoto typu.

V této práci je řešen vliv různých faktorů na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem. Je zde řešena otázka vlivu dopravních značek, právních předpisů se zaměřením na sankce, silniční kontroly apod. a v neposlední řadě otázka vnímání vzdálenosti a času řidičem vozidla.

2. Současný stav řešené problematiky

2.1 Vymezení problémové situace

V České republice se v roce 2016 dle policie stalo 8 146 dopravních nehod, jejichž příčinou vzniku bylo nedodržení podélné bezpečné vzdálenosti za vozidlem. Počet nehod vzniklých z této příčiny tvořil v roce 2016 podíl na celkovém počtu nehod zadokumentovaných policií ve výši přibližně 8 % a nehody způsobené nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem tak patří mezi jedny z nejčetnějších. [81]

Mezi možnosti, jak snížit počet dopravních nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem, mohou patřit opatření prostřednictvím novelizací příslušných právních předpisů, a to zejména v zákoně č. 361/2000 Sb. o silničním provozu, ve znění pozdějších předpisů, zahrnující konkrétnější definici pojmu „bezpečná, resp. bezpečnostní vzdálenost“ spolu se stanovením příslušných sankcí řidičům v případě porušení tohoto předpisu. Dalšími možnostmi mohou být inovace v oblasti výuky řidičů zabývající se hlouběji problematikou bezpečné vzdálenosti za vozidlem a v neposlední řadě také nárůst počtu vozidel s asistenčními systémy, a to konkrétně o adaptivní tempomat či systém nouzového brzdění. Tyto systémy mohou výrazným způsobem dopomoci mj. ke snížení nehodovosti a zvýšení bezpečnosti silničního provozu, ovšem každý asistenční systém má svá fyzikální či funkční a jiná omezení a za určitých okolností se může stát, že nefunguje dle očekávání. Odpovědnost za řízení vozidla má vždy řidič a je tedy nutné, aby se za všech okolností nespoléhal na asistenční systémy, ale v první řadě na sebe, na což je vždy výrazně upozorněno ve všech návodech k obsluze vozidla. Z tohoto důvodu je například systém nouzového brzdění (EBS) za účelem zabránění dopravní nehodě nebo omezení škody na zdraví a majetku aktivní až v posledním možném okamžiku, když řidič nereaguje na upozornění a selže. Nejen tuto vlastnost musí brát řidiči v potaz. [99], [102]

Problémovou situací je tedy příliš obecná definice bezpečné, resp. bezpečnostní vzdálenosti za vozidlem, která může mít výrazný vliv na chování řidičů jedoucích v koloně, jejichž jízda může být z pohledu vzdálenosti za vozidlem agresivnější, aniž by tito řidiči mohli být dle zákona sankcionováni i v případě, že ke kolizi nedojde. Díky tomuto nedostatku v zákoně mohou být řidiči postihnuti až v případě vzniku dopravní nehody.

2.2 Formulace problémů

Mezi dílčí problémy problémové situace, které by měly být v dizertační práci řešeny, patří následující:

1. Má vodorovné a svislé dopravní značení týkající se bezpečného odstupu za vozidlem vliv na bezpečnost silničního provozu v ČR? => Výzkum vlivu dopravního značení na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti
2. Má zákonné opatření v podobě sankcí v oblasti nedodržení bezpečné vzdálenosti vliv na bezpečnost silničního provozu? => Výzkum vlivu silniční kontroly v souvislosti s právními předpisy na dodržování podélné bezpečné vzdálenosti
3. Má změna povětrnostních podmínek vliv na řidiče z pohledu dodržování bezpečné podélné vzdálenosti? => Výzkum vlivu změny povětrnostních podmínek na chování řidičů z pohledu rychlosti a vzdálenosti za vozidlem
4. Je v případě přesnější definice bezpečné vzdálenosti v legislativě pro řidiče vhodnější definice v délkových nebo časových jednotkách? => Výzkum zákonných opatření okolních zemí včetně analýzy měření vnímání vzdálenosti a času řidičem

2.3 Cíle práce

Cílem dizertační práce je zjištění nových poznatků v oblasti bezpečné vzdálenosti za vozidlem, které by mohly napomoci zvyšování bezpečnosti silničního provozu a snižování negativních jevů silniční dopravy na zdraví a majetek osob. Mezi dílčí cíle patří:

1. Analýza vlivu dopravního značení na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti
2. Analýza vlivu silniční kontroly v souvislosti s právními předpisy na dodržování podélné bezpečné vzdálenosti
3. Analýza vlivu změny povětrnostních podmínek na chování řidičů z pohledu rychlosti a vzdálenosti za vozidlem
4. Analýza zákonných opatření okolních zemí včetně analýzy měření vnímání vzdálenosti a času řidičem

2.4 Charakteristika zvolených metod řešení

Řešením prvního problému bude mj. rešerše příslušných právních předpisů týkajících se bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem, analýza dat o dopravní nehodovosti České republiky v souvislosti s bezpečnou podélnou vzdáleností za vozidlem a jejím nedodržením. Dalším krokem bude nalézt vhodné úseky pozemních komunikací České republiky

s příslušnými dopravními značkami týkajícími se dodržování bezpečného odstupu za vozidlem. Poté zvolené úseky před a za příslušnou dopravní značkou zaměřit a po určitou dobu nepozorovaně monitorovat dopravní situaci a následně ji analyzovat. Při analýze jednotlivých snímků zaznamenávat data o vozidlech tak, aby bylo možné vozidla identifikovat za účelem spárování s daty na druhém úseku a následném porovnání získaných hodnot.

Řešením druhého problému bude mj. získání a analýza dat o dopravní nehodovosti České republiky, Německa a Rakouska v souvislosti s bezpečnou vzdáleností za vozidlem a jejím ne/dodržováním. Dále nalézt a vybrat úseky pozemní komunikace v České republice, Německu a Rakousku, vhodné pro měření délky dodržované vzdálenosti za vozidlem, tak aby bylo možné monitorovat a zaznamenávat dopravní situaci a záznam bylo možné následně analyzovat. To znamená například místa s mimoúrovňovým křížením pozemních komunikací, místa, na kterých se nachází nad měřeným úsekem most či místa s dobrým rozhledem. Před započetím videozáznamu bude nutné zaměřit vzdálenosti mezi výchozími body. Tyto zaměřené vzdálenosti a jejich hodnoty poté vložit do videozáznamu pro následnou analýzu. Aby nedocházelo k systematickému zkreslování hodnot např. vlivem výšky vozidla, v případě slunečného počasí jednotlivé vzdálenosti od příslušné části vozidla odečítat od hranice stínu vozidla. Při analýze jednotlivých snímků zaznamenávat data o vozidlech, mezi něž patří například druh jízdního pruhu jedoucího vozidla v koloně, druh vozidla, koeficient snímkování, čas přední/zadní části vozidla na začátku úseku, čas zadní části vozidla na konci úseku, délka měřeného úseku apod. Z těchto proměnných hodnot následně vypočítat průměrné rychlosti vozidel a průměrné vzdálenosti mezi vozidly na jednotlivých měřených úsecích.

Řešením třetího problému bude mj. rešerše příslušných právních předpisů Rakouska, týkajících se bezpečné podélné vzdálenosti se zaměřením na sankce za její nedodržení, Dalším krokem bude nalézt vhodné úseky pozemních komunikací Rakouska s mimoúrovňovým křížením v podobě mostů, umístěným v blízkosti za sebou. Poté zvolené úseky zaměřit a následně po určitou dobu první úsek nepozorovaně monitorovat, na druhém úseku simulovat silniční kontrolu s radarovým měřením proudu vozidel. Následně data z jednotlivých úseků měření analyzovat takovým způsobem, aby bylo možné spárovat data jednotlivých vozidel na prvním a druhém úseku měření.

Řešením čtvrtého problému bude dotazníkové šetření a zjišťování přesnosti odhadu vzdálenosti a času o různých hodnotách, přičemž budou zkoumány další možné závislosti na odhadu řidičů.

3. Současný stav poznání

3.1 Souhrn předchozích výzkumů

Výsledky výzkumů publikovaných vědeckými pracovišti z různých částí světa, které souvisí s problematikou bezpečné podélné vzdálenosti v prostředí silničního provozu, jsou shrnuty v následujícím textu.

V publikaci [10] je mj. uveden přehled reakčních dob řidičů včetně dob odezvy vozidla, který je použitelný pro analýzu dopravních nehod. Z tabulky v této literatuře uvedené je patrné, že jednotlivé složky reakční doby navazují na optický podnět získaný při pohledu řidiče ve stejném či jiném úhlu, než se nachází překážka.

Tabulka 1: Reakční doby řidičů a prodlevy brzd vozidel [10]

	Doba trvání [*s*]		
	Spodní mez (2 % řidičů)	**Průměr**	**Horní mez (98 % řidičů)**
1) Optická reakce řidiče	-	-	-
a) řidič sleduje vpředu jedoucí vozidlo	0	0	0
b) řidič sleduje jiný objekt v rozsahu do 5˚	0,32	0,48	0,55
c) řidič sleduje jiný objekt v rozsahu nad 5˚	0,41	0,61	0,70
2) Psychická reakce (rozhodování) řidiče	0,22	0,45	0,58
3) Svalová reakce řidiče	0,15	0,19	0,21
4) Prodleva brzd	0,03	0,05	0,06
5) Náběh brzdného účinku	0,07	0,15	0,49
Celková reakční doba	-		-
a) řidič sleduje vpředu jedoucí vozidlo	**0,47**	**0,84**	**1,34**
b) řidič sleduje jiný objekt v rozsahu do 5˚	**0,79**	**1,32**	**1,89**
c) řidič sleduje jiný objekt v rozsahu nad 5˚	**0,88**	**1,45**	**2,04**

Dle publikace [15] je reakční doba rozdělena na čtyři fáze. První fází je doba optické reakce řidiče od místa spatření nebezpečí do počátku oční fixace řidiče na nebezpečný objekt, která trvá 0,32 až 0,55 *s*. Následuje druhá fáze v podobě psychické reakce, kdy nastává oční fixace na nebezpečný objekt v délce 0,22 až 0,58 *s*. Třetí fáze představující svalovou reakci v podobě přesunutí nohy z plynového na brzdový pedál trvá přibližně 0,15 až 0,21 *s*. Čtvrtou fázi představuje prodleva brzd, tedy doba od kontaktu nohy s brzdovým pedálem do počátku brzdného účinku v délce 0,03 až 0,06 *s*. Celková reakční doba se dle zmíněných hodnot pohybuje v rozmezí 0,72 až 1,4 *s*, přičemž lze pro většinu řidičů uvažovat reakční dobu 0,83 *s*.

Dle literatury [53] se reakční doba skládá z optické, psychické a svalové reakce, přičemž dobu optické reakce je možné z celkové reakční doby vyloučit, pakliže řidič objekt pozoruje

a nemusí měnit úhel pohledu, aby objekt zrakem zafixoval. V případě, že řidič v kritické situaci nebezpečný objekt nepozoruje, je nutné uvažovat jeho reakční dobu jako součet doby očního zaměření objektu, rozpoznání nebezpečí, rozhodování o řešení kritické situace, která nastala, a výsledné rozhodnutí a provedení opatření. Doba reakce na rozsvícení světla trvá v rozmezí 0,7 až 0,85 *s*. Doba reakce v případě očekávané překážky v silničním provozu se pohybuje v rozmezí 1,0 až 1,15 *s*. Doba reakce v případě neočekávané překážky se pohybuje v rozmezí 1,3 až 1,5 *s*. Doba optické reakce řidiče závislá na velikosti úhlové odchylky mezi polohou cílového objektu a směru pohledu řidiče, přičemž se může pohybovat mezi 0,0 a 0,7 *s*. Doba psychické reakce se může pohybovat mezi 0,2 a 0,6 *s*. Doba svalové reakce se může kulminovat kolem 0,2 *s*. Spodní hranice celkové reakční doby řidiče může začínat na hodnotě 0,45 *s* v případě neperiferního vnímání objektu a na hodnotě 2 *s* v případě periferního vnímání objektu. Dále je ve zmíněné publikaci reakční doba řidiče rozlišena dle denní a noční doby, přičemž v denní době se může pohybovat v rozmezí 0,35 až 1,4 *s* (s 95 %-ní pravděpodobností 0,9 *s*) a v noční době v rozmezí 0,4 až 1,8 *s* (s 95 %-ní pravděpodobností 1,2 až 1,4 *s*). Na reakční dobu řidiče má vliv pohlaví řidiče (u mužů -0,1 až -0,2 *s* oproti ženám), jeho psychický stav, věk, druh dopravní situace, oslnění, únava, povětrnostní podmínky, hluk, telefonování za jízdy, alkohol a návykové látky atd.

Dle publikace [29] se v 98 % případů reakční doba řidiče pohybuje v rozmezí 1,0 až 1,1 *s*, pakliže řidič sleduje objekt a v rozmezí 1,5 až 1,6 *s*, pokud řidič musí změnit úhel pohledu na cílový objekt.

Dle odborného článku [26] po provedení výzkumu na pokročilém simulátoru řízení CARRS-Q se skupinou mladých řidičů ve věku mezi 18 a 26 lety mj. ovlivňuje reakční dobu řidiče jeho věk, druh řidičského oprávnění, druh telefonu (mobilní telefon či hands-free sada) při komunikaci a telefonní hovor samotný. Použití mobilního telefonu bez hands-free sady prodlužuje reakční dobu řidiče na vstup chodce na přechod o 41 % a v případě použití telefonu s hands-free sadou o 42 %, přičemž mezi těmito dvěma druhy telefonní komunikace nebyly zaznamenány významné rozdíly. Dále bylo mj. zjištěno, že reakční doba u začínajících řidičů jakožto dočasných držitelů řidičského oprávnění byla dvakrát delší než u zkušenějších řidičů s řidičským oprávněním bez časového omezení.

Dle odborného článku [70] je reakční doba v neočekávané situaci do okamžiku brzdění u 98 % řidičů ve věku 18 až 40 let do cca 1,8 *s* a u 92 % řidičů ve věku od 50 do 84 let do 1,5 *s*, přičemž je možné, že starší řidiči v rámci fáze psychické reakce volí instinktivněji brzdění oproti mladším, kteří se déle rozhodují mezi tím, zda se překážce vyhnout nebo před ní zastavit. Dle článku je zřejmé, že k získání přesných charakteristik chování řidičů nelze dělat zahrnovat

situace, kdy řidiči nemají potřebu rychle reagovat. Je možné předpokládat, že řidiči, kteří se soustředí na řízení, vnímají dostatečně naléhavě kritickou dopravní situaci tak, aby reagovali brzděním, mohou reagovat v průměru asi 1 *s* v neočekávaných situacích. Pakliže se přidá k řidiči rozptýlení, únava, dočasné pozorovací výpadky, stáří, neurologické choroby a drogy, dochází k pomalým reakcím a zkreslené distribuci reakčních časů i v kritických situacích.

Dle publikace [39] jsou věk řidiče a jeho zkušenosti hlavními faktory ovlivňujícími reakční dobu řidiče. V článku jsou mj. popsány analyzované výstupy měření reakčních časů řidičů ve statickém prostředí a v reálném prostředí, přičemž v reálném prostředí bylo využito reakce na brzdové světlo předního vozidla, na chodce, značky nouzového zastavení, semaforu, signálu železničního přejezdu, signálu dopravního policisty a simulovaného zvuku vážného poškození pneumatiky.

Tabulka 2: Reakční doba řidiče dle věku a zkušeností [39]

Zkušenosti s řízením	Experiment ve statickém prostředí			Experiment v reálném prostředí		
	Věk řidiče			Věk řidiče		
	18 - 30 let	31 - 45 let	46 - 60 let	18 - 30 let	31 - 45 let	46 - 60 let
0 - 5 let	0,645 *s*	0,620 *s*	0,725 *s*	0,960 *s*	0,830 *s*	0,850 *s*
5 - 10 let	0,620 *s*	0,605 *s*	0,650 *s*	0,870 *s*	0,780 *s*	0,790 *s*
10 - 25 let	0,635 *s*	0,645 *s*	0,695 *s*	0,820 *s*	0,760 *s*	0,770 *s*

V publikaci [37] byly mimo jiné scénáře zjišťovány reakční časy řidiče osobního motorového vozidla jedoucího rychlostí 40, 50 a 60 *km/h* na chodce, který náhle vstoupil zleva do jízdního pruhu vozidla ve vzdálenosti 2 *m* od krajnice 5 *m* široké vozovky a zprava ve vzdálenosti 2 *m* od krajnice v protisměrném jízdním pruhu vozidla. Experimentu se na polygonu zúčastnilo 30 řidičů ve věku 22 až 25 let, z nichž každý absolvoval nejméně 20 testů, přičemž náhlá překážka v podobě chodce se objevila před řidičem v rozmezí TTC (Time To Collision - doba do kolize) od 0,6 do 3,0 *s*. Reakční doba řidiče byla definována ve tří pojetích, a to na psychickou reakční dobu (od náhlého výskytu chodce do odstranění nohy z plynového pedálu), psychomotorickou reakční dobu (od náhlého výskytu chodce do náběhu brzdného účinku) a psychomotorická reakce na vyhýbací manévr (od náhlého výskytu chodce do počátku otáčení volantem). Dle charakteristiky jedné typické situace bylo zjištěno, že doba od výskytu náhlé překážky v podobě chodce do uvolnění plynového pedálu byla cca 0,5 *s*, doba od výskytu náhlé překážky v podobě chodce do počátku brzdného účinku cca 2,1 *s* a doba od výskytu náhlé překážky v podobě chodce do počátku vyhýbacího manévru, resp. otáčení volantem, cca 1,8 *s*. Zjištěním bylo, že reakční časy řidiče na náhlou překážku v podobě makety

chodce vstupujícího zleva do jízdního pruhu vozidla jsou delší než reakční doby u chodce náhle vstupujícího do vozovky zprava. Rozdíl byl dán úhlem pohledu na chodce, který byl o více než 5˚ větší u pohledu na chodce zleva oproti chodci, který vstoupil do vozovky zprava. Tento rozdíl je definován rozdílem velikostí reakčních dob o 0,5 *s*. Z analýzy dále vyplynulo, že řidiči jsou náchylnější k brzdění v případě výskytu náhlé překážky v podobě chodce zprava než zleva. Vyhýbací manévr v obou případech využilo 90 až 100 % testovaných řidičů. V závislosti na rychlosti 40, 50 a 60 *km/h* a vzdálenosti od překážky 10, 20 a 30 *m* se lišily reakční doby do počátku brzdného účinku a nabývaly hodnot od 0,6 do 1,5 *s*. V závislosti na rychlosti 40, 50 a 60 *km/h* a vzdálenosti od překážky 10, 20 a 30 *m* se lišily reakční doby do počátku otáčení volantem a nabývaly hodnot od 0,45 do 1,6 *s*. V závislosti na rychlosti 40, 50 a 60 *km/h* a vzdálenosti od překážky 10, 20 a 30 *m* se lišily reakční doby do počátku otáčení volantem a nabývaly hodnot od 0,45 do 1,6 *s*. Všeobecně bylo zjištěno, že reakční doba řidiče od spatření překážky do počátku brzdného účinku klesá s rostoucí rychlostí a klesající vzdáleností k překážce. Tedy čím menší je doba do kolize TTC, tím kratší je reakční doba, ovšem pokles reakční doby má své limity, kdy už řidič není schopen reagovat rychleji.

V literatuře o analýze silničních nehod se autoři článku setkali s konceptem času TTC, resp. závislostí reakčního času od času TTC, a to v publikacích týkajících se vytváření systémů, které napomáhají předcházet nehodám, například v pracích (Fröming, 2008) nebo (Hoffmann, 2008). V těchto dokumentech je využíváno TTC jako základ algoritmu pro provoz asistenčního systému, což je zdůvodněno podobností ke způsobům chování řidičů. Ke korelaci mezi TTC, asistenčními systémy a reakční dobou řidičů jsou prováděny předběžné testy chování řidiče. Podobná metoda lze nalézt v dokumentu Yang a Peng (2010). Bylo zjištěno, že řidiči z pohledu kolizního úsudku spoléhají více na TTC než na jiné proměnné jakožto vzdálenost nebo čas. Podobný jev pozoroval Zomotor ve svém výzkumu. Vzhledem k jeho výsledkům rozlišoval tři případy: slabé brzdění, průměrné brzdění a silné brzdění. Pro tyto případy poskytl průměrné hodnoty reakčních časů: 1,02, 0,67 a 0,49 sekund s tím, že je otázkou, v jaké situaci bude řidič uplatňovat slabé, průměrné nebo silné brzdění, aby řidič zabránil kolizi s překážkou. Jeví se jako pravděpodobné, že v závislosti na tom, jestli řidič odhadne úroveň nebezpečí jako malou, průměrnou nebo velkou. V článku je měřítkem úrovně nebezpečí hodnota času TTC typického pro daný test s tím, že tyto tři případy odpovídají velké, průměrné a malé hodnotě TTC v testech a potvrdilo se, že s nárůstem hodnoty TTC se zvyšují průměrné hodnoty reakčních časů.

V publikaci [69] byly popsány výsledky měření vnímání řidiče na 2,1 m/s^2 náhle zpomalující vozidlo vpředu s funkčními a nefunkčními brzdovými světly v okamžiku, kdy se řidiči s různými zkušenostmi dívali na digitální displej umístěný v dolní části čelního skla,

rychloměr nebo na střední konzolu. Vozidla jela za sebou na nové 7,5 *m* široké a 2 *km* dlouhé pro běžný silniční provoz ještě nezpřístupněné komunikaci o dvou jízdních pruzích rychlostí 30 *km/h* s odstupem 15 a 30 *m* a rychlostí 60 *km/h* s odstupem 30 a 60 *m*. Výsledky ukázaly, že zpozorování brzdových světel vozidla vpředu, za denního světla, je značně zhoršeno, když řidič sleduje oblast rychloměru, tj. + 0,9 *s*, a zpozorování brzdových světel vozidla vpředu není zpozorováno v podstatě vůbec, pokud se řidič dívá na cíl umístěný na střední konzole, resp. + 2,9 *s*. pokud řidič sledoval rychloměr, jeho reakční doba na brzdící vozidlo vpředu se zhoršila v průměru o 2,1 *s*. Řidičské zkušenosti neovlivnily míru pozornosti v rámci periferního vidění při rozpoznávání přibližujícího se vozidla vpředu s rozsvícenými brzdovými světly.

Dle publikace [22] má mj. míra neurotické poruchy řidiče výrazný vliv na jeho reakční dobu, přičemž s rostoucí mírou této poruchy se prodlužuje jeho reakční doba. Tohoto poznatku bylo zjištěno po analýze 30 řidičů prostřednictvím Cornellova indexu atd., kteří způsobili dopravní nehodu s řidiči, kteří v minulosti dopravní nehodu nezpůsobili.

V publikaci [110] byly představeny výsledky analýzy reakčních dob řidičů na zelený signál, přičemž autor uvedl, že reakční doba je celková doba potřebná pro to, aby řidič vozidla vnímal, zhodnotil, rozhodl se a reagoval na situaci v silničním provozu, přičemž dle Hugemanna (2002) je třeba rozlišit nejméně dvě situace pro reakční dobu, a to reakci řidiče na dopravní signály, dopravní značky, změny zakřivení silnic v běžné denní dopravě či reakční dobu řidiče v případě kritické nehodové situace, tedy reakci v náhlém ohrožení. Dále je zde uvedeno, že reakční časy závisejí na potřebě odpovědi řidiče v závislosti na příslušné dopravní situaci. Reakční doba řidiče se skládá z psychické reakce, svalové reakce a odezvy systému.

Dle publikace [30] bylo zkoumáno chování mladých řidičů pod vlivem alkoholu pomocí experimentu se simulátorem řízení, kde bylo 49 účastníků podrobeno společné předem definované dávce konzumace alkoholu. Srovnání reakčních časů před a po konzumaci mj. ukazuje, že zvýšené reakční doby před konzumací alkoholu silně ovlivňují reakční doby po spotřebě alkoholu a zvýšené hodnoty alkoholu v krvi prodlužují reakční dobu, přičemž 10 %-ní zvýšení hladiny alkoholu v krvi vede k 2 %-nímu nárůstu reakční doby. Dále bylo zjištěno, že po jídle dochází k prodloužení reakční doby a při pravidelném cvičení naopak k jejímu snížení.

V odborném článku [21] se autor zabýval faktory ovlivňujícími odezvu řidiče na úhybný manévr s vozidlem. Na základě dat získaných ze sta osobních vozidel a osmi nákladních vozidel v reálném provozu a využití pokročilého softwarového nástroje NatWare dospěl mj. k názoru, že rozptýlení a nepozornost řidiče přispívají k 80 % dopravních nehod tím, že prodlužují dobu reakce řidiče. Dále zjistil, že v situaci, kdy se řidiči dívali z vozidle ven mimo vozovku,

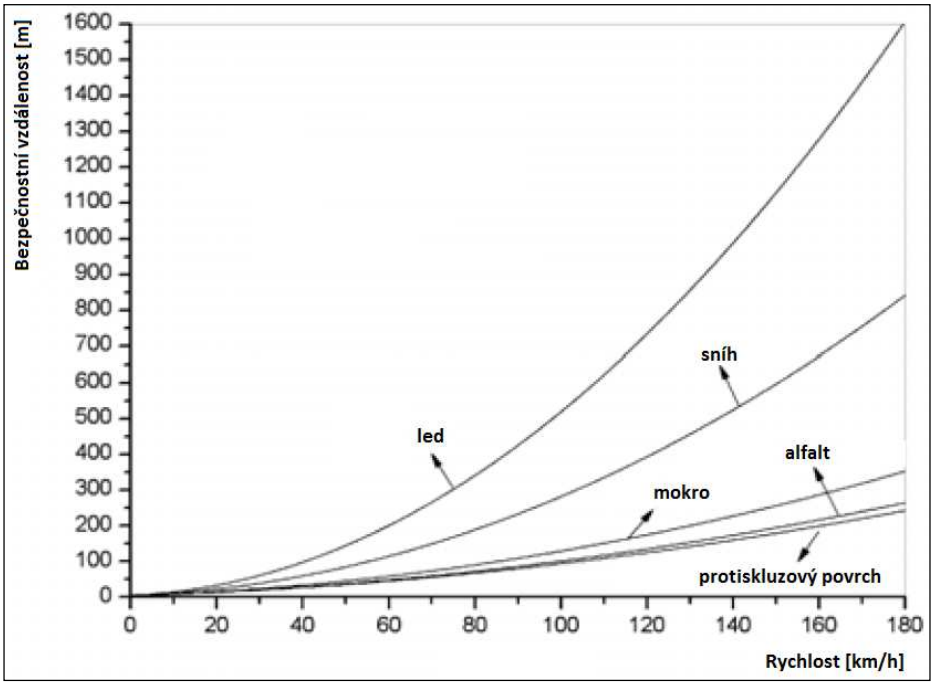
prodloužila se značně jejich doba odezvy (cca + 0,6 *s*). Odezva na brzdový pedál byla v průměru o cca 0,3 *s* kratší než na volant. U pohlaví a věku řidiče nebyly zaznamenány výrazné změny v odezvě řidiče, ačkoli byla u starších řidičů zaznamenána delší průměrná doba odezvy. V situaci, kdy měl řidič na volantu obě ruce, byla zaznamenána kratší doba odezvy než s jednou či žádnou rukou na volantu, ačkoli rozdíl v odezvě nebyl markantní. Dále bylo zjištěno, že s růstem rychlosti se zkracovala doba odezvy řidiče, ačkoli po rozčlenění reakcí na jednotlivé typy dopravních situací nebyl rozdíl tolik znatelný. Také bylo u řidičů nákladních vozidel zjištěno, že jejich doba odezvy je výrazně kratší než u řidičů osobních vozidel. Zároveň bylo dosaženo poznatku, že doba odezvy řidiče byla kratší v případě nehod v podobě bočních střetů nebo při opuštění vozovky s vozidlem ve srovnání se střety zezadu a jinými druhy nehod. Povrch vozovky, povětrnostní podmínky, lokalita a hustota provozu významně neovlivnily dobu odezvy řidiče.

V publikaci [24] byla dle teorií dynamiky dopravy, dopravní psychologie a psychofyziky řešena bezpečnostní vzdálenost mezi vozidly a diskutovány extrémní případy chování vozidel z pohledu vzdálenosti mezi vozidly. Byl řešen vztah mezi bezpečnostní vzdáleností vozidla a třemi faktory (povrchem vozovky, rychlostí vozidel a reakčním časem řidiče. Pokud jde o spodní hranici rozsahu vzdálenosti mezi vozidly ve smyslu bezpečnostní vzdálenosti, byly získány optimální hodnoty minimální bezpečné vzdálenosti v závislosti na různých površích vozovky (s protiskluzovým povrchem, asfalt, mokrá vozovka, sníh a led). Dle analýzy autoři dospěli k níže uvedeným hodnotám minimální podélné bezpečnostní vzdálenosti mezi vozidly v závislosti na rychlosti a povrchu.

Tabulka 3: Minimální bezpečná podélná vzdálenost mezi vozidly dle povrchu vozovky a rychlosti vozidla [24]

Minimální bezpečná vzdálenost mezi vozidly dle povrchu vozovky [*m*]						
Rychlost [*km/h*]:	**20**	**40**	**60**	**80**	**100**	**120**
Povrch vozovky:	-	-	-	-	-	-
Protiskluzový povrch (μ = 0,9)	13,1	26,8	44,7	67,0	93,5	124,5
Alfaltový povrch (μ = 0,8)	13,5	28,1	47,4	71,6	100,5	134,1
Mokrá vozovka (μ = 0,55)	15,0	33,1	58,0	89,8	128,5	174,1
Zasněžená vozovka (μ = 0,2)	22,5	59,0	114,2	188,3	281,1	392,9
Zledovatělá vozovka (μ = 0,1)	32,8	97,7	200,1	340,3	518,2	733,9

Na následujícím grafu autoři uvádí závislost rychlosti vozidla na minimální bezpečné vzdálenosti za vozidlem dle povrchu vozovky.



Graf 1: Závislost rychlosti vozidla na minimální bezpečné vzdálenosti dle povrchu vozovky [24]

V publikaci [96] se autoři zabývali Gibbsovým modelem dopravního toku s využitím funkce bezpečné vzdálenosti, který rozšířili a zkalibrovali prostřednictvím dat získaných v terénu, přičemž nový model měl navíc zohledňovat stabilní tok vozidel a nárazové vlny se shluky dopravního toku.

V publikaci [93] autoři řešili problematiku chování řidiče při brzdění při náhlém zpomalení vpředu jedoucího vozidla při stejné rychlosti obou vozidel před okamžikem brzdění, přičemž využili k testování řidičů simulátor a různé průběhy zpomalení vpředu jedoucího vozidla. Poté bylo testování chování řidiče druhého vozidla v situaci, kdy jel o 20, 40 a 60 *km/h* vyšší rychlostí než první vozidlo a vozidlo vpředu začalo náhle brzdit. Byla zkoumána hypotéza, zda řidiči před brzděním vyhodnocují riziko nebezpečí střetu s vpředu jedoucím vozidlem a průběh jeho zpomalení. Bylo zjištěno, že testovaní řidiči kopírují zpomalení vpředu jedoucího vozidla i na komunikaci s nízkým koeficientem adheze a zároveň bylo dosaženo zjištění, že s růstem složitosti dopravní situace se chovají řidiči méně bezpečně, což bylo pravděpodobně způsobeno menší množinou možností k odvrácení nebezpečí.

V publikaci [94] se autoři zabývali problematikou bezpečné vzdálenosti založené na neveřejné dopravní síti vozidel s cílem vytvoření modelu, který nebude vycházet ze sdílených informací o polohách vozidel v silničním provozu, jež mohou porušovat právo ochrany osobních údajů. Jejich řešení bylo založeno mj. na základě modelu bezpečné vzdálenosti mezi vozidly využívající algoritmus organizace NHTSA, která definovala

bezpečnou vzdálenost následujícím vzorcem, který zahrnuje reakční dobu řidiče τ_{hum}, odezvu vozidla τ_{sys}, rychlost jednotlivých vozidel v_i, v_j a jejich rozdíl v_{rel} či maximální dosažitelné zpomalení α_{max},

$$d_s(i,j) = d_f(i) - d_l(i,j) = v_i * (\tau_{hum} + \tau_{sys}) + \frac{v_{rel}(i,j) * (2v_i - v_{rel}(i,j))}{2\alpha_{max}} \quad (1)$$

a dále mimo jiné na proměnné TTC (Time To Collision) představující čas do kolize, která je dána následujícím vzorcem, kde v čitateli je vzdálenost mezi vozidly a ve jmenovateli rozdíl mezi rychlostmi dvou za sebou jedoucích vozidel, přičemž jako limitní pro síť vozidel zvolili u parametru TTC hodnotu 1 *s*.

$$TTC_{ij}^{t} = \frac{d_{ij}}{v_j - v_i} \quad (2)$$

Výše zmíněné formule autoři začlenili do svého modelu dopravní sítě spolu s dalšími proměnnými určujícími změnu směru, polohu v rámci okolních vozidel jakožto dílčích prvků apod. Při testování modelu bylo využito například následujících hodnot proměnných, tj. maximálního dosažitelného zpomalení vozidla 8 m/s^2, odezvy vozidla 0,1 *s*, reakční doby řidiče 0,8 *s* apod.

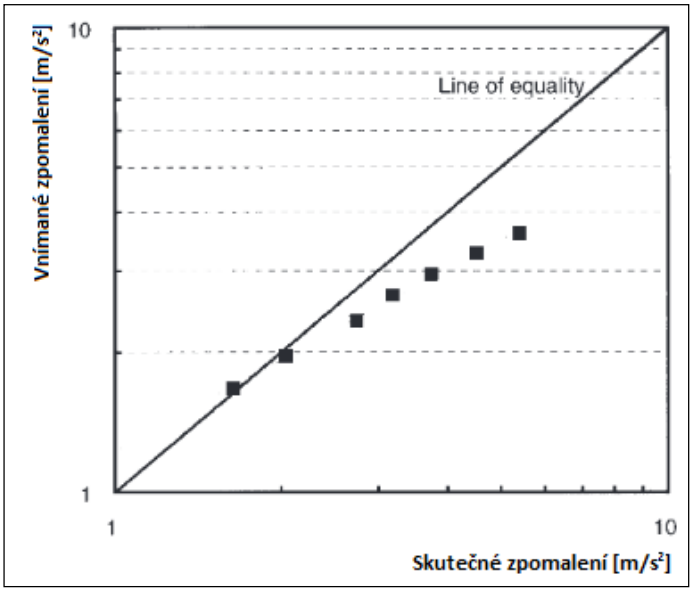
Publikace [4] informuje o testu provedeném v roce 2006, který byl zaměřen na problematiku účinků asistenčního systému řidiče zaměřeného na dodržování rychlosti a bezpečného odstupu mezi vozidly z pohledu chování řidiče, jeho reakcí a akceptování informací asistenčního systému. Systém SASPENCE je pokročilý asistenční systém řidiče, který pomáhá řidiči udržovat bezpečnou vzdálenost od vozidla vpředu, upozorňuje na pravděpodobnost nebezpečí nehody z důvodu vysoké relativní rychlosti, vysoké rychlosti vzhledem k uspořádání dopravní infrastruktury a překročení maximální povolené rychlosti, přičemž vychází z předpokládané trajektorie pohybu vozidla porovnávané s referenčními vzorci chování v provozu, povětrnostních podmínek, tvaru vozovky atd. Systém upozorňuje řidiče znaky ve spodní části rychloměru a zvukovým signálem. Zkušební jízdy probíhaly v reálných podmínkách silničního provozu na 50 *km* dlouhé trase obsahující městské a venkovské pozemní komunikace i dálniční úseky poblíž Turína v Itálii, přičemž se uskutečnily jízdy s vypnutým a posléze se zapnutým asistenčním systémem. Data o jízdách byla zaznamenána a testovaní řidiči byli sledováni pomocí metody pozorování dvěma spolujezdci.

Názory řidičů byly získány prostřednictvím dotazníků. Zjištění ukazují pozitivní účinky asistenčního systému v případě méně alarmových situací, kratších výstražných dob testovaného asistenčního systému, kratších reakčních časů řidiče, zvýšených pokroků řidiče a lepší interakci se zranitelnými účastníky silničního provozu na křižovatkách. Negativní účinky asistenčního systému byly zaznamenány u mírně zhoršeného výkonu řidiče, zvýšeného počtu přejezdů středové dělicí čáry, zhoršeného chování vůči ostatním řidičům a brzdění na světelných křižovatkách. Dále nebyl zaznamenán žádný významný vliv chování řidiče z pohledu řidiče, volbu jízdního pruhu, udržování jízdního pruhu, změnu jízdního pruhu, předjíždění, červené světlo semaforu, použití ukazatele směru jízdy či pracovní zátěž.

V publikaci [50] se autoři zabývali psychickou reakcí řidiče ve vztahu ke zpomalujícímu vozidlu jedoucímu vpředu, které se přibližovalo a zmenšovalo tak vzdálenost mezi vozidly. Výzkumu se zúčastnilo 24 řidičů se zkušenostmi v řízení o délce nejméně dva roky. Bylo zkoumáno jejich vnímání při zpomaleních vozidla vpředu 1,64 m/s^2 (počáteční odstup 25,78 m), 2,04 m/s^2 (počáteční odstup 25,56 m), 2,74 m/s^2 (počáteční odstup 24,48 m), 3,18 m/s^2 (počáteční odstup 24,71 m), 3.74 m/s^2 (počáteční odstup 26,01 m), 4,52 m/s^2 (počáteční odstup 24,68 m) a 5,40 m/s^2 (počáteční odstup 26,01 m). Charakteristiky řidičů při vnímání úrovně zpomalení vozidla jedoucího vpředu byly v laboratoři zkoumány pomocí videozáznamů z reálných dopravních situací, kde vozidla vpředu zpomalovala a byla o nich zaznamenána potřebná data k výzkumu. Při konstrukci měřítka vnímané úrovně zpomalení byla použita metoda odhadu veličiny a vztah mezi vnímanou a skutečnou úrovní zpomalení byl vyjádřen podle Stevensova zákona o síle daného následující rovnicí, kde S je míra vnímání, O je intenzita stimulace, k je libovolná konstanta určující měřítko a m je výkonový exponent závislý na smyslových a stimulačních podmínkách.

$$S = kO^m \qquad (3)$$

Výsledky ukázaly, že řidiči obecně podcenili úroveň zpomalení vozidla jedoucího vpředu a zároveň také to, že se zvyšujícím se zpomalením vozidla vpředu se zvyšuje i podhodnocení tohoto zpomalení, což je znázorněno na následujícím grafu. Dále bylo zjištěno, že řidiči mužského pohlaví měli o 19 % citlivější vnímání míry zpomalení vozidla vpředu než ženy.



Graf 2: Závislost mezi vnímaným a reálným zpomalením vozidla vpředu [50]

Dle publikace [9] je mj. součinitel adheze μ jakožto zásadní parametr pro velikost dosažitelného zpomalení vozidla proměnný v závislosti na povrchu vozovky a povětrnostních podmínkách, viz následující tabulka.

Tabulka 4: Koeficient adheze dle povrchu [9]

Povrch a stav vozovky		Koeficient adheze μ
Beton	suchý	0,8 - 1,0
	mokrý	0,5 - 0,8
Alfalt	suchý	0,6 - 0,9
	mokrý	0,3 - 0,8
Dlažba	suchý	0,6 - 0,9
	mokrý	0,3 - 0,5
Sníh	-	0,2 - 0,4
Náledí	0 ˚C	0,05 - 0,10
	-10 ˚C	0,08 - 0,15
	-20 ˚C	0,15 - 0,20

V publikaci [31] autor zkoumal chování řidiče z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti za vpředu jedoucím vozidlem. Výzkumu se zúčastnilo celkem 2 037 řidičů, přičemž měření probíhalo po dvacetiminutových intervalech jízd v denní i noční době na mokré i suché vozovce. Zjistilo se, že cca 60 % řidičů nedodržovalo bezpečnou vzdálenost a také to, že při jízdě na mokré vozovce ve srovnání se suchou vozovkou byl počet řidičů nedodržující bezpečnou vzdálenost za vozidlem pouze o 4 % nižší.

V publikaci [71] autoři popisují výsledky psychologických výzkumů řidičů, kde mezi nejdůležitější příčiny chybných výkonů řidiče zařadili porušený zdravotní tělesný stav včetně nedostatků smyslových orgánů, nedostatek úsudkových schopností, nedostatek znalostí, nedostatek zručnosti, pohybových dovedností či zkušeností, nedostatek potřebných osobnostních vlastností, přechodné stavy v podobě únavy, přechodných útlumových stavů aktivní pozornosti nebo přechodných emocí, alkohol nebo drogy, chronické abnormní psychické stavy či činnost v časové zátěži.

V publikaci [27] autor popisuje mj. prvky komplexní kapacity řidiče ovlivňující jeho činnost, kde zařadil zdravotní stav, osobnostní vlastnosti, schopnosti, dovednosti, znalosti, zkušenosti a morální vlastnosti. Mezi podstatné faktory byla zařazena kvalita smyslových orgánů, zejména zraku, přizpůsobivost na změnu dopravní situace, koncentrace pozornosti, schopnost správně a rychle vnímat, hodnotit, rozhodovat a reagovat, psychomotorika a koordinace pohybů, schopnost oddělit podstatné od nepodstatných podnětů, sebekázeň, respektování pravidel, ohleduplnost apod. Dále autor ve zmíněné knize rozdělil chování řidičů do tří kategorií, a to na:

- chování v souladu s právními předpisy a normami sociálně psychologickými,
- chování v souladu s právními předpisy a nesouladu s normami sociálně psychologickými,
- chování v nesouladu s právními předpisy a souladu s normami sociálně psychologickými a
- chování v nesouladu s právními předpisy a normami sociálně psychologickými.

Dále autor rozčlenil schopnosti řidiče na rozumové, psychomotorické a mechanické. Mezi základní vlastnosti řidiče zařadil percepční (vnímání, koncentrace pozornosti, prostorová orientace apod.), psychomotorické (rychlost a přesnost reakcí, koordinace pohybu apod.) a intelektové schopnosti (poznávání, hodnocení, myšlení, zraková paměť atd.).

Znaky pozornosti autor rozdělil na rozsah, intenzitu, rozdělení, udržení, výběrovost, pohyblivost a pohotovost rozlišení změn v prostředí, přičemž uvedl, že dle experimentálního měření se zjistilo, že zdravý a odpočatý člověk je schopen za 0,1 až 0,2 *s* zachytit současně cca šest podnětů, avšak řidič za jízdy pouze dva až tři podněty v závislosti na rychlosti, podmínkách a složitosti dopravní situace. Dále autor uvedl, že pomalejší a klidnější jízda odpoutává pozornost zejména u introvertně orientovaných řidičů. Koncentraci pozornosti dle autora ovlivňují nezkušenost řidiče, jeho emoce, představy, napětí, únava, proměnlivé

povětrnostní podmínky, vlastnosti podnětů, spolucestující ve vozidle, biorytmy, úzkost, agresivita, omamné a návykové látky, léky, bolesti, nemoc atd.

Zároveň autor uvedl, že reakční čas v dopravním provozu odpovídá zpravidla přibližně jedné sekundě, přičemž zahrnuje vnímání, hodnocení, rozhodování a reagování. Hodnocení a rozhodování řidiče o dopravní situaci je statické, resp. jednorázové, nebo dynamické, resp. postupné, přičemž je ovlivněno vnějšími a vnitřními podmínkami. Na schopnost reagovat mají vliv zejména věk řidiče, jeho osobnost, zdravotní stav, psychický stav, omamné a návykové látky, biorytmy (zejména noční jízda prodlužuje reakční dobu).

V publikaci [25] autor mj. představuje problematiku reakční doby řidiče v závislosti na denním a nočním osvětlení a věku řidiče, přičemž pro rozbor využívá výsledků měření japonských autorů H. Iizuky, K. Yabuty, H. Tsudy a kol., kteří sledovali závislost stáří řidičů na přizpůsobení zraku při sledování přístrojů a vozovky. Sledovanými hledisky byly schopnost čtení přístrojů a vnímání objektu před vozidlem v závislosti na sledování přístrojů. Zmíněnou publikací autor navazuje na výše uvedenou tabulku č. 1 vycházející z literatury [10]. Výzkumu se zúčastnily dvě skupiny respondentů, a to ve věku 20 a 50 roků, přičemž každá z osob sledovala terč na obrazovce před sebou a vypínačem reagovala na změnu polohy terče. Z výsledků pokusů vyplynulo, že při největším osvětlení objektu 7 cd/m^2 byl rozdíl reakční doby mezi první a druhou skupinou respondentů relativně malý, přičemž u skupiny dvacetiletých řidičů se pohybovala v rozmezí od 0,8 do 1,0 *s* a u padesátiletých od 1,0 do 1,3 *s*. Při menší svítivosti objektu 1,5 cd/m^2, tj. např. světle oděný chodec na tmavém pozadí vozovky, byl rozdíl reakční doby mezi první a druhou skupinou respondentů větší, přičemž u skupiny dvacetiletých řidičů se pohybovala v rozmezí od 0,8 do 1,1 *s* a u padesátiletých od 1,0 do 1,85 *s*. Při nejmenší svítivosti objektu, a to 0,1 cd/m^2, tj. např. tmavě oděný neosvětlený chodec, byl rozdíl reakční doby mezi první a druhou skupinou respondentů značný, přičemž u skupiny dvacetiletých řidičů se pohybovala v rozmezí od 0,9 do 2,4 *s* a u padesátiletých od 1,4 do 3,0 *s*.

Dále autor dospěl k závěru, že v případě menší vzdálenosti objektu byl rozdíl reakčních dob obou skupin nápadný a s narůstající vzdáleností od objektu se rozdíl mezi skupinami snižoval, přičemž u objektu osvětleného 1,5 cd/m^2 byl rozdíl reakční doby mezi první a druhou skupinou respondentů od 0,2 do 0,5 *s* a u objektu osvětleného 0,1 cd/m^2 byl rozdíl reakční doby mezi první a druhou skupinou respondentů od 0,6 do 1,7 *s*.

Zároveň autor dospěl k závěru, že doba reakce řidiče na objekt se u obou skupiny prodlužuje, pokud se kontrast objektu vůči jeho okolí zmenšuje. Při kontrastu objektu vůči okolí 0,1 cd/m^2 dosahovala reakční doba skupiny dvacetiletých 1,0 až 2,0 *s*, u padesátiletých

2,0 až 3,2 *s*. Při kontrastu objektu vůči okolí 1,5 cd/m^2 dosahovala reakční doba skupiny dvacetiletých 0,8 až 1,0 *s* a u padesátiletých 1,0 až 1,6 *s*.

3.2 Charakteristika bezpečné podélné vzdálenosti

Aby bylo přispěno k bezpečné jízdě, je nutné, aby udržovala vozidla jedoucí za sebou bezpečný odstup, tedy bezpečnou, resp. bezpečnostní vzdálenost *b*. Velikost bezpečné vzdálenosti je omezena tím, aby při náhlém zastavení prvního vozidla za ním jedoucí vozidlo bezpečně zastavilo. Z pohledu plynulosti silničního provozu lze za náhlé zastavení považovat brzdění s maximálním adhezně a konstrukčně dosažitelným zpomalením daného vozidla do jeho zastavení. V případě situace, kdy druhé vozidlo předjelo první vozidlo, zařadilo se před něj a zároveň dodrželo bezpečnou vzdálenost, neměl by být předjetý řidič nucen k vyššímu zpomalení než pro jeho vozidlo předepsané příslušným právním předpisem. [55], [54]

Dle literatury [9] je vzorec pro výpočet bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly s rozdílným zpomalením a rozdílnou rychlostí dán vzorcem uvedeným níže, přičemž bezpečná podélná vzdálenost mezi vozidly je rovna nebo větší než rozdíl mezi součtem dráhy reakční doby řidiče druhého vozidla s dráhou zpomalení druhého vozidla a dráhy zpomalení prvního vozidla, tedy:

$$b \geq v_2 \cdot t_{r2} + \frac{v_2^2}{2 \cdot a_2} - \frac{v_1^2}{2 \cdot a_1} \qquad (4)$$

kde:

b……bezpečná vzdálenost mezi dvěma vozidly [*m*],

v_1…….... rychlost prvního vozidla [*m/s*],

v_2…….... rychlost druhého vozidla [*m/s*],

t_{r2}…….…….. reakční doba řidiče druhého vozidla [*s*],

a_1…….…….. zpomalení prvního vozidla [m/s^2],

a_2…….…….. zpomalení druhého vozidla [m/s^2].

Výše zmíněný vzorec pro výpočet bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly s rozdílným zpomalením a rozdílnou rychlostí po převedení do časové vzdálenosti vypadá následovně:

$$b \geq t_{r2} + \frac{v_2}{2 \cdot a_2} - \frac{v_1}{2 \cdot a_1} \qquad (5)$$

kde:

b……bezpečná vzdálenost mezi dvěma vozidly [s],

v_1…….. rychlost prvního vozidla [m/s],

v_2…….. rychlost druhého vozidla [m/s],

t_{r2}…….…….. reakční doba řidiče druhého vozidla [s],

a_1…….…….. zpomalení prvního vozidla [m/s^2],

a_2…….…….. zpomalení druhého vozidla [m/s^2].

Aby byla vozidla po jejich výrobě technicky způsobilá k provozu na pozemních komunikacích, váže se na ně mj. řada podmínek prostřednictvím právních předpisů a opatření. Jedná se o předpis EHK/OSN č. 13-H, zákon č. 56/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů, vyhláška č. 341/2014 Sb. apod. [55], [54], [100], [92]

Pro schválení technické způsobilosti brzdových systémů vozidel jednotlivých kategorií je prováděna celá řada zkoušek, z nichž základní je zkouška typu 0, tedy zkouška provozní brzdy za studena s odpojeným motorem, přičemž dle výše zmíněných právních předpisů jsou požadovány pro jednotlivé kategorie vozidel například požadavky na minimální střední hodnotu plného brzdného zpomalení, uvedené v následující tabulce. [55], [54]

Tabulka 5: Maximální střední plné brzdné zpomalení jednotlivých základních kategorií vozidel [55], [54]

Kategorie vozidla		**Max. střední plné brzdné zpomalení d_m**
Osobní automobily (M1)		≥ 5,8 m/s^2
Autobusy (M2, M3), ostatní automobily a silniční tahače (N1, N2, N3)		≥ 5,0 m/s^2
Motocykly s max. konstrukční rychlostí převyšující 40 *km/h* (L3) - druh brzdy, obsazení	Přední brzda, řidič	≥ 3,9 m/s^2
	Zadní brzda, řidič	≥ 3,1 m/s^2
	Př. a zadní brzda současně, řidič	≥ 5,0 m/s^2
	Zadní brzda, řidič a spolujezdec	≥ 3,7 m/s^2

Vzorec dle literatury [9] pro výpočet bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly v případě, že mají stejné dosažitelné zpomalení ($a_1 = a_2 = a$), je následující:

$$b \geq v_2 \cdot t_{r2} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot a} \qquad (6)$$

V případě, že obě za sebou jedoucí vozidla mají stejné dosažitelné zpomalení a jedou stejnou rychlostí, lze vzorec dále zjednodušit s tím, že rozhodující faktor představuje dráha ujetá za reakční dobu druhého řidiče v případě délkové míry, resp. reakční doba řidiče v případě časové míry bezpečné vzdálenosti. [9]

$$\boxed{b \geq v_2 \cdot t_{r2}} \qquad (7)$$

Reakční doba řidiče druhého vozidla začíná v okamžiku, kdy se rozsvítí brzdová světla vozidla jedoucího vpředu. Pokud se řidič plně věnuje řízení, získá nejprve *optický vjem*. Potom následuje *psychická reakce*, tzn. vyhodnocení optického vjemu rozsvícených brzdových světel, rychlosti přibližování se k vozidlu vpředu apod. a rozhodování, následně *svalová reakce* (např. přesun chodidla pravé nohy z plynového pedálu na pedál brzdový a jeho sešlápnutí) a poté následuje *technická odezva systémů vozidla* (tzn. vymezení vůlí, dosednutí brzdového obložení na pracovní plochu provozní brzdy) a *odezva vozidla do náběhu plného brzdného účinku*. [9]

Tabulka 6: Struktura reakční doby ve vztahu „řidič - vozidlo“ [10]

Popis časového intervalu		Druh časového intervalu	
1	Počátek optického vjemu nebezpečné překážky	Optická reakce	Reakční doba řidiče
2	Počátek ostrého optického vnímání překážky	Psychická reakce	
3	Počátek svalové reakce	Svalová reakce	
4	Dotek brzdového pedálu	Prodleva brzd	Odezva vozidla
5	Počátek doteku třecích ploch brzd vozidla	Náběh brzd	
6	Počátek zanechávání stop pneumatik na vozivce		

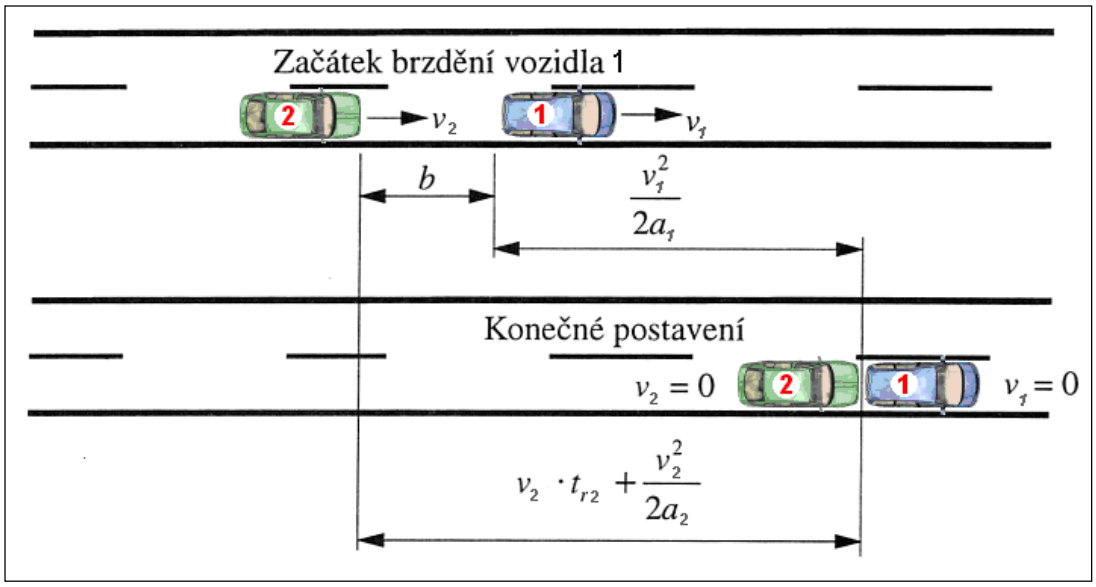
Uvažujeme-li reakční dobu řidiče jednu sekundu, popř. pravidlo „dvou sekund“, je ujetá vzdálenost vozidla při dané rychlosti následující:

Tabulka 7: Vzdálenost ujetá vozidlem za 1 nebo 2 sekundy při dané rychlosti

Rychlost [*km/h*]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Vzdálenost ujetá za 1 sekundu [*m*]	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36
Vzdálenost ujetá za 2 sekundy [*m*]	6	12	16	22	28	34	38	44	50	56	62	66	72

Jak je vidět v tabulce výše, bezpečnou vzdálenost je možné definovat v časových nebo délkových jednotkách, přičemž každá z variant má své výhody a nevýhody, ať už se jedná o odhad řidiče, o zohlednění rychlosti vozidel jedoucích za sebou apod.

Schéma pro odvození bezpečné podélné vzdálenosti (v délkové jednotce) mezi dvěma vozidly je uvedeno na následujícím obrázku.



Obrázek 1: Schéma odvození podélné bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly [9]

Je třeba si uvědomit, že se délka reakční doby liší mj. v závislosti na hustotě silničního provozu. V případě, že je $v_2 > v_1$ a $a_2 > a_1$, je nutné ještě zkoumat, zda nedojde ke střetu během brzdění i při splnění výše uvedené podmínky. [9]

Na základě toho, zda za sebou jedou dvě vozidla stejné či jiné kategorie, resp. vozidla se stejným či rozdílným maximálním dosažitelným zpomalením, je třeba uvažovat rozdílný výpočet minimální bezpečné vzdálenosti, viz vzorce výše. V následujících tří tabulkách je uvedena minimální bezpečná vzdálenost za vozidlem při rychlosti 50, 90 a 130 *km/h* a reakční době řidiče druhého vozidla 1 *s* a 2 *s* v závislosti na technických požadavcích na minimální hodnotu maximálního středního plného brzdného zpomalení vybraných kategorií vozidel uvedeného v tabulce č. 5, přičemž dvě vozidla stejné kategorie mohou ve skutečnosti dosahovat rozdílného maximálního zpomalení. Z tabulek je patrné, že nejdelší minimální bezpečná podélná vzdálenost dle požadavků na technickou způsobilost vozidel nastává v případě jízdy plně obsazeného motocyklu brzdícího zadní brzdou za osobním automobilem, jelikož je zde největší rozdíl dosažitelného zpomalení.

V následující tabulce je znázorněna minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost obou za sebou jedoucích vozidel 50 *km/h* a uvažovanou reakční dobu řidiče druhého vozidla 1 *s* a 2 *s*. Lze vidět, že například pro jízdu dvou osobních vozidel kategorie M1 je minimální hodnota bezpečné vzdálenosti při rychlosti 50 *km/h* cca 14 *m* v případě reakční doby 1 *s*, resp. cca 28 *m* v případě reakční doby 2 *s*.

Tabulka 8: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 *km/h* a reakční dobu 1 *s* a 2 *s* [*m*]

Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 *km/h* a reakční dobu 1 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	13,9	11,2	4,5
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	16,5	13,9	7,1
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	23,3	20,7	13,9
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 *km/h* a reakční dobu 2 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	27,8	25,1	18,3
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	30,4	27,8	21,0
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	37,2	34,6	27,8

V následující tabulce je znázorněna minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost obou za sebou jedoucích vozidel 90 *km/h* a reakční dobu řidiče druhého vozidla 1 *s* a 2 *s*. Lze vidět, že například pro jízdu dvou osobních vozidel kategorie M1 je minimální hodnota bezpečné vzdálenosti při rychlosti 90 *km/h* cca 25 *m* v případě reakční doby 1 *s*, resp. cca 50 *m* v případě reakční doby 2 *s*.

Tabulka 9: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 *km/h* a reakční dobu 1 *s* a 2 *s* [*m*]

Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 *km/h* a reakční dobu 1 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	25,0	16,4	
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	33,6	25,0	3,0
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	55,6	47,0	25,0
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 *km/h* a reakční dobu 2 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	50,0	41,4	19,4
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	58,6	50,0	28,0
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	80,6	72,0	50,0

V následující tabulce je znázorněna minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost obou za sebou jedoucích vozidel 130 *km/h* a reakční dobu řidiče druhého vozidla 1 *s* a 2 *s*. Lze vidět, že například pro jízdu dvou osobních vozidel kategorie M1 je minimální hodnota bezpečné vzdálenosti při rychlosti 130 *km/h* cca 36 *m* v případě reakční doby 1 *s*, resp. cca 72 *m* v případě reakční doby 2 *s*.

Tabulka 10: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 *km/h* a reakční dobu 1 *s* a 2 *s* [*m*]

Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 *km/h* a reakční dobu 1 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	36,1	18,1	
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	54,1	36,1	
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	99,9	81,9	36,1
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 *km/h* a reakční dobu 2 *s* [*m*]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	72,2	54,2	8,4
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	90,2	72,2	26,4
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	136,0	118,0	72,2

S bezpečnou, resp. bezpečnostní vzdáleností mezi vozidly souvisí mimo jiné také následující termíny [11]:

- **Přiměřená rychlost** je z technického hlediska taková rychlost, ze které je možné na známé vzdálenosti bezpečně zastavit vozidlo před překážkou či místem, do kterého má řidič rozhled, přičemž je dána následujícím vzorcem:

$$v = -\mathrm{a} \cdot t_r - a_n \cdot t_n + \sqrt{a^2 \cdot t_r^2 + 2 \cdot a \cdot L} \qquad (8)$$

kde:

a……zpomalení vozidla,

a_n……průměrné zpomalení vozidla dosažené při náběhu brzdného účinku

t_n…….....doba náběhu brzdného účinku

t_r…….reakční doba řidiče,

L…….....vzdálenost pro zpomalení do zastavení.

- **Náhlá překážka** je taková překážka, která vznikne na vzdálenost kratší, než na jaké je řidič schopný z přiměřené rychlosti zastavit své vozidlo.
- **Neočekávaná překážka** je taková překážka, která vznikla v rozporu s pravidly silničního provozu.

3.3 Faktory ovlivňující bezpečnou podélnou vzdálenost a její dodržování

Jak bylo nastíněno v předchozí kapitole, bezpečnou podélnou vzdálenost mezi dvěma vozidly ovlivňuje celá řada dílčích faktorů. Tyto faktory mají vliv na některý z prvků následujícího schématu.

Bezpečná vzdálenost mezi vozidly	≥	Dráha ujetá za reakční dobu řidiče a odezvy druhého vozidla	+	Dráha zpomalení druhého vozidla	-	Dráha zpomalení prvního vozidla

Z pohledu řidiče vozidla bezpečnou podélnou vzdálenost za vozidlem ovlivňují následující faktory, které mají vliv na reakční dobu řidiče [71]:

- schopnost předvídat vznik rizikové situace,
- zkušenosti a řidičské schopnosti,
- schopnost správně vyhodnotit způsob reakce,

- povahové a osobnostní vlastnosti,
- psychický stav a ostražitost,
- fyzický stav,
- znalost prostředí,
- pozornost řidiče (telefonování či rozhovory, pohled na autorádio, okolí atd.),
- ostrost vidění,
- věk řidiče,
- únava,
- hluk,
- teplota ve vozidle,
- léky apod.

Z pohledu prvního a druhého vozidla bezpečnou podélnou vzdálenost za vozidlem ovlivňují následující faktory, které mají vliv na rozdílné zpomalení jednotlivých vozidel:

- technický stav vozidel,
- prodleva brzd druhého vozidla tvořící část celkové reakční doby řidiče druhého vozidla,
- náběh brzd druhého vozidla tvořící část celkové reakční doby řidiče druhého vozidla,
- rozdíl v rychlostech jednotlivých vozidel,
- rozdíl v pneumatikách jednotlivých vozidel, jejich typu, stavu, tlaku, směsi, dezénu a dalších vlastnostech ovlivňujících adhezi pneumatiky k vozovce v daném místě,
- rozdíl účinnosti brzdové soustavy jednotlivých vozidel,
- rozdíl mezi systémy ABS a brzdovými asistenty jednotlivých vozidel,
- rozdíl v jednotlivých jízdních odporech vozidel,
- hmotnost jednotlivých vozidel,
- adaptivní tempomat,
- systém nouzového brzdění atd.

Z pohledu vnějších okolností bezpečnou podélnou vzdálenost za vozidlem ovlivňují následující faktory:

- odstup mezi vozidly
- adheze vozovky
- hustota provozu,
- dopravní situace,
- směr jízdy,

- povětrnostní podmínky,
- oslnění a kontrast,
- hluk apod.

Z pohledu vnějších faktorů ovlivňujících dodržování bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem může mít vliv:

- silniční kontrola – radarové měření,
- hrozba sankce – pocit rizika za nedostatečnou vzdálenost při jízdě za vozidlem,
- odhad odstupu apod.

3.4 Bezpečná vzdálenost v právních předpisech ČR a jiných zemí

3.4.1 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech ČR

V právních předpisech České republiky, respektive v zákoně č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, je v § 19 definována bezpečná, respektive bezpečnostní podélná vzdálenost za vozidlem následovně:

(1) *„Řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním.“*

(2) *„Řidič motorového vozidla o maximální přípustné hmotnosti převyšující 3 500 kg, jízdní soupravy, jejíž celková délka přesahuje 10 m, a zvláštního vozidla[2)] musí mimo obec zachovávat za vozidlem jedoucím před ním takovou vzdálenost, aby se předjíždějící vozidlo mohlo před něj bezpečně zařadit; to neplatí, připravuje-li se k předjíždění, při předjíždění a při souběžné jízdě.“*[1)]

Bezpečná vzdálenost za vozidlem v této podobě není v současné době v českých právních předpisech definována do takové míry, aby odpovídajícím způsobem přispěla ke zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích ČR. V porovnání s některými sousedními zeměmi jako je např. Rakousko a Německo není v České republice bezpečná vzdálenost nijak regulována a řidiči mohou být na místě pokutováni v podstatě až v případě, kdy z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti způsobí dopravní nehodu. [99], [38], [16]

[1)] zdroj: Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?kam=zako n&c=361/ 2000.

3.4.2 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Německa

Německé nařízení o silničním provozu Straßenverkehrs-Ordnung značené StVO (doplňující německý zákon o silničním provozu Straßenverkehrsgesetz), jehož poslední znění vstoupilo v platnost dne 01.04.2013, má v první části, v § 4 pojmenovaném Abstand, vymezenu bezpečnou vzdálenost mezi vozidly. V prvním a druhém bodě předmětného paragrafu je velmi podobná definice jako v případě bodu 1 a 2 v § 19 českého zákona 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Výraznějším rozdílem je o 3 *m* menší délka jízdní soupravy, tj. 7 *m,* ke které se vztahuje bod 2. V bodě 3 se tento zákon věnuje konkrétní hodnotě minimální vzdálenosti za vozidlem pro nákladní vozidla s hmotností převyšující 3,5 *t* nebo autobusy, které musí na dálnicích, při jízdě rychlostí překračující 50 *km/h*, dodržovat minimální podélnou vzdálenost za vozidlem 50 *m*. V českém zákoně o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů je bod 3 v § 19 věnován průjezdu vozidla vpravo kolem tramvaje. [66], [59]

Konkrétní znění předmětného německého nařízení týkajícího vypadá následovně:

"§ 4 Abstand

(1) Der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug muss in der Regel so groß sein, dass auch dann hinter diesem gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird. Wer vorausfährt, darf nicht ohne zwingenden Grund stark bremsen.

(2) Wer ein Kraftfahrzeug führt, für das eine besondere Geschwindigkeitsbeschränkung gilt, sowie einen Zug führt, der länger als 7 m ist, muss außerhalb geschlossener Ortschaften ständig so großen Abstand von dem vorausfahrenden Kraftfahrzeug halten, dass ein überholendes Kraftfahrzeug einscheren kann. Das gilt nicht,

1. wenn zum Überholen ausgeschert wird und dies angekündigt wurde,

2. wenn in der Fahrtrichtung mehr als ein Fahrstreifen vorhanden ist oder

3. auf Strecken, auf denen das Überholen verboten ist.

(3) Wer einen Lastkraftwagen mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t oder einen Kraftomnibus führt, muss auf Autobahnen, wenn die Geschwindigkeit mehr als 50 km/h beträgt, zu vorausfahrenden Fahrzeugen einen Mindestabstand von 50 m einhalten."[2)]

Primárním právním předpisem zahrnujícím sankce řidičů za porušování předpisů v silničním provozu je německý sazebník pokut, pojmenovaný Bußgeldkatalog. Sankce za nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem jsou odstupňovány dle závažnosti přestupku

[2)] zdroj: Straßenverkehrs-Ordnung. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. [cit. 2014-04-01].

řidiče, a to od 75 do 400 €, připsáním až 2 trestných bodů nebo odebráním řidičského oprávnění až na dobu tří měsíců. Závažnost přestupku je členěna dle rychlosti vozidla, kde tvoří hranici rychlost 80 *km/h* a 130 *km/h* a dále mírou nedodržení bezpečné vzdálenosti.

Dodržování bezpečné vzdálenosti řidiči je kontrolováno za pomoci úsekových měření prostřednictvím speciálních kamerových zařízení.

Tabulka 11: Sankce řidičům za porušení předpisu týkajícího se vzdálenosti mezi vozidly [38], [16]

Č. s.	Popis porušení předpisu týkajícího se bezp. vzdálenosti	Pokuta	Trestné body	Zákaz řízení
-	**Bezdůvodné prudké brzdění**			
01	- při ohrožení osob	20 €	-	-
02	- při vzniku škody na majetku	30 €	-	-
03	**Při rychlosti vozidla do 80 *km/h***	25 €	-	-
04	- při ohrožení osob	30 €	-	-
05	- při vzniku škody na majetku	35 €	-	-
06	**Při rychlosti větší než 80 *km/h* byla vzdálenost mezi vozidly větší než 1/4 tachometrové rychlosti v metrech**	35 €	-	-
07	**Při rychlosti větší než 80 *km/h* byla vzdálenost mezi vozidly menší než 5/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech**	75 €	1	-
08	menší než 4/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech	100 €	1	-
09	menší než 3/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech (Nejvyšší povolená rychlost 100 *km/h*)	160 €	2	1 měsíc
10	menší než 2/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech (Nejvyšší povolená rychlost 100 *km/h*)	240 €	2	2 měsíce
11	menší než 1/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech (Nejvyšší povolená rychlost 100 *km/h*)	320 €	2	3 měsíce
12	**Při rychlosti větší než 130 *km/h* byla vzdálenost menší než 5/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech**	100 €	1	-
13	menší než 4/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech	180 €	1	-
14	menší než 3/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech	240 €	2	1 měsíc
15	menší než 2/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech	320 €	2	2 měsíce
16	menší než 1/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech	400 €	2	3 měsíce
17	**Nákladní vozidlo s hmotností převyšující 3,5 *t* nebo autobus, který na dálnici, při jízdě rychlostí překračující 50 *km/h*, nedodržel minimální podélnou vzdálenost za vozidlem 50 *m***	120 €	1	-

V následující tabulce jsou zobrazeny jednotlivé třídy sankcí, u nichž je přepočítána vzdálenost za vozidlem na časovou jednotku.

Tabulka 12: Přepočet základních sankcí týkajících se nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem

Závažnost	Vzdálenost [*m*]	Vzdálenost [*s*]
1	< 5/10 poloviny tachometrové rychlosti	**< 0,90**
2	< 4/10 poloviny tachometrové rychlosti	**< 0,72**
3	< 3/10 poloviny tachometrové rychlosti	**< 0,54**
4	< 2/10 poloviny tachometrové rychlosti	**< 0,36**
5	< 1/10 poloviny tachometrové rychlosti	**< 0,18**

3.4.3 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Rakouska

Bezpečná vzdálenost mezi vozidly je v rámci právních předpisů Rakouska vymezena v § 18 zákona Straßenverkehrsordnung (StVO), popř. příslušné sankce za nedodržení v § 7, § 26, odstavce 2a nebo § 30 zákona Führerscheingesetz (FSG). Ve zmíněných právních předpisech je mj. definováno, že mezi vozidly musí být dodržena přiměřená bezpečná vzdálenost při jakékoliv rychlosti a zároveň, že vzdálenost za vozidlem musí být natolik dostatečná, aby řidič mohl kdykoli zastavit své vozidlo, a to i v případě, že řidič vozidla vpředu náhle brzdí.

Nedodržení předpisů pro bezpečnou vzdálenost je rozčleněno dle následující závažnosti:

- Pokud je vzdálenost mezi vozidly kratší, a to v rozmezí 0,2 až 0,4 *s*, je řidič zaznamenán a dostane pokutu až 726 €.
- V případě, že je vzdálenost menší než 0,2 *s*, řidič dostane pokutu 36 až 2 180 € a navíc přijde o řidičské oprávnění na nejméně 6 měsíců.

Dále je ve výše zmíněném zákoně Straßenverkehrsordnung určena povinnost pro řidiče vozidel s většími podélnými rozměry (tj. nákladní vozidla, nákladní soupravy, autobusy) dodržovat na pozemní komunikaci mimo obec vzdálenost za vozidlem nejméně 50 *m*. [48]

3.4.4 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Slovenska

Na Slovensku v zákoně č. 8/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů, je bezpečná vzdálenost za vozidlem definována v § 17 obdobně jako v ČR, avšak novelizací zákonem č. 313/2011 Sb., účinným od 19.01.2013 byl mj. doplněn odstavec 5 v § 35, kde byla konkrétně definována spodní hranice bezpečné vzdálenosti na dálnicích a rychlostních komunikacích, přičemž minimální vzdálenost za vozidlem pro jízdu na dálnici a rychlostní komunikaci je definována v časových jednotkách, a to v hodnotě 2 *s*, resp. 3 *s* u vozidel kategorie M3, N2 a N3, bez ohledu na jejich rychlost. Pokud je vzdálenost mezi vozidly kratší, hrozí řidiči pokuta ve výši 60 €. [98], [97]

3.4.5 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Polska

Dle Kodeksu drogowego, odst. 19, není bezpečná vzdálenost za vozidlem kvantitativně definována stejně jako v ČR s tím, že je stanovena minimální vzdálenost za vozidlem pro jízdu v tunelech delších než 500 *m* mimo zastavěné oblasti, a to 50 *m* u vozidel do 3,5 *t* a autobusů a 80 *m* u ostatních druhů vozidel. Tato vzdálenost může být pomocí dopravního značení řídícími orgány silniční dopravy zvýšena nebo snížena v závislosti na aktuální rychlosti v tunelu. [40]

3.4.6 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Francie

Ve francouzském zákoně o silničním provozu (l'article R 412-12 du Code de la route) je krom obdobné definice bezpečné vzdálenosti jako v českém zakotveno pravidlo dvou sekund. Zároveň vozidlo, které je těžší než 3,5 tuny nebo delší než 7 metrů, musí dodržovat mimo obec odstup za vozidly minimálně 50 metrů. Sankce za porušení tohoto předpisu je až 134 € a 3 trestné body v rámci bodového systému. [42]

3.4.7 Definice bezp. vzdálenosti v právních předpisech Velké Británie

V anglickém zákoně Road Traffic Act 1988, ve znění pozdějších předpisů, není bezpečná vzdálenost konkrétně definována, jako tomu je dosud v České republice. Existuje pouze doporučená minimální bezpečná vzdálenost 2 *s*, na mokru dvojnásobek. U nákladních vozidel v tunelu 4 *s*. [85], [23], [32]

Za jízdu s nedostatečným odstupem, tzv. tailgating, který je zahrnut pod porušením zákona nazvaném „driving without due care and attention", řidič může obdržet pokutu ve výši až 100 £, mohou mu být odebrány až 3 body, licence a v některých případech hrozí i trest odnětí svobody. [85], [23], [32]

3.4.8 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Itálie

V italském zákoně Nuovo codice della strada č. 285/1992, ve znění pozdějších předpisů, je bezpečná vzdálenost definována v § 149. Pro některé kategorie vozidel platí mimo obce na komunikacích o jednom jízdním pruhu v každém směru minimální vzdálenost za vozidlem 100 *m*. Pro vozidla jedoucí v zimním období za sněhovými frézami platí minimální bezpečná vzdálenost 20 *m*. [20]

Za porušení příslušného právního předpisu hrozí řidiči sankce 36 € až 148 € a při opakování stejného přestupku během 2 let může být odebrán ŘP na dobu 1 až 3 měsíců. [20]

3.4.9 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Norska

Dle norského zákona o provozu na pozemních komunikacích zvaného Lov om vegtrafikk, popř. Vegtrafikkloven, musí být mezi vozidly do 3,5 *t* minimálně vzdálenost větší než 0,5 sekund a u vozidel nad 3,5 *t* nad 1 sekundu. [43]

Za porušení příslušného právního předpisu může být u vozidel s hmotností pod 3500 *kg* při vzdálenosti za vozidlem mezi 0,0 a 0,29 *s* uděleno 6 bodů a odebráno řidičské oprávnění na dobu minimálně 6 měsíců, při 0,30 až 0,50 *s* potom 3 body a řidičské oprávnění na dobu 3 až 6 měsíců. U vozidel o hmotnosti nad 3500 *kg* a vzdálenosti za vozidlem 0,0 až 0,49 *s* může být odebráno 6 bodů a řidičské oprávnění na dobu minimálně 6 měsíců, při odstupu 0,5 až 1,0 *s* potom 3 body a řidičské oprávnění odebráno na dobu 3 až 6 měsíců. [43]

3.4.10 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Finska

Bezpečná vzdálenost je v právních předpisech Finska definována v § 10 zákona zvaného Tieliikennelaki č. 267/1981 Sb., ve znění pozdějších předpisů, obdobně jako v České republice a doporučeno je pravidlo dvou sekund, ovšem pokutován je odstup menší než 1,0 *s* u vozidla bez vzduchových brzd při rychlosti nad 60 *km/h*. Pokud je rychlost vozidla vyšší než 60 *km/h* a odstup menší než 0,25 *s*, hrozí řidiči odebrání řidičského oprávnění na dobu minimálně 1 měsíc. Dále hrozí pokuta řidiči vozidla se vzduchovými brzdami, pokud je jeho rychlost vyšší než 60 *km/h* a odstup za vozidlem vpředu menší než 1,5 *s*. Pokud je rychlost vozidla vyšší než 60 *km/h* a odstup menší než 0,35 *s*, hrozí řidiči odebrání řidičského oprávnění na dobu minimálně 1 měsíc. [1]

3.4.11 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech Švédska

V právních předpisech Švédska je bezpečná vzdálenost definována v zákoně Trafikförordning č. 1276/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů, obdobně jako v České republice. Policie může udělit řidiči pokutu, když jede za vozidlem vpředu s odstupem menším než 1,0 *s* s tím, že pokud je vzdálenost za vozidlem menší než 0,5 *s*, řidiči hrozí odebrání řidičského průkazu. [87], [88]

3.4.12 Definice bezpečné vzdálenosti v právních předpisech USA

Bezpečná vzdálenost není v právních předpisech státu kvantifikována. Pouze je doporučeno organizací US department of public safety dodržovat za vozidlem následující odstup [84]:

- 3 sekundy pro rychlost vozidla 35 až 55 *mph* (56 až 88 *km/h*) za ideálních podmínek,
- 4 sekundy pro rychlost vozidla 55 až 75 *mph* (88 až 120 *km/h*) za ideálních podmínek nebo pro nižší rychlosti za zhoršených podmínek,
- 7 až 8 sekund při zledovatělém povrchu vozovky nebo za hustého sněžení

3.4.13 Přehled problematiky bezpečné vzdálenosti v právních předpisech jednotlivých zemí

Dle výše zmíněných právních úprav jednotlivých zemí, týkajících se bezpečné vzdálenosti za vozidlem, je v následující tabulce uveden stručný přehled prahových hodnot vzdáleností mezi vozidly, při jejichž porušení mohou být řidiči v jednotlivých vybraných zemích pokutováni.

Tabulka 13: Stručný přehled prahových hodnot bezpečné vzdálenosti v právních předpisech jednotlivých zemí

Země	**Základní právní předpis**	**Prahová hodnota pro vymáhání sankcí za nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem**
ČR	Zákon 361/2000 Sb.	**Ne**; pouze doporučené pravidlo "dvou sekund"
Německo	Straßenverkehrs-Ordnung	**Ano**; 5/10 poloviny tachometrové rychlosti v metrech (tj. 0,9 *s*); 50 *m* u nákladních vozidel s hmotností převyšující 3,5 *t* či autobusů jedoucích na dálnici rychlostí převyšující 50 *km/h*
Rakousko	Straßenverkehrs-Ordnung	**Ano**; 0,4 *s;* 50 *m* u vozidel s většími podélnými rozměry jedoucími na pozemní komunikaci mimo obec
Slovensko	Zákon 8/2009 Sb.	**Ano**; 2 *s*, resp. 3 *s* u ostatních vozidel (tj. kategorie M3, N2 a N3) jedoucích na dálnici nebo rychlostní komunikaci
Polsko	Kodeks drogowy	**Ano**; 50 *m* u vozidel do 3,5 *t* či autobusů a 80 *m* u ostatních druhů vozidel jedoucích v tunelu mimo zastavěné oblasti delším než 500 *m*
Francie	Code de la route	**Ano**; 2 *s;* 50 *m* u vozidel těžších než 3,5 *t* nebo delších než 7 *m*, jedoucích mimo obec
Velká Británie	Road Traffic Act	**Ne**, pouze doporučené pravidlo "dvou sekund"
Itálie	Nuovo codice della strada	**Ano**; 100 *m* pro některé kategorie vozidel jedoucích mimo obec; 20 *m* pro vozidla jedoucí v zimním období za sněhovými frézami
Norsko	Lov om vegtrafikk	**Ano**; 0,5 *s* u vozidel do 3,5 *t*; 1,0 *s* u voz. nad 3,5 *t*
Finsko	Tieliikennelaki	**Ano**; 1,0 *s* u vozidla bez vzduchových brzd jedoucích rychlostí vyšší než 60 *km/h;*

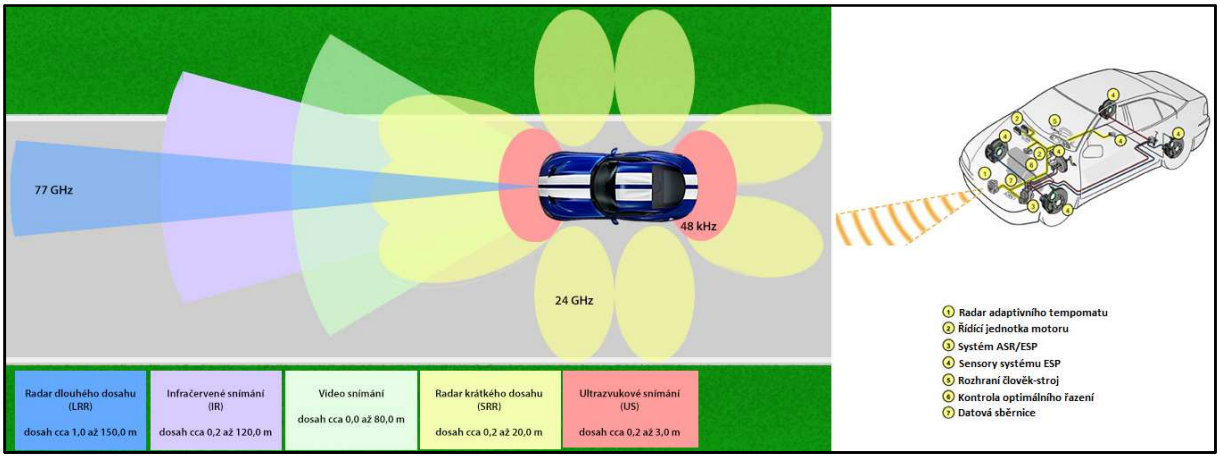
		1,5 *s* u vozidla se vzduchovými brzdami jedoucích rychlostí vyšší než 60 *km/h*
Švédsko	Trafikförordning	**Ano**; 1,0 *s*
USA	Road Traffic Act	**Ne**, pouze doporučeno 3 až 8 *s* dle rychlosti vozidla a povětrnostních podmínek

3.5 Asistenční systémy vozidel ovlivňující bezpečnou vzdálenost

3.5.1 Adaptivní tempomat

Tempomat je zařízení sloužící k regulaci rychlosti jízdy, čímž se řidiči ulehčí řízení a dojde ke snížení spotřeby vozidla. Je ovládán zpravidla páčkou s otočným přepínačem umístěnou pod volantem. Řidič vozidla si s její pomocí může navolit požadovanou rychlost vozidla a vozidlo poté tuto rychlost udržuje na konstantní hodnotě. Toto se provádí na základě rozdílu rychlosti skutečné a rychlosti požadované. V případě, že se jedná o vozidlo se zážehovým spalovacím motorem, rovnoměrnost rychlosti se upravuje pomocí natočení škrticí klapky. V případě vozidla se vznětovým spalovacím motorem je upravována činnost vstřikovacího čerpadla či vstřikovačů. Tempomat je automaticky deaktivován sešlápnutím plynového nebo spojkového pedálu nebo lze vypnout již zmíněnou ovládací páčkou. [90]

Pokročilejší verzi systému představuje adaptivní tempomat, nejčastěji označovaný zkratkou ACC - Adaptive Cruise Control, který má funkci klasického tempomatu udržujícího konstantní rychlost vozidla rozšířenou o funkci udržování zvolené vzdálenosti za vpředu jedoucím vozidlem. Vzdálenost vpředu jedoucího vozidla vyhodnocuje tento systém na základě údajů poskytnutých radarovými, laserovými, infračervenými či kamerovými snímači (či jejich kombinací) umístěnými obvykle za maskou chladiče, vestavěnými do předních světlometů či do stropnice před zpětným zrcátkem apod. [90]



Obrázek 2: Senzory vozidel pro snímání okolí vozidla a základní struktura systému ACC [2]

Pokud elektronické systémy ve vozidle vyhodnotí, že se vozidlo přibližuje k vozidlu jedoucímu vpředu, resp. k hranici nastaveného odstupu, který bývá u některých vozidel v metrech a u některých v sekundách, začne okamžitě jednat ve spolupráci s akčními členy systému. Obvykle je řidič nejprve upozorněn světelným nebo zvukovým signálem na zaznamenanou překážku, poté začne vozidlo automaticky ubírat plyn, popřípadě brzdit motorem a v posledním případě dojde ve spolupráci mj. se systémem ABS k aktivaci členu působícího na hlavní brzdový válec. O všech úkonech je řidič obvykle informován světelným signálem na displeji přístrojové desky. Pokud vozidlo používá manuální převodovku, bývá mu na displej zobrazen pokyn doprovozený zvukovým znamením s žádostí o provedení řazení na určitý převodový stupeň. U manuální převodovky tedy adaptivní tempomat pracuje většinou od rychlosti vozidla 30 až 50 *km/h*. U automatické převodovky bývá adaptivní tempomat schopen pracovat bez zásahu řidiče od nulové rychlosti vozidla, přičemž bývá rozšířen o funkci automatického rozjezdu vozidla obvykle nazvanou Stop&Go, která v nižších verzích automaticky vozidlo pouze zastaví, deaktivuje adaptivní tempomat a poté je řidič nucen rozjet vozidlo sám a případně adaptivní tempomat znovu aktivovat či je řidič vozidla po vzdálení vozidla před ním upozorněn akusticky nebo světelně a tlačítkem na přístrojové desce může vydat pokyn k automatickému rozjetí vozidla. Nejpokročilejší verzí adaptivního tempomatu je zcela automatizovaná jízda za vpředu jedoucím vozidlem bez nutného zásahu řidiče. [90]

Při činnosti adaptivního tempomatu může nastat i situace, kdy se před jedoucím vozidlem náhle objeví vozidlo jiné. Pro tyto případy bývá adaptivní tempomat vybaven několika doplňkovým zařízeními, která vzniklou situaci pomáhají řešit. Jedná se o systém varování před havárií s akustickým upozorněním řidiče či systém nouzového brzdění nebo brzdový asistent pouze pomáhající řidiči intenzivněji zpomalit. [90]

Ke kladným stránkám adaptivního tempomatu lze dle studií přiřadit pozitivní vliv na snížení stresu řidiče při ovládání vozidla. Mezi jeho nevýhody patří dle využití příslušného snímače obtížné možnosti použití při zhoršených podmínkách počasí, špatná reakce na stojící nebo protijedoucí překážky, problematické použití na úsecích s mnoha zatáčkami, které je do určité míry řešené „komunikací“ vozidla s GPS navigací, která ho informuje včas o tom, kdy se blíží zatáčka a adaptivní tempomat může před ní přibrzdit. [3]

Mezi snímače, které využívá adaptivní tempomat, mohou patřit následující [56]:

- **Mikrovlnný radarový snímač** středního dosahu využívá elektromagnetických vln zpravidla o frekvenci 76 až 77 *GHz* a vlnové délce 4 *mm* vysílaných parabolickou anténou, přičemž přijímá vlny odražené od objektu nacházejícího před vozidlem zpět

do přijímače, který vyhodnotí vzdálenost na základě rozdílu času mezi odesláním a vrácením signálu. Výhodou mikrovlnného radaru je použitelnost až do vysokých rychlostí vozidla. Nevýhodou je vyšší cena, vyšší zranitelnost z důvodu umístění v předním nárazníku a z principu téměř nemožná detekce živých objektů, tj. chodců či zvěře, které příliš neodráží zpět vysílané vlny.

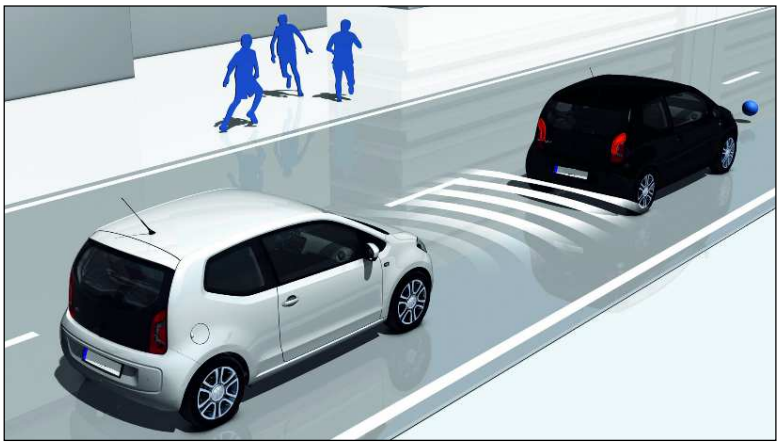
- **Laserový snímač** LIDAR (Light Detection And Ranging) představuje snímač ke zjištění světla a měření vzdálenosti využívající laserovou diodu, která přes optické čočky vysílá krátké světelné impulzy, které po odrazu od objektu vpředu optickým členem zpětně přijímá. Laserový světelný paprsek je ve srovnání s elektromagnetickými vlnami užší a tedy přesnější. Laserové světlo nacházející se většinou v infračervené oblasti světelného spektra je objektem vpředu částečně pohlceno a částečně odraženo zpět. Prostřednictvím tohoto snímače se vyhodnocuje časový rozdíl mezi odesláním a příjmem signálu včetně procenta ztráty signálu. Mezi výhody v porovnání s radarovým snímačem patří schopnost měřit větší vzdálenost, lepší účinnost při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Mezi nevýhody patří nutnost spojení s dalšími, například kamerovými snímači, menší přesnost zjištění rychlosti či potřeba dvou údajů o vzdálenosti objektu vpředu vzhledem k poloze snímače ve dvou časových intervalech s využitím GPS.
- **Dvoukamerový snímač** využívá ke své funkci dvou CMOS (Complementary Meta Oxide Semi) videokamer. Uplatnění nachází i v možností využití pro noční vidění, tj. rozpoznání dopravních značek, vozidel, jízdních pruhů apod. Výhodou ve srovnání s laserovým a radarovým snímačem je schopnost snímat okolí bez dalších pomocných prvků, schopnost detekovat a rozpoznat i chodce a zvířata. Nevýhodou tohoto snímače je však větší vliv povětrnostních podmínek nebo vyšší datové a výpočetní nároky.

Omezeními adaptivního tempomatu, ze kterých vyplývá neautonomita tohoto systému, tedy bývají [90]:

- využitelnost pouze zejména na dálnicích a rychlostních komunikacích,
- neadekvátní reakce na předjetí vozidlem,
- neadekvátní reakce na vozidlo stojící na krajnici,
- špatná reakce na cyklisty, chodce či zvířata,
- omezená funkce při projíždění zatáček,
- možný vliv zhoršených povětrnostních podmínek na funkci apod.

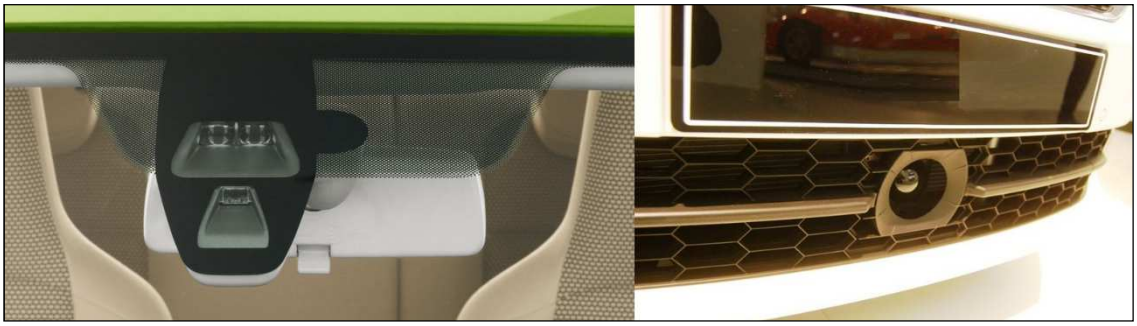
3.5.2 Systém nouzového brzdění

Takzvaný systém nouzového brzdění FVCMS (z anglického Forward Vehicle Collision Migitation System), někdy označovaný také jako EB (z anglického Emergency Braking), navázal na brzdový asistent. Tento systém je během jízdy neustále v činnosti a pomocí snímačů mapuje dopravní situaci před vozidlem tak, že v případě výskytu a vyhodnocení náhlé překážky před vozidlem (tj. nebezpečné dopravní situace) varuje řidiče a v případě, že řidič nadále nereaguje stlačením brzdového pedálu, aktivuje se brzdový systém vozidla, přičemž je maximalizován brzdný tlak do fáze skluzu a zásahu systému ABS tak, aby nedošlo ke kolizi. Tento systém je kromě vozidel a pevných překážek postupně rozšiřován o schopnost detekce a správné vyhodnocení pohybu a chování chodců, cyklistů a dalších účastníků silničního provozu a možných objektů tvořících náhlou překážku v jízdě vozidla. [102]



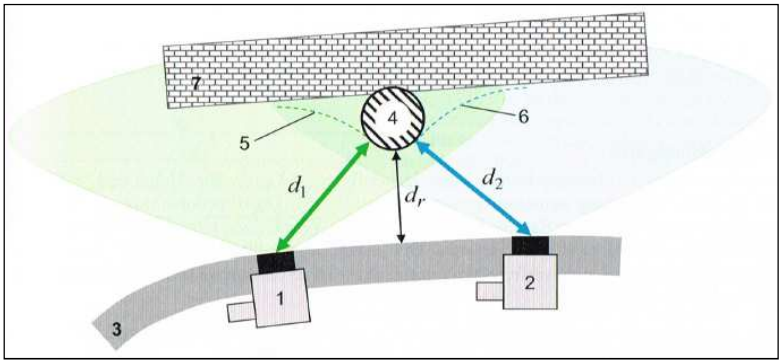
Obrázek 3: Systém nouzového brzdění [102]

Pro systém FVCMS je charakteristické automatické rozpoznání překážky v jízdě, zkrácení reakční doby řidiče na minimum, automatická aktivace brzd v posledním možném okamžiku při maximálním možném brzdném zpomalení a zabránění střetu vozidla s náhlou překážkou nebo alespoň maximální možné snížení rychlosti vozidla do střetu a snížení škod na majetku a zdraví osob. Pro funkci tohoto systému je možné využít různé druhy snímačů, především v závislosti na požadovaném rozpětí a dosahu potřebného pro detekci překážky v jízdě. Může být využíváno snímačů ultrazvukových, infračervených, laserových či elektromagnetických (tzv. radarů), které mají velký dosah, a to až 150 *m*. Nejčastěji využívanými pro účely FVCMS jsou v posledních letech snímače laserové Closing Velocity (zpravidla umístěné v horní části předního okna, které z důvodu krátkého dosahu cca do 10 *m* nedokáží posloužit sloužit adaptivnímu tempomatu) a elektromagnetické (zpravidla umístěné v předním nárazníku). [102]



Obrázek 4: Laser Closing Velocity snímač, resp. elektromagnetický „radarový“ snímač [102]

V případě použití ultrazvukových snímačů jsou vysílány impulsy o frekvenci přibližně 40 kHz a detekován čas, který uplyne od vyslání do návratu impulsu odraženého od překážky. Při použití více snímačů a velkého úhlu rozevření je možné pomocí ‚metody ‚triangulace“ určovat vzdálenost a úhel k překážce, který může být v horizontálním směru velký a ve vertikálním směru naopak malý kvůli rušivým odrazům od země. Pro měření odstupu vozidel při parkování a velmi nízkých rychlostech se hodí odrazová metoda používající ultrazvuk s malým dosahem 0,5 až 5 *m*, pro větší vzdálenosti a rychlosti je vhodná odrazová nebo triangulační metoda používající světlo blízké infračervené oblasti se středním dosahem až 50 *m*. [102]



Obrázek 5: Zapojení ultrazvukových snímačů: 1, 2 – snímače; 3 – nárazník; 4 – skutečná překážka; 5 – kruhový oblouk o poloměru d_1; 6 – kruhový oblouk o poloměru d_2; 7 - náhodně zjištěná překážka; d_r – skutečná vzdálenost mezi překážkou a nárazníkem vozidla [102]

V případě použití elektromagnetického „radarového“ snímače je dosah až 150 *m*. Tento snímač je možné kromě systému FVCMS využít také pro adaptivní tempovat ACC. Frekvence snímače bývá přibližně 76 *GHz*, což umožňuje kompaktní konstrukci potřebnou pro montáž ve vozidlech. Předsazená (Fresnelova) plastová čočka tvaruje vysílaný paprsek v ose vozidla horizontálně do úhlu ±5° a vertikálně do ±1,5°. Kromě vzdálenosti a rychlosti vozidel jedoucích vpředu může být zjišťován i směr jedoucích vozidel. Vysílaný signál je kmitočtově modulován

a do jeho návratu zpět od odraženého objektu se změní vysílaný kmitočet. Rozdíl frekvence vysílaného a přijímaného signálu je přímo úměrný vzdálenosti od překážky. [102]

Pro systém nouzového brzdění FVCMS byl do 20. dubna 2013 veden v připomínkovém řízení mezinárodní standard **ISO/FDIS 22839** s názvem Intelligent transport systems – Forward vehicle collision migitation systems – Operation, performance, and verification requirements, který zahrnuje základní požadavky na tento systém, definice jednotlivých prvků systému a jeho funkcí, rozsahy vstupních rychlostí předmětného a vpředu jedoucího vozidla pro aktivaci brzd systémem FVCMS, požadavky na funkce systému, metodiku vyhodnocování atd. [102]

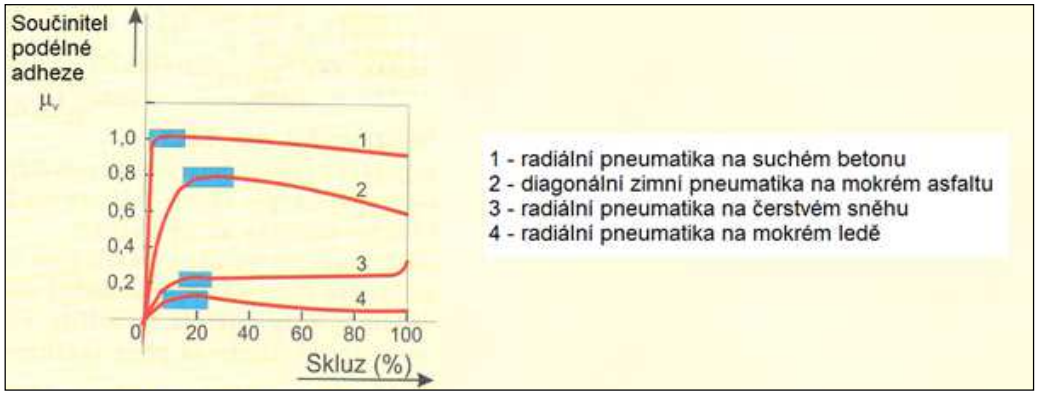
3.5.3 ABS

Mezi další systémy, které ovlivňují podélnou bezpečnou vzdálenost ve smyslu maximálního dosažitelného zpomalení vozidel, patří dnes již velmi známý systém ABS, jež dle nařízení evropské hospodářské komise s účinností od 01.07.2006 v sobě musí mít zabudovaný všechna vozidla vyráběná na území Evropské unie. [90]

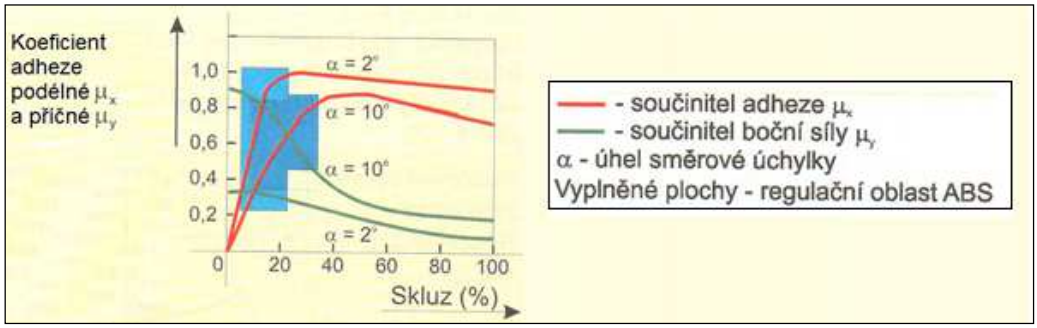
Systém ABS (Anti-lock Brake System) představuje protiskluzový brzdový systém, jehož cílem je zachovat směrovou stabilitu a řiditelnost vozidla i při intenzivním brzdění a zároveň co nejvíce zkrátit brzdnou dráhu vozidla zejména na kluzké vozovce. V kritických situacích, za zhoršených podmínek v podobě mokré nebo kluzké vozovky, při „lekavé“ reakci řidiče apod., může dojít k intenzivnímu brzdění a blokaci kol, čemuž systém ABS zabraňuje a vozidlo tak zůstává nadále řiditelné a je schopné vyhýbacího manévru např. před náhlou překážkou. [34]

Mezi požadavky na systém ABS patří zajištění stability a řiditelnosti vozidla při brzdění na vozovce ve všech možných stavech, maximální využití součinitele adheze (není-li jinak možné, upřednostnění stability a řiditelnosti před zkrácením brzdné dráhy), fungování v celém rozsahu možných rychlostí vozidla s výjimkou velmi nízkých rychlostí zpravidla do 4 *km/h*, přizpůsobení brzdění změnám adheze, eliminace nebo alespoň zpomalení stáčivého momentu vozidla, stabilita a řiditelnost vozidla při brzdění v zatáčce s nejkratší možnou brzdnou dráhou, schopnost rozpoznat aquaplanning, zabezpečení odolnosti procesu brzdění vůči hysterezi brzdy a brzdění motorem, eliminace rozkývání vozidla, zpětná vazba pro kontrolu správné funkčnosti systému ABS po celou dobu jízdy apod. [34]

Na následujících dvou obrázcích jsou modrou barvou znázorněny regulační oblasti systému ABS, v kterých systém ABS zasahuje do brzdění vozidla, aby nedošlo ke ztrátě jeho stability. [34]



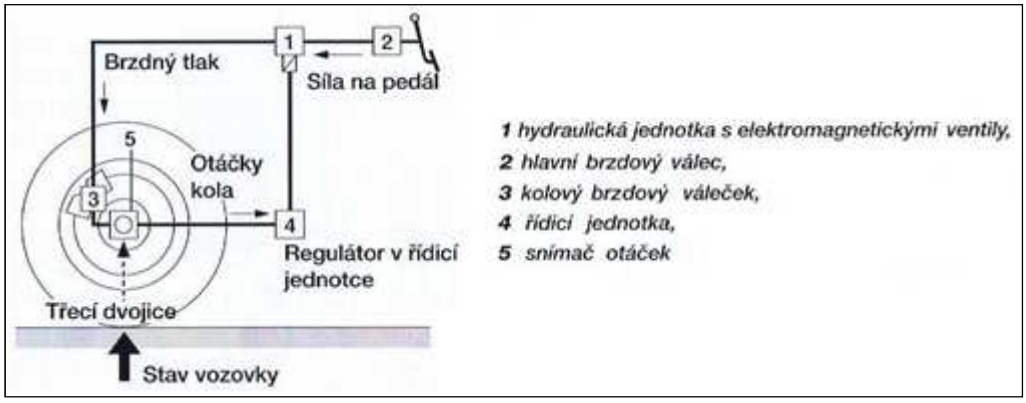
Graf 3: Součinitel podélné adheze v závislosti na skluzu [34]



Graf 4: Součinitel podélné a příčné adheze v závislosti na skluzu a úhlu α [34]

Systém ABS se skládá z komponent, mezi které patří snímače otáček kol, které předávají řídící jednotce signály o obvodové rychlosti kol, řídící jednotky, která přijímá, filtruje a zesiluje signály ze snímačů otáček kol a vypočítává skluz kol, úhlové zrychlení či zpomalení a obsahuje digitální regulátor brzdné síly složený ze dvou na sobě nezávisle pracujících elektrických obvodů, které zpracovávají informace od dvou příslušných kol. Dále se skládá z hydraulické jednotky ovládající elektromagnetické ventily a jimi tlak v brzdách, resp. brzdových válečcích kol, s optimálním brzdným účinkem na základě příkazů řídící jednotky. [101]

V případě poslední verze systému ABS, který je čtyřkanálový, měří snímače otáčky všech kol, které řídící jednotka ABS přepočítává na rychlost, kterou porovnává s referenční rychlostí a počítá skluz a zpomalení či zrychlení vozidla. Pakliže řídící jednotka vyhodnotí nebezpečí zablokování kol, aktivuje v hydraulické části systému čerpadlo pro elektromagnetické ventily příslušných kol, přičemž každé z předních kol je ovlivňováno tak, aby přenášelo největší brzdný účinek nezávisle na ostatních kolech. Na zadních kolech určuje tlak v obou kolech kolo s menším koeficientem adheze. Zadní kolo s větším koeficientem adheze je tak méně brzděno, čímž se prodlouží brzdná dráha vozidla, ovšem vozidlo získá směrovou stabilitu. [101]



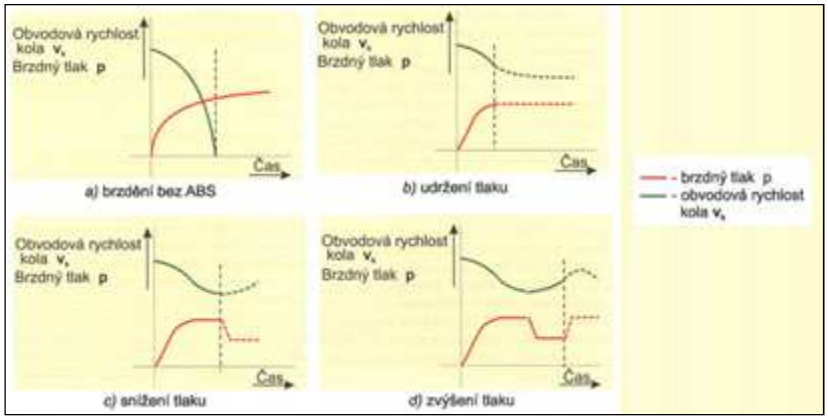
Obrázek 6: Regulační obvod ABS [101]

Řídící jednotka ABS přepíná dvojice elektromagnetických ventilů do tří různých poloh, což je zobrazeno na následujícím obrázku. [34]

V první poloze (viz graf 5d) je elektromagnetický ventil bez proudu a spojuje hlavní brzdový válec s brzdovým válečkem kola, tlak v brzdě kola může růst. [34]

V druhé poloze (viz graf 5b) prochází vinutím elektromagnetického ventilu polovina maximálního proudu, ventil odděluje brzdu kola od hlavního brzdového válce, tlak v brzdě kola zůstává konstantní. [34]

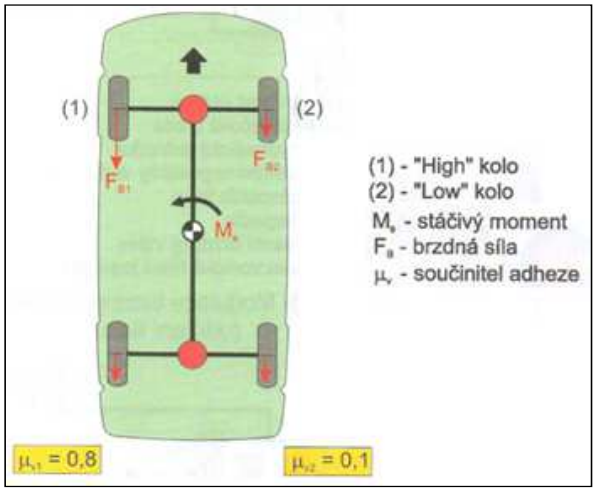
V třetí poloze (viz graf 5c) prochází vinutím elektromagnetického ventilu maximální proud, ventil odděluje hlavní brzdový válec a spojuje brzdový váleček kola se zpětným tokem, čímž dochází k poklesu brzdného tlaku v brzdě kola. Kapalina je přijata do zásobníku tlaku a poté čerpadlem přečerpána skrze zpětné ventily zpět do brzdového okruhu. [34]



Graf 5: Průběh brzdného tlaku a obvodové rychlosti kola [34]

Pakliže se vozidlo při brzdění nachází na dvou plochách s výrazně rozdílným koeficientem adheze, např. levá kola na suchém asfaltu a pravá kola na ledě, vznikají na předních kolech velmi rozdílné brzdné síly, které zapříčíní vznik stáčivého momentu vozidla (viz následující obrázek). Tento problém řeší přídavná funkce časového zpomalení nárůstu

stáčivého momentu (cca 750 *ms*), označovaná například jako GMA (Ger Moment Aufbauverzögerung), která stupňovitě zvyšuje tlak v brzdě kola s vysokým koeficientem adheze a naopak snižuje tlak v brzdě kola s tendencí k blokování. Tento systém byl vyvinut ve dvou úrovních, tj. GMA1 a GMA2, přičemž druhá verze je určena vozidlům s obzvláště kritickými jízdními poměry a oproti první řadě jsou integrované obvody v řídící jednotce rozšířeny o dva přídavné mikroprocesory, které pracují paralelně a vzájemně se kontrolují. [34]



Obrázek 7: Princip vzniku stáčivého momentu [34]

3.5.4 Brzdový asistent a další

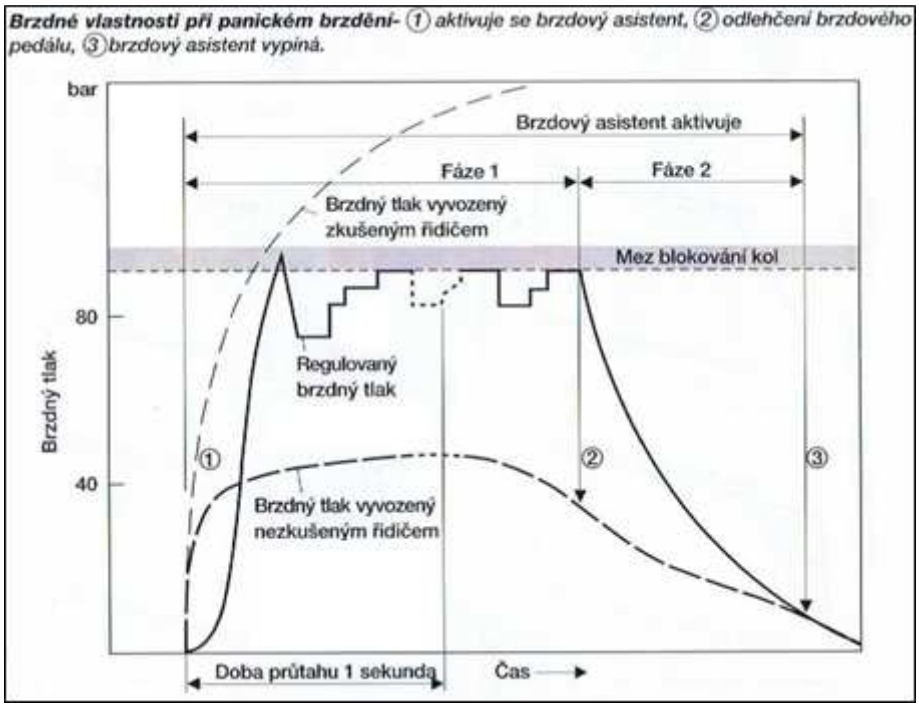
Mezi další systémy, které ovlivňují podélnou bezpečnou vzdálenost ve smyslu dosažení maximálního dosažitelného zpomalení vozidel, patří kromě systému ABS také jeho nadstavba v podobě brzdového asistenta, popř. ve smyslu stability vozidla při manévrech zejména před náhlou překážkou v případě, že dojde k náhlému zpomalení vpředu jedoucího vozidla, stabilizační systém ESP (Electronic Stability Program), kombinující systém ABS a protiprokluzový systém ASR (Anti-Slip Regulation), který dle nařízení Evropské hospodářské komise s účinností od 01.11.2014 musí mít zabudován do všech nově vyráběných vozidel na území EU s hmotností do 3,5 *t*. [102]

Brzdový asistent označovaný většinou zkratkou BAS (Brake Assist System) je systém pomáhající řidiči v kritických situacích, kdy při brzdění zpravidla málo zkušený řidič nestlačí brzdový pedál dostatečně silně. Předmětný systém prostřednictvím snímačů takovou situaci rozpozná a následně odešle signál pro maximální zvýšení tlaku v hydraulické brzdové soustavě. Brzdový asistent spolupracuje s posilovačem brzd a plně využívá možností systému ABS.

Přínosem brzdového asistenta je zejména u nezkušených řidičů zkrácení doby pro dosažení maximálního brzdného účinku a tím pádem i brzdné dráhy vozidla. [102]

Existuje několik provedení brzdových asistentů. Patří zde [89]:

- Mechanický brzdový asistent (MBA), často v podobě nadstavby systému ABS, vyžaduje snímač pro detekci rychlosti pohybu pedálu, prostřednictvím kterého je při vysokých rychlostech pedálu brzdový asistent aktivován.
- Elektronický brzdový asistent (EBA), který bývá využit ke zvýšení odezvy dynamiky systému ESP, popřípadě pro potřeby adaptivního tempomatu, využívá ke své funkci data řídící jednotky získaná z brzdové soustavy.
- Hydraulický brzdový asistent (HBA) je založený na existujících komponentách systému ESP a vyžaduje rozšíření software tohoto systému. Signál k aktivaci hydraulického brzdového asistenta je pro řídící jednotku získáván prostřednictvím tlakového senzoru umístěného v hlavním brzdovém válci. Pakliže řidič sešlápne brzdový pedál, rozpozná řídící jednotka brzdný požadavek řidiče a případné panické brzdění tak, že tyto okolnosti snímá signálem tlaku popisujícím průběh tlaku v hlavním brzdovém válci (viz následující obrázek). Příslušný snímač tlaku je umístěn přímo na hydraulické jednotce. Když je změřený tlak větší než zadaný práh a změna tlaku větší než zadaná hodnota (bod 1), je aktivován brzdový asistent. Jakmile je brzdový asistent aktivován, je na všech kolech vytvořen brzdný tlak až k mezi blokování kol, k čemuž se využívá například hydraulická jednotka ESP zvyšující tlak individuálně pro každé kolo přes hodnotu brzdného tlaku zadanou řidičem. Aktivní zvýšení brzdného tlaku a regulace brzdného tlaku probíhá podobně jako u brzdných zásahů ESP, a to tak, že překročí-li brzdný tlak mez blokování, podřazený regulátor ABS přebírá úlohu regulace skluzu kola a brzdná síla je optimálně využívána. Když je změřený tlak menší než zadaná hodnota, tzn. uvolnění brzdového pedálu (bod 2), systém rozpozná požadavek řidiče a může zmenšit brzdnou sílu, přičemž se mění logika regulace a novým cílem je řízení podle signálu změřeného tlaku a umožnění řidiči komfortní přechod na standardní brzdění. Brzdový asistent se vypíná v okamžiku, kdy zvýšený brzdný tlak dosáhne zadané hodnoty nebo signál tlaku nedosáhne zadané hodnoty (bod 3). Řidič může dále brzdit bez přídavné podpory brzdění brzdovým asistentem. [101]

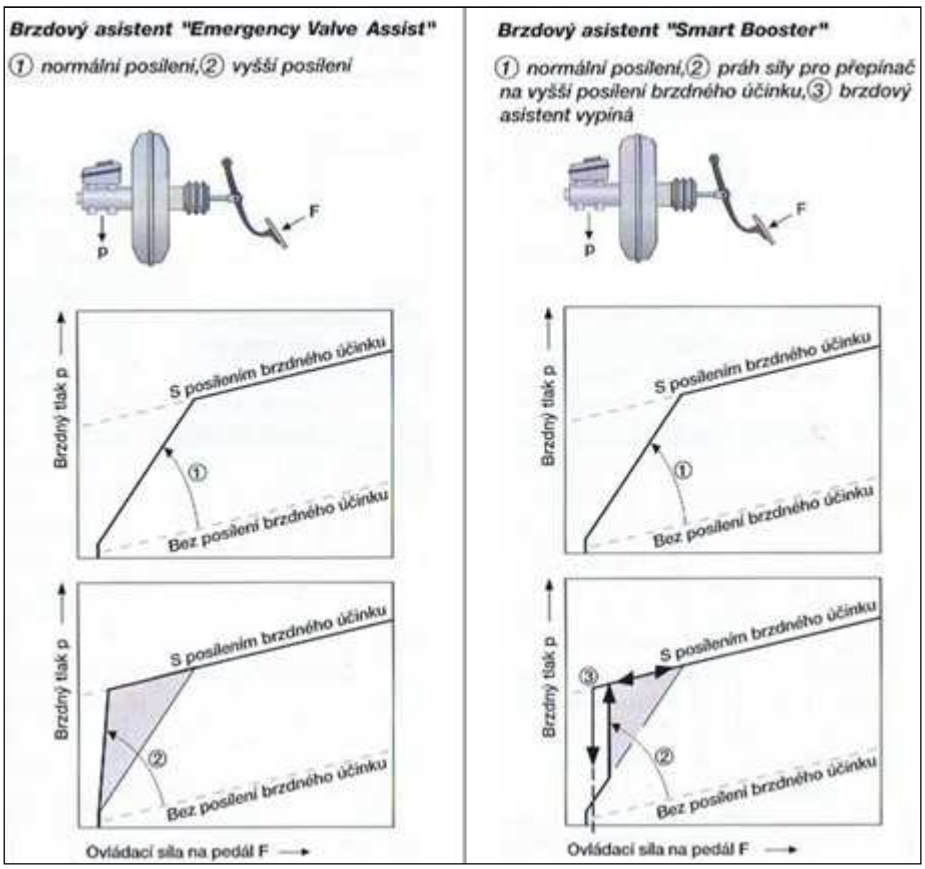


Graf 6: Hydraulický brzdový asistent [101]

Podle vybavení vozidla jsou k dispozici následující typy brzdového asistenta [101]:

- Emergency Valve Assistance (EVA) vhodný pouze pro vozidla s hydraulickou brzdovou soustavou s podtlakovým posilovačem brzd vybavená systémem ABS z důvodu rychlého zvýšení brzdného tlaku asistentem. Hydraulická brzdová soustava s tímto brzdovým asistentem se liší od konvenční brzdové soustavy rozšířeným podtlakovým posilovačem brzd o setrvačností řízený nouzový ventil a upravený hlavní válec. Brzdový asistent EVA aktivuje setrvačností řízený nouzový ventil umístěný v podtlakovém posilovači brzd tak, že při překročení předdefinované hodnoty rychlosti sešlápnutí brzdového pedálu nouzový ventil rychle otevře propojení mezi podtlakovou komorou a podtlakovým vedením v podtlakovém posilovači brzd, přičemž je tento proces nezávislý na síle vyvinuté řidičem na brzdový pedál. Podtlak je účinný okamžitě a způsobí maximální možné zesílení brzdné síly po hodnotu regulace systémem ABS. U klasického ovládání brzdového pedálu vzniká obvyklé posílení brzdné síly (viz následující obrázek vlevo). Pakliže řidič ovládá brzdový pedál rychle, přepíná mechanika normální posílení (bod 1) mezi silou řidiče a brzdným tlakem v posilovači brzdné síly na vyšší posílení (bod 2). [101]
- Pressure Boost Control (PBC) představující zesilovač brzdného tlaku se snímačem tlaku na pedál a zesílením brzdného tlaku v hydraulické jednotce. Je vhodný pouze pro vozidla se systémem ESP. U posilovače „Smart Booster“ je rozeznáván brzdný

požadavek řidiče na základě dráhy brzdového pedálu a aktivačního spínače vestavěného do posilovače brzdného účinku. U běžného ovládání brzdového pedálu vzniká obvyklé posílení brzdné síly (viz následující obrázek vpravo). V případě, že je změna dráhy pedálu větší než zadaná hodnota, aktivuje se brzdový asistent. Jakmile je brzdový asistent aktivní, otevře se elektromagnetický ventil zabudovaný do posilovače brzdné síly, čímž se rychle zvýší velikost brzdné síly, která odpovídá maximálnímu posílení posilovače brzdné síly (bod 2). Jakmile je brzdný tlak natolik vysoký, že kola dosáhnou meze blokování, systém ABS přebírá úlohu regulace skluzu pro optimální využití brzdné síly. Odpojení brzdového asistenta má za úkol aktivační spínač, který vypne brzdový asistent, jakmile řidič sníží svou sílu působící na brzdový pedál pod zadaný práh (bod 3). Dále může řidič brzdit bez přídavné podpory. [101]



Graf 7: Brzdové asistenty Emergency Valve Assist a Smart Booster [101]

4. Výzkum v oblasti bezpečné vzdálenosti

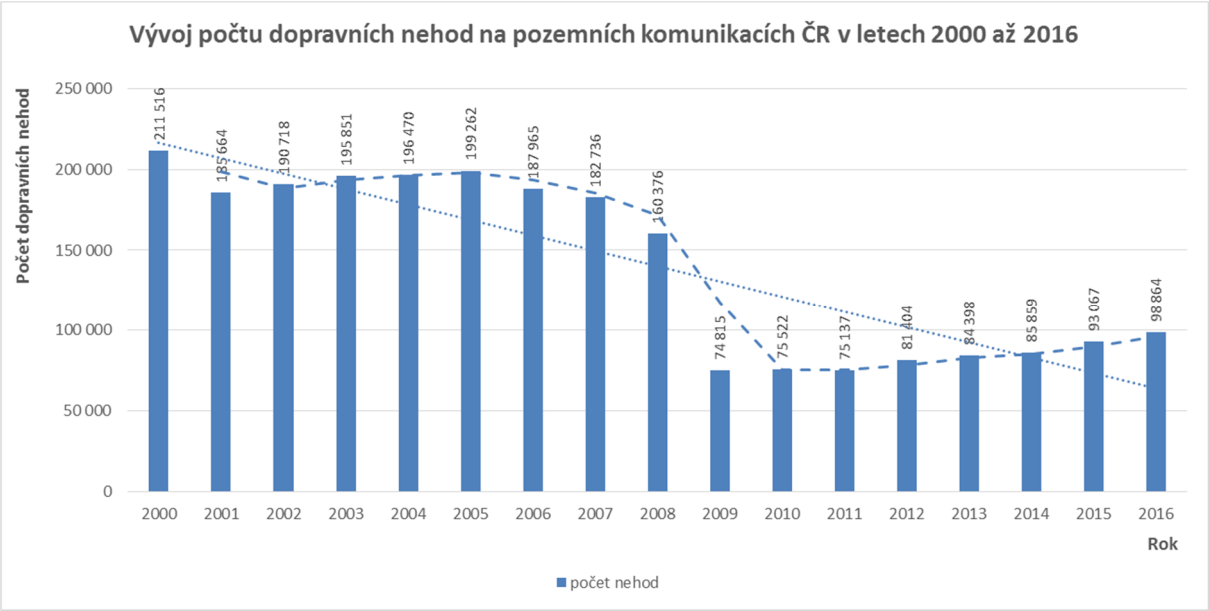
4.1 Problematika nehodovosti České republiky

4.1.1 Počet dopravních nehod

V období od roku 2000 do roku 2016 se dle statistických dat Policie ČR stalo na pozemních komunikacích České republiky celkem 2 379 624 dopravních nehod (viz následující graf), což představuje v tomto období průměrně 139 978 dopravních nehod ročně. [81]

Od roku 2009 byl u počtu dopravních nehod zaznamenaných Policií ČR značný pokles, a to zřejmě vlivem zejména novelizace zákona č. 361/2000 Sb. zákonem č. 274/2008 Sb. s účinností od 01.01.2009, kde byla navýšena výše škody pro hlášení nehody policii na 100 000 *Kč*, a to na některém ze zúčastněných vozidel včetně přepravovaných věcí. Další vliv mělo zřejmě např. zavedení systému bodového hodnocení ze dne 25.04.2006 včetně jeho následných novelizací. [99], [81]

Přes výše zmíněné vlivy poklesu počtu zaznamenaných dopravních nehod Policií ČR byl od roku 2009 každoročně evidován jejich postupný nárůst, a to až do roku 2016, ve kterém Policie ČR přijela k celkem 8 146 dopravním nehodám, jejichž příčinou bylo stanoveno nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem. [81]

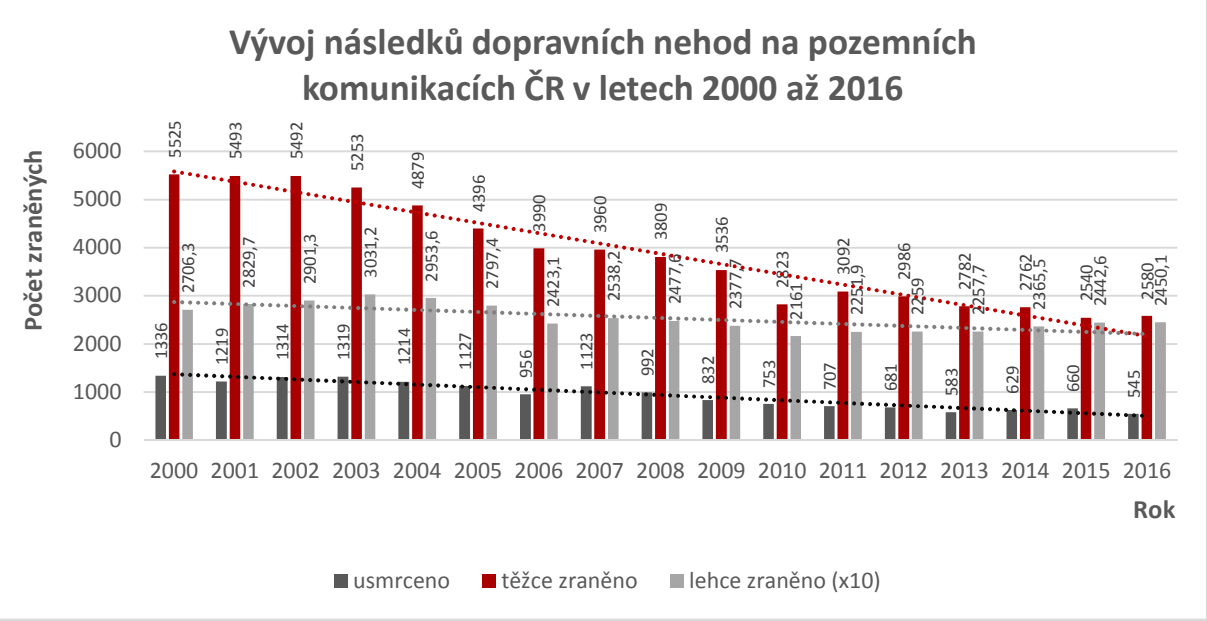


Graf 8: Vývoj počtu dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR v letech 2000 až 2016 [81]

4.1.2 Následky dopravních nehod

Vývoj počtu usmrcených a těžce nebo lehce zraněných osob při dopravních nehodách na pozemních komunikacích mezi rokem 2000 a 2016 je znázorněný na následujícím grafu. Počet usmrcených osob od začátku tohoto období do konce roku 2016 měl v průměru klesající tendenci, přičemž nadprůměrně vysoké hodnoty počtu usmrcených ve srovnání s klesajícím trendem v tomto období byly zaznamenány v letech 2003, 2007 a 2015. Vývoj počtu těžce zraněných osob v daném období má v průměru klesající tendenci, přičemž v letech 2002, 2003 a 2016 byly zaznamenány nadprůměrně vysoké hodnoty vzhledem ke klesajícímu trendu. Vývoj počtu lehce zraněných má obdobnou tendenci jako vývoj počtu usmrcených s tím, že má regresní přímka klesajícího trendu menší sklon. [81]

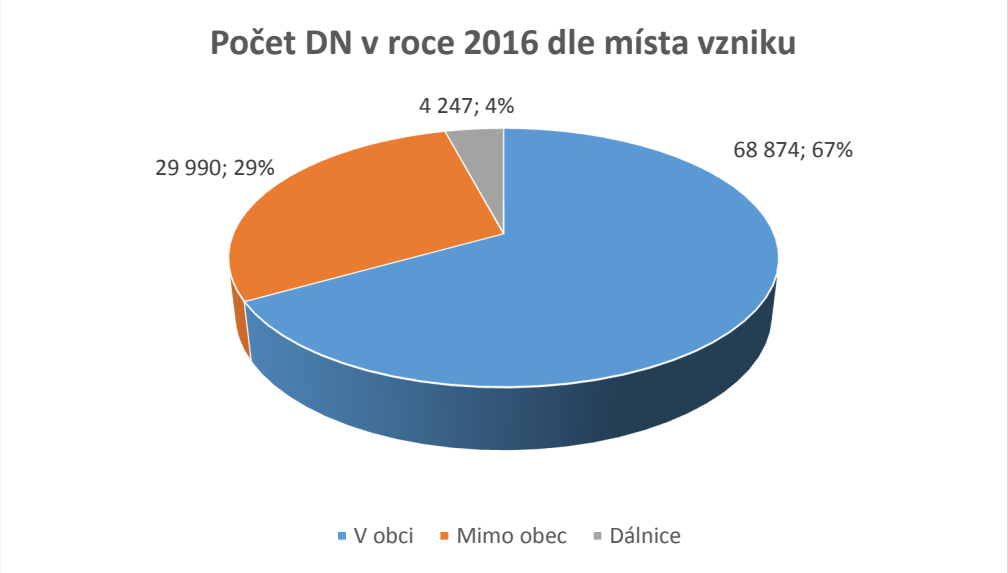
Klesající trend vývoje počtu zraněných a usmrcených od roku 2009 do roku 2016 nekopíruje rostoucí trend počtu dopravních nehod, přičemž tento efekt mohl být dán celou řadou faktorů, mezi které zřejmě patří zejména např. rozvoj systémů aktivní a pasivní bezpečnosti vozidel, zvyšování bezpečnosti dopravní infrastruktury, kampaně zaměřené na zvýšení prevence v oblasti bezpečnosti silničního provozu na pozemních komunikacích, inovace ve vzdělávání řidičů atd. [81]



Graf 9: Vývoj počtu DN se zraněním, na pozemních komunikacích ČR v letech 2000 až 2016 [81]

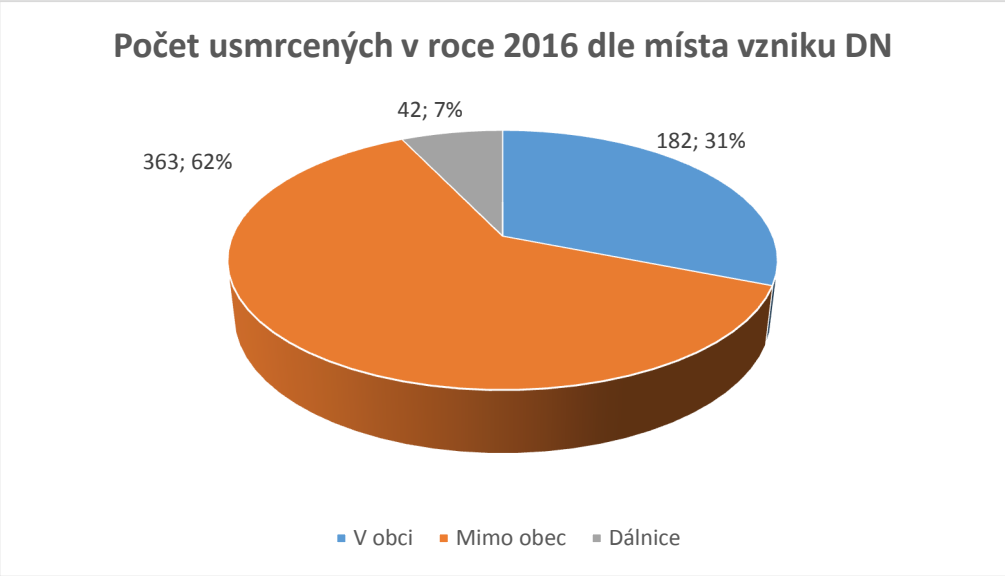
4.1.3 Místo vzniku dopravních nehod

V roce 2016 bylo Policií ČR evidováno 67 % dopravních nehod, které vznikly v obci, 29 % nehod, které se staly mimo obec a 4 % nehod, které vznikly na dálnicích České republiky. [81]



Graf 10: Počet dopravních nehod v roce 2016 dle místa vzniku [81]

Z celkového počtu usmrcených při dopravních nehodách v roce 2016 bylo dle Policie ČR usmrceno 62 % osob při dopravních nehodách vzniklých mimo obec, 32 % osob při dopravních nehodách v obci a 7 % osob při dopravních nehodách, které se staly na dálnicích na území České republiky. [81]

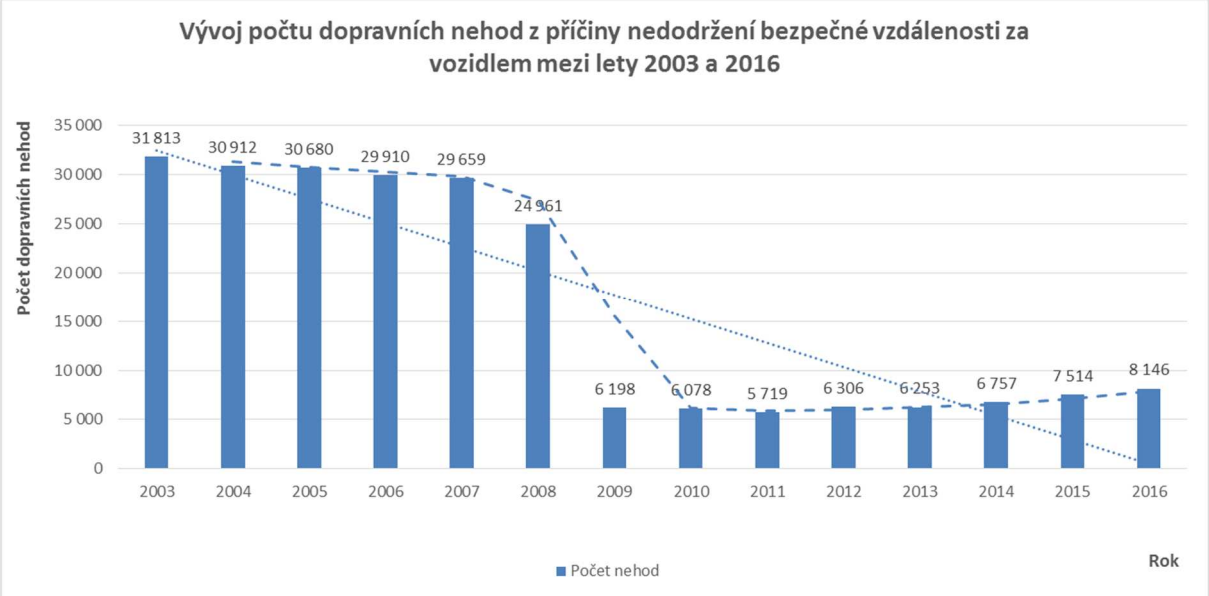


Graf 11: Počet usmrcených v roce 2016 dle místa vzniku dopravní nehody [81]

4.1.4 Dopravní nehody způsobené nedodržením bezpečné vzdálenosti

Dle policie mezi 10 nejčetnějších příčin dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR, způsobených řidiči motorových vozidel v roce 2016, patřilo plné nevěnování se řízení, nesprávné otáčení nebo couvání, nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem, jiný druh nesprávné jízdy, nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrý povrch apod.), nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatáčka, klesání, stoupání, šířka vozovky apod.), nezvládnutí řízení vozidla, nedání přednosti upravené dopravní značkou „Dej přednost v jízdě!“, vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu a vjetí do protisměru, přičemž nejčastěji vznikla dopravní nehoda tím, že se řidič plně nevěnoval řízení vozidla, nesprávně se otáčel nebo couval a třetí nejčastější příčinou bylo nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem, a to u celkem 8 146 dopravních nehod. [81]

V období mezi rokem 2003 a 2016 se dle policie v důsledku nedodržení bezpečné vzdálenosti přihodilo na území České republiky celkem 230 906 dopravních nehod (viz následující graf), což představuje průměrně 16 493 dopravních nehod ročně. Trend vývoje počtu dopravních nehod způsobených z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti přibližně odpovídá trendu vývoje počtu dopravních nehod. [81]



Graf 12: Vývoj počtu DN z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem [63],[64],[72],[73],[74],[76],[77],[78],[75],[79],[80],[81],[82]

Při hloubkové analýze dat databáze dopravních nehod Policie ČR týkajících se nedodržení bezpečné vzdálenosti byly zvoleny vstupní podmínky, kde druhem nehody byla srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem, druh srážky jedoucích vozidel byl zezadu, druh

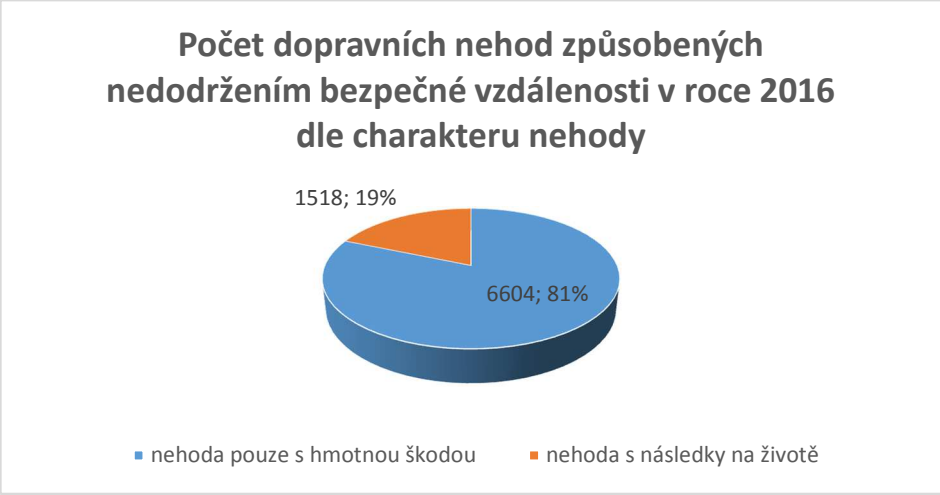
pevné překážky byl žádný – nejednalo se o srážku s pevnou překážkou, zavinění nehody bylo řidičem motorového vozidla, hlavní příčinou nehody bylo nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem, druhem povrchu vozovky byla dlažba, živice, beton, panely, štěrk, situování nehody na komunikaci bylo všude kromě nehod mimo komunikaci a druhem pozemní komunikace a křižující komunikace bylo vše mimo účelové komunikace. Tomuto vstupnímu omezení odpovídá celkem 8 122 dopravních nehod v roce 2016. [83]

Při dopravních nehodách v roce 2016 způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti byly do 24 hodin po nehodě usmrceny celkem 2 osoby, těžce zraněno celkem 48 osob, lehce zraněno celkem 1 998 osob a celková škoda odhadovaná policií dosáhla částky 704 058 500 *Kč*. [83]

Tabulka 14: Následky dopravních nehod z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti v roce 2016 [83]

Následky DN z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti v roce 2016	
Usmrceno osob (do 24 hod. po DN):	2
Těžce zraněno osob (do 24 hod. po DN):	48
Lehce zraněno osob (do 24 hod. po DN):	1 998
Celková hmotná škoda (do 24 hod. po DN):	704 058 500 *Kč*

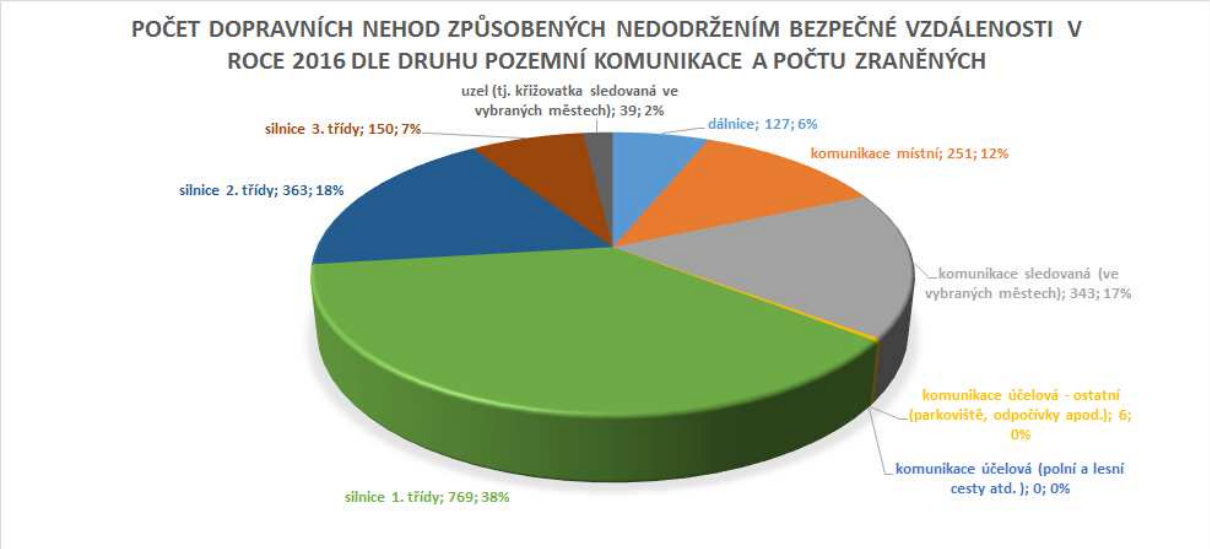
Při dopravních nehodách způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti dále v roce 2016 došlo u cca 81 % nehod tohoto typu pouze k hmotné škodě a u cca 19 % nehod i k následkům na životě. [83]



Graf 13: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle charakteru nehody [83]

Nejvíce zraněných v roce 2016 u nehod z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti bylo na silnicích 1. třídy, a to celkem 769 osob (cca 38 %), dále na silnicích 2. třídy celkem 363 osob

(cca 18 %) a poté na sledovaných komunikacích ve vybraných městech, a to 343 osob (cca 17 %). [83]



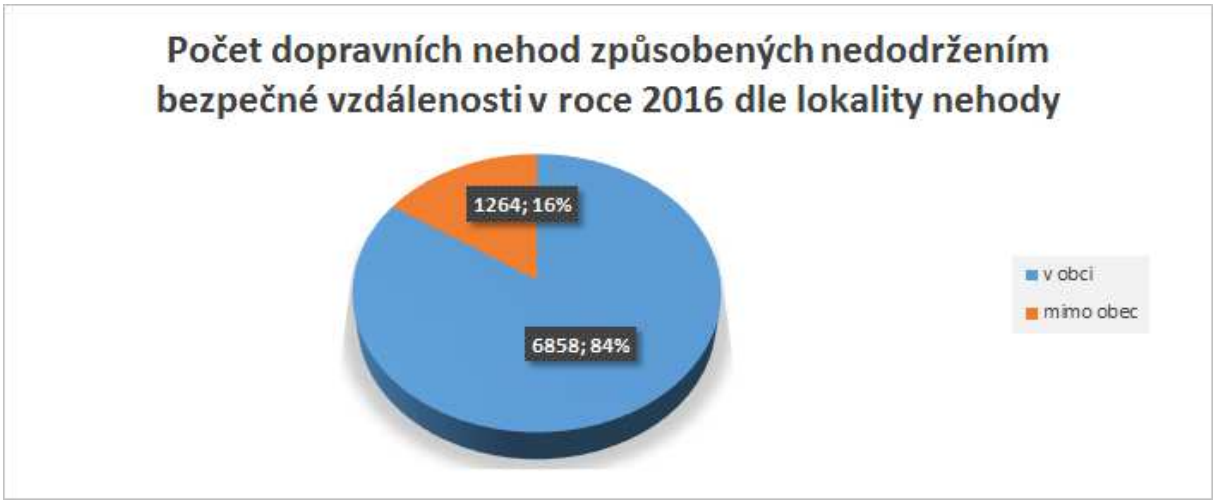
Graf 14: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu pozemní komunikace a počtu zraněných [83]

Vlivem nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem byla na silnicích 2. třídy i na místní komunikaci usmrcena 1 osoba. Nejvíce těžce zraněných bylo na silnici první třídy, a to celkem 14 osob, dále na silnicích 3. třídy, tj. celkem 9 osob, a na dálnicích, tj. celkem 8 osob. Nejvíce lehce zraněných bylo na silnicích 1. třídy, tj. celkem 755 osob, poté 2. třídy, tj. celkem 356 osob, a sledované komunikaci ve vybraných městech, tj. celkem 338 osob. [83]

Tabulka 15: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu komunikace, počtu usmrcených a těžce a lehce zraněných osob [83]

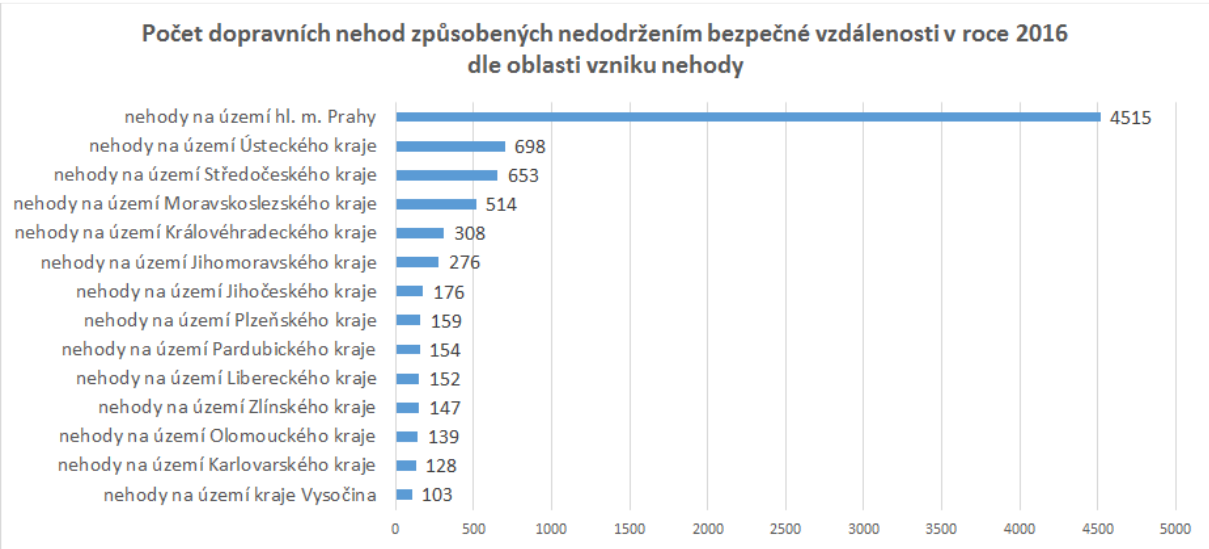
Druh pozemní komunikace	Počet usmrcených osob v důsledku nehody (do 24 h.)	Počet těžce zraněných osob v důsledku nehody (do 24 h.)	Počet lehce zraněných osob v důsledku nehody (do 24 h.)	Počet zraněných osob celkem
silnice 1. třídy	0	14	755	769
silnice 2. třídy	1	6	356	363
komunikace sledovaná (ve vybraných městech)	0	5	338	343
komunikace místní	1	6	244	251
silnice 3. třídy	0	9	141	150
dálnice	0	8	119	127
uzel (tj. křižovatka sledovaná ve vybraných městech)	0	0	39	39
komunikace účelová - ostatní (parkoviště, odpočívky apod.)	0	0	6	6
komunikace účelová (polní a lesní cesty atd.)	0	0	0	0

Z výše zvolených vstupních podmínek při analýze dat vyplývá, že se v roce 2016 z počtu 8 122 nehod nejvíce dopravních nehod, jejichž hlavní příčinou bylo dle policie nedodržení bezpečné vzdálenosti, přihodilo v obci, a to celkem 6 858 dopravních nehod, tj. 84 %. Zbylých 1 264 nehod, tj. 16 %, se přihodilo na pozemních komunikacích mimo obec. [83]



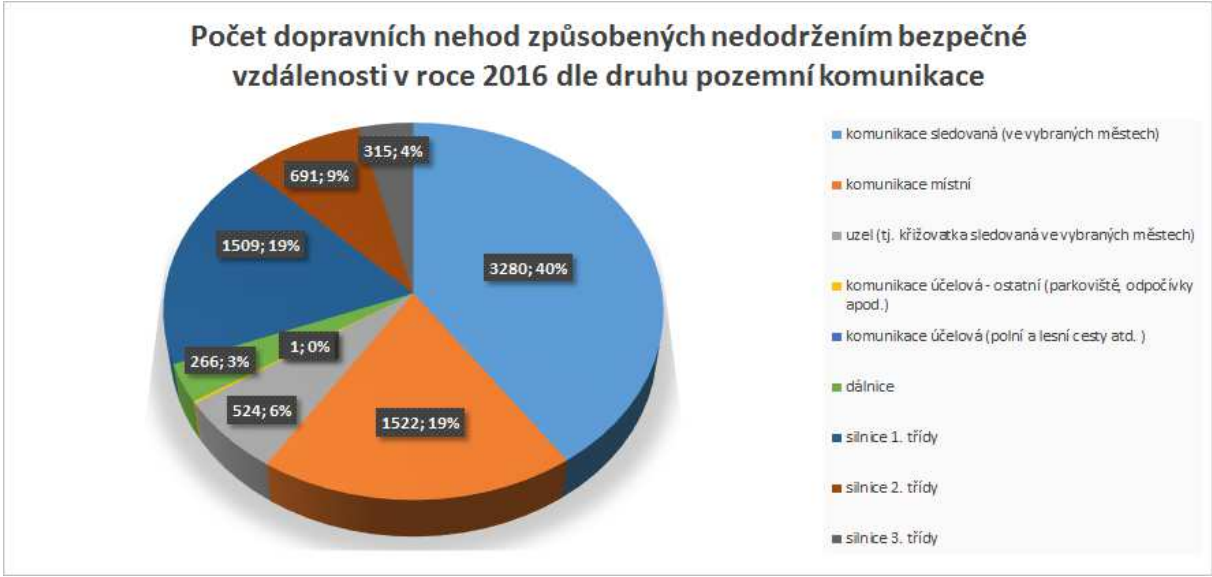
Graf 15: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle lokality nehody [83]

Nejvíce dopravních nehod způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti se dle dat policie stalo na území Prahy, a to celkem 4 515 nehod, cca 56 % z celkového počtu. Na druhém místě se umístil Ústecký kraj a na třetím místě Středočeský kraj. Naopak nejméně nehod tohoto typu bylo zaznamenáno na území kraje Vysočina (cca 1,3 % nehod), Karlovarského (cca 1,6 % nehod) a Olomouckého kraje (cca 1,7 % nehod). [83]



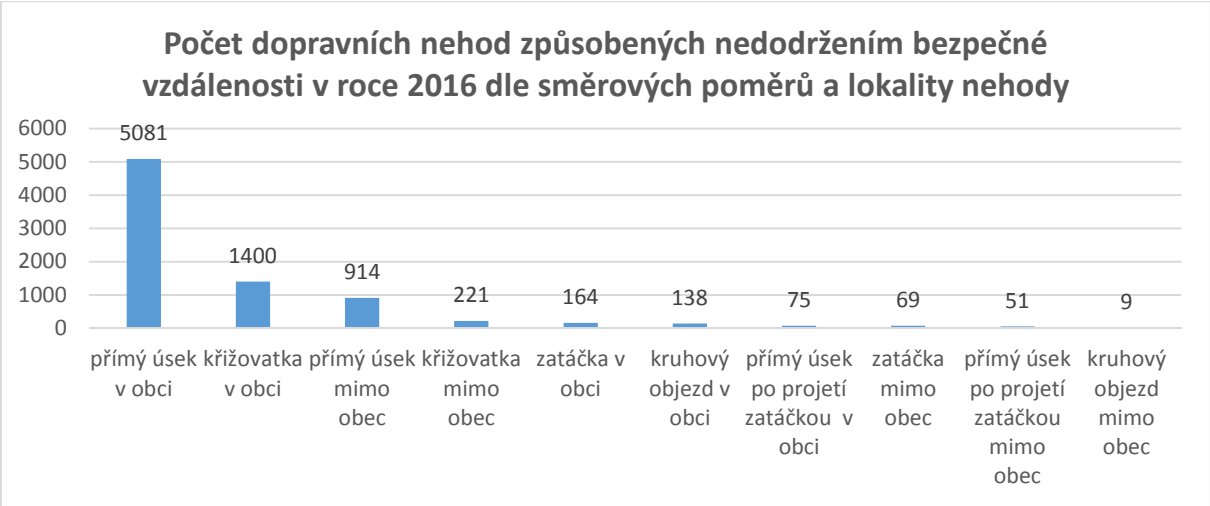
Graf 16: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle oblasti vzniku nehody [83]

Ze zmíněného počtu 8 122 nehod se jich nejvíce přihodilo na sledované komunikaci ve vybraných městech, a to celkem 3 280 nehod (40 %), poté na místní komunikaci celkem 1 522 nehod (19 %) a třetím nejčastějším druhem pozemní komunikace byla silnice 1. třídy s celkem 1 509 nehodami (19 %). [83]



Graf 17: Počet dopravních nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu pozemní komunikace [83]

Z pohledu směrových poměrů a lokality nehody se nejvíce nehod přihodilo na přímém úseku v obci, a to celkem 5 081 nehod, dále celkem 1400 nehod na křižovatce v obci či 914 nehod na přímém úseku mimo obec. Z následujícího grafu je patrné, že nejvíce nehod zmíněného typu se přihodilo na přímém úseku pozemní komunikace, a to celkem 6 121 nehod, což koresponduje s charakterem nehod tohoto typu. Celkově 1 621 nehod se přihodilo na křižovatce, 233 nehod v zatáčce a 147 nehod na kruhovém objezdu. [83]

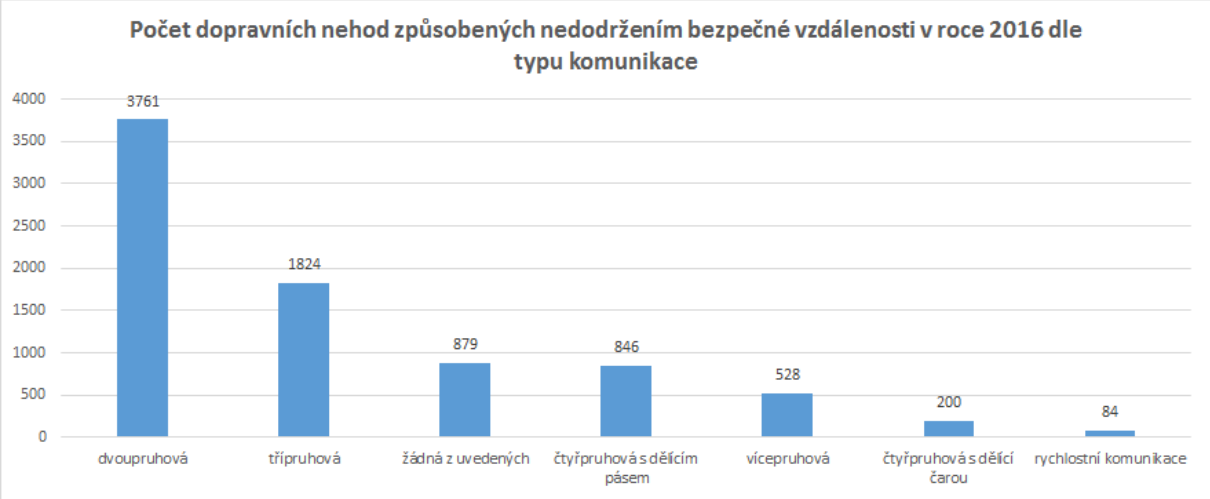


Graf 18: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle směrových poměrů a lokality nehody [83]

Na následujícím grafu je znázorněn počet nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle situování nehody na pozemní komunikaci, přičemž je patrné, že největší počet těchto nehod, tj. 7 999 nehod, resp. 98 % z celkového počtu nehod, se stalo přímo v jízdním pruhu. Zbylé necelé 2 % potom na odbočovacím připojovacím pruhu, odstavném pruhu, na krajnici, na kolejích tramvaje, mimo komunikaci, na pruhu pro odstavná vozidla apod. [83]

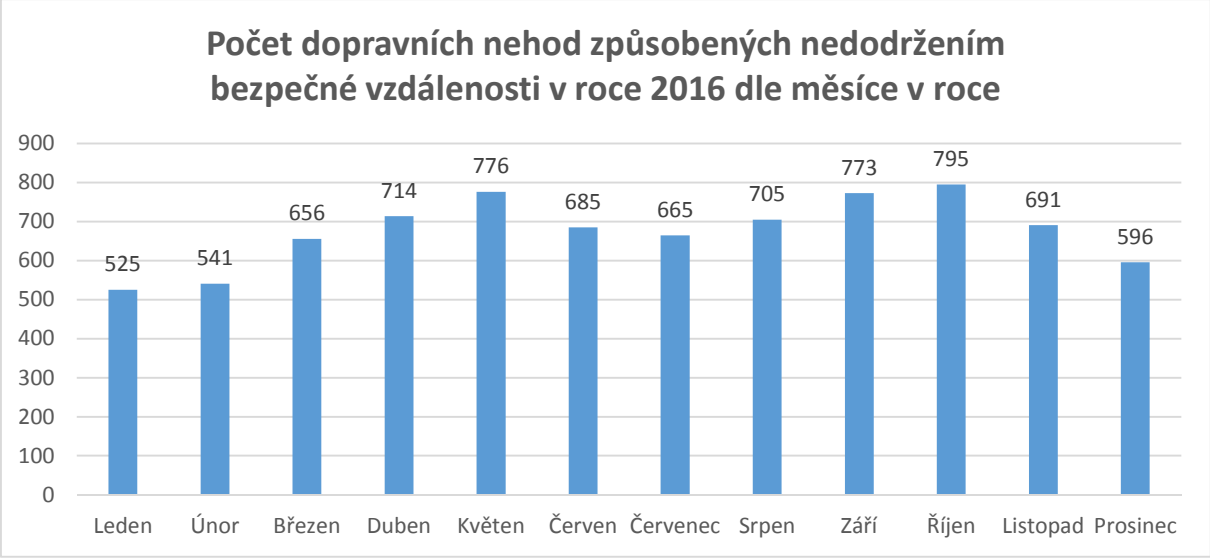
Graf 19: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle situování nehody na komunikaci [83]

Na následujícím grafu lze vidět počet nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v rámci typu pozemní komunikace, přičemž cca 46 % těchto nehod se stalo na pozemní komunikaci o dvou jízdních pruzích, cca 22 % na pozemní komunikaci o tří jízdních pruzích, cca 10 % na pozemní komunikaci o čtyřech jízdních pruzích s dělícím pásem a zbývajících cca 22 % na vícepruhové komunikaci, čtyřpruhové komunikaci s dělicí čarou, rychlostní komunikaci a jiné s tím, že nejmenší podíl na celkovém počtu, tj. cca 1 % zaujímala rychlostní komunikace. [83]



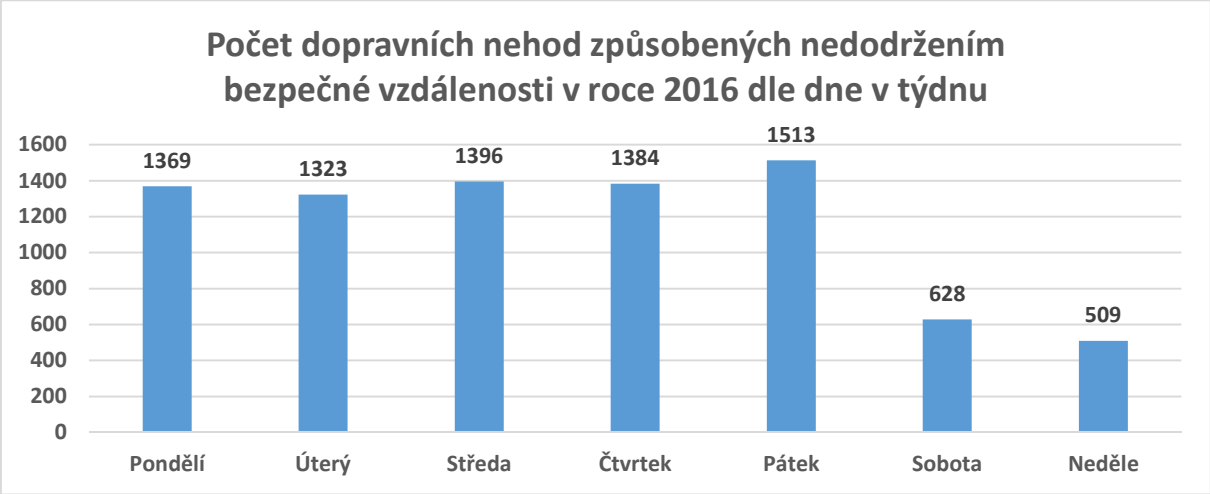
Graf 20: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle typu komunikace [83]

V roce 2016 bylo každý měsíc způsobeno průměrně cca 677 nehod vlivem nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem, přičemž nejvíce nehod tohoto typu bylo zaznamenáno v říjnu (795 nehod), květnu (776 nehod) a září (773 nehod). [83]



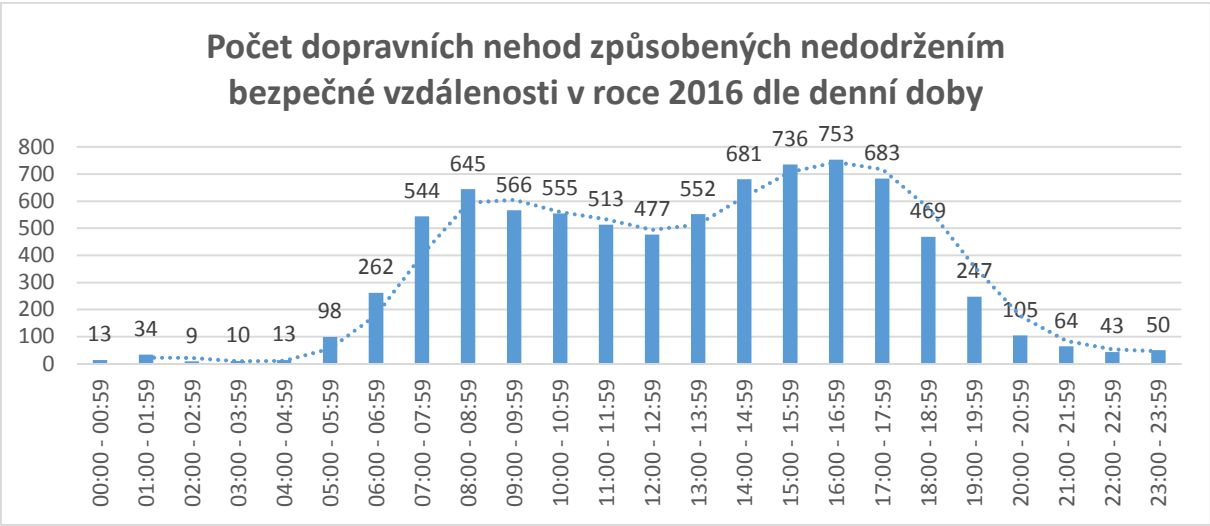
Graf 21: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle měsíce v roce [83]

V roce 2016 bylo vlivem nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem každý den způsobeno průměrně cca 1 160 nehod, přičemž nejvíce nehod tohoto druhu se stalo v pátek (cca 153 nehod). Nadprůměrně vysoký počet nehod byl zaznamenán v pracovních dnech od pondělí do pátku a výrazně podprůměrný o víkendu, přičemž v neděli byl tento počet nejnižší. Tyto hodnoty jsou evidentně závislé na intenzitě a hustotě silničního provozu, která je o víkendu v průměru výrazně menší. [83]



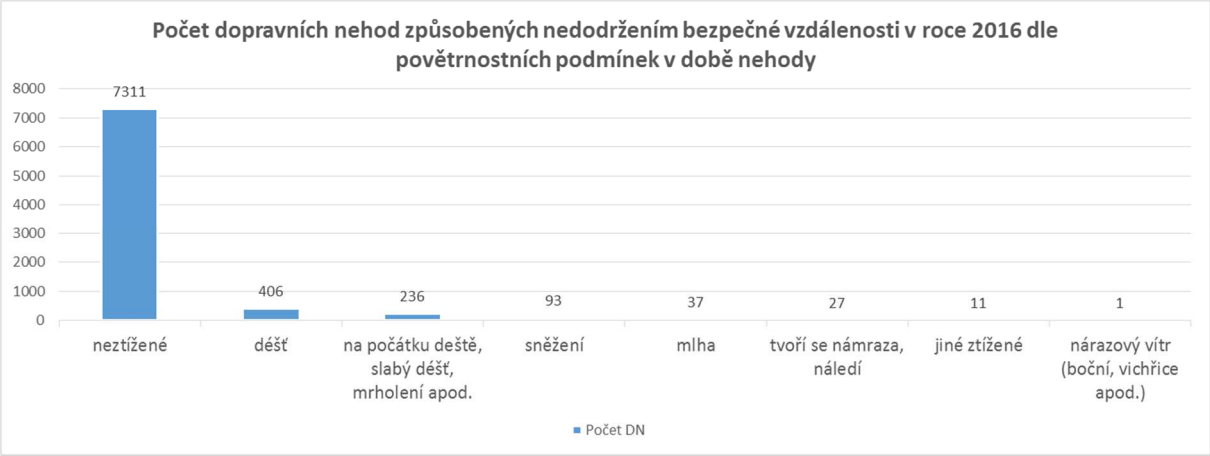
Graf 22: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle dne v týdnu [83]

Z pohledu denní doby se v roce 2016 vlivem nedodržení bezpečného odstupu od vozidla vpředu stalo průměrně cca 338 nehod. Nejvíce dopravních nehod se přihodilo v průměru mezi 16. a 17. hodinou, přičemž cca od 14. do 18. hodiny byl výskyt těchto nehod výrazně nadprůměrný. Na grafu níže je možné spatřit také druhou denní dobu s výrazně vyšším počtem nehod tohoto typu, a to cca od 7. do 11. hodiny. [83]



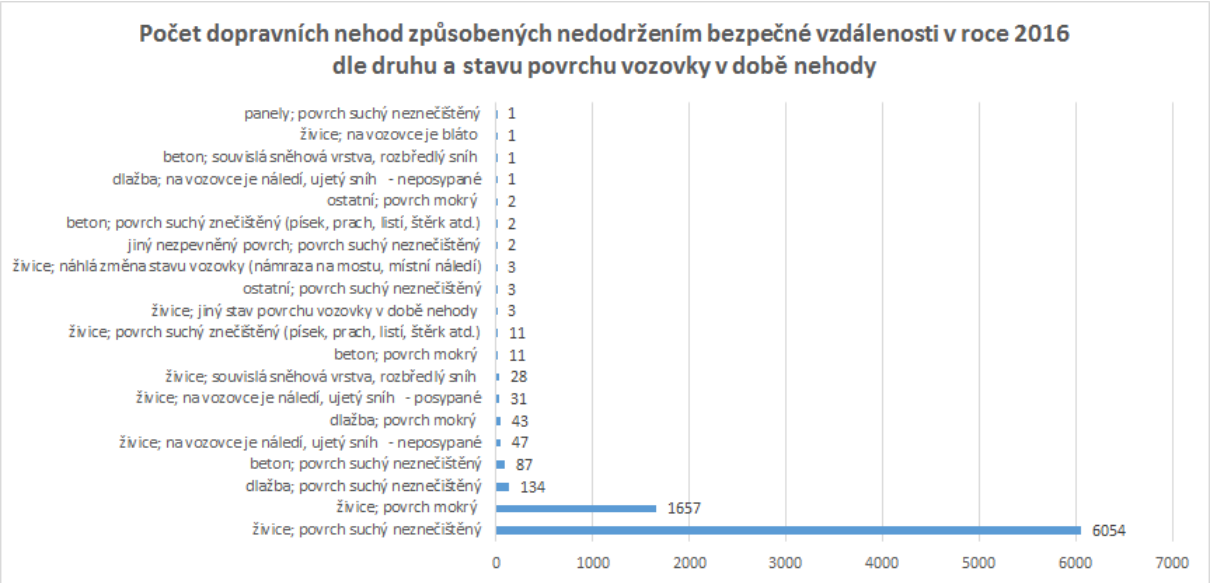
Graf 23: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle denní doby [83]

Na následujícím grafu je znázorněn počet dopravních nehod v roce 2016, způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti, dle povětrnostních podmínek v době vzniku dopravní nehody, ze kterého je patrné, že 90 % nehod tohoto typu, tj. 7 311 nehod, vznikl za neztížených povětrnostních podmínek, cca 5 %, tj. 406 nehod, při dešti, cca 2 %, tj. 236 nehod, na počátku deště, při slabém dešti, mrholení apod., cca 1 %, tj. 93 nehod, při sněžení, a zbylé cca 1 %, tj. celkem 76 nehod, při mlze, námraze, náledí, silném větru apod. [83]



Graf 24: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle povětrnostních podmínek v době nehody [83]

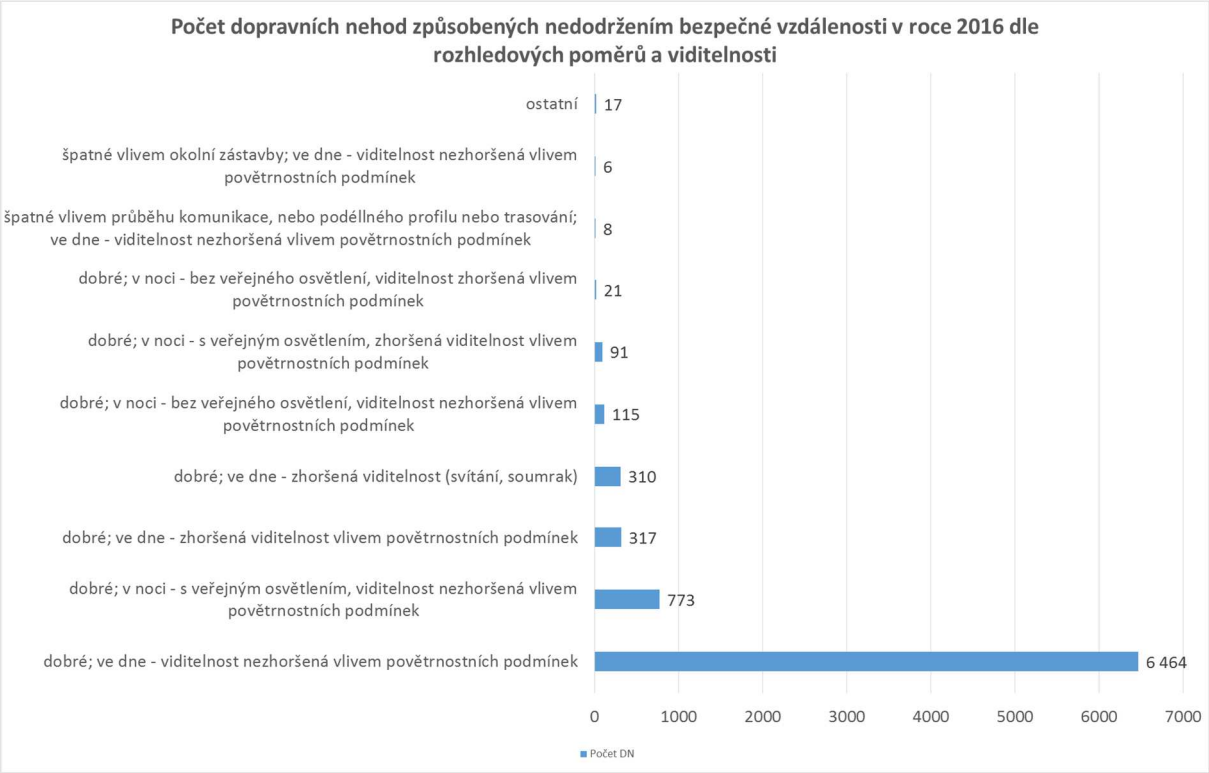
Z pohledu druhu a stavu povrchu vozovky bylo nejvíce dopravních nehod v roce 2016 způsobeno na suché neznečištěné vozovce s živičným povrchem, a to cca 75 %, respektive 6 054 nehod. Dále cca 20 %, resp. 1 657 nehod, na mokrém živičném povrchu. Cca 5 %, resp. 411 nehod, na jiném druhu a stavu vozovky. [83]



Graf 25: Počet DN způsobených nedodržením bezp. vzdálenosti v roce 2016 dle druhu a stavu vozovky [83]

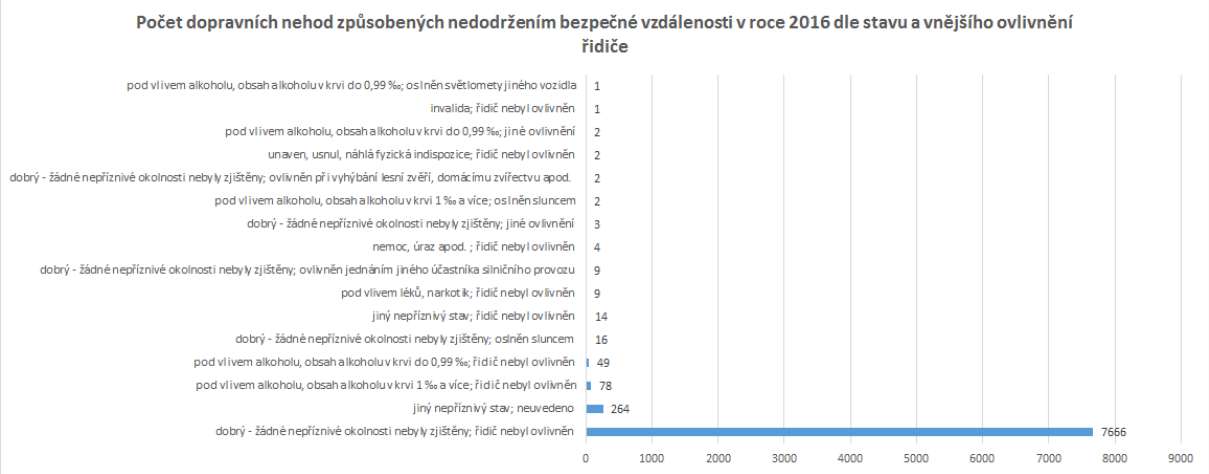
V přibližně 99 % případů nehod tohoto typu, tj. při 8 024 nehodách, byla vozovka dle policie bez závad. V 60 případech se jednalo o jiný stav či závadu komunikace, v 11 případech o nesprávně umístěnou, znečištěnou či chybějící značku, ve 2 případech o vozovku se souvislými výtlukami, v 6 případech o zvlněný povrch vozovky v podélném směru, v 6 případech o přechodnou uzavírku jednoho jízdního pruhu, ve 4 případech o přechodnou uzavírku komunikace nebo jízdního pásu, ve dvou případech o vozovku s podélným sklonem delším než 8 %, ve dvou případech o nesouvislé výtluky a v 5 případech o příčnou stružku, hrbol nebo vystouplé či propadlé kolejnice. [83]

Ze zmíněného počtu 8 122 nehod způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti byly při cca 80 %, tj. 6 464 nehodách, dobré rozhledové poměry, den a nezhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek. Při cca 10 %, tj. 773 nehodách, byly rozhledové poměry také dobré, noc a nezhoršená viditelnost. Při cca 8 %, tj. 627 nehodách, byly dobré rozhledové poměry, denní doba a z toho v 317 případech zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek a v 310 případech zhoršená viditelnost vlive svítání či soumraku. Zbylých 258 nehod, tj. cca 3 % z celkového počtu nehod měly jiné rozhledové poměry a viditelnost. [83]



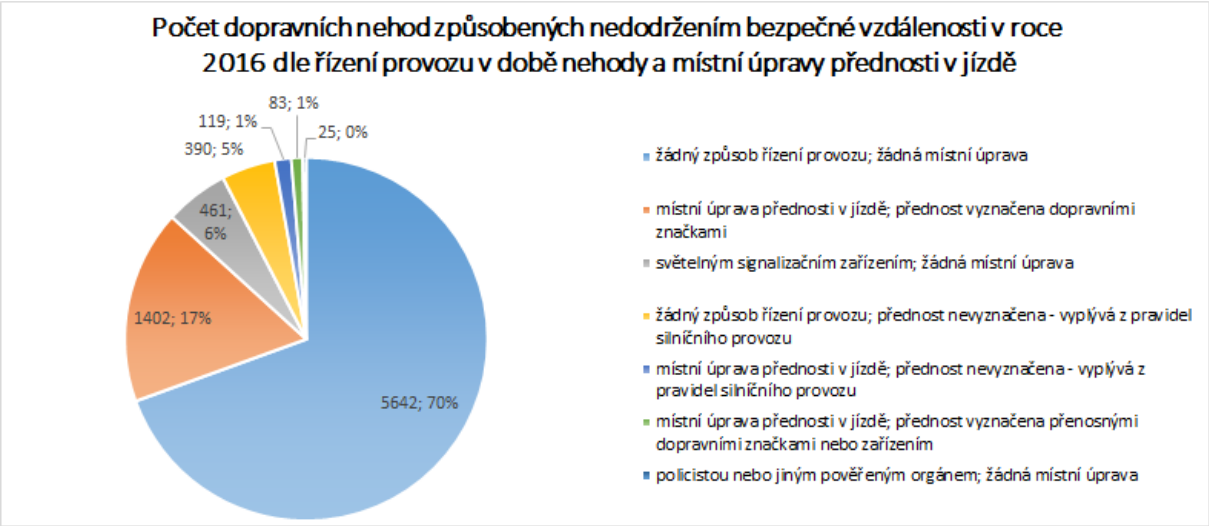
Graf 26: Počet dopravních nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle rozhledových poměrů a viditelnosti [83]

Při 7 666 nehodách ze zmíněného počtu 8 122 nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem, tj. cca 94 %, byl při nehodě stav řidiče dobrý a řidič nebyl ovlivněn vnějšími okolnostmi. V 264 případech, tj. cca 3 %, byl řidič v jiném nepříznivém stavu. Ve 192 případech, tj. cca 2 %, se jednalo o vliv alkoholu, léků, narkotik, nemoc, únavu, spánek, náhlou fyzickou indispozici a vnějšího ovlivnění řidiče v podobě oslnění sluncem, jednáním jiného účastníka silničního provozu, náhlou překážkou v podobě lesní zvěře, oslnění světlomety jiného vozidla apod. [83]



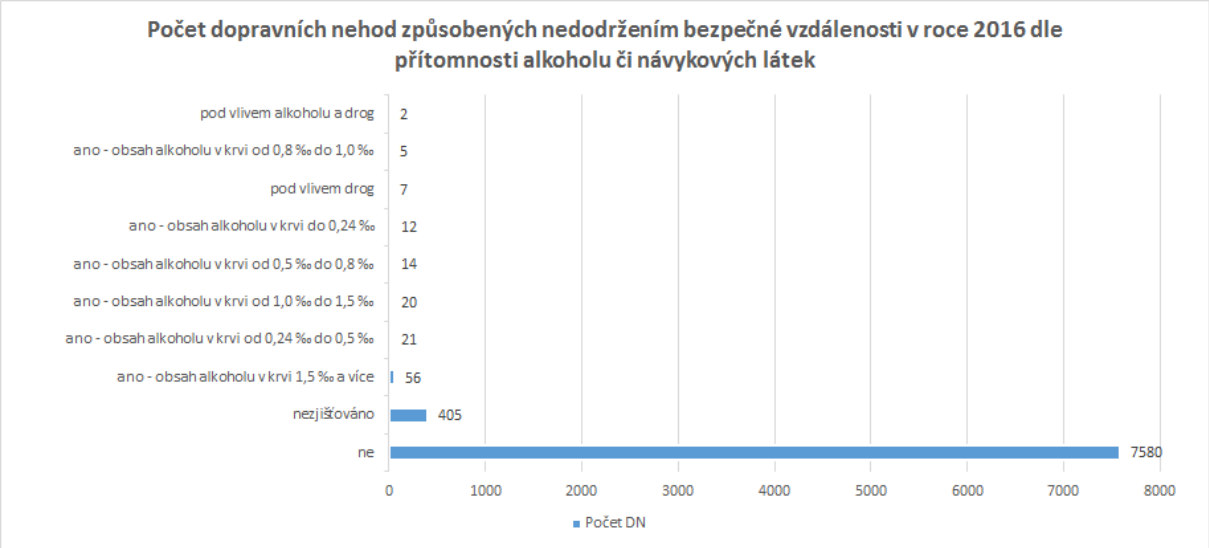
Graf 27: Počet DN v roce 2016 způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti, dle stavu a vnějšího ovlivnění řidiče [83]

V případě 8 122 nehod v roce 2016, způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti, nebyl u cca 70 %, tj. 5 642 nehod, žádným způsobem řízen silniční provoz ani nikterak upravena přednost v jízdě. U cca 17 %, tj. 1 402 případů, byla v místě dopravní nehody místní úprava přednosti v jízdě vyznačená dopravními značkami. V 6 % případů, tj. 461 nehod, byl v místě nehody provoz řízen světelným signalizačním zařízením. V cca 5 % případů, tj. 390, platila v místě nehody přednost daná pravidly silničního provozu a v cca 3 %, tj. u 227 nehod, byl jiný způsob řízení provozu a místní úprava přednosti v jízdě. [83]



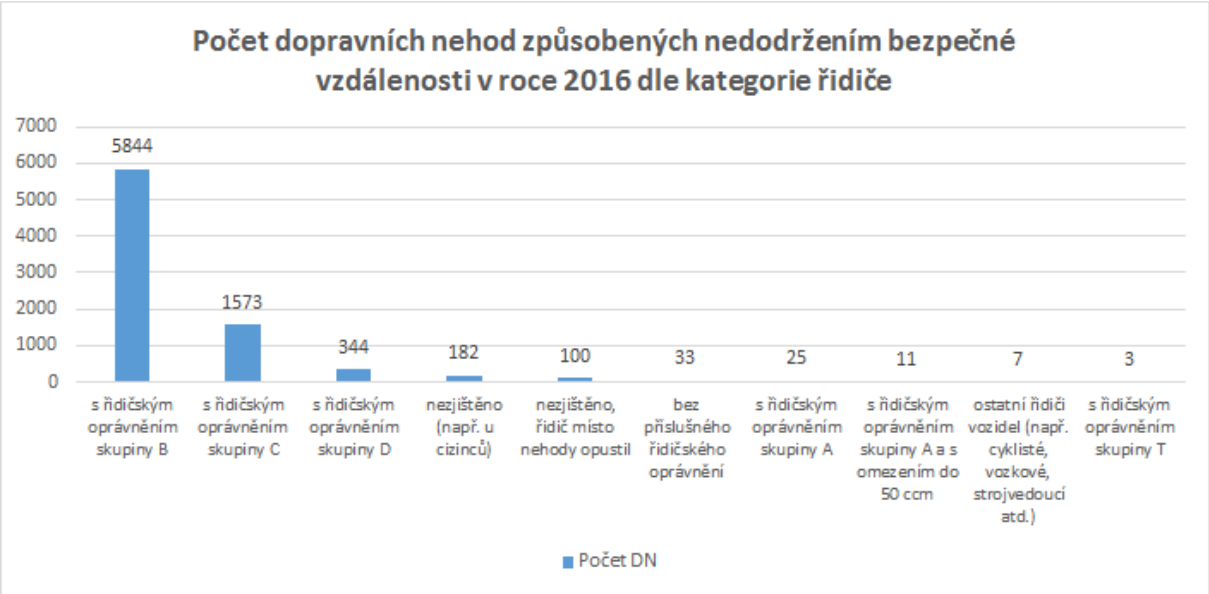
Graf 28: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle řízení provozu v době nehody a místní úpravy přednosti v jízdě [83]

Dále z analýzy dat policie vyplývá, že z 8 122 nehod v 7 580 případech nebyl zjištěn u viníka nehody alkohol či přítomnost návykových látek, v 405 případech alkohol či návykové látky nebyly zjišťovány, u 130 případů byla u viníka zjištěna přítomnost alkoholu a v 9 případech i drog. [83]



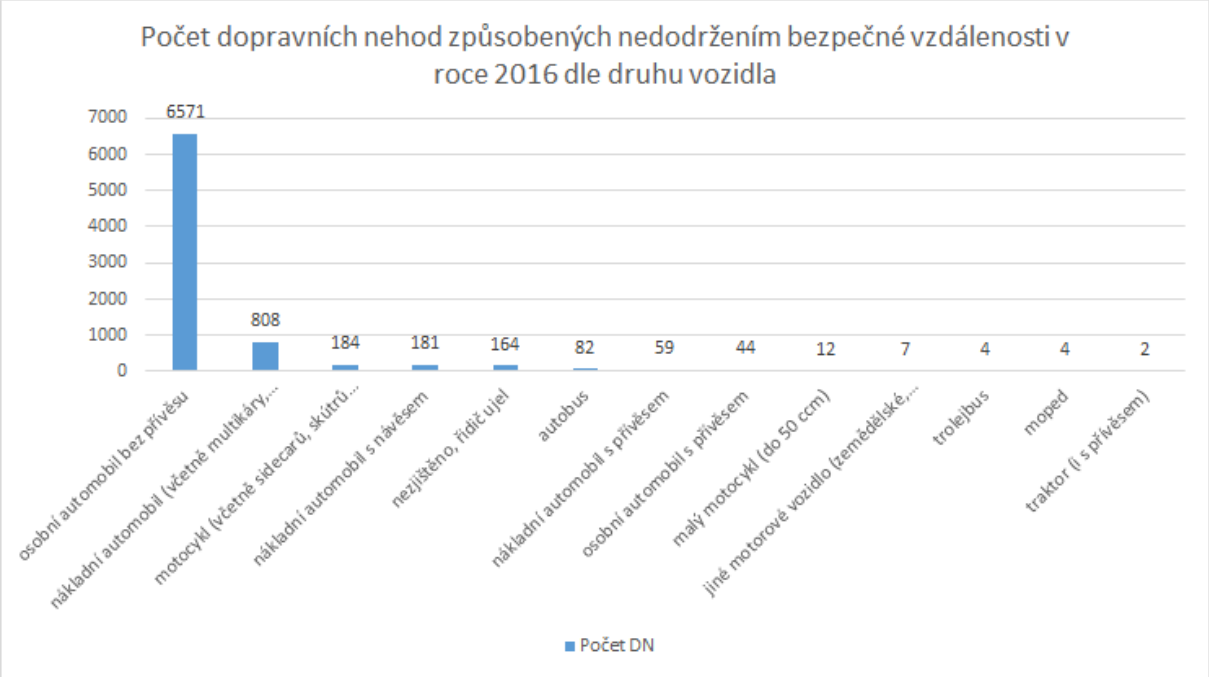
Graf 29: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle přítomnosti alkoholu či návykových látek [83]

Z celkového počtu nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem bylo 5 844 nehod, tj. cca 72 %, způsobeno řidiči s řidičským oprávněním skupiny B, 1 573 nehod, tj. cca 19 %, řidiči s oprávněním skupiny C, 344 nehod, tj. cca 4 %, řidiči s oprávněním skupiny D a 361 nehod, tj. cca 4 %, ostatními řidiči. [83]



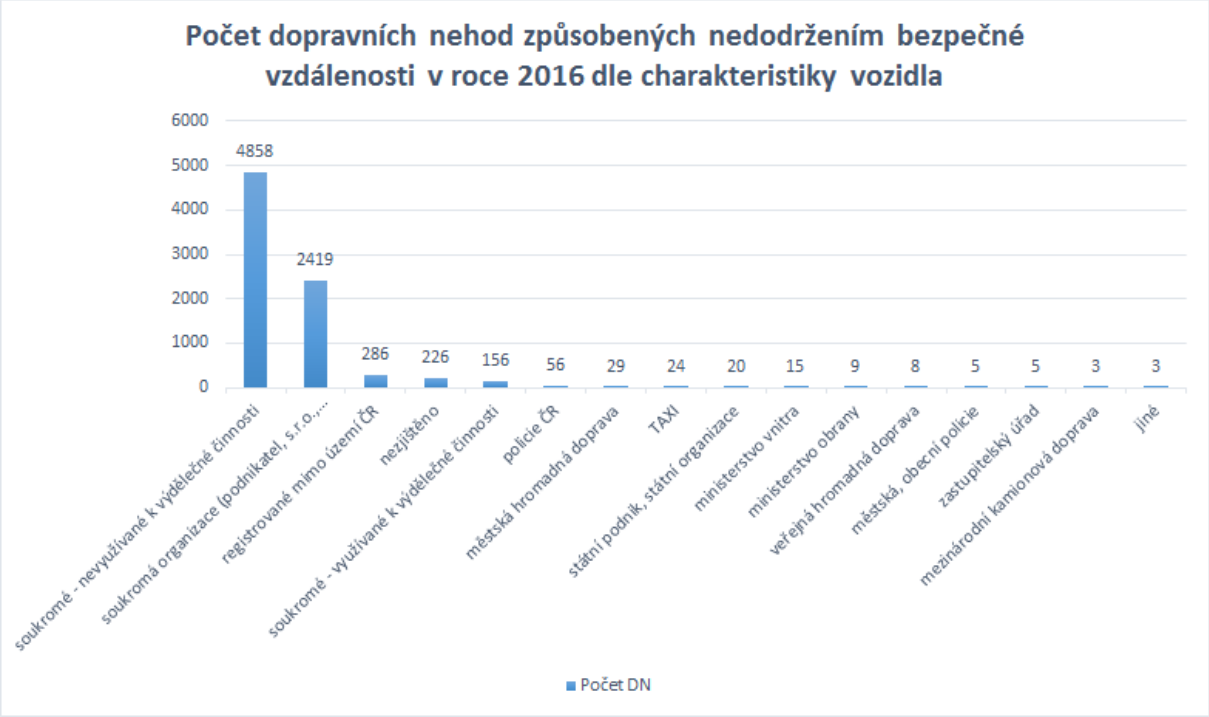
Graf 30: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle kategorie řidiče [83]

Při dopravních nehodách způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem bylo celkem 6 571 nehod, tj. cca 81 %, způsobených řidičem osobního vozidla bez přívěsu, 808 nehod, tj. cca 10 %, řidičem nákladního vozidla, 184 nehod, tj. cca 2 %, řidičem motocyklu, 181 nehod, tj. cca 2 %, řidičem nákladního vozidla s návěsem a 378 nehod, tj. cca 5 %, řidiči ostatních typů vozidel. [83]



Graf 31: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu vozidla [83]

Z celkového počtu nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem bylo 4 858 nehod, tj. cca 60 %, způsobeno řidiči soukromých vozidel, 2 419 nehod, tj. cca 30 %, řidiči soukromých organizací, 286 nehod, tj. cca 4 %, řidiči registrovanými mimo území ČR, 559 nehod, tj. cca 7 %, řidiči ostatních vozidel (soukromých využívaných k výdělečné činnosti, policie, městské hromadné dopravy, taxi, státního podniku či organizace, ministerstva vnitra či obrany, veřejné hromadné dopravy, městské či obecní policie, zastupitelského úřadu, mezinárodní kamionové dopravy apod.). [83]



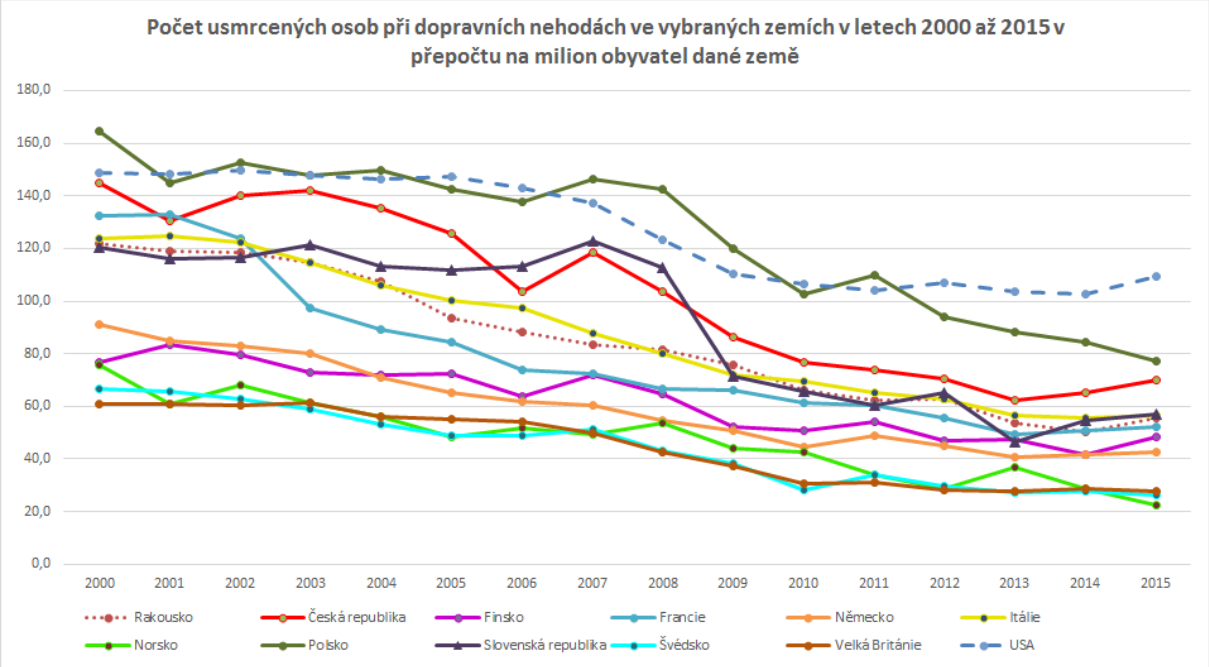
Graf 32: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle charakteristiky vozidla [83]

4.2 Problematika nehodovosti ČR ve srovnání s jinými zeměmi

4.2.1 Počet usmrcených a zraněných na milion obyvatel

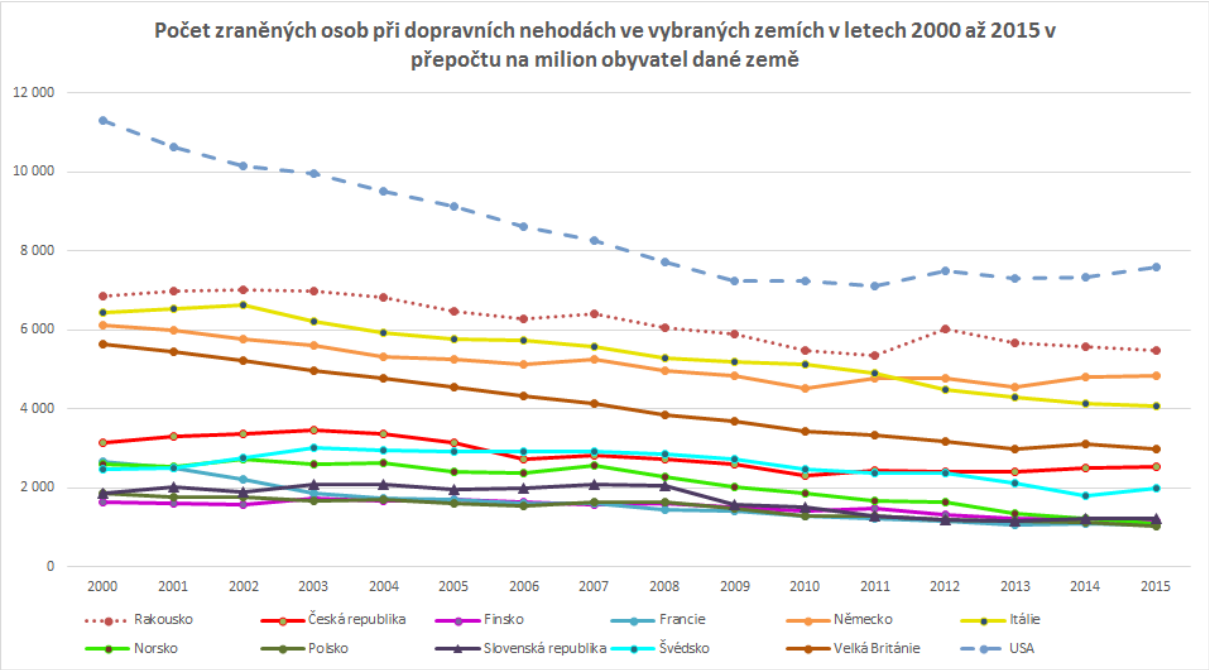
V období od roku 2000 do roku 2015 měl dle analýzy statistických dat OECD (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj) vývoj počtu usmrcených osob při dopravních nehodách na území Rakouska, České republiky, Finska, Francie, Německa, Itálie, Norska, Polska, Slovenské republiky, Švédska, Velké Británie i Spojených států amerických v přepočtu na jeden milion obyvatel v průměru klesající trend, přičemž přibližně v polovině zemí byl sklon trendu strmější, a to nejvíce u Polska, USA a ČR. Potenciál k dosažení větších sklonů trendů usmrcených osob při nehodách byl dán u vybraných zemí vyšším počtem usmrcených na začátku zmíněného období, který bylo možné ve větší míře

minimalizovat. Přesto u Slovenské republiky byla zaznamenán výrazný pokles až od roku 2009, kdy ukazatel počtu usmrcených klesl na 71,3 usmrcených na milion obyvatel. V roce 2015 klesl tento počet z hodnoty 71,3 na 57,1 usmrcených na milion obyvatel. Absolutně nejnižší počet usmrcených z vybraných zemí byl v roce 2015 evidován u Norska, a to 22,5 usmrcených na milion obyvatel. [49]



Graf 33: Počet usmrcených při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion obyvatel [49]

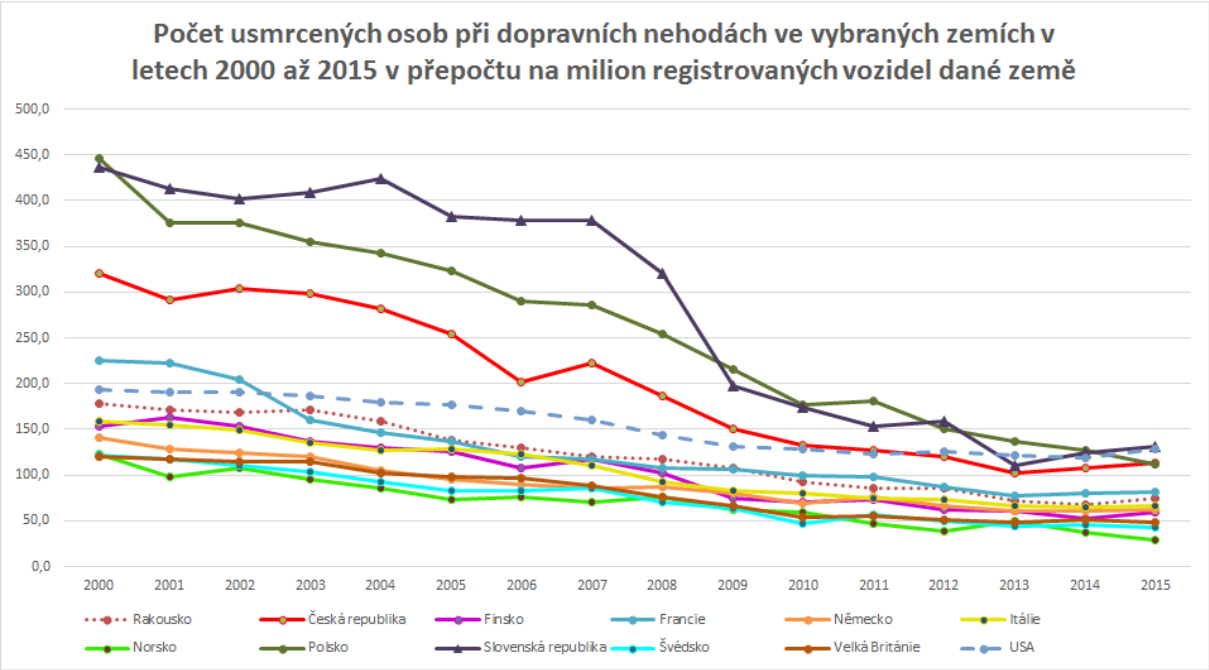
V období mezi lety 2000 a 2015 měl dle analýzy statistických dat OECD vývoj počtu zraněných osob taktéž v průměru klesající trend, přičemž u Spojených států amerických byl sklon poklesu nejstrmější. U Rakouska, Itálie, Německa a Velké Británie byl zmíněný sklon výrazně menší a v případě České republiky, Švédska, Francie, Slovenské republiky, Finska, Polska a Norska byl zmíněný sklon trendu v průměru nejmenší. Nejnižší počet zraněných byl zaznamenán v roce 2015 v Polsku, a to 1 047 zraněných na milion obyvatel. [49]



Graf 34: Počet zraněných při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion obyvatel [49]

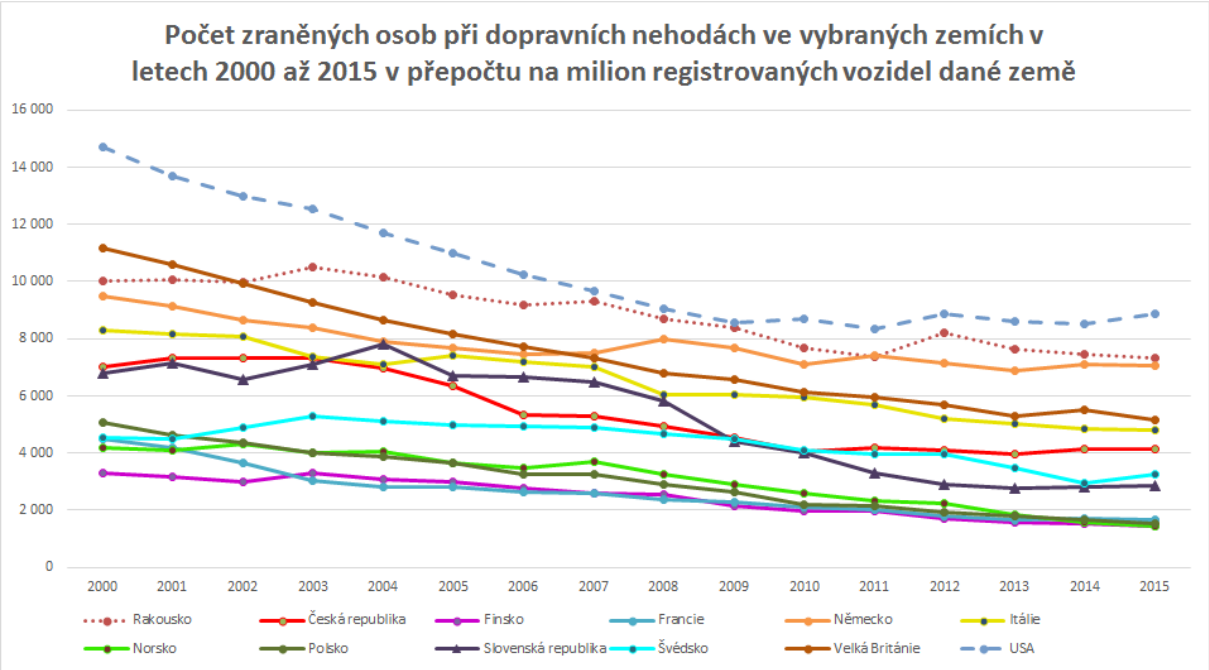
4.2.2 Počet usmrcených a zraněných na milion registrovaných vozidel

V období od roku 2000 do roku 2015 měl dle analýzy statistických dat OECD vývoj počtu usmrcených osob při dopravních nehodách na území zmíněných zemí v přepočtu na jeden milion registrovaných vozidel v průměru klesající trend, přičemž na území Slovenska, Polska a České republiky byly v průměru za dané období zaznamenány nejvyšší hodnoty, avšak v závěru období bylo díky většímu sklonu trendu dosaženo blízkých hodnot jako u ostatních zemí. Nejméně usmrcených bylo v roce 2015 evidováno v Norsku, a to 29,3 usmrcených na milion registrovaných vozidel. [49]



Graf 35: Počet usmrcených při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion registrovaných vozidel [49]

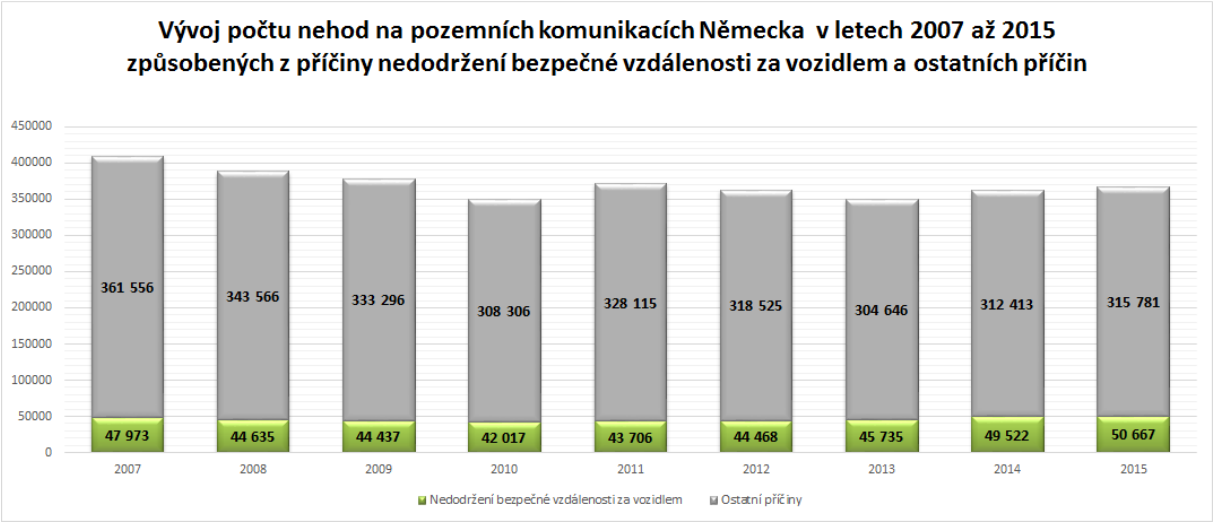
Počet zraněných osob v přepočtu na milion registrovaných vozidel příslušné země měl v období mezi lety 2000 a 2015 v průměru klesající trend. Poměrně stabilní meziroční pokles byl zaznamenán u Velké Británie. Nejvyšší počet zraněných na milion registrovaných vozidel měly i přes značně klesající trend až do roku 2009 v průběhu celého období Spojené státy americké. Naopak nejmenší počet zraněných na milion registrovaných vozidel byl za zmíněné období nejčastěji zaznamenán u Finska, kterému se ke konci sledovaného období přiblížila Francie, Norsko a Polsko, přičemž v Norsku byl tento počet v roce 2015 nejmenší. [49]



Graf 36: Počet zraněných při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion registrovaných vozidel [49]

4.2.3 Nehody způsobené nedodržením bezp. vzdálenosti v Německu

Na následujícím grafu je zobrazen vývoj počtu dopravních nehod na pozemních komunikacích Německa v letech 2007 až 2015, které byly způsobeny nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem, přičemž tato příčina se vztahuje k dopravním nehodám, u kterých došlo ke zranění či usmrcení osob. Z grafu je mj. patrné, že od roku 2007 do roku 2010 počet nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v Německu klesal, zatímco od roku 2010 do roku 2015 postupně narůstal. Podíl příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti na celkové nehodovosti mezi lety 2007 až 2015 v průměru mírně narůstal, přičemž v roce 2015 nehody způsobené předmětnou příčinou tvořily podíl cca 14 % na celkové nehodovosti země. V České republice tvořily v roce 2015 nehody způsobené primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti za vozidlem podíl cca 8 % na celkové nehodovosti. [113]



Graf 37: Vývoj počtu nehod v Německu způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti [113]

4.3 Metodika měření rychlosti a vzdálenosti mezi vozidly videokamerami

Například při analýze dopravních nehod vozidel bývá důležité znát informace o rychlosti jedoucího vozidla, popřípadě i vzdálenosti mezi vozidly v případě za sebou jedoucích vozidel. Tyto hodnoty je možné v některých případech zjistit prostřednictvím videozáznamů, pakliže známe snímkovou frekvenci videozáznamu a určitou vzdálenost mezi dvěma body na videozáznamu, kterými vozidlo projíždí, na základě čehož je možné v případě dostatečně kvalitního videozáznamu zjistit průměrnou rychlost vozidla na daném úseku či průměrnou vzdálenost mezi vozidly. K získání počáteční rychlosti vozidla bývá možné dojít např. za pomoci aplikace metody zpětného odvíjení nehodového děje, pakliže je k dispozici dostatečné množství podkladů k nehodě v podobě údajů o vozidle, jeho osádce, poškození, místě střetu, konečných poloh, brzdných stop atd., avšak pro zjištění rychlosti či vzdálenosti mezi vozidly je možné v některých případech využít i podkladů v podobě videozáznamu např. pro přibližné zjištění rychlosti vozidla, které se přímo nepodílelo na dopravní nehodě, avšak tyto údaje mohou napomoci k objasnění průběhu dopravní nehody, resp. dopravní situace v místě a době nehody. Mimo jiné je výhodou použití videokamer ke zjištění rychlosti, vzdálenosti mezi vozidly apod. značně nižší cena ve srovnání například s rychlostními radary.

Před pořízením v případě počátku realizace měření či po pořízení v případě již zajištěného videozáznamu je potřeba zjistit vzdálenost mezi dvěma body (např. směrovými sloupky, dopravními značkami apod.) na příslušném měřeném úseku, skrze který vozidlo/a projíždí, a to například za pomoci geodetické totální stanice, měřičského kolečka, pásma atd.

Obrázek 8: Schéma měření pomocí videozáznamu

Pakliže máme zaměřen úsek videozáznamu, kde projížděly nebo budou projíždět vozidla, je možné tyto body počátku a konce úseku například zanést do videozáznamu za pomocí vodoznaků s příslušným alpha kanálem, které zakomponujeme do videozáznamu. Aby nedocházelo k systematickému zkreslování hodnot, je vhodné, aby byl pořízen jeden videozáznam se středem objektivu zaměřeným např. pod kolmým úhlem k vozovce na bod začátku měřeného úseku a druhý videozáznam pro konec měřeného úseku a následně dva pořízené videozáznamy synchronizovat. Druhou možností v případě pouze jedné videokamery je, aby místo pro pořízení videozáznamu bylo dostatečně daleko od měřeného úseku tak, aby se nacházel jeho začátek i konec v zorném poli objektivu a zaměřené body byly co nejblíže vozovce a měřeným vozidlům.

Po pořízení videozáznamu a zaměření předmětného úseku je možné přistoupit ke zpracování samotného videozáznamu např. za pomoci softwarové aplikace v podobě jakéhokoli videoeditoru či videopřehrávače, který umožňuje video krokovat po jednotlivých snímcích a zobrazovat čísla jednotlivých snímků. Při zpracování videozáznamu je třeba, aby byla zaznamenávána následující data:

- snímkovací frekvence pořizovaného videozáznamu f_s [počet snímků za sekundu],
- čas přední části vozidla na začátku úseku (hodnoty: číslo snímku příslušného videozáznamu),

- čas přední části vozidla na konci úseku (hodnoty: číslo snímku příslušného videozáznamu),
- délka měřeného úseku (hodnoty: příslušná vzdálenost v metrech).

Popř. v případě potřeby zjistit z videozáznamu rychlost vozidel i jejich rozestup následující data:

- čas přední části vozidla na začátku úseku (hodnoty: číslo snímku příslušného videozáznamu),
- čas zadní části vozidla na začátku úseku (hodnoty: číslo snímku příslušného videozáznamu),
- čas zadní části vozidla na konci úseku (hodnoty: číslo snímku příslušného videozáznamu),
- délka měřeného úseku (hodnoty: příslušná vzdálenost v metrech),
- popř. ještě druh jízdního pruhu jedoucího vozidla v koloně (hodnoty: levý, pravý, popř. střední),
- popř. druh vozidla jedoucího v koloně (hodnoty: osobní, dodávkové, nákladní do 12 *t*, tahač s návěsem) apod.

Z výše zmíněných hodnot je možné následně vypočítat průměrnou rychlost vozidla a vzdálenost mezi vozidly na měřeném úseku např. pro účely posudku či analýzy silničního provozu, kde je možné pomocí statistické analýzy vypočítat střední hodnoty těchto veličin, rozptyl, medián a další charakteristiky. V případě analýzy silničního provozu, např. vzdálenosti mezi vozidly na dálnici, je třeba pečlivě určit vstupní podmínky pro zpracování dat, aby byly vyčleněny například situace, kdy je vzdálenost mezi vozidly zkrácena po předjetí druhého vozidla třetím vozidlem, kdy je vzdálenost mezi vozidly příliš dlouhá a neodpovídá jízdě v koloně apod. Vzorce pro výpočet průměrné rychlosti vzdálenosti mezi vozidly, vycházející z kapitoly 3.2 jsou následující:

Vzorec pro výpočet průměrné rychlosti vozidla na měřeném úseku:

$$\boxed{v_{\emptyset} = \frac{s}{\frac{k_z - k_k}{f_s}}} \qquad (9)$$

kde:

$v_{ø}$..... průměrná rychlost vozidla na měřeném úseku [m/s],

s……... délka měřeného úseku [m],

k_z..... číslo snímku videozáznamu s počátkem zadní části vozidla na začátku úseku,

k_k..... číslo snímku videozáznamu s počátkem zadní části vozidla na konci úseku,

f_s..... snímkovací frekvence videozáznamu [*počet snímků/s*].

Vzorec pro výpočet časového odstupu mezi dvěma vozidly jedoucími za sebou konstantní rychlostí:

$$\boxed{d_{t2} = \frac{k_{pz2} - k_{zz1}}{f_s}} \qquad (10)$$

kde:

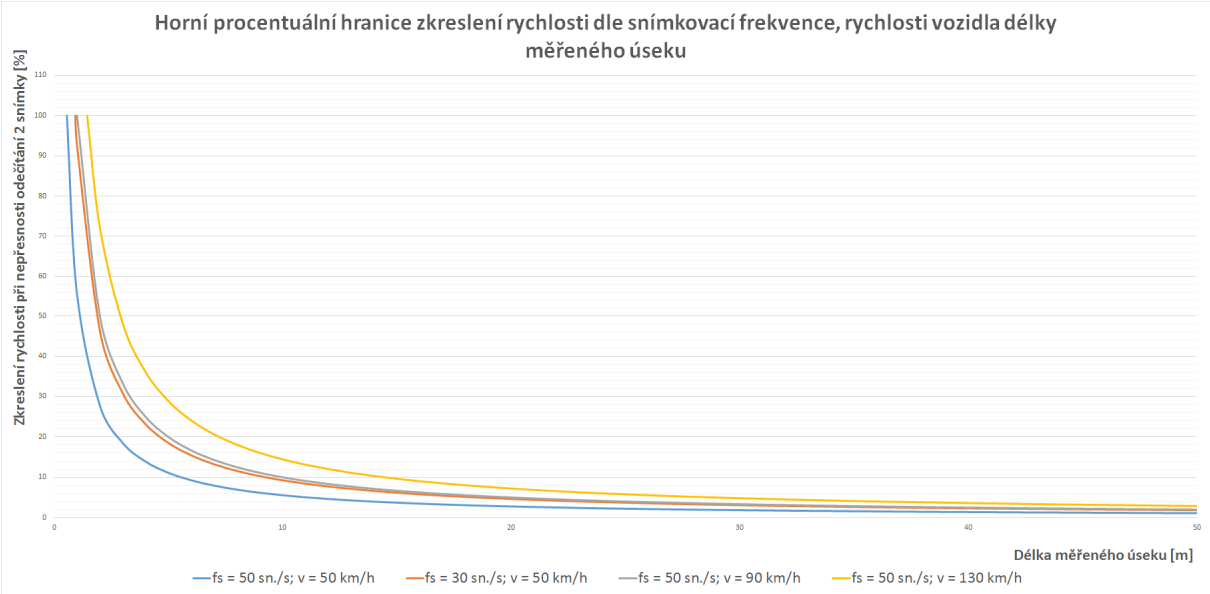
d_{t2}..... časový odstup druhého vozidla za vpředu jedoucím vozidlem v místě počátku měřeného úseku [s],

k_{pz2}..... číslo snímku videozáznamu s počátkem přední části druhého vozidla na začátku úseku,

k_{zz1}..... číslo snímku videozáznamu s počátkem zadní části prvního vozidla na začátku úseku,

f_s..... snímkovací frekvence videozáznamu [*počet snímků/s*].

Mezi faktory, které ovlivňují přesnost výsledných hodnot, patří mj. délka měřeného úseku, která pokud je příliš krátká, je značně ovlivněna zaokrouhlením odečítaného snímku s vozidlem na začátku a konci měřeného úseku a pokud je příliš dlouhá, může se projevit změna rychlosti vozidla na měřeném úseku, tedy je třeba zvolit přiměřenou délku úseku k měření. Dále přesnost ovlivňuje rychlost vozidla nebo snímkovací frekvence videozáznamu f_s, jež s nárůstem počtu snímků za sekundu zpřesňuje odečítání snímků vozidla na začátku a na konci měřeného úseku a celkově přesnost měření. Například při rychlosti 50 *km/h* a snímací frekvenci 50 snímků za sekundu ujede vozidlo v rámci jednoho snímku cca 0,28 *m* a pakliže se maximální zkreslení odečítání polohy vozidla pohybuje do ± 2 snímků, je zkreslení až 0,56 *m*, což odpovídá hodnotě cca 4 % rychlosti vozidla, viz následující graf.



Graf 38: Horní hranice zkreslení rychlosti dle snímkovací frekvence, rychlosti a délky měřeného úseku

4.4 Měření bezpečné vzdálenosti na dálnici v ČR v odlišných povětrnostních podmínkách

Tato podkapitola představuje výsledky analýzy a srovnání dvou provedených měření dodržování bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly (osobní, dodávková a nákladní) na dálnici D1 u Brna, za různých povětrnostních podmínek.

4.4.1 Postup měření

Obě měření byla provedena na dálnici D1 směrem na Bratislavu, v oblasti Brno – Slatina. Při měření byli z mostu zaznamenáváni řidiči motorových vozidel tak, aby nebyli ovlivněni při řízení a nebyly tak zkresleny záznamy. Z toho důvodu byly videokamery zamaskovány a schovány za zábradlím tak, aby nemohly být řidiči zpozorovány. Videozáznamy byly pořizovány digitální videokamerou Canon HF10 v rozlišení 812 x 1440 pixelů při frekvenci snímkování f_s 25 snímků za sekundu.

Obrázek 9: Stanice videokamery

Před započetím videozáznamu byly se svolením dopravní policie za pomoci měřičského kolečka zaměřeny vzdálenosti mezi směrovými sloupky dálnice a přerušovaným vodicím proužkem oddělujícím jízdní pruhy v příslušném jízdním pásu dálnice. Tyto zaměřené hodnoty byly poté vloženy do videozáznamu pro následnou analýzu. Aby nedocházelo k systematickému zkreslování hodnot vlivem výšky vozidla, byly jednotlivé vzdálenosti od příslušné části vozidla odečítány od hranice stínu vozidla.

Při analýze jednotlivých snímků byla zaznamenávána následující data o kolonách:

- druh jízdního pruhu jedoucího vozidla v koloně (hodnoty: levý, pravý),
- druh vozidla jedoucího v koloně (hodnoty: osobní, dodávkové, nákladní),
- koeficient snímkování stanovený dle snímkovací frekvence pořizovaného videozáznamu (hodnoty: 0,04),
- čas přední části vozidla na začátku úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- čas zadní části vozidla na začátku úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- čas zadní části vozidla na konci úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- délka měřeného úseku (hodnoty: příslušná vzdálenost v metrech).

Z těchto proměnných hodnot byla následně vypočítána průměrná rychlost vozidla a průměrná vzdálenost mezi vozidly na měřeném úseku.

Jako vozidla jedoucí v koloně byla brána vozidla s rozestupem menším než 75 metrů. V následujících tabulkách jsou zobrazeny výsledné hodnoty provedeného měření, přičemž hodnoty průměrné rychlosti a vzdálenosti mezi vozidly v koloně na daném úseku mohou kolísat maximálně o 5 %.

4.4.2 Podzimní měření podélné vzdálenosti mezi vozidly

Měření bylo provedeno na dálnici D1 ve směru na Bratislavu v pondělí 17.10.2011 od 14:00 do 15:30 hod., kdy byla v dané oblasti venkovní teplota cca 11 *°C*, jasno, bez srážek, vlhkost cca 35 *%*, rychlost větru cca 4 *m/s* a povrch dálnice byl suchý.

Průměrná rychlost vozidel jedoucích v koloně na měřeném úseku v levém jízdním pruhu dálnice D1 byla v průměru přibližně 121 *km/h*, přičemž průměr u všech kategorií vozidel měl podobnou hodnotu. Nejvyšší průměrnou vzdálenost za vozidlem měli v průměru řidiči osobních vozidel, a to přibližně 27 metrů, resp. 0,8 *s*. Řidiči dodávkových vozidel potom drželi tuto vzdálenost o cca 7 metrů kratší, tj. přibližně 20 metrů, resp. 0,6 *s*.

Tabulka 16: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	279	121 *km/h*	27 *m* (*0,8 s*)
Dodávkové	39	122 *km/h*	20 *m* (*0,6 s*)
Celkem	**318**	**121 *km/h***	**26 *m* (*0,8 s*)**

Situace v pravém jízdním pruhu z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byla výrazně lepší (viz následující tabulka). Průměrná rychlost vozidel zde byla v průměru o 29 *km/h* nižší, tj. 92 *km/h*. Nejdelší vzdálenost za vozidlem dodržovali řidiči nákladních vozidel, a to 32 metrů, resp. 1,4 *s*. U kategorie osobních vozidel tato hodnota byla 30 *m*, resp. 1,1 *s* a nejkratší vzdálenost v průměru udržovali řidiči dodávkových vozidel, a to 27 *m*, resp. 1,0 *s*.

Tabulka 17: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	84	97 *km/h*	30 *m* (1,1 *s*)
Dodávkové	28	100 *km/h*	27 *m* (1,0 *s*)
Nákladní	75	83 *km/h*	32 *m* (1,4 *s*)
Celkem	**187**	**92 *km/h***	**30 *m* (1,2 *s*)**

4.4.3 Zimní měření podélné vzdálenosti mezi vozidly

Toto měření proběhlo na dálnici D1 ve směru na Bratislavu v úterý dne 11.12.2012 od 14:00 do 15:00 hod., kdy byla v dané oblasti venkovní teplota cca - 3 *°C*, převážně zataženo, mírné sněžení, vlhkost cca 77 *%*, rychlost větru 4 *m/s*, povrch dálnice byl mokrý.

Jak je vidět v následující tabulce, průměrná rychlost osobních motorových vozidel na měřeném úseku v levém jízdním pruhu dálnice D1 byla v průměru přibližně 129 *km/h*, u dodávkových osobních vozidel přibližně o 1 *km/h* nižší. Nejvyšší průměrnou podélnou vzdálenost za jedoucím vozidlem měli řidiči osobních vozidel, a to v průměru přibližně 30 metrů, resp. 0,8 *s*. Řidiči dodávkových vozidel měli tuto vzdálenost v průměru o 1 metr kratší, tedy 29 *m*, resp. 0,8 *s*.

Tabulka 18: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	330	129 *km/h*	30 *m* (0,8 *s*)
Dodávkové	39	128 *km/h*	29 *m* (0,8 *s*)
Celkem	**369**	**129 *km/h***	**30 *m* (0,8 *s*)**

Situace v pravém jízdním pruhu z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byla poněkud lepší (viz následující tabulka). Průměrná rychlost vozidel zde byla přibližně o 29 *km/h* nižší. Nejdelší vzdálenost za vozidlem udržovali v průměru řidiči nákladních vozidel, a to v průměru 37 metrů, resp. 1,4 *s*. U kategorie řidičů osobních vozidel tato hodnota byla 36 *m*, resp. 1,2 *s*, přičemž nejkratší průměrná vzdálenost za vozidlem byla v průměru zaznamenána opět u řidičů dodávkových vozidel, a to 35 *m*, resp. 1,2 *s*.

Tabulka 19: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	118	105 *km/h*	36 *m* (1,2 *s*)
Dodávkové	50	105 *km/h*	35 *m* (1,2 *s*)
Nákladní	105	92 *km/h*	37 *m* (1,4 *s*)
Celkem	**273**	**100 *km/h***	**36 *m* (1,3 *s*)**

4.4.4 Srovnání měření a zjištěné poznatky

Výsledky měření ze dne 17.10.2011 (cca 11 °*C*, jasno, bez srážek, vlhkost cca 35 *%*, rychlost větru cca 4 *m/s*, suchý povrch dálnice) a 11.12.2012 (cca – 3 °*C*, převážně zataženo, mírné sněžení, vlhkost cca 77 *%*, rychlost větru cca 4 *m/s*, mokrý povrch dálnice) mezi 14:00 a 15:30 jsou porovnány dle jízdního pruhu v následujících dvou tabulkách.

V následující tabulce je vidět, že v obou dnech měření, s rozdílnými povětrnostními podmínkami, v levém jízdním pruhu dálnice D1, na měřeném úseku v průměru udržovali řidiči dodávkových vozidel kratší průměrnou vzdálenost za vozidlem než řidiči osobních vozidel,

avšak v druhém měření v zimním období dne 11.12.2012 byl tento rozdíl minimální a řidiči dodávkových vozidel neudržovali výrazně kratší vzdálenost za vozidlem. Průměrné rychlosti na měřeném úseku byly v obou měřeních mezi osobními a dodávkovými vozidly srovnatelné, avšak při zhoršených povětrnostních podmínkách jeli řidiči osobních i dodávkových vozidel paradoxně rychleji přibližně o 7 *km/h*, a to těsně pod hranicí maximální povolené rychlosti, ale prodloužila se zároveň průměrná délková vzdálenost mezi vozidly s tím, že časový odstup mezi vozidly zůstal přibližně stejný.

Tabulka 20: Porovnání naměřených hodnot z levého jízdního pruhu dálnice D1

Kategorie vozidla	**Počet vozidel**		**Průměrná rychlost vozidla na daném úseku**		**Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku**	
	Podzimní měření	**Zimní měření**	**Podzimní měření**	**Zimní měření**	**Podzimní měření**	**Zimní měření**
Osobní	279	330	121 *km/h*	129 *km/h*	27 *m* (0,8 *s*)	30 *m* (0,8 *s*)
Dodávkové	39	39	122 *km/h*	128 *km/h*	20 *m* (0,6 *s*)	29 *m* (0,8 *s*)
Celkem	**318**	**369**	**121 *km/h***	**129 *km/h***	**26 *m* (0,8 *s*)**	**30 *m* (0,8 *s*)**

V následující tabulce je vidět, že v obou dnech měření, s rozdílnými povětrnostními podmínkami, v pravém jízdním pruhu dálnice D1, na měřeném úseku v průměru udržovali řidiči dodávkových vozidel nejkratší průměrnou vzdálenost za vozidlem. Naopak nejdelší řidiči nákladních vozidel. Průměrné rychlosti na měřeném úseku byly při zhoršených povětrnostních podmínkách u všech měřených kategorií v průměru paradoxně vyšší o 8 *km/h*, ovšem prodloužila se zároveň průměrná délková vzdálenost mezi vozidly s tím, že časový odstup mezi vozidly zůstal přibližně stejný.

Tabulka 21: Porovnání naměřených hodnot z pravého jízdního pruhu dálnice D1

Kategorie vozidla	**Počet vozidel**		**Průměrná rychlost vozidla na daném úseku**		**Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku**	
	Podzimní měření	**Zimní měření**	**Podzimní měření**	**Zimní měření**	**Podzimní měření**	**Zimní měření**
Osobní	84	118	97 *km/h*	105 *km/h*	30 *m* (1,1 *s*)	36 *m* (1,2 *s*)
Dodávkové	28	50	100 *km/h*	105 *km/h*	27 *m* (1,0 *s*)	35 *m* (1,2 *s*)
Nákladní	75	105	83 *km/h*	92 *km/h*	32 *m* (1,4 *s*)	37 *m* (1,4 *s*)
Celkem	**187**	**273**	**92 *km/h***	**100 *km/h***	**30 *m* (1,2 *s*)**	**36 *m* (1,3 *s*)**

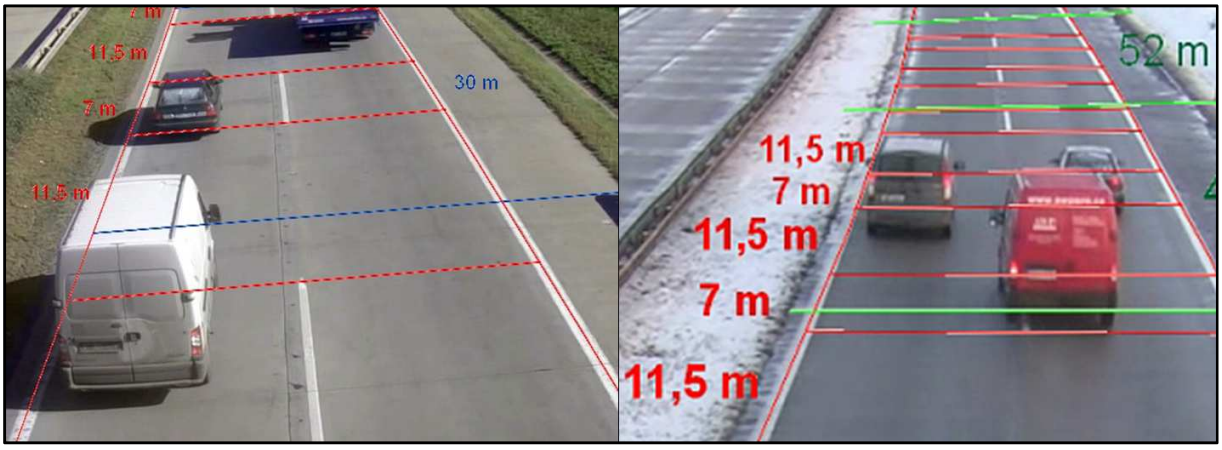
Uvažovali bychom-li reakční dobu řidiče v časové délce 1 sekunda jako bezpečnou vzdálenost, tak by při prvním měření tato podmínka nebyla splněna u celkem 241 vozidel v levém jízdním pruhu dálnice a u 82 vozidel v pravém jízdním pruhu, tedy celkem u 323 z 505 vozidel jedoucím v koloně ve vzdálenosti do cca 75 metrů.

4.4.5 Zaznamenané kritické situace na fotografiích

Souvislá doba natáčení jednoho směru byla přibližně hodinu a půl, v zimním období hodinu. Už při tak dlouhé době se projevily některé často se opakující nedostatky a zvyklosti řidičů. Většina ze sledovaných řidičů vozidel nedodržovala bezpečnou vzdálenost, která by měla být např. při 130 *km/h* cca 72 *m* (v případě tzv. pravidla „dvou sekund“). Několik řidičů se dokonce přiblížilo až na vzdálenost jednotek metrů, jak je patrné z následujících obrázků (za dobrých podmínek obr. 10 vlevo, za stižených podmínek obr. 10 vpravo). Při 130 *km/h* ujede vůz vzdálenost 10 *m* za necelé 0,3 *s*, což je hluboce pod obvyklou reakční dobou řidiče.

Obrázek 10: Rychlost vozidla 130 *km/h*, vzdálenost 7 *m*, resp. rychlost vozidla 98 *km/h*, vzdálenost 6 *m*

Častou skupinou řidičů, která porušuje bezpečnou vzdálenost, jsou řidiči užitkových vozidel do 3,5 *t*. I zde bylo několik případů, kde vzdálenost mezi vozidly byla menší než 10 *m* (za dobrých podmínek obr. 11 vlevo, za stižených podmínek obr. 11 vpravo).



Obrázek 11: Rychlost vozidla 121 *km/h*, vzdálenost 7 *m*, resp. rychlost vozidla 117 *km/h*, vzdálenost 6 *m*

Také u řidičů nákladní vozidel docházelo k porušování bezpečné vzdálenosti (za dobrých podmínek obr. 12 vlevo, za stižených podmínek obr. 12 vpravo). U těchto vozidel byla sice rychlost kolem 80 až 90 *km/h*, ale plně naložené nákladní vozidlo má horší zpomalovací možnosti než vozidla osobní.

Obrázek 12: Rychlost vozidla 85 *km/h*, vzdálenost 12 *m*, resp. rychlost vozidla 90 *km/h*, vzdálenost 15 *m*

4.4.6 Shrnutí poznatků

Z provedených videozáznamů vyplývá, že významný podíl řidičů nedodržuje nejen „dvousekundové“ pravidlo bezpečné vzdálenosti, ale často ani nejmenší podélnou vzdálenost v délce obvyklé reakční doby a neuvědomují si riziko takového chování. Ze záznamů je také zřejmý paradoxní jev, kdy řidiči za zhoršených povětrnostních podmínek měli vyšší průměrnou rychlost v měřeném úseku, ovšem vzdálenost mezi vozidly udržovali větší, než za dobrých

podmínek. To může souviset s menší hustotou provozu v době zimního měření. Dále se ukázalo, že nejen běžní řidiči nedodržují bezpečný odstup, ale také profesionální řidiči, zejména co se týče menších užitkových vozidel. Naopak řidiči nákladních vozidel v pravém pruhu se snažili udržovat mezi sebou dostatečný odstup, pokud jim ovšem nezkrátilo tuto vzdálenost vozidlo přijíždějící z pravého pruhu.

4.5 Měření dodržování bezp. vzdálenosti na dálnici v Německu

Tato podkapitola se zabývá problematikou dodržování bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem na dálnicích v Německu se zaměřením analýzy na rozdíly v dodržování bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem mezi dálnicí se dvěma a třemi jízdními pruhy na jízdní pás.

4.5.1 Metodika měření

Měření byla uskutečněna v Německu. První měření proběhlo na dálnici A8 se dvěma jízdními pruhy na jízdní pás, konkrétně v okolí výjezdu č. 109, směrem na Salzburg, u obce Winkl. Dále bylo provedeno měření na dálnici A9 se třemi jízdními pruhy na jízdní pás, konkrétně v okolí výjezdu č. 64, směrem na Norimberk, u obce Au A. Aign.

Všechna měření byla provedena za relativně nezhoršených povětrnostních podmínek a dobré viditelnosti. Videokamera byla při provádění videozáznamu vždy před jedoucími řidiči skryta, aby jimi nemohla být zpozorována a nebylo ovlivněno jejich chování. Videozáznamy byly pořizovány digitální videokamerou v rozlišení 1920 x 1080 pixelů se snímací frekvencí f_s 50 snímků za sekundu.

Obrázek 13: Stanice videokamery - měření u obce Winkl, resp. u obce Au A. Aign

Před započetím videozáznamu byly za pomoci geodetické totální stanice zaměřeny vzdálenosti mezi směrovými sloupky dálnice, přerušovaným vodicím proužkem oddělujícím

jednotlivé jízdní pruhy v příslušném jízdním pásu dálnice, popř. svislé dopravní značky apod. Tyto zaměřené hodnoty byly poté vloženy do videozáznamu pro následnou analýzu. Aby nedocházelo k systematickému zkreslování hodnot vlivem výšky vozidla, byly jednotlivé vzdálenosti od příslušné části vozidla odečítány od hranice stínu vozidla. [5]

Při analýze jednotlivých snímků byla zaznamenávána následující data o kolonách vozidel [5]:

- druh jízdního pruhu jedoucího vozidla v koloně (hodnoty: levý, pravý, popř. střední),
- druh vozidla jedoucího v koloně (hodnoty: osobní, dodávkové, nákladní),
- koeficient snímkování stanovený dle snímkovací frekvence pořizovaného videozáznamu (hodnoty: 0,02),
- čas přední části vozidla na začátku úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- čas zadní části vozidla na začátku úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- čas zadní části vozidla na konci úseku (hodnoty: pořadové číslo snímku),
- délka měřeného úseku (hodnoty: příslušná vzdálenost v metrech).

Z těchto proměnných hodnot byla následně vypočítána průměrná rychlost vozidla a vzdálenost mezi vozidly na měřeném úseku, z čehož byly poté vypočítány střední hodnoty těchto veličin. Jako vozidla jedoucí v koloně byla brána vozidla s rozestupem menším než 110 metrů. V následujících tabulkách jsou zobrazeny výsledné hodnoty provedeného měření, přičemž hodnoty průměrné rychlosti a vzdálenosti mezi vozidly v koloně na daném úseku mohou kolísat maximálně o cca 5 %. [5]

4.5.2 Poznatky z analýzy měření na dálnicích

4.5.2.1 Měření podélné vzdálenosti mezi vozidly u obce Winkl

Měření bylo provedeno u obce Winkl směrem na Salzburg ve středu dne 13.11.2013 od 14:55 do 16:25 hod., kdy byla v dané oblasti venkovní teplota 5 °*C*, jasno, bez srážek, slabý vítr, povrch dálnice byl suchý.

Průměrná rychlost jednotlivých kategorií vozidel na měřeném úseku v pravém jízdním pruhu dálnice A8 se v průměru pohybovala v rozmezí 84 až 109 *km/h*, průměrná vzdálenost za vozidlem potom v rozmezí 47 až 52 *m*, resp. 1,62 až 2,03 *s*. S ohledem na průměrnou rychlost vozidla na daném úseku a jeho vzdálenost za vozidlem udržovali v pravém jízdním pruhu dálnice nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru řidiči osobních vozidel, a to 1,62 *s*. Naopak nejdelší řidiči nákladních vozidel, a to 2,03 *s*.

Tabulka 22: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice A8 u obce Winkl

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	142	109 *km/h*	49 *m* (1,62 *s*)
Dodávkové	46	100 *km/h*	52 *m* (1,87 *s*)
Nákladní	116	84 *km/h*	47 *m* (2,03 *s*)

Situace v levém jízdním pruhu z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byla výrazně horší. Průměrná rychlost jednotlivých kategorií vozidel na měřeném úseku v levém jízdním pruhu dálnice A8 se v průměru pohybovala v rozmezí 115 až 119 *km/h*, průměrná vzdálenost za vozidlem potom v rozmezí 38 až 39 *m*. S ohledem na průměrnou rychlost vozidla na daném úseku a jeho vzdálenost za vozidlem udržovali v levém jízdním pruhu dálnice nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru řidiči osobních vozidel, a to 1,18 *s*, avšak tato hodnota je téměř totožná s řidiči dodávkových vozidel, jenž udržovali vzdálenost mezi vozidly v průměru 1,19 *s*.

Tabulka 23: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice A8 u obce Winkl

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	347	119 *km/h*	39 *m* (1,18 *s*)
Dodávkové	47	115 *km/h*	38 *m* (1,19 *s*)

4.5.2.2 Měření podélné vzdálenosti mezi vozidly u obce Au A. Aign

Měření bylo provedeno u obce Au A. Aign směrem na Norimberk ve čtvrtek dne 14.11.2013 od 12:00 do 13:30 hod., kdy byla v dané oblasti venkovní teplota 4,5 °*C*, zataženo, s mírnými srážkami, slabý vítr, povrch dálnice byl lehce mokrý.

Průměrná rychlost jednotlivých kategorií vozidel na měřeném úseku v pravém jízdním pruhu dálnice A9 se v průměru pohybovala v rozmezí 94 až 125 *km/h*, průměrná vzdálenost za vozidlem potom v rozmezí 55 až 68 *m*, resp. 1,67 až 2,10 *s*. S ohledem na průměrnou rychlost vozidla na daném úseku a jeho vzdálenost za vozidlem udržovali v pravém jízdním pruhu dálnice nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru řidiči osobních vozidel, a to 1,67 *s*. Naopak nejdelší řidiči nákladních vozidel, a to 2,10 *s*.

Tabulka 24: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	23	125 *km/h*	58 *m* (1,67 *s*)
Dodávkové	10	122 *km/h*	68 *m* (2,01 *s*)
Nákladní	160	94 *km/h*	55 *m* (2,10 *s*)

Situace v prostředním jízdním pruhu z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byla výrazně horší. Průměrná rychlost jednotlivých kategorií vozidel na měřeném úseku v prostředním jízdním pruhu dálnice A9 se v průměru pohybovala v rozmezí 101 až 136 *km/h*, průměrná vzdálenost za vozidlem potom v rozmezí 46 až 52 *m*, resp. 1,33 až 1,59 *s*. S ohledem na průměrnou rychlost vozidla na daném úseku a jeho vzdálenost za vozidlem udržovali v prostředním jízdním pruhu dálnice nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru řidiči dodávkových vozidel, a to 1,33 *s*, naopak nejdelší řidiči nákladních vozidel, a to 1,59 *s*.

Tabulka 25: Naměřené hodnoty v prostředním jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	198	136 *km/h*	52 *m* (1,38 *s*)
Dodávkové	42	133 *km/h*	49 *m* (1,33 *s*)
Nákladní	31	104 *km/h*	46 *m* (1,59 *s*)

Situace v levém jízdním pruhu z pohledu dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byla ještě horší. Průměrná rychlost jednotlivých kategorií vozidel na měřeném úseku v levém jízdním pruhu dálnice A9 se v průměru pohybovala v rozmezí 157 až 164 *km/h*, průměrná vzdálenost za vozidlem potom v rozmezí 46 až 51 *m*. S ohledem na průměrnou rychlost vozidla na daném úseku a jeho vzdálenost za vozidlem udržovali v levém jízdním pruhu dálnice nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru řidiči dodávkových vozidel, a to 1,05 *s*. Mírně lepší byla situace v případě řidičů osobních vozidel, a to 1,12 *s*.

Tabulka 26: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign

Kategorie vozidla	Počet vozidel	Průměrná rychlost vozidla na daném úseku	Průměrná vzdálenost mezi vozidly na daném úseku
Osobní	295	164 *km/h*	51 *m* (1,12 *s*)
Dodávkové	28	157 *km/h*	46 *m* (1,05 *s*)

4.5.3 Výsledky analýzy vzhledem k sankcím a zjištěné poznatky

Z provedených výše zmíněných měření vyplývá, že řidiči jedoucí v pravém jízdním pruhu udržují v průměru větší vzdálenost za vozidlem než v ostatních jízdních pruzích. Směrem k levému jízdnímu pruhu udržovaný odstup od vozidla jedoucího vpředu v průměru zkracují. V nejkratší vzdálenosti za vozidlem jezdí v průměru řidiči osobních a dodávkových vozidel.

Z výsledků analýzy prvního měření dodržování podélné vzdálenosti mezi vozidly na dálnici A8 u obce Winkl vyplývá, že z 699 analyzovaných v koloně jedoucích vozidel mělo před sebou 522 vozidel jiné vozidlo, od kterého si drželo určitý odstup, z čehož 133 vozidel porušilo příslušný předpis uvedený v následující tabulce. Nejčastěji a nejzávažněji porušili příslušné předpisy řidiči osobních vozidel. Nejčastěji byla předepsaná minimální vzdálenost za vozidlem porušena v levém jízdním pruhu dálnice.

Pakliže bychom brali v úvahu sankci týkající se jízdy nákladního vozidla s hmotností převyšující 3,5 *t* nebo autobusu, který na dálnici, při jízdě rychlostí překračující 50 *km/h*, nedodržel minimální podélnou vzdálenost za vozidlem 50 *m*, v tomto případě by při předmětném měření došlo k jejímu udělení celkem u 48 nákladních vozidel jedoucích v pravém jízdním pruhu.

Tabulka 27: Přehled zjištěného počtu porušení předpisu řidiči při jízdě na dálnici A8 u obce Winkl

Závažnost	**Počet porušení předpisu**	**Počet porušení předpisu dle kat. vozidla**			**Porušení dle jízdního pruhu**	
		Osobní	***Dodávkové***	***Nákladní***	***Pravý***	***Levý***
1	63	53	8	2	16	47
2	42	38	3	1	5	37
3	21	18	2	1	1	20
4	7	5	1	1	1	6
5	0	0	0	0	0	0
∑	***133***	***114***	***14***	***5***	***23***	***110***

Z výsledků analýzy druhého měření dodržování podélné vzdálenosti mezi vozidly na dálnici A9 u obce Au A. Aign vyplývá, že z 789 analyzovaných v koloně jedoucích vozidel mělo před sebou 547 vozidel jiné vozidlo, od kterého si drželo určitý odstup, z čehož 138 vozidel porušilo příslušný předpis uvedený v následující tabulce. Nejčastěji byla předepsaná minimální vzdálenost za vozidlem porušena v levém jízdním pruhu dálnice.

Pakliže bychom brali v úvahu sankci týkající se jízdy nákladního vozidla s hmotností převyšující 3,5 *t* nebo autobusu, který na dálnici, při jízdě rychlostí překračující 50 *km/h*,

nedodržel minimální podélnou vzdálenost za vozidlem 50 *m*, v tomto případě by při předmětném měření došlo k jejímu udělení celkem u 34 nákladních vozidel jedoucích v pravém jízdním pruhu a 10 nákladních vozidel jedoucích v prostředním jízdním pruhu.

Tabulka 28: Přehled zjištěného počtu porušení předpisu řidiči při jízdě na dálnici A9 u obce Au A. Aign

Závažnost	Počet porušení předpisu	Počet porušení předpisu dle kat. vozidla			Porušení dle jízdního pruhu		
		Osobní	*Dodávkové*	*Nákladní*	*Pravý*	*Prostřední*	*Levý*
1	58	45	9	4	4	16	38
2	48	38	6	4	5	16	27
3	27	19	5	3	3	4	20
4	5	2	2	1	0	4	1
5	0	0	0	0	0	0	0
∑	***138***	***104***	***22***	***12***	***12***	***40***	***86***

4.6 Výzkum vlivu svislé dopravní značky na dodržování bezp. vzdálenosti u Bořitova

V této podkapitole jsou představeny výsledky analýzy dat z měření vlivu svislého a vodorovného dopravního značení na chování řidiče z pohledu rychlosti a především dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem na silnici první třídy u obce Bořitov.

4.6.1 Vstupní parametry a metodika měření

Měření bylo mimo obec na silnici E461 nedaleko obce Bořitov ve směru na Brno dne 19.11.2015 od 14:20 hod. Pro měření byl zvolen úsek, na kterém se nachází svislé a vodorovné dopravní značení upozorňující řidiče na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem. Pro účely analýzy byla tedy měřena dopravní situace před svislou dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti a za zároveň za touto dopravní značkou a na konci vodorovného dopravního značení na vozovce upozorňujícího na toto dodržování.

Obrázek 14: Svislé, resp. vodorovné dopravní značení pro dodržování bezpečného odstupu na měřeném úseku

Povětrnostní podmínky představovaly mj. oblačnost bez srážek, teplotu 15 ˚C a mírný vítr. Při měření byla z pole z dostatečné vzdálenosti na začátku a na konci úseku zaznamenávána vozidla tak, aby nebyli řidiči ovlivněni při své činnosti a nebylo tím zkresleno měření. Z toho důvodu byla záznamová zařízení umístěna v dostatečné vzdálenosti tak, aby nemohla být řidiči při jízdě zpozorována. Pro účely tohoto měření byly pořizovány videozáznamy digitálními videokamerami v rozlišení full HD 1 920 x 1 080 pixelů při frekvenci snímkování f_s 50 snímků za sekundu.

Obrázek 15: Měřený úsek před dopravní značkou „Bezpečný odstup“

Před započetím videozáznamu byly za pomoci pásma zaměřeny důležité vzdálenosti pro následné vyhodnocení měření, které byly označeny dřevěnými kolíky. Tyto zaměřené body byly poté zaznamenány dvěma kamerami do videozáznamu pro následnou analýzu. Při analýze jednotlivých snímků byla zaznamenávána následující data o dopravní situaci:

- kategorie vozidla jedoucího v koloně,
- koeficient snímkování videozáznamu,
- čas přední části vozidla na začátku úseku [s],
- čas zadní části vozidla na začátku úseku [s],
- čas zadní části vozidla na konci úseku [s],
- délka měřeného úseku [m].

Z těchto proměnných hodnot byla následně vypočítána průměrná rychlost vozidla a průměrná vzdálenost mezi vozidly na měřeném úseku. Jako vozidla jedoucí v koloně byla

brána vozidla s rozestupem menším než 100 *m*. Z vyhodnocení byl kromě vozidel s rozestupem větším než 100 *m* rovněž vyloučen traktor jedoucí příliš malou rychlostí s vozidly jedoucími v koloně za ním, aby nebyl zkreslen výběrový soubor dat.

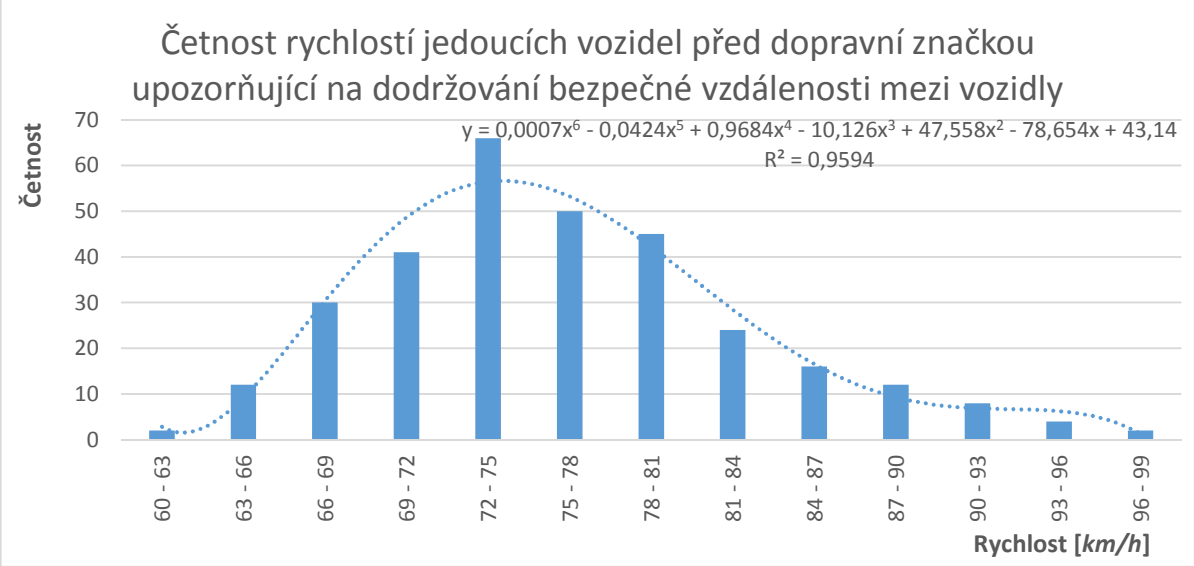
4.6.2 Výsledky analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky

Intenzita dopravy na měřeném úseku ve směru na Brno dosáhla v době měření hodnoty 530 vozidel/hod. Ze základního souboru 530 vozidel jedoucích na daném úseku byl vybrán výběrový soubor 312 měřených vozidel jedoucích na daném úseku ve vzdálenosti za vozidlem do 100 *m* a zároveň rychlostí vyšší než 50 *km/h*. Mezi náhodné veličiny patřila již zmíněná rychlost vozidla a odstup vozidla za vpředu jedoucím vozidlem, jejichž hodnoty představují datový soubor.

4.6.2.1 Měření rychlosti před a za dopravní značkou „Bezpečný odstup“

Ze základního souboru cca 93 % řidičů na měřeném úseku před svislou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ nepřekročilo maximální povolenou rychlost. Celkem 39 řidičů z 530, tj. cca 7 %, jelo na měřeném úseku rychlostí vyšší než maximální povolenou. Absolutně nejvyšší naměřená rychlost, která byla při měření zaznamenána, byla 103 *km/h*.

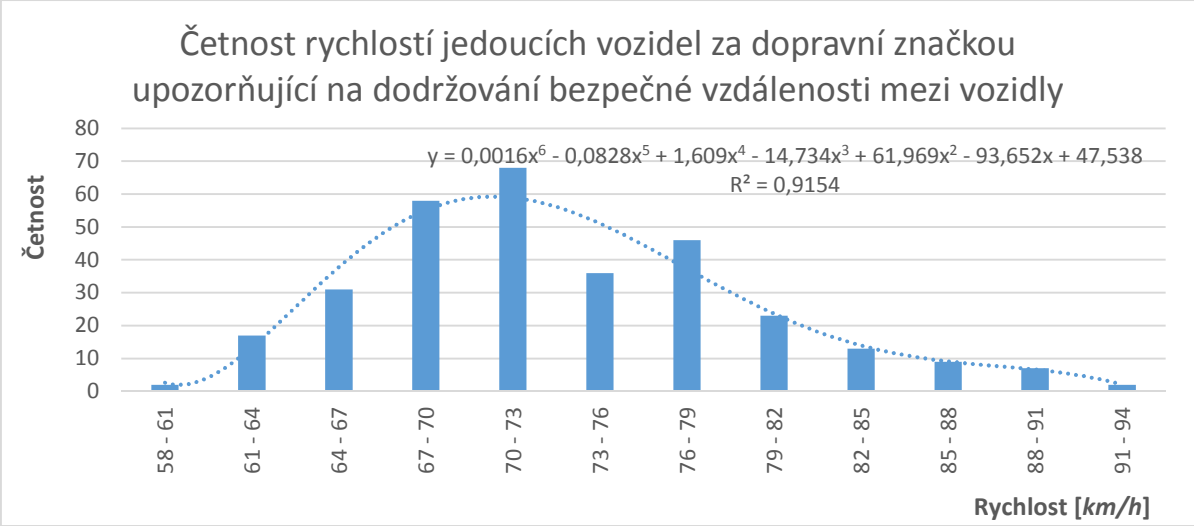
U vozidel z výběrového souboru byla nejnižší naměřená rychlost 61 *km/h*, nejvyšší potom 96 *km/h*. Průměrná rychlost vozidel byla 76 *km/h*, přičemž 25 % vozidel jelo rychlostí nižší než 71 *km/h* a 25 % vozidel rychlostí vyšší než 79 *km/h*. Na následujícím grafu lze vidět, že největší počet řidičů jel rychlostí 72 až 75 *km/h*.



Graf 39: Četnost rychlostí jedoucích vozidel před dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti

Ze základního souboru cca 97 % řidičů na měřeném úseku za svislou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ a zároveň na konci vodorovného dopravního značení V16 „Bezpečný odstup“ nepřekročilo maximální povolenou rychlost. Celkem 16 řidičů z 530, tj. cca 3 %, jelo na měřeném úseku rychlostí vyšší než maximální povolenou. Absolutně nejvyšší naměřená rychlost, která byla při měření zaznamenána, byla 103 *km/h*.

U vozidel z výběrového souboru byla nejnižší naměřená rychlost 58 *km/h*, nejvyšší potom 92 *km/h*. Průměrná rychlost vozidel byla 73 *km/h*, přičemž 25 % vozidel jelo rychlostí nižší než 68 *km/h* a 25 % vozidel rychlostí vyšší než 77 *km/h*. Na následujícím grafu lze vidět, že největší počet řidičů jel rychlostí 70 až 73 *km/h*.



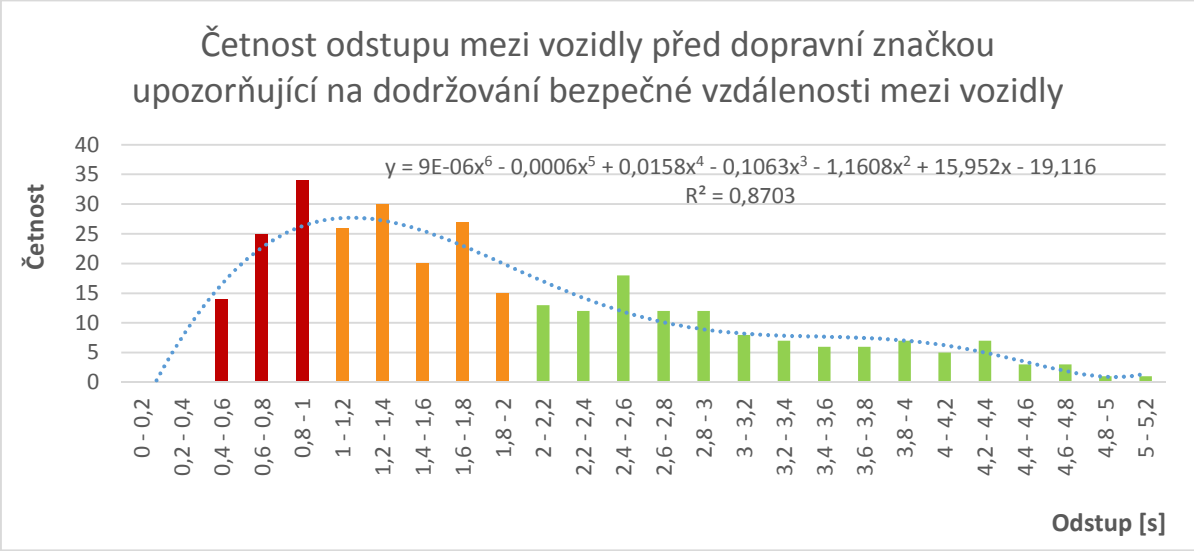
Graf 40: Četnost rychlostí jedoucích vozidel za dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti

Rozdíl mezi rychlostí vozidla před dopravní značkou a za dopravními značkami bezpečného odstupu je u výběrového souboru 312 vozidel v průměru cca - 3 *km/h*, tedy řidiči v průměru mírně snížili rychlost vozidla po průjezdu kolem svislé dopravní značky a přes vodorovnou dopravní značku upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem.

4.6.2.2 Měření vzdálenosti mezi vozidly před a za dopravní značkou „Bezpečný odstup“

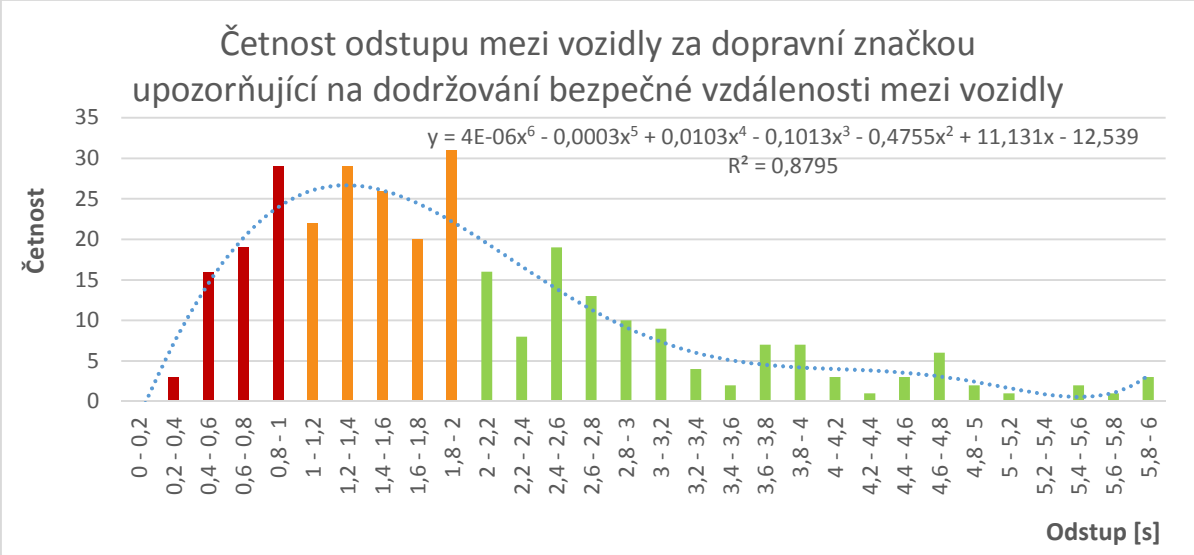
U vozidel z výběrového souboru byl před svislou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ nejnižší naměřený odstup cca 0,4 *s*, nejvyšší potom cca 5 *s*. Průměrný odstup vozidel byl cca 1,88 *s*, přičemž 25 % vozidel jelo s odstupem menším než cca 1 *s* a 25 % vozidel s odstupem větším než 2,5 *s*. Na následujícím grafu lze vidět, že největší počet řidičů jel s odstupem 0,8 až 1 *s*. Z výběrového souboru, tedy z 312 vozidel, celkem 193 řidičů, tj. cca 62 %, při jízdě za

vozidlem udržovalo odstup menší než 2 *s*, celkem 78 řidičů, tj. cca 25 % udržovalo odstup menší než 1 *s* a celkem 9 řidičů, tj cca 3 % mělo odstup menší než 0,5 *s*.



Graf 41: Četnost odstupu mezi vozidly před dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti

U vozidel z výběrového souboru byl za svislou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ a zároveň na konci vodorovného dopravního značení V16 „Bezpečný odstup“ nejnižší naměřený odstup cca 0,2 *s*, nejvyšší potom cca 5,9 *s*. Průměrný odstup vozidel byl cca 1,92 *s*, přičemž 25 % vozidel jelo s odstupem menším než 1,1 *s* a 25 % vozidel s odstupem větším než 2,5 *s*. Na následujícím grafu lze vidět, že největší počet řidičů jel s odstupem 1,8 až 2 *s*. Z výběrového souboru, tedy z 312 vozidel, celkem 199 řidičů, tj. cca 64 %, při jízdě za vozidlem udržovalo odstup menší než 2 *s*, celkem 70 řidičů, tj. cca 22 % udržovalo odstup menší než 1 *s* a celkem 11 řidičů, tj. cca 4 % mělo odstup menší než 0,5 *s*.



Graf 42: Četnost odstupu mezi vozidly za dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti

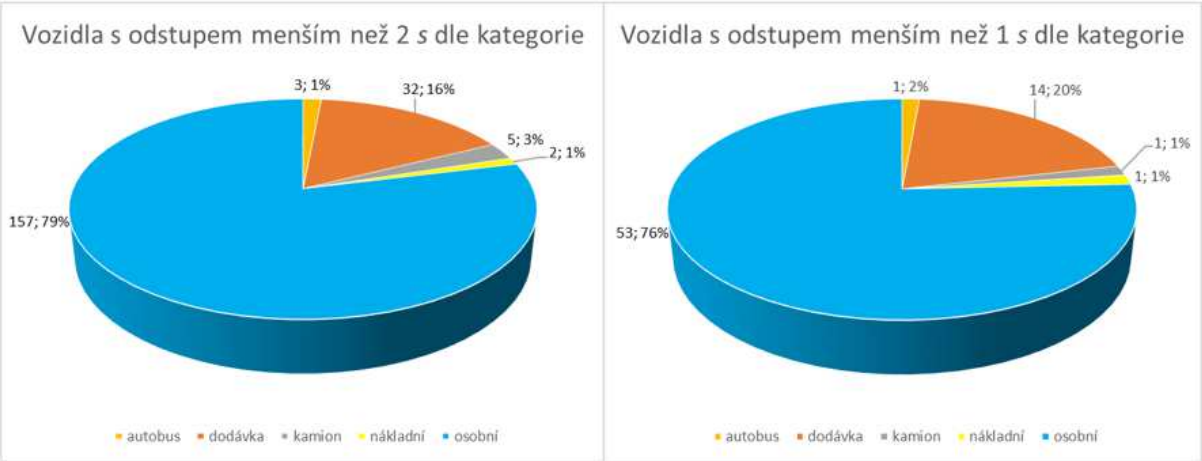
Rozdíl mezi vzdáleností za vozidlem před dopravní značkou a za dopravními značkami bezpečného odstupu je u výběrového souboru 312 vozidel v průměru cca + 0,04 *s*, tedy řidiči v průměru nepatrně zvýšili svoji vzdálenost za vozidlem po průjezdu kolem svislé dopravní značky a přes vodorovnou dopravní značku upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem.

V následující tabulce lze vidět, že nejmenší naměřenou vzdálenost za vozidlem za svislou dopravní značkou „Bezpečný odstup“ a zároveň na konci vodorovného dopravního značení V16 „Bezpečný odstup“ v průměru udržovali řidiči autobusu, tj. 1,3 *s*, poté řidiči osobních vozidel, tj. 1,8 *s*, následováni řidiči dodávkových vozidel, tj. 1,9 *s* a odstup větší než 3 *s* v průměru udržovali řidiči tahačů s návěsem a nákladních vozidel. V průměru mírný pozitivní efekt u dodržování bezpečné vzdálenosti na měřeném úseku mezi částí za dopravní značkou bezpečného odstupu v porovnání s dopravní situací před dopravní značkou bezpečného odstupu byl zaznamenán u kategorie tahačů s návěsem, a to cca + 0,2 *s*. Naopak ke zkrácení odstupu za vozidlem došlo u kategorie autobusu, a to o cca 0,5 *s*.

Tabulka 29: Porovnání průměrného odstupu mezi vozidly dle kategorie vozidel před a za dopravní značkou

Druh vozidla	**Odstup před dopr. značkou [*s*]**	**Odstup za dopr. značkou [*s*]**	**Rozdíl [*s*]**	**Počet vozidel**
Osobní	1,8	1,8	0	228
Dodávkové	1,9	1,9	0	54
Tahač s návěsem	2,9	3,1	+ 0,2	16
Nákladní	3,0	3,0	0	11
Autobus	1,8	1,3	- 0,5	3
Celkem průměr / počet	**1,9**	**1,9**	**0**	**312**

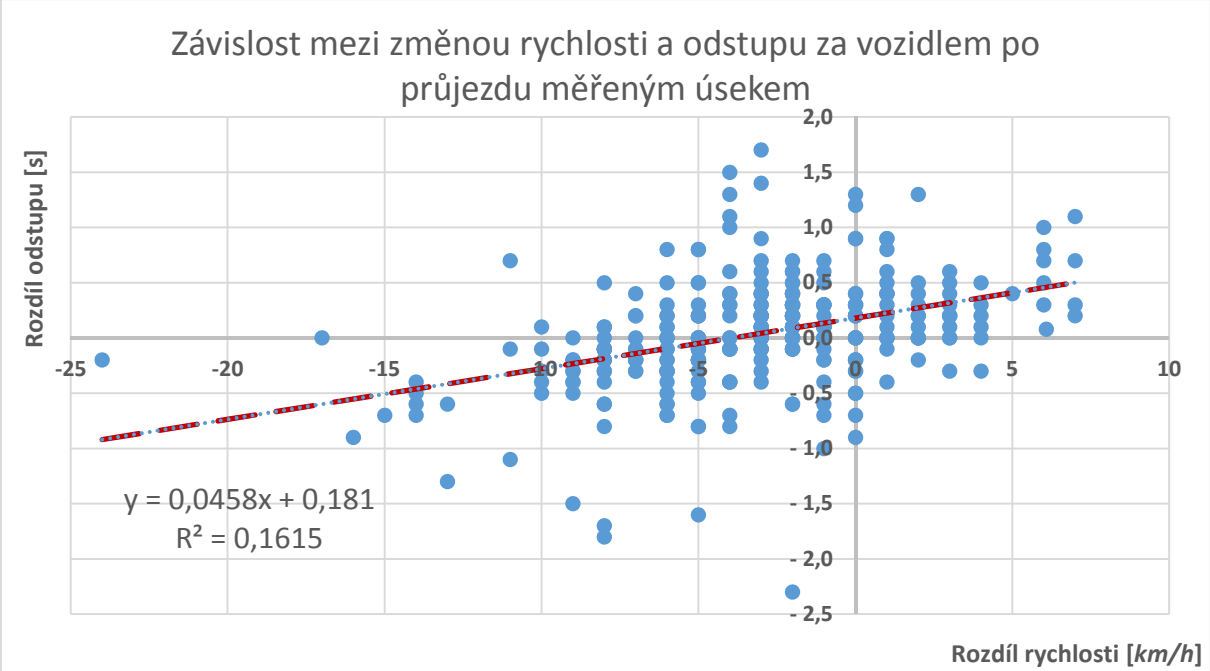
Na následujícím grafu je vidět, že největší podíl řidičů, kteří během měření jeli za dopravní značkou bezpečného odstupu s odstupem menším než 2 *s*, resp. 1 *s*, jsou řidiči osobních a dodávkových vozidel.



Graf 43: Vozidla s odstupem menším než 2 *s* a 1 *s* dle kategorie

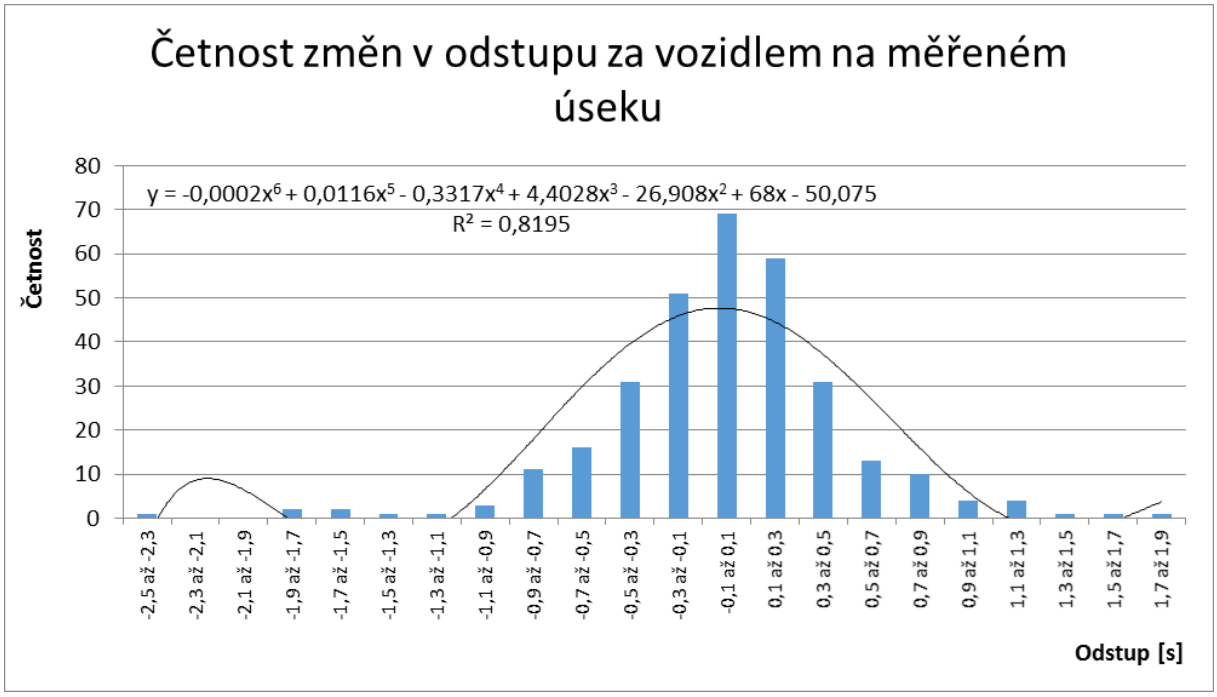
Koeficient korelace mezi rychlostí vozidla a jeho vzdáleností od vpředu jedoucího vozidla u výběrového souboru 312 vozidel je v případě obou míst měření blízký nule, tedy ze statistického hlediska neexistuje přímá či nepřímá lineární závislost mezi rychlostí a odstupem vozidla před ani za dopravní značkou bezpečného odstupu.

Koeficient korelace mezi změnou rychlosti a odstupu za vozidlem po průjezdu měřeným úsekem je roven hodnotě cca 0,40, z čehož vyplývá částečná lineární závislost mezi změnou rychlosti a změnou odstupu za vozidlem, čili pokud řidič změnil rychlost vozidla po průjezdu kolem značky upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti, potom do určité míry změnil i vzdálenost za vozidlem.



Graf 44: Závislost mezi průměrnou rychlostí vozidla a jeho odstupem od vpředu jedoucího vozidla

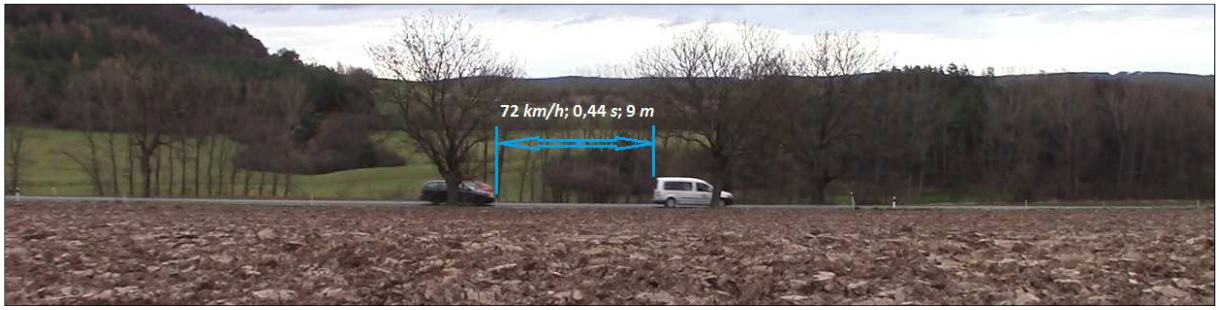
Na následujícím grafu je zobrazena četnost jednotlivých změn v odstupu za vozidlem na měřeném úseku. Největší počet řidičů, tj. 69, svůj odstup za vozidlem po průjezdu měřeným úsekem nezměnil, resp. rozdíl jejich odstupu kulminoval kolem nuly, tj. od -0,1 *s* do 0,1 *s*.



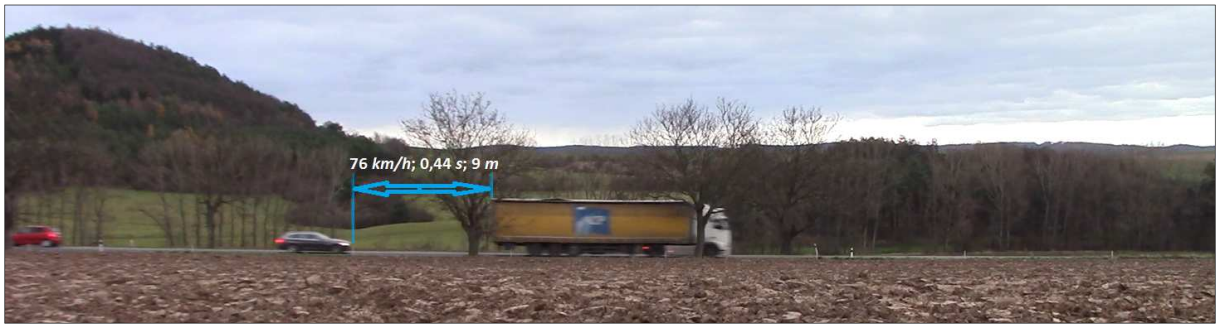
Graf 45: Četnost změn v odstupu za vozidlem na měřeném úseku

4.6.3 Zaznamenané kritické situace na fotografiích

Na následujících fotografiích je znázorněna dopravní situace na měřeném úseku ve vybraných kritických okamžicích, kdy jeli řidiči s velmi krátkým odstupem za vpředu jedoucím vozidlem a nedodržovali tak bezpečnou podélnou vzdálenost za vozidlem. Vzdálenost za vozidlem byla několikrát kratší než 0,5 *s*, resp. z pohledu délkové míry i pod 10 metrů, jak je patrné na následujících obrázkách. Tyto hodnoty jsou hluboko pod reakční dobou řidičů.



Obrázek 16: Rychlost vozidel 72 *km/h*, odstup druhého vozidla cca 0,44 *s*, resp. cca 9 *m*



Obrázek 17: Rychlost vozidel 76 *km/h*, odstup druhého vozidla cca 0,44 *s*, resp. cca 9 *m*

Obrázek 18: Rychlost vozidel 82 *km/h*, odstup druhého vozidla cca 0,46 *s*, resp. cca 9 *m*

4.6.4 Shrnutí poznatků

Z provedeného měření vyplývá, že významný podíl řidičů nedodržuje nejen „dvousekundové“ pravidlo bezpečné vzdálenosti, ale v mnoha případech ani takovou podélnou vzdálenost za vozidlem, která by odpovídala obvyklé reakční době řidiče a neuvědomují si rizika takového chování. Z analýzy měření na předmětném úseku rovněž vyplývá, že dopravní značky upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem mají v průměru zanedbatelný vliv (+0,04 *s*) na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem. Toto chování řidičů je pravděpodobně ovlivněno zejména tím, že bezpečná vzdálenost není v zákoně 361/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů konkrétně definována a zároveň v příslušném právním předpisu nejsou zakotveny sankce za jízdu s nedostatečnou vzdáleností za vozidlem.

4.7 Výzkum vlivu silniční kontroly na dodržování bezp. vzdálenosti na dálnici v Rakousku

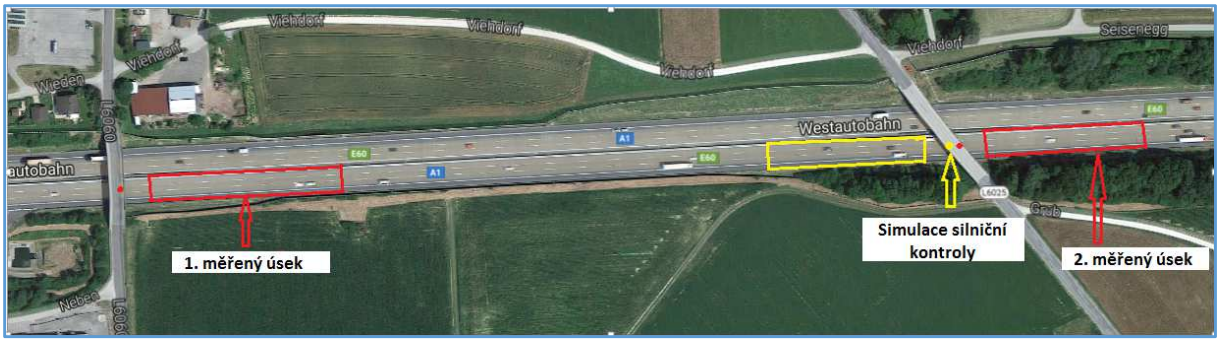
Tato podkapitola pojednává o problematice vlivu pro řidiče viditelné silniční kontroly, tj. simulovaného radarového měření, na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly na dálnici v Rakousku. Problematika bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem v Rakousku, resp. její nedodržení z pohledu sankcí, je definována v příslušných právních předpisech blíže popsaných v kapitole 3.4.3. Následně je zde představen experiment na tříproudé rakouské

dálnici a výsledky jeho analýzy. Cílem experimentu byla hypotéza, zda má viditelná silniční kontrola na dálnici v Rakousku vliv na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem či nikoli.

Jak je blíže uvedeno v kapitole 3.4.3, bezpečná vzdálenost mezi vozidly je v rámci právních předpisů Rakouska vymezena pouze kvalitativně obdobně jako v českém zákoně 361/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, ovšem v rakouských právních předpisech jsou dále kvantitativně vymezeny limity, kdy se jedná o nedodržení bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly, za což může být řidiči dle příslušeného právního předpisu udělena pokuta. Interval této sankce je vymezen časovou vzdáleností za vozidlem ve dvou úrovních přestupku, které spadají do rozmezí od 0 do 0,4 *s*.

4.7.1 Vstupní parametry a metodika měření

Měření bylo provedeno na tříproudové dálnici A1 v Rakousku, vedle obce Viehdorf, ve směru na St. Pölten, dne 13.10.2016 od 16:00 hod. V době měření byly nezhoršené povětrnostní podmínky, dobrá viditelnost, teplota kulminovala kolem 10 $^{\circ}C$ a slabý vítr dosahoval rychlosti kolem 2 *m/s*. Pro měření byl zvolen úsek, na kterém se nachází dvě za sebou umístěné (vzdálenost cca 480 *m*) mimoúrovňové křižovatky tvořené dvěma mosty.



Obrázek 19: Půdorys dvojice míst měření

Pro účely experimentu byla měřena dopravní situace na prvním mostu se skrytým měřícím zařízením, aby nebyli řidiči ovlivněni, a zároveň na druhém mostu, kde bylo nasimulováno pro řidiče viditelné radarové měření. Takto získaná data byla poté zanalyzována a vyhodnocena.

Obrázek 20: Situace v druhém místě měření při simulaci silniční kontroly – radarového měření

4.7.2 Výsledky 1. analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky

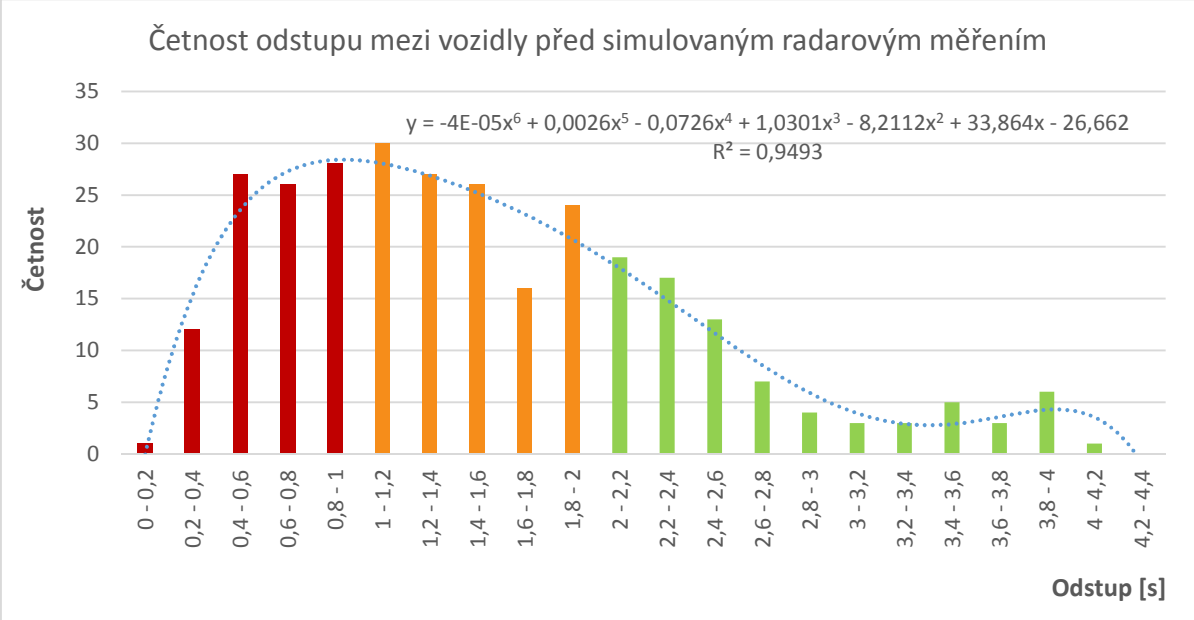
Intenzita dopravy na měřeném úseku ve směru na St. Pölten dosáhla v době měření hodnoty 2 544 vozidel/hod. Z těchto dat byl analyzován základní soubor 530 vozidel jedoucích na daném úseku. Ze základního souboru byly v rámci první analýzy jednotlivých úseků měření vybrány výběrové soubory, jejichž podmínkou byla alespoň dvě vozidla jedoucí na daném úseku za sebou ve stejném jízdním pruhu ve vzdálenosti do 100 *m*. V případě prvního úseku měření výběrový soubor obsahoval 298 vozidel, v případě druhého úseku měření potom 241 vozidel. Mezi náhodné veličiny patřila průměrná rychlost vozidla na daném úseku a průměrný odstup vozidla za vpředu jedoucím vozidlem. Tyto hodnoty představují datový soubor.

Z výsledků analýzy výběrového souboru vozidel na prvním úseku uvedeného v následující tabulce vyplývá, že průměrná rychlost vozidel byla 123 *km/h* a průměrná vzdálenost za vozidlem 1,5 *s*. Nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru udržovali řidiči osobních a dodávkových vozidel v levém jízdním pruhu, tj. 1,1 *s*, a poté řidiči osobních vozidel v prostředním jízdním pruhu, a to 1,4 *s*.

Tabulka 30: Naměřené hodnoty u výběrového souboru na prvním úseku

Jízdní pruh	**Kategorie vozidla**	**Průměrná rychlost [*km/h*]**	**Průměrný odstup [*s*]**	**Počet vozidel**
Levý	dodávkové	131	1,1	15
	osobní	137	1,1	92
Pravý	dodávkové	97	2,4	14
	nákladní	86	2,4	39
	osobní	106	2,0	6
Prostřední	dodávkové	122	1,9	16
	nákladní	87	1,6	5
	osobní	129	1,4	111
Celkem	**-**	**123**	**1,5**	**298**

Na následujícím grafu je znázorněn histogram odstupu mezi vozidly na prvním měřeném úseku, přičemž lze vidět, že z výběrového souboru vozidel cca 32 % řidičů jelo ve vzdálenosti za vodidlem pod 1 *s*, tedy ani ve vzdálenosti odpovídající obvyklé reakční době řidiče, cca 41 % řidičů ve vzdálenosti 1 až 2 *s* a cca 27 % řidičů ve vzdálenosti větší než 2 *s*. Doporučované pravidlo dvou sekund tedy z výběrového souboru na prvním úseku nedodržovalo celkem cca 73 % řidičů. Příslušné výše zmíněné právní předpisy Rakouska o minimální vzdálenosti za vozidlem větší než 0,4 *s* porušilo celkem 13 řidičů, tedy přes cca 4 % řidičů z výběrového souboru.



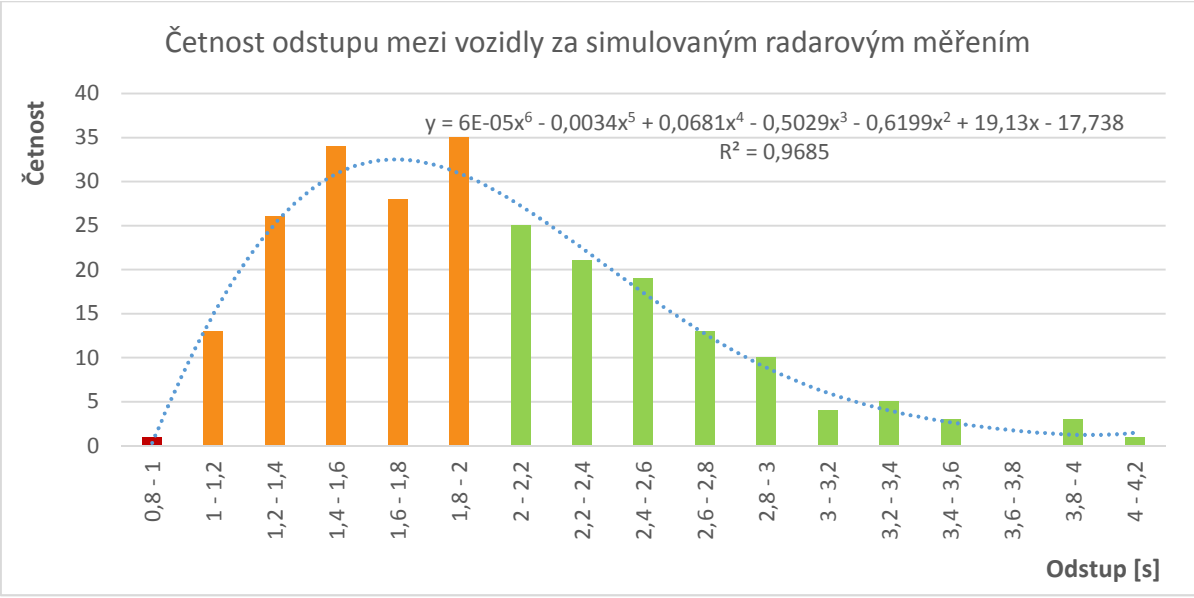
Graf 46: Četnost odstupu mezi vozidly před simulovaným radarovým měřením

Z výsledků analýzy výběrového souboru vozidel na druhém úseku uvedeného v následující tabulce vyplývá, že průměrná rychlost vozidel byla 119 *km/h*, tj. ve srovnání s prvním úsekem o 4 *km/h* nižší, a průměrná vzdálenost za vozidlem 2,0 *s*, tj. o 0,5 *s* delší. Nejkratší vzdálenost za vozidlem v průměru udržovali řidiči nákladních vozidel v levém jízdním pruhu, tj. 1,4 *s*, a poté řidiči osobních a dodávkových vozidel v tomtéž jízdním pruhu, a to 1,7 *s*.

Tabulka 31: Naměřené hodnoty u výběrového souboru na druhém úseku

Jízdní pruh	Kategorie vozidla	Průměrná rychlost [*km/h*]	Průměrný rozestup [*s*]	Počet vozidel
Levý	dodávkové	128	1,7	11
	nákladní	81	1,4	2
	osobní	130	1,7	79
Pravý	dodávkové	95	2,3	8
	nákladní	84	2,9	24
	osobní	114	2,0	3
Prostřední	dodávkové	116	2,4	17
	nákladní	88	2,1	8
	osobní	125	1,9	89
Celkem	**-**	**119**	**2,0**	**241**

Na následujícím grafu je znázorněn histogram odstupu mezi vozidly na druhém měřeném úseku za simulovaným radarovým měřením, přičemž lze vidět, že z výběrového souboru vozidel jel pouze jeden řidič, tj. cca 0,4 % řidičů, ve vzdálenosti za vozidlem pod 1 *s*, tedy ve vzdálenosti neodpovídající ani obvyklé reakční době řidiče, cca 56 % řidičů ve vzdálenosti 1 až 2 *s* a 43 % řidičů ve vzdálenosti větší než 2 *s*. Doporučované pravidlo dvou sekund tedy z výběrového souboru na prvním úseku nedodržovalo celkem cca 56 % řidičů. Příslušné výše zmíněné právní předpisy Rakouska o minimální vzdálenosti za vozidlem větší než 0,4 *s* neporušil žádný řidič z výběrového souboru. Z tohoto grafu je patrné, jak pozitivně se projevilo simulované viditelné radarové měření na vzdálenosti mezi vozidly, ačkoliv dle předchozí tabulky lze vidět, že pokles rychlosti na daném úseku byl naopak minimální.



Graf 47: Četnost odstupu mezi vozidly za simulovaným radarovým měřením

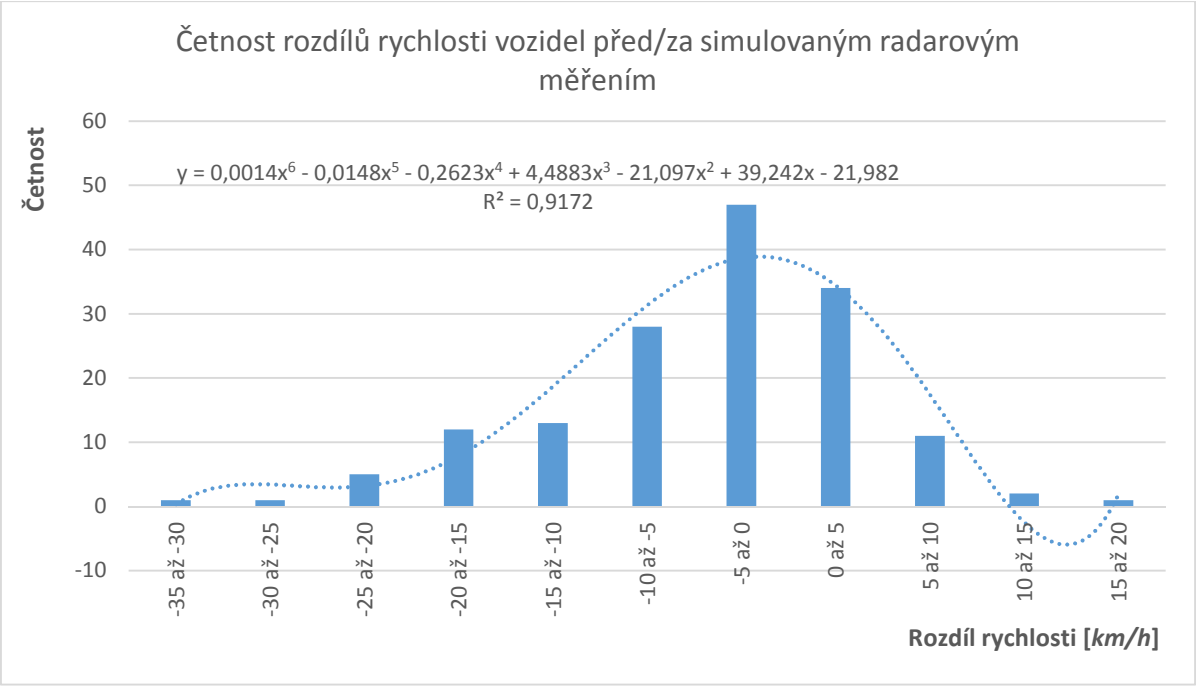
4.7.3 Výsledky 2. analýzy dat získaných z měření a zjištěné poznatky

V druhé analýze byl ze základního souboru vozidel zvolen výběrový soubor vozidel, která jela v odstupu za vozidlem kratším než 100 *m* a zároveň vozidla jela v totožných dvojicích vozidel na prvním měřeném úseku i na druhém měřeném úseku za simulovaným radarovým měřením. Tomuto výběrovému souboru náleželo celkem 155 vozidel a dle vstupních podmínek výběrového souboru tam tedy nebyly zahrnuty možné dopravní situace, kdy se například třetí vozidlo jedoucí v rychlejším jízdním pruhu zařadilo mezi dvě za sebou jedoucí vozidla, takovým způsobem, že nepřiměřeně zkrátilo vzdálenost mezi dvěma zmíněnými vozidly.
Z následující tabulky je patrné, že ve výběrovém souboru druhé studie vozidla mezi prvním a druhým měřeným úsekem snížila svoji rychlost v průměru o 4 *km/h* a jejich odstup naopak navýšila v průměru o 0,9 *s*. V tabulce lze vidět, že rychlost v průměru nejvíce snížili řidiči osobních vozidel v levém jízdním pruhu, a to o 7 *km/h* a odstup za vozidlem naopak řidiči dodávkových vozidel v levém a řidiči nákladních vozidel v pravém jízdním pruhu, a to o 1,0 *s*.

Tabulka 32: Rozdílové hodnoty mezi měřenými úseky u druhého výběrového souboru

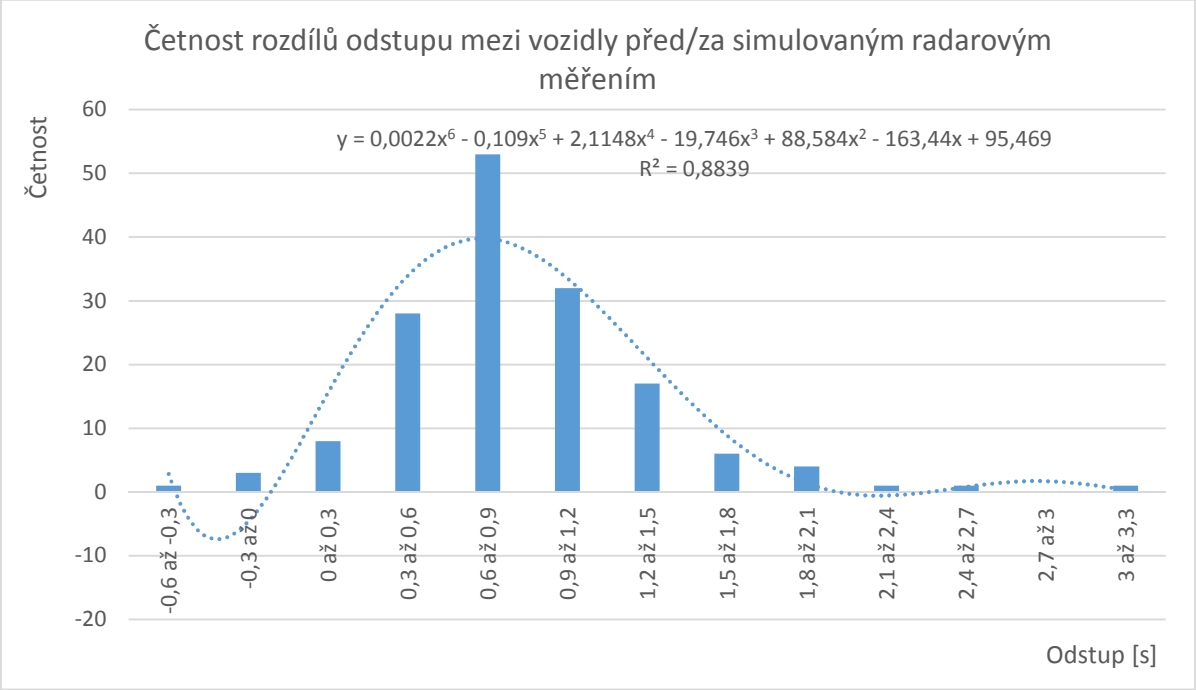
Jízdní pruh	**Kategorie vozidla**	**Průměr rozdílu rychlosti [*km/h*]**	**Průměr rozdílu odstupu [*s*]**	**Počet vozidel**
Levý	dodávkové	1	1,0	11
	osobní	-7	0,9	56
Pravý	dodávkové	-4	0,6	3
	nákladní	0	1,0	21
	osobní	5	0,4	3
Prostřední	dodávkové	-5	0,9	4
	nákladní	0	0,7	1
	osobní	-5	0,8	56
Celkem	**-**	**-4**	**0,9**	**155**

Na následujícím grafu je znázorněn histogram rozdílů rychlostí vozidel mezi prvním a druhým měřeným úsekem, přičemž lze vidět, že z výběrového souboru vozidel cca 30 % řidičů snížilo rychlost až o 5 *km/h*.



Graf 48: Četnost rozdílů rychlostí vozidel mezi prvním a druhým měřeným úsekem

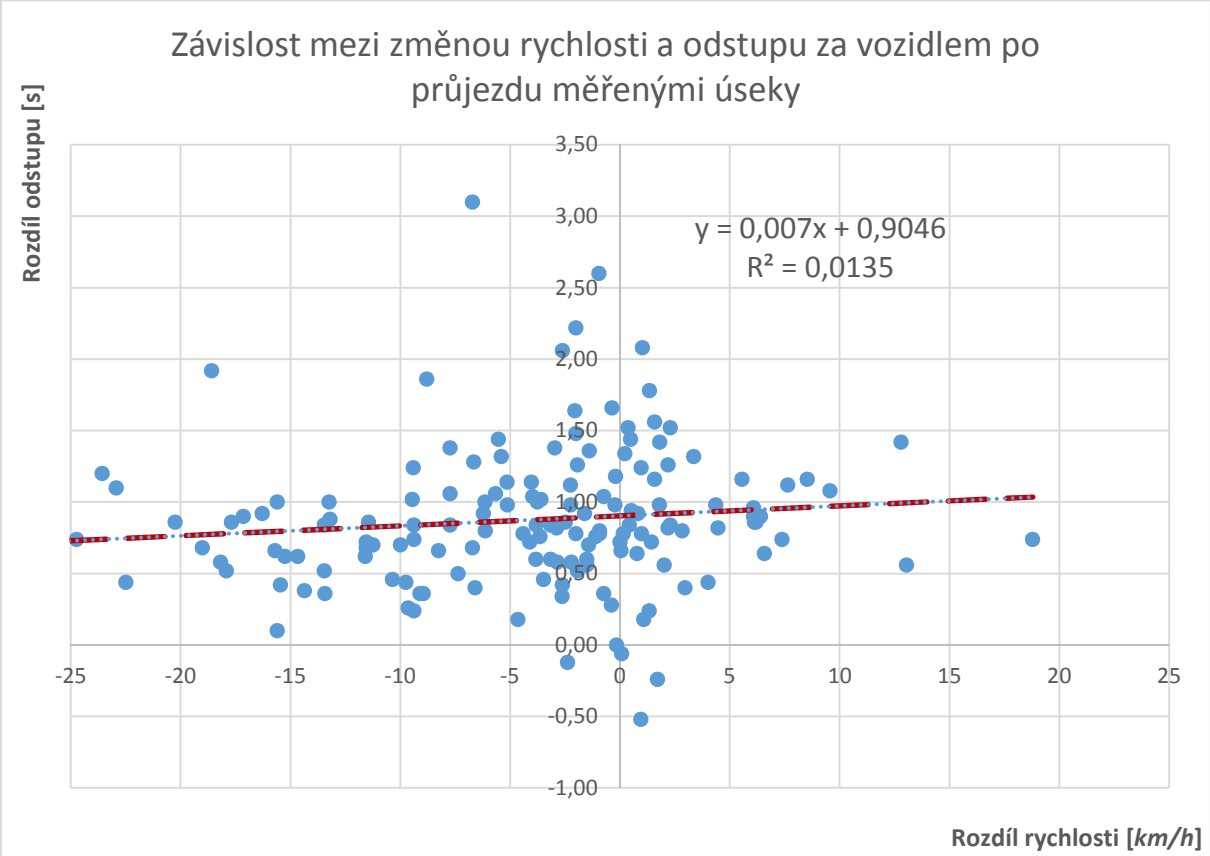
Na následujícím grafu je znázorněn histogram rozdílů odstupů mezi vozidly mezi prvním a druhým měřeným úsekem, přičemž lze vidět, že z výběrového souboru vozidel cca 34 % řidičů zvýšilo vzdálenost za vozidlem o 0,6 až 0,9 s.



Graf 49: Četnost rozdílů odstupů mezi vozidly mezi prvním a druhým měřeným úsekem

Koeficient korelace mezi rychlostí vozidla a jeho vzdáleností od vpředu jedoucího vozidla u výběrového souboru 155 vozidel v případě prvního, resp. druhého úseku měření, přibližně – 0,39, resp. – 0,35, tedy ze statistického hlediska existuje částečná nepřímá lineární závislost mezi rychlostí a odstupem vozidla na prvním I druhém měřeném úseku.

Koeficient korelace mezi změnou rychlosti a odstupu za vozidlem po průjezdu měřeným úsekem je roven hodnotě cca 0,11, z čehož vyplývá mírná přímá lineární závislost mezi změnou rychlosti a změnou odstupu za vozidlem, čili pokud řidič změnil rychlost vozidla po průjezdu kolem značky upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti, potom do určité míry změnil i vzdálenost za vozidlem.



Graf 50: Závislost mezi změnou rychlosti a odstupu za vozidlem po průjezdu měřenými úseky

4.7.4 Shrnutí poznatků výzkumu

Na základě výše uvedených výsledků první i druhé studie v této kapitole je patrné, že dálniční kontrola jedoucích vozidel má vliv na chování řidičů, a to mírný vliv na snížení rychlosti vozidla, avšak značný vliv na nárůst odstupů mezi vozidly, a tím pádem i zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

4.8 Výzkum vnímání vzdálenosti časové a délkové míry u řidičů

Tato podkapitola představuje postup a zjištěné poznatky výzkumu v oblasti problematiky délkového a časového odhadu řidiče mj. pro účely využití k definici bezpečné vzdálenosti.

4.8.1 Metodika měření

Pro účel využití mj. k problematice bezpečné vzdálenosti mezi vozidly byly zjišťovány charakteristiky a závislosti v přesnosti odhadu časové a délkové míry řidičem.

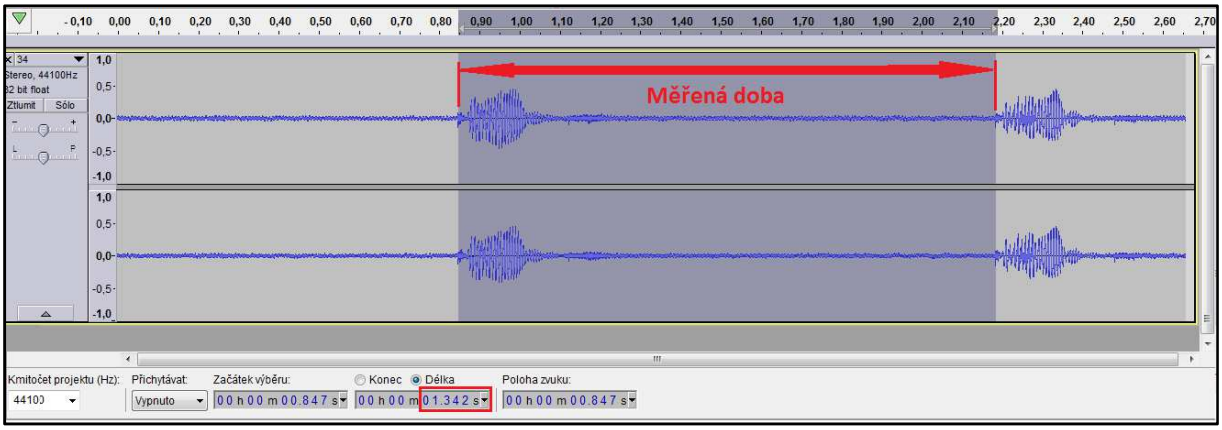
4.8.1.1 Metodika měření odhadu vzdálenosti za vodidlem v metrech

V první fázi byl proveden výzkum v oblasti přesnosti odhadu délkové vzdálenosti mezi vozidly. Tohoto výzkumu se zúčastnilo celkem 100 respondentů z řad řidičů, kteří měli za úkol ze stanoveného místa odhadnout vzdálenost od cílového vozidla vpředu, přičemž odhadovali vzdálenost 14 *m*, 25 *m*, 50 *m* a 75 *m*, viz následující obrázek. Odhady jednotlivých respondentů byly zaevidovány do formuláře a následně převedeny do elektronické podoby a statisticky zanalyzovány.

Obrázek 21: Cílové vozidlo ve vzdálenosti 14, 25, 50 a 75 *m*

4.8.1.2 Metodika měření odhadu vzdálenosti v sekundách

V druhé fázi byl proveden výzkum v oblasti přesnosti odhadu časové vzdálenosti mezi vozidly, resp. odhadu časového úseku. Tohoto výzkumu se zúčastnilo zmíněných 100 respondentů z řad řidičů, kteří měli za úkol odhadnout časový úsek v délce 1, 2 a 3 sekund. Odhady jednotlivých respondentů byly zvukově zaznamenány, prostřednictvím aplikace Audacity odečtena časová délka od počátku úseku daného slovem „teď“ do konce úseku daného druhým vyslovením slova „teď“, viz následující obrázek, a následně tyto hodnoty zaevidovány do elektronické podoby a zanalyzovány.



Obrázek 22: Odečtení odhadu jedné sekundy ze zvukového záznamu

4.8.2 Poznatky z analýzy měření

Analýzou získaných dat získaných od 100 respondentů byly zjištěny charakteristiky odhadů, viz následující tabulka. Z datových souborů byl zjištěn např. výběrový průměr, výběrový rozptyl, medián apod.

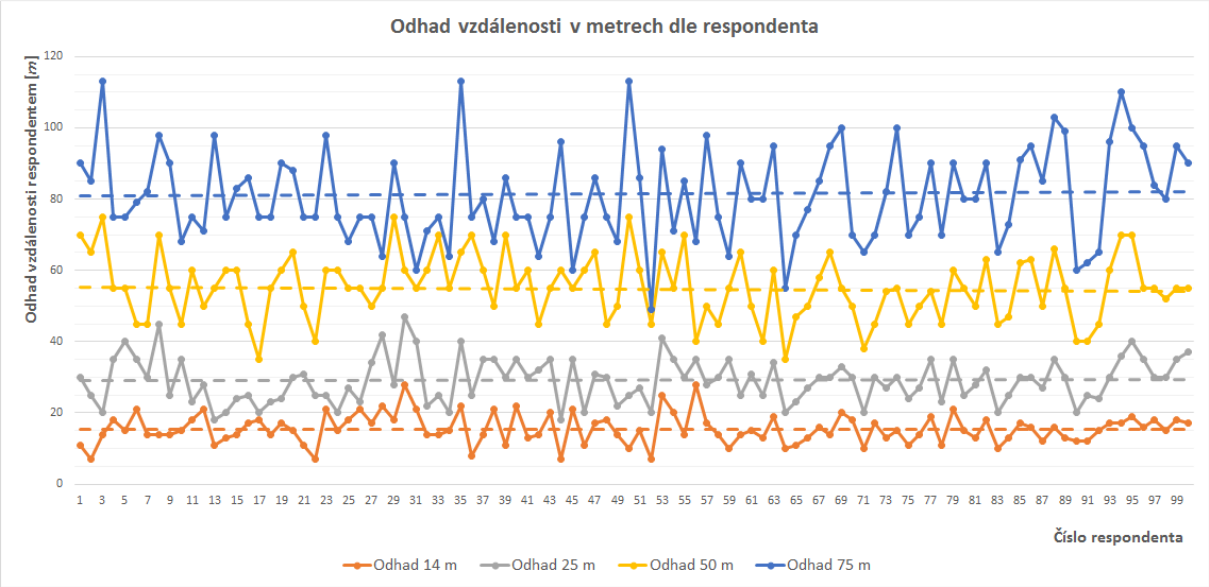
Střední hodnota odhadu vzdálenosti 14 *m* byla cca 15,5 *m* (tj. cca + 1,5 *m*, resp. cca + 10,6 %). V případě vzdálenosti 25 *m* byla střední hodnota cca 29,1 *m* (tj. cca + 4,1 *m*, resp. cca + 16,2 %), u vzdálenosti 50 *m* potom 55,2 *m* (tj. + cca 5,2 *m*, resp. cca + 10,5 %) a u vzdálenosti 75 *m* cca 80,9 *m* (tj. cca + 5,9 *m*, resp. cca + 7,9 %). Rozdílově nejpřesnější odhad skutečné vzdálenosti k odhadu z pohledu výběrového průměru byl zaznamenán u nejkratší vzdálenosti od objektu 14 *m*, a to cca + 1,5 *m*. Poměrově nejpřesnější odhad skutečné vzdálenosti k odhadu z pohledu výběrového průměru byl zaznamenán u vzdálenosti 75 *m*, a to cca + 7,9 %. Výběrový rozptyl zmíněných délkových odhadů ovšem ukazuje, že s nárůstem vzdálenosti hodnoty odhadů vzdálenosti kulminují kolem střední hodnoty s mnohem větším rozptylem, tedy se řidiči v odhadu značněji rozcházejí.

Střední hodnota odhadu doby 1 *s* byla cca 1,22 *s* (tj. cca + 0,22 *s*, resp. cca + 21,9 %). V případě doby 2 *s* byla střední hodnota cca 2,02 *s* (tj. cca + 0,02 *s*, resp. cca + 2 %) a u vzdálenosti 3 *s* potom přibližně stejná hodnota 3 *s* (tj. cca - 0,005 *s*, resp. cca - 0,2 %). Rozdílově a poměrově nejpřesnější odhad skutečné doby k jejímu odhadu byl z pohledu výběrového průměru zaznamenán u nejdelší doby 3 *s*, a to cca cca - 0,005 *s*, resp. cca - 0,2 %. Výběrový rozptyl zmíněných časových odhadů ovšem ukazuje, že s nárůstem vzdálenosti hodnoty odhadů vzdálenosti kulminují kolem střední hodnoty s mnohem větším rozptylem, tedy se řidiči v odhadu značněji rozcházejí.

Tabulka 33: Charakteristiky odhadů délkové a časové míry

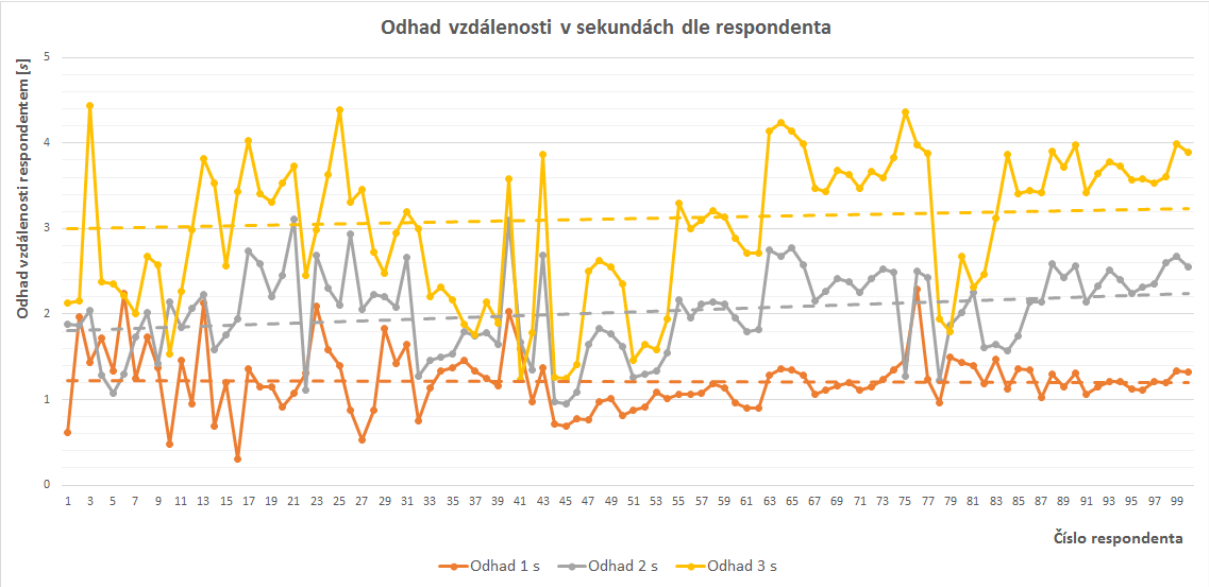
Charakteristiky datového souboru	Odhad vzdálenosti v metrech				Odhad v sekundách		
	14 *m*	25 *m*	50 *m*	75 *m*	1 *s*	2 *s*	3 *s*
Počet dat:	100	100	100	100	100	100	100
Součet hodnot:	1 549,000	2 906,000	5 524,000	8 092,000	121,921	202,381	299,486
Výběrový průměr:	15,490	29,060	55,240	80,920	1,219	2,024	2,995
Výběrový rozptyl:	17,566	39,673	84,386	176,963	0,125	0,250	0,695
Výb. směr. odchylka:	4,191	6,299	9,186	13,303	0,354	0,500	0,834
Minimální hodnota:	7,000	18,000	35,000	49,000	0,310	0,952	1,242
Maximální hodnota:	28,000	47,000	75,000	113,000	2,289	3,106	4,443
Medián:	15,000	30,000	55,000	79,500	1,196	2,087	3,166
Dolní kvartil:	13,000	25,000	50,000	71,000	1,019	1,649	2,344
Horní kvartil:	18,000	35,000	60,000	90,000	1,363	2,415	3,639

Na následujícím grafu jsou znázorněny odhady vzdáleností 14, 25, 50 a 75 *m* u jednotlivých respondentů, kde je patrný nárůst rozptylu odhadů s nárůstem délky odhadované vzdálenosti.



Graf 51: Odhady délkových vzdáleností dle jednotlivých respondentů

Na následujícím grafu jsou znázorněny odhady dob 1, 2 a 3 *s* u jednotlivých respondentů, kde je patrný nárůst rozptylu odhadů s nárůstem délky odhadované vzdálenosti a zároveň se ukazuje menší stabilita rozptylu kolem střední hodnoty než v případě odhadu délkových vzdáleností. V případě střední hodnoty či mediánu je ovšem časový odhad přesnější.



Graf 52: Odhady dob dle jednotlivých respondentů

4.9 Doporučené návrhy na změnu v právních předpisech

Na základě předchozích výzkumů a výzkumů zmíněných v této práci vyplývá, že zavedení sankcí za nedodržení určité vzdálenosti za vozidlem má pozitivní efekt na zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Zároveň z těchto výzkumů vyplývá, že míru minimální bezpečné vzdálenosti ovlivňuje celá řada faktorů. Základem je spodní hranice bezpečné vzdálenosti mj. značně ovlivněná reakční dobou řidiče, která je řešena v řadě výzkumů. Sankce za nedodržení určité vzdálenosti za vozidlem jsou ve vybraných zemích, představených v jedné z předchozích kapitol, definovány v délkových nebo časových jednotkách, zpravidla rozlišeny dle kategorie vozidel do 3,5 a nad 3,5 *t* či maximální povolené rychlosti na příslušné pozemní komunikaci. V mnoha zmíněných zemích jsou sankce v příslušných právních předpisech zavedeny nikoli přímo pod spodní hranici bezpečné vzdálenosti, ale v určité kritické vzdálenosti za vozidlem, kdy je chování řidiče v takovém případě krajně nebezpečné.

4.9.1 Délkové určení odstupu od vpředu jedoucího vozidla

V aktuálních českých právních předpisech je zavedeno svislé a vodorovné dopravní značení pro „bezpečný odstup“ vycházející z délkové míry odstupu, které platí mj. v řadě dalších zemí Evropské unie. V případě České republiky se jedná o vodorovné dopravní značení V16 – „Bezpečná vzdálenost“, představující nakreslené symboly šipek umístěné za sebou v určité vzdálenosti v ose jízdního pruhu, orientované ve směru jízdy vozidel. Tomuto vodorovnému dopravnímu značení na pozemní komunikaci zpravidla předchází svislá dopravní

značka č. I1 – „Nápisy“ – zařízení pro provozní informace, kde je uveden počet symbolů šipek vázaných k určité rychlosti, tedy minimální vzdálenost, kterou má řidič při určité rychlosti dodržovat v případě jízdy za jiným vozidlem. Výskyt tohoto druhu značení je v České republice velmi nízký. Velmi častá je aplikace dopravního značení týkajícího se oblasti bezpečné vzdálenosti a rychlosti v řadě jiných zemí, například takzvané „Nebel Punkte“ v Rakousku, dopravní značení ve Velké Británii, ve Francii, Itálii atd.

Výpočty délkového odstupu pro uvažovanou reakční dobu 1 *s* a 2 *s* a rychlosti 50, 90 a 130 *km/h* jsou uvedeny v kapitole 3.2 v tabulce č. 8, 9 a 10. Navrhované délkové intervaly jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 34: Navrhované délkové intervaly odstupu mezi vozidly pro sankce

Rychlost [*km/h*]	Druh vozidla	Stanovený odstup [*m*]	Počet značek (šipek)
80	nad 3,5 *t*	70	3
90	do 3,5 *t*	50	3
130	do 3,5 *t*	70	4

4.9.2 Časové určení odstupu od vpředu jedoucího vozidla

Zavedení opatření v podobě časové míry minimálního odstupu za vozidlem má nespornou výhodu v tom, že časový odstup je uzpůsobený všem rychlostem vozidla čili například při dvou sekundách odpovídá v rychlosti 50 *km/h* vzdálenosti cca 28 metrů, při 90 *km/h* vzdálenosti 50 metrů či při maximální povolené rychlosti na dálnici 130 *km/h* vzdálenosti cca 72 metrů, viz tabulka č. 7 v kapitole 3.2. Další nespornou výhodou je spřízněnost s asistenčními systémy vozidel, které vychází zpravidla z hodnoty času do kolize TTC, uváděném v sekundách, a zejména s adaptivním tempomatem, u kterého je možné ve vozidlech nastavit vzdálenost za vozidlem, kterou má vozidlo udržovat, zpravidla v sekundách, přičemž tato hodnota zpravidla začíná na 0,9 či 1,0 *s*. Další výhodou časové míry vzdálenosti je zjištěná přesnější střední hodnota a medián odhadu času řidičem, viz předchozí kapitola 4.8.

Dle vzorce pro výpočet bezpečné podélné vzdálenosti v časových jednotkách v kapitole 3.2, minimálních požadovaných hodnot maximálního středního plného brzdného zpomalení stanovených příslušným právním předpisem, uvedených v tabulce č. 5 téže kapitoly, a hodnot reakční doby uvedených mj. v kapitole 3.1 dle publikace [10] byla uvažována spodní mez reakční doby 0,88 *s* (2 % řidičů) a horní mez 2,04 *s* (98 % řidičů). Na základě zmíněných

parametrů byly následně vypočítány minimální časové odstupy od vpředu jedoucího vozidla pro uvažovanou reakční dobu 0,88 *s* a rychlosti 50, 90 a 130 *km/h*, viz následující tabulka.

Lze vidět, že například pro jízdu dvou osobních vozidel kategorie M1 se stejným uvažovaným zpomalením a počáteční rychlostí je minimální hodnota bezpečné vzdálenosti při rychlosti 50, 90 i 130 *km/h* rovna 0,88 *s*, tedy reakční době řidiče druhého vozidla. V případě vozidel odlišné kategorie s negativním rozdílem zpomalení, tedy například vpředu jedoucího vozidla kategorie M1 a vzadu jedoucího nákladního vozidla je minimální časová vzdálenost mezi vozidly při rychlosti 50 *km/h* cca 1,1 *s*, při rychlosti 90 *km/h* cca 1,2 *s* a při rychlosti 130 *km/h* cca 1,4 *s*. Rozsah minimálního časového odstupu se pohybuje od cca 0,9 *s* do 2,6 *s*.

Tabulka 35: Minimální bezpečná podélná vzdálenost pro rychlost 50, 90 a 130 *km/h* a reakční dobu 0,88 *s* [*s*]

Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 km/h a reakční dobu 0,88 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	0,9	0,7	0,2
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	1,1	0,9	0,4
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	1,6	1,4	0,9
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 km/h a reakční dobu 0,88 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	0,9	0,5	
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	1,2	0,9	0,0
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	2,1	1,8	0,9
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 km/h a reakční dobu 0,88 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	0,9	0,4	
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	1,4	0,9	
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	2,6	2,1	0,9

V následující tabulce lze vidět, že například pro jízdu dvou osobních vozidel kategorie M1 se stejným uvažovaným zpomalením a počáteční rychlostí je minimální hodnota bezpečné vzdálenosti při rychlosti 50, 90 i 130 *km/h* rovna 2,04 *s*, tedy reakční době řidiče druhého vozidla. V případě vozidel odlišné kategorie s negativním rozdílem zpomalení, tedy například vpředu jedoucího vozidla kategorie M1 a vzadu jedoucího nákladního vozidla je minimální časová vzdálenost mezi vozidly při rychlosti 50 *km/h* cca 2,2 *s*, při rychlosti 90 *km/h* cca 2,4 *s*

a při rychlosti 130 *km/h* cca 2,5 *s*. Rozsah minimálního časového odstupu se pohybuje od cca 2 *s* do 3,7 *s*.

Tabulka 36: Minimální bezpečná podélná vzdálenost pro rychlost 50, 90 a 130 *km/h* a reakční dobu 2,04 *s* [*s*]

Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 km/h a reakční dobu 2,04 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	2,0	1,8	1,4
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	2,2	2,0	1,6
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	2,7	2,5	2,0
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 km/h a reakční dobu 2,04 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	2,0	1,7	0,8
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	2,4	2,0	1,2
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	3,3	2,9	2,0
Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 km/h a reakční dobu 2,04 s [s]				
První vozidlo	Zpomalení [*m/s*]	Osobní automobil (M1)	Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	Motocykl s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou
Druhé vozidlo				
Zpomalení [*m/s*]	-	**5,8**	**5,0**	**3,7**
Osobní automobil (M1)	**5,8**	2,0	1,5	0,3
Autobus (M2, M3), nákladní automobil (N1, N2, N3)	**5,0**	2,5	2,0	0,8
Motocykl (L3) s řidičem a spolujezdcem brzdící zadní brzdou	**3,7**	3,8	3,3	2,0

Navrhované časové intervaly odstupu mezi vozidly pro stanovení sankcí jsou stanoveny v následující tabulce.

Tabulka 37: Navrhované časové intervaly odstupu mezi vozidly pro sankce

Kategorie	**Stanovený min. odstup [*s*]**	**Intervaly pro stanovení sankce**	
		Závažné porušení [*s*]	**Kritické porušení [*s*]**
Vozidla do 3,5 t	2	1,5 – 0,5	0 - 0,5
Vozidla nad 3,5 t	3	2,5 – 1,5	0 - 1,0

Z výše zmíněných důvodů plyne doporučení k volbě časové míry odstupu mezi vozidly, jež je vhodnější než délková míra odstupu. Minimální vzdálenost mezi vozidly, za jejíž nedodržení je řidiči udělena sankce, je v časové míře zakotvena v systému právní úpravy Norska, Rakouska, Finska, Švédska, Slovenska atd. Vhodný systém právní úpravy této problematiky má například i Německo, pakliže by byly definované minimální odstupy mezi vozidly převedeny do časové míry, viz tabulka č. 12 v kapitole 3.4.2.

5. Závěr

Nejrizikovějším faktorem dopravního systému, jenž má značný vliv na dopravní nehodovost, je dle statistik faktor člověka jakožto účastníka silničního provozu. Počet usmrcených osob v důsledku dopravních nehod na území ČR, potažmo EU, má v posledních letech v průměru klesající trend. Tomuto klesajícímu trendu je třeba nadále přispívat účinnými opatřeními ke zvyšování bezpečnosti silničního provozu.

Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem je v ČR jednou z nejčetnějších příčin vzniku dopravních nehod. Dopravní nehody tohoto typu může pomoci snížit jak rozvoj asistenčních systémů vozidel, tak mj. zlepšení v oblasti chování řidičů prostřednictvím jejich vzdělávání, lépe nastavených sankcí, vyššímu počtu silničních kontrol apod.

V porovnání s právními předpisy ostatních států EU, tj. Velká Británie, Rakousko, Německo, Norsko apod., přiblíženými v kapitole 3.4, jsou české právní předpisy k této problematice velmi strohé. Ve výše uvedených zemích je zpravidla bezpečná, resp. bezpečnostní vzdálenost zakotvena v tamějších právních předpisech obdobnou obecnou kvalitativní definicí jako v České republice, avšak v zákonech mj. zmíněných zemí jsou kromě zmíněné obecné definice zvýšení bezpečnosti silničního provozu také zakotveny přesně definované sankce a podmínky jejich udělení za porušení stanoveného minimálního odstupu mezi vozidly, které v našich právních předpisech výrazně chybí.

Výsledky provedených výzkumů mj. ukazují, že počet usmrcených, těžce a lehce zraněných osob v důsledku dopravních nehod má v průměru klesající trend v ČR i okolních, resp. vybraných zemích. Nehody z příčiny nedodržení bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem od roku 2011 v České republice naopak kopírují rostoucí trend narůstající nehodovosti.

Při cca 19 % dopravních nehod způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 byly usmrceny celkem 2 osoby, těžce zraněno 48 osob a lehce zraněno 1 998 osob. Celková škoda odhadovaná policií dosáhla částky 704 058 500 *Kč*. Nejvíce zraněných v roce 2016 u nehod z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti bylo na silnicích 1. třídy. 56 % z celkového počtu dopravních nehod způsobených primárně nedodržením bezpečné vzdálenosti se dle dat policie stalo na území Prahy. Nejvíce nehod zmíněného typu se přihodilo na přímém úseku v obci, za neztížených povětrnostních podmínek, na suchém neznečištěném živičném povrchu vozovky, s dobrými rozhledovými poměry a neztíženou viditelností, bez zjištění přítomnosti alkoholu u řidiče, u řidičů vozidel skupiny B, u soukromých vozidel apod. V rámci srovnání počtu zraněných a usmrcených při dopravních nehodách s vybranými

zeměmi EU a USA Česká republika vykazuje v posledních letech podprůměrné hodnoty těchto ukazatelů přepočítaných na milion obyvatel či milion registrovaných vozidel.

Výsledky analýzy dat z měření bezpečné vzdálenosti na dálnici v ČR v odlišných povětrnostních podmínkách ukázaly, že řidiči dodávkových vozidel vykazovali kratší průměrnou vzdálenost za vozidlem než řidiči osobních vozidel a při zhoršených povětrnostních podmínkách jeli řidiči osobních i dodávkových vozidel rychleji, ale zároveň z pohledu délkové míry prodloužili průměrnou vzdálenost mezi vozidly, avšak časový odstup nikoli.

Výsledky analýzy dat z měření dodržování bezpečné podélné vzdálenosti na dálnici v Německu mj. ukázaly, že řidiči jedoucí v pravém jízdním pruhu udržují v průměru větší vzdálenost za vozidlem než v rychlejších jízdních pruzích. Nejčastěji a nejzávažněji porušili příslušné předpisy řidiči osobních vozidel. Nejčastěji byla předepsaná minimální vzdálenost za vozidlem porušena v levém jízdním pruhu dálnice.

Výzkum vlivu svislé dopravní značky na dodržování bezpečné vzdálenosti u Bořitova v České republice ukázal, že významný podíl řidičů nedodržuje u bezpečné vzdálenosti nejen doporučené pravidlo „dvou sekund“, ale v mnoha případech ani takovou podélnou vzdálenost za vozidlem, která by odpovídala obvyklé reakční době řidiče. Dále se ukázalo, že dopravní značky upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem mají v průměru zanedbatelný vliv (+0,04 s) na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti za vozidlem, což je pravděpodobně ovlivněno zejména absencí sankcí řidičů za jízdu s nedostatečnou vzdáleností za vozidlem v právních předpisech ČR v době, kdy ke kolizi ještě nedošlo.

Výzkum vlivu silniční kontroly na dodržování bezpečné podélné vzdálenosti na dálnici v Rakousku ukázal, že dálniční kontrola jedoucích vozidel má vliv na chování řidičů, a to nepatrný vliv na snížení rychlosti vozidla, avšak markantní vliv na nárůst odstupů mezi vozidly, tedy řidiči vnímají svou jízdu v nedostatečné vzdálenosti za vpředu jedoucím vozidlem a hrozbu příslušným zákonem nastavených sankcí, jejichž cílem i efektem je zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Výzkum vnímání vzdálenosti časové a délkové míry u řidičů ukázal, že výběrový rozptyl časových i vzdálenostních odhadů s nárůstem délky odhadované doby, resp. úseku kulminuje kolem střední hodnoty s mnohem větším rozptylem. Zároveň se ukázala menší stabilita rozptylu kolem střední hodnoty v případě odhadu časových vzdáleností ve srovnání s délkovými vzdálenostmi, avšak z pohledu střední hodnoty či mediánu byl u řidičů časový odhad přesnější. I z tohoto důvodu bylo v kapitole 4.9.2 doporučeno zavedení sankcí v oblasti nedodržování bezpečné podélné vzdálenosti, a to v časových jednotkách, které by mělo mít spolu s dalšími možnými opatřeními pozitivní vliv na zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Zdroje literatury

[1] *3.4.1981/267: Tieliikennelaki* [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267.

[2] *Adaptive Cruise Control*. [cit. 2014-01-01-]. Dostupné z: http://www.auto-car.ic.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=64.

[3] *Adaptivní tempomat: Jak funguje a jake zname druhy* [online]. [cit. 2016-01-01]. Dostupné z: http://www.auto.cz/adaptivni-tempomat-jak-funguje-a-jake-zname-druhy-104364.

[4] ADELL, E., VÁRHELYI, A., FONTANA, M. *The effects of a driver assistance system for safe speed and safe distance – A real-life field study*. Transportation Research Part C [online]. Elsevier India Pvt, 2011, 19(1), 145-155 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1016/j.trc.2010.04.006. ISSN 0968-090X.

[5] ADELL, E., VÁRHELYI, A., FONTANA, M. *The effects of a driver assistance system for safe speed and safe distance – A real-life field study*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Volume 19. Issue 1. 2011. 145-155 s. ISSN 0968-090X. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X1000 0732.

[6] *Archiv ÚSI* [online]. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 2015. [cit. 2016-03-18].

[7] ASADI, B., VAHIDI, A. *Predictive Cruise Control: Utilizing Upcoming Traffic Signal Information for Improving Fuel Economy and Reducing Trip Time*. Control Systems Technology, IEEE Transactions on [online]. USA: IEEE, 1105, 19(3), 707-714 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1109/TCST.2010.2047860. ISSN 1063-6536.

[8] BERTOLAZZI, E., BIRAL, F., DA LIO, M., SAROLDI, A., TANGO, F. *Supporting Drivers in Keeping Safe Speed and Safe Distance: The SASPENCE Subproject Within the European Framework Programme 6 Integrating Project PReVENT*. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on [online]. USA: IEEE, 1009, 11(3), 525-538 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1109/TITS.2009.2035925. ISSN 1524-9050.

[9] BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9.

[10] BRADÁČ, A., KREJČÍŘ, P., LUKAŠÍK, L., OŠLEJŠEK, J., PLCH, J. *Soudní inženýrství: Reakční doby řidičů a prodlevy brzd vozidel*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997.

[11] BRADÁČ, Albert. *Soudní inženýrství*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997. str. 719. ISBN 80-7204-057-X.

[12] BRACH, R.,M., BRACH, R., M. *Vehicle accident analysis and reconstruction methods*. Warrendale: SAE International, 2011. ISBN 978-0-7680-3437-0.

[13] BROWN, T., L. *Adjusted Minimum Time-To-Collision (TTC): A Robust Approach to Evaluating Crash Scenarios*. DSC North America, 2005.

[14] BURG, H., MOSER, A. *Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion: Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation*. Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH, 2009. ISBN 978-3-8348-0546-1.

[15] BURG, Heinz. MOSER, Andreas. *Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion*. Wiesbaden: Vieweg, 2007. str. 952. 1. vydání. ISBN 978-3-8348-0172-2.

[16] *Bußgeldkatalog Abstand (§ 4 StVO)* [online]. 2017. [cit. 2017-01-20]. Dostupné z: http://www.bussgeld katalog.net/abstand/.

[17] *Bußgeldkatalog: Nichteinhalten des Abstandes von einem vorausfahrenden Fahrzeug - Der Abstand von einem vorausfahrenden Fahrzeug betrug in Metern.*. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: http://www.verkehrspor tal.de/bussgeldkatalog/tab_02.php.

[18] CACCIABUE, P., C. *Modelling Driver Behaviour in Automotive Enviroments: Critical Issues in Driver Interactions with Intelligent Transport Systems*. London: Springer, 2007. ISBN 1-84628-617-4.

[19] *ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Bibliografické citace dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2000. 24 s.

[20] *Decreto Legislativo: Nuovo codice della strada* [online]. [cit. 2017-02-12]. 2015. Dostupné z: https://infotraffico.autovie.it/ProxyVFS.axd?rnode=14123&stream=&ext=.pdf.

[21] DOZZA, M. *What factors influence driver's response time for evasive maneuvers in real traffic?*. Accident Analysis and Prevention [online]. Elsevier, 1309, 58, 299-308 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1016/j.aap.2012.06.003. ISSN 0001-4575.

[22] ĐURIĆ, P., FILIPOVIĆ, D. *Level of neurotic disorders among drivers causing traffic accidents*. Medicinski Pregled [online]. 2007, 60(7-8), 365-371 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.2298/MPNS0708365D. ISSN 0025-8105.

[23] *Express: The driving law you might not know that will land you with a £100 fine and three points* [online]. [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: http://www.express.co.uk/life-style/cars/787666/Driving-law-fine-offence-tailgating-UK-penalty-points.

[24] GE, T., FU X. S., MA, J., KANG, L. Q. *Study on the Improvement of the Safety Distance Model Based on Speed Difference*. Applied Mechanics and Materials [online]. 1409, 641-642, 923-928 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.641-642.923.

[25] GLIER, L. *Porovnávání reakční doby řidiče při denním a nočním osvětlení.* Soudní inženýrství. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1993. s. 21-23.

[26] HAQUE, M., WASHINGTON, S. *A parametric duration model of the reaction times of drivers distracted by mobile phone conversations*. Accident Analysis and Prevention [online]. Elsevier, 1401, 62, 42-53 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1016/j.aap.2013.09.010. ISSN 0001-4575.

[27] HAVLÍK, K. *Psychologie pro řidiče: zásady chování za volantem a prevence dopravní nehodovosti*. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7178-542-3.

[28] HOLZMANN, F. *Adaptive cooperation between driver and assistant system: Improving road safety*. Meppel: Krips bv, 2008. ISBN 978-3-540-74473-3.

[29] HUGEMANN, Wolfgang. *Unfall-rekonstruktion*. Erzhausen: Schönbach-Druck, 2007. 1300 s. ISBN 3-00-019419-3.

[30] CHRISTOFOROU, Z., KARLAFTIS, M., G., YANNIS, G. *Reaction times of young alcohol-impaired drivers*. Accident Analysis and Prevention [online]. Elsevier, 1312, 61, 54-62 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1016/j.aap.2012.12.030. ISSN 0001-4575.

[31] ICHIKAWA, K. *Safe distance between two vehicles, 8th European Congress of Psychology*. Wien, 2003. ID-227.

[32] *Introduction of Careless Driving as a Fixed Penalty Notice Offence* [online]. [cit. 2017-02-12]. Department for Transport, 2013. Dostupné z: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/204616/impact-assessment-careless-driving.pdf.

[33] *ISO/FDIS 22839-2013: Inteligent transport systéme – Forvard vehicle collision mitigation systems*. Geneva: ISO, 2013.

[34] JAN, Z., ŽĎÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily: Podvozky*. Brno: Nakladatelství Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.

[35] JANATA, M., POKORNÝ, P., SIMONOVÁ, E., SMĚLÝ, M. *Pasivní bezpečnost pozemních komunikací: Zkušenosti z České republiky a ze zahraničí*. Praha: TISK CENTRUM Praha, 2007. ISBN: 978-80-86502-72-4.

[36] JANÍČEK, P. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky - hledání souvislostí*. 1. a 2. díl. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2007. 1234 str. ISBN 978-80-7204-554-9.

[37] JURECKI, Rafał S., STAŃCZYK, Tomasz L. *Driver reaction time to lateral entering pedestrian in a simulated crash traffic situation*. Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour [online]. Elsevier India Pvt, 1411, 27, 22-36 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1016/j.trf.2014.08.006. ISSN 1369-8478.

[38] *KBA: Abstand* [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://www.kba.de/ cln_031/nn_221008/DE/Punktsystem/Pun ktekatalog/abstand.html.

[39] KHASHBAT, J., TSEVEGJAV, T., MYAGMARJAV, J., BAZARRAGCHAA, I., ERDENETUYA, A., MUNKHZUL, N. *Determining the driver's reaction time in the stationary and real-life environments (Comparative Study)*. In: Strategic Technology (IFOST), 2012 7th International Forum on [online]. IEEE, 1209, s. 1-3 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1109/IFOST.2012.6357735. ISBN 978-1-4673-1772-6.

[40] *Kodeks drogowy - Prawo o ruchu drogowym: Spis treści kodeksu* [online]. [cit. 2017-01-27]. Dostupné z: http://dokumenty.e-prawnik.pl/kodeksy/kodeks-drogowy/ruch-drogowy/ruch-pojazdow.html.

[41] KUSANO, K., D. HAMPTON, G.,TECH, V. *Method for Estimating Time to Collision at Braking in Real-World, Lead Vehicle Stopped Rear-End Crashes for Use in Pre-Crash System Design*. SAE International, 2011. doi:10.4271/2011-01-0576.

[42] *La distance de sécurité entre deux véhicules* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: https://www.points12.fr/dangers-de-la-route/distances-de-securite/.

[43] *Lov om vegtrafikk (vegtrafikkloven)* [online]. [cit. 2017-02-17]. Samferdselsdepartementet, 2017. Dostupné z: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4.

[44] LU, X., WANG, J. *Multiple-vehicle longitudinal collision avoidance and impact mitigation by active brake control*. In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE [online]. IEEE, 1206, s. 680-685 [cit. 2017-05-20]. DOI: 10.1109/IVS.2012.6232246. ISBN 978-1-4673-2119-8. ISSN 1931-0587.

[45] MAR, J., LIN, F., LIN, H., HSU, L. *The car following collision prevention controller based on the fuzzy basis function network*. Fuzzy Sets and Systéme. Volume 139. Issue 1. 2003, 167-183 s. ISSN 0165-0114. Dostupné z: http://www.science direct.com/science/article/pii/S0165011402003718.

[46] MARFIA, G., M. ROCCETTI, A. AMOROSO a G. PAU. Safe Driving in LA: *Report from the Greatest Intervehicular Accident Detection Test Ever*. Vehicular Technology, IEEE Transactions on [online]. USA: IEEE, 1302, 62(2), 522-535 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1109/TVT.2012.2226484. ISSN 0018-9545.

[47] MAURYA, A., K. BOKARE, P., S. *Study of Deceleration Behaviour of Different Vehicle Types*. International Journal for Traffic and Transport Engineering [online]. 2012, 2(3), 253-270 [cit. 2017-05-20]. DOI: 10.7708/ijtte.2012.2(3).07. ISSN 2217-544X.

[48] *Neu informationen zum Führerschein-Vormerksystem.* [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: http://www.hausherr.at/downloads/infokarte_vormerksys tem.pdf.

[49] *OECD: Traffic accidents statistics* [online]. [cit. 2016-01-01]. 2017. Dostupné z: http://stats.oecd.org/.

[50] PARK, K., S., LEE, A, J., KOH, B., K. *Driver‘s Characteristics in the Perception of a Lead Vehicle's Deceleration Level*. International Journal of Cognitive Ergonomics [online]. Lawrence Erlbaum Associates, 2001, 5(2), 125-136 [cit. 2017-05-19]. DOI: 10.1207/S15327566IJCE0502_3. ISSN 1088-6362.

[51] PRNKA, J.; ZEMÁNEK, L.; MOTL, J.; NOVOTNÝ, M. *Problematika bezpečné podélné vzdálenosti u nákladních vozidel*. In Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2014. Brno: VUT v Brně, 2014. s. 1-9. ISBN: 978-80-214-4935- 0.

[52] PRNKA, J.; ZEMÁNEK, L.; NOVOTNÝ, M. *The Issue of Truck Braking, Their Accident Rate and Economic Losses Incurred in Traffic Accidents in the Czech Republic*. European Scientific Journal, 2014, roč. 2, č. 09, s. 240-247. ISSN: 1857- 7881.

[53] PROCHOVSKI, Leon., UNARSKI, Jan., WACH, Wojciech., WICHER, Jerzy. *Pojazdy samochodove - Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Lacznosci, 2008. ISBN 978-83-206-1688-0.

[54] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 13 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění [2016/194]*. [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/legal-

content/en/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.042.01.0001.01.CES&toc=OJ:L:2016:042:TOC.

[55] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 13-H – Jednotná ustanovení pro schvalování osobních automobilů z hlediska brzdění [2015/2364]*. [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTM L/?uri=CELEX:42010X0831(02)&from=CS.

[56] REIF, K. *Automobileelektronik: Eine Einführung für Ingenieure*. Berlin: AZ Druck und Datentechnik, 2012. ISBN 978-3-8348-1498-2.

[57] SAVARESI, S., TANELLI, M. *Active braking control systems: Design for vehicles*. Springer: Verlag London Limited, 2010. ISBN 978-1-84996-349-7.

[58] SEDLÁK, R. *Komplexní analýza obvyklé doby pozorování jedoucího vozidla a okolních podmínek pro vyhodnocení dopravní situace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 72 s. Vedoucí disertační práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

[59] SEIFFERT, U., WECH, L. *Automotive Safety Handbook*. Warrendale: SAE international, 2003. ISBN 978-0-7680-1798-4.

[60] SEMELA, Marek. *Analýza silničních nehod I*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně - Ústav soudního inženýrství, 2012. 83 s. ISBN 978-80-214-4548-2.

[61] SHAKOURI, P., ORDYS, A., ASKARI,M.R. *Adaptive cruise control with stop&go function using the state-dependent nonlinear model predictive control approach*. ISA Transactions. Volume 51. Issue 5. 2012, 622-631 s. ISSN 0019-0578. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00 19057812000742.

[62] SHAOUT, A., JARRAH, M.A. *Cruise control technology review*. Computers & Electrical Engineering. Volume 23. Issue 4. 1997, 259-271 s. ISSN 0045-7906. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00457906 9700013X.

[63] SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2013*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2014. 255 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/4-i-cast-web-strany-1-35-uvod-i-zakladni-udaje-pdf.aspx.

[64] SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2014*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2015. 256 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/prehled-nehodovosti-za-rok-2014-pdf.aspx.

[65] SOBOTKA, P., TESAŘÍK, J. *Statistický přehled nehodovosti* [online]. Praha: Policie České republiky, 2010 - 2012. [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: http://www.policie.cz/clanek/ statistika-nehodovosti-178464.aspx.

[66] *Statistisches Bundesamt: Verkehr 2012* [online]. Wiesbaden: DESTATIS, 2013. Dostupné z: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ2080700127004.pdf?__blob=publicationFile.

[67] *Straßenverkehrsgesetz* [online]. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.gesetze-im-internet.de/stvg/.

[68] *Straßenverkehrs-Ordnung* [online]. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/index.html#BJNR036710013BJNE000600000.

[69] SUMMALA, H., LAMBLE, D., LAAKSO, M. *Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets*. Accident; analysis and prevention [online]. 9807, 30(4), 401 [cit. 2014-11-23]. ISSN 0001-4575.

[70] SUMMALA, Heikki. *Brake Reaction Times and Driver Behavior Analysis*. Transportation Human Factors [online]. Lawrence Erlbaum Associates, 2000, 2(3), 217-226 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1207/STHF0203_2. ISSN 1093-9741.

[71] ŠTIKAR, J., HOSKOVEC, J., ŠMOLÍKOVÁ, J. *Psychologická prevence nehod: (teorie a praxe)*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1096-5.

[72] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2004*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2005. 17 s. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/ archiv2008/statistiky/2005/nehody01.html.

[73] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2005*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2006. 17 s. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/ doprava/nehody/2005/12_2005.pdf.

[74] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2006*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2007. 20 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ 2005/12_2006.pdf.

[76] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2007*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2008. 219 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ rocenka-nehody-2007-tisk-pdf.aspx.

[77] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2008*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2009. 159 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ nehody-2008-zlom-pdf.aspx.

[78] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2009*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2010. 183 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/1-nehody-2009-text-pdf.aspx.

[75] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za rok 2010*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2011. 216 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/2010-12-informace-pdf.aspx.

[79] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2011*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2012. 255 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ statistickarocenka2011-pdf.aspx.

[80] TESAŘÍK, J., SOBOTKA, P. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2012*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2013. 255 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/1-web-strany-1-25-export-adobe-pdf.aspx.

[81] TESAŘÍK, J., STRAKA, J. *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2016*. Praha: Policejní prezidium ČR. 2017. 12 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ informace-o-nehodovosti-prosinec-2016-pdf.aspx.

[82] TESAŘÍK, J., STRAKA, J. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR. 2016. 255 s. Dostupné z: http://www.policie.cz/soubor/ statisticka-rocenka-2015.aspx.

[83] TESAŘÍK, J., STRAKA, J. *Statistika nehodovosti 2016: databáze*. Praha: Policejní prezidium ČR. 2017. Dostupné z: http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q =Y2hudW09Mg%3d%3d.

[84] *Texas Driver Handbook* [online]. [cit. 2017-02-24]. 2016. Dostupné z: http://www.dps.texas.gov/internetforms/Forms/DL-7.pdf.

[85] *The Highway Code* [online]. [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: http://www.high waycodeuk.co.uk/.

[86] *TP 133: Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2005.

[87] *Trafikförordning (1998:1276)* [online]. [cit. 2017-02-23]. 2017. Dostupné z: http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19981276.htm.

[88] *TrafikJuristen: BESTÄMMELSER FÖR TRAFIK MED FORDON* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://www.trafikjuristen.se/boter/polisboter/allmanna/allmanna2.htm.

[89] VÉMOLA, A.; COUFAL, T.; PRNKA, J.; TOKAŘ, S.; ZEMÁNEK, L. *Bezpečnost vozidel silničního provozu*. Brno: VUT v Brně, 2012.

[90] VÉMOLA, A.; ZEMÁNEK, L.; PRNKA, J.; MAZÁNKOVÁ, M.; ŠIŠKA, A. *Výzkumná zpráva pro projekt DAR společnosti Škoda Auto, a.s. k tématu Jízda v koloně vozidel, vliv asistenčních systémů na změnu chování řidiče*. Brno: Ústav soudního inženýrství, 2011. s. 1-70.

[91] VLK, F. *Automobilová elektrotechnika 1 – Asistenční a informační systémy*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

[92] *Vyhláška č. 341/2014 Sb.: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2016-01-01]. Praha: Ministestvo dopravy České republiky, 2014. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341.

[93] WADA, T., S. DOI, K. IMAI, N. TSURU, K. ISAJI a H. KANEKO. *On driver's braking behavior in car following*. In: SICE, 2007 Annual Conference [online]. IEEE, 0709, s. 2396-2401 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1109/SICE.2007.4421389.

[94] WEI, Yu-Chih, CHEN, Yi-Ming. *Safe Distance Based Location Privacy in Vehicular Networks*. In: Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st [online]. IEEE Publishing, 1005, s. 1-5 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1109/VETECS.2010.5494209. ISBN 978-1-4244-2518-1. ISSN 1550-2252.

[95] YANG, D., JIN, P., PU, Y., RAN, B. *Safe distance car-following model including backward-looking and its stability analysis*. The European Physical Journal B [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 1303, 86(3), 1-11 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1140/epjb/e2012-30688-6. ISSN 1434-6028.

[96] YANG, D., ZHU, L., YU, D., YANG, F., PU Y. *An enhanced safe distance car-following model*. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science) [online]. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1402, 19(1), 115-122 [cit. 2014-11-22]. DOI: 10.1007/s12204-014-1479-5. ISSN 1007-1172.

[97] *Zákon 313/2011 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a ktorým sa menia a dopĺňajú niektoré zákony*. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2011/313/20130119.

[98] *Zákon 8/2009 Z. z o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov* [online]. 2009. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2009/8/20170101.

[99] *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích.* [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?kam=zako n&c=361/ 2000.

[100] *Zákon č. 56/2001 Sb.: Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.* [online]. [cit. 2017-03-01]. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2001. Dostupné z: https://www.zakony prolidi.cz/cs/2001-56/zneni-20170601.

[101] ZANTEN, A., ERDHART, R., PFAFF, G., WISS, H. a kol. *Jízdní bezpečnost motorových vozidel: Regulace jízdní dynamiky ESP – Technická příručka Bosch*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1998. ISBN 80-902585-8-1.

[102] ZEMÁNEK, L. *Asistenční systémy vozidel ve vztahu k dodržování podélné bezpečné vzdálenosti*. In Sborník anotací. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 2013. s. 1-8. ISBN: 978-80-214-4704- 2.

[103] ZEMÁNEK, L. *Impact of road checks on compliance with safe following distances between vehicles on motorways in Austria.* 5th Mediterranean Interdisciplinary Forum on Social Sciences and Humanities MIFS 2017. Barcelona: MIFS, 2017. s. 1-11.

[104] ZEMÁNEK, L. *Issue of the impact of traffic signs on observance of safe distance between vehicles in the Czech Republic.* 6th Eurasian Multidisciplinary Forum EMF 2017. Vienna: EMF, 2017. s. 1-15.

[105] ZEMÁNEK, L. *Problematika dodržování bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly na pozemní komunikaci mimo obec.* In Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2017. Brno: VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. s. 1-10. ISBN: 978-80-214-5486-6.

[106] ZEMÁNEK, L., PRNKA, J. *Problematika bezpečné vzdálenosti v právních předpisech vybraných zemí*. VII. mezinárodní konference o bezpečnosti silničního provozu Brno Safety 2013. Brno: Sdružení Inovace v dopravě, 2013.

[107] ZEMÁNEK, L., PRNKA, J. *Problematika dodržování bezpečné podélné vzdálenosti mezi vozidly v Německu*. In Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2014. Brno: VUT v Brně, 2014. s. 1-9. ISBN: 978-80-214-4935- 0.

[108] ZEMÁNEK, L., PRNKA, J. *The Issue of observance of safe following distance between vehicles in Germany*. European Scientific Journal, August 2015. s. 448-461. ISSN: 1857- 7881.

[109] ZEMÁNEK, L.; PRNKA, J. *Problematika podélné bezpečné vzdálenosti mezi vozidly*. In Sborník příspěvků. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 2013. s. 194-209. ISBN: 978-80-214-4675- 5.

[110] ZHENLONG, L., ZHANG, J., RONG, J., MA, J., GUO, Z. *Measurement and comparative analysis of driver's perception–reaction time to green phase at the intersections with and without a countdown timer*. Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour [online]. Elsevier India Pvt, 1401, 22, 50-62 [cit. 2014-11-23]. DOI: 10.1016/j.trf.2013.10.012. ISSN 1369-8478.

[111] *Znalosti s náskokem – Autolexikon: Brzdový asistent*. [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/articles/brzdovy-asistent/.

[112] *Zone 2: Emergency brake assist*. [cit. 2013-01-22]. Dostupné z: http://www.mysti2d.net/cormier2d/LV1/Electronic%20Brake%20System/index.html?Emergen cyBrakeAssist1.html.

[113] *Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle* [online]. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2016. Dostupné z: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleZeitreihenPDF_5462403.pdf?__blob=publicationFile.

Seznamy

Seznam grafů

***Graf 1**: Závislost rychlosti vozidla na minimální bezpečné vzdálenosti dle povrchu vozovky. 20*
***Graf 2**: Závislost mezi vnímaným a reálným zpomalením vozidla vpředu 23*
***Graf 3**: Součinitel podélné adheze v závislosti na skluzu 47*
***Graf 4**: Součinitel podélné a příčné adheze v závislosti na skluzu a úhlu α 47*
***Graf 5**: Průběh brzdného tlaku a obvodové rychlosti kola 48*
***Graf 6**: Hydraulický brzdový asistent 51*
***Graf 7**: Brzdové asistenty Emergency Valve Assist a Smart Booster 52*
***Graf 8**: Vývoj počtu dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR v letech 2000 až 2016 ..... 53*
***Graf 9**: Vývoj počtu DN se zraněním, na pozemních komunikacích ČR v letech 2000 až 2016 ..... 54*
***Graf 10**: Počet dopravních nehod v roce 2016 dle místa vzniku 55*
***Graf 11**: Počet usmrcených v roce 2016 dle místa vzniku dopravní nehody 55*
***Graf 12**: Vývoj počtu DN z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem 56*
***Graf 13**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle charakteru nehody 57*
***Graf 14**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu pozemní komunikace a počtu zraněných 58*
***Graf 15**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle lokality nehody 59*
***Graf 16**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle oblasti vzniku nehody 59*
***Graf 17**: Počet dopravních nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu pozemní komunikace 60*
***Graf 18**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle směrových poměrů a lokality nehody 61*
***Graf 19**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle situování nehody na komunikaci 61*
***Graf 20**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle typu komunikace 62*

***Graf 21**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle měsíce v roce* *62*
***Graf 22**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle dne v týdnu* *63*
***Graf 23**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle denní doby* *63*
***Graf 24**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle povětrnostních podmínek v době nehody* *64*
***Graf 25**: Počet DN způsobených nedodržením bezp. vzdálenosti v roce 2016 dle druhu a stavu vozovky* *64*
***Graf 26**: Počet dopravních nehod způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle rozhledových poměrů a viditelnosti* *65*
***Graf 27**: Počet DN v roce 2016 způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti, dle stavu a vnějšího ovlivnění řidiče* *66*
***Graf 28**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle řízení provozu v době nehody a místní úpravy přednosti v jízdě* *67*
***Graf 29**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle přítomnosti alkoholu či návykových látek* *67*
***Graf 30**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle kategorie řidiče* *68*
***Graf 31**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu vozidla* *68*
***Graf 32**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle charakteristiky vozidla* *69*
***Graf 33**: Počet usmrcených při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion obyvatel* *70*
***Graf 34**: Počet zraněných při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion obyvatel* *71*
***Graf 35**: Počet usmrcených při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion registrovaných vozidel* *72*
***Graf 36**: Počet zraněných při DN ve vybraných zemích v letech 2000 až 2015 v přepočtu na milion registrovaných vozidel* *73*
***Graf 37**: Vývoj počtu nehod v Německu způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti* *74*

***Graf 38**: Horní hranice zkreslení rychlosti dle snímkovací frekvence, rychlosti a délky měřeného úseku 78*
***Graf 39**: Četnost rychlostí jedoucích vozidel před dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti 92*
***Graf 40**: Četnost rychlostí jedoucích vozidel za dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti..... 93*
***Graf 41**: Četnost odstupu mezi vozidly před dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti..... 94*
***Graf 42**: Četnost odstupu mezi vozidly za dopravní značkou upozorňující na dodržování bezpečné vzdálenosti..... 94*
***Graf 43**: Vozidla s odstupem menším než 2 s a 1 s dle kategorie 96*
***Graf 44**: Závislost mezi průměrnou rychlostí vozidla a jeho odstupem od vpředu jedoucího vozidla..... 96*
***Graf 45**: Četnost změn v odstupu za vozidlem na měřeném úseku..... 97*
***Graf 46**: Četnost odstupu mezi vozidly před simulovaným radarovým měřením 101*
***Graf 47**: Četnost odstupu mezi vozidly za simulovaným radarovým měřením 102*
***Graf 48**: Četnost rozdílů rychlostí vozidel mezi prvním a druhým měřeným úsekem..... 104*
***Graf 49**: Četnost rozdílů odstupů mezi vozidly mezi prvním a druhým měřeným úsekem..... 104*
***Graf 50**: Závislost mezi změnou rychlosti a odstupu za vozidlem po průjezdu měřenými úseky 105*
***Graf 51**: Odhady délkových vzdáleností dle jednotlivých respondentů 108*
***Graf 52**: Odhady dob dle jednotlivých respondentů 109*

Seznam obrázků

***Obrázek 1**: Schéma odvození podélné bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly 29*
***Obrázek 2**: Senzory vozidel pro snímání okolí vozidla a základní struktura systému ACC 41*
***Obrázek 3**: Systém nouzového brzdění 44*
***Obrázek 4**: Laser Closing Velocity snímač, resp. elektromagnetický „radarový“ snímač 45*
***Obrázek 5**: Zapojení ultrazvukových snímačů 45*
***Obrázek 6**: Regulační obvod ABS 48*
***Obrázek 7**: Princip vzniku stáčivého momentu 49*
***Obrázek 8**: Schéma měření pomocí videozáznamu 75*
***Obrázek 9**: Stanice videokamery 79*
***Obrázek 10**: Rychlost vozidla 130 km/h, vzdálenost 7 m, resp. rychlost vozidla 98 km/h, vzdálenost 6 m 83*
***Obrázek 11**: Rychlost vozidla 121 km/h, vzdálenost 7 m, resp. rychlost vozidla 117 km/h, vzdálenost 6 m 84*
***Obrázek 12**: Rychlost vozidla 85 km/h, vzdálenost 12 m, resp. rychlost vozidla 90 km/h, vzdálenost 15 m 84*
***Obrázek 13**: Stanice videokamery - měření u obce Winkl, resp. u obce Au A. Aign 85*
***Obrázek 14**: Svislé, resp. vodorovné dopravní značení pro dodržování bezpečného odstupu na měřeném úseku 90*
***Obrázek 15**: Měřený úsek před dopravní značkou „Bezpečný odstup“ 91*
***Obrázek 16**: Rychlost vozidel 72 km/h, odstup druhého vozidla cca 0,44 s, resp. cca 9 m 97*
***Obrázek 17**: Rychlost vozidel 76 km/h, odstup druhého vozidla cca 0,44 s, resp. cca 9 m 98*
***Obrázek 18**: Rychlost vozidel 82 km/h, odstup druhého vozidla cca 0,46 s, resp. cca 9 m 98*
***Obrázek 19**: Půdorys dvojice míst měření 99*
***Obrázek 20**: Situace v druhém místě měření při simulaci silniční kontroly – radarového měření 100*
***Obrázek 21**: Cílové vozidlo ve vzdálenosti 14, 25, 50 a 75 m 106*
***Obrázek 22**: Odečtení odhadu jedné sekundy ze zvukového záznamu 107*

Seznam tabulek

***Tabulka 1**: Reakční doby řidičů a prodlevy brzd vozidel 14*
***Tabulka 2**: Reakční doba řidiče dle věku a zkušeností 16*
***Tabulka 3**: Minimální bezpečná podélná vzdálenost mezi vozidly dle povrchu vozovky a rychlosti vozidla 19*
***Tabulka 4**: Koeficient adheze dle povrchu 23*
***Tabulka 5**: Maximální střední plné brzdné zpomalení jednotlivých základních kategorií vozidel 27*
***Tabulka 6**: Struktura reakční doby ve vztahu „řidič - vozidlo“ 28*
***Tabulka 7**: Vzdálenost ujetá vozidlem za 1 nebo 2 sekundy při dané rychlosti 28*
***Tabulka 8**: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 50 km/h a reakční dobu 1 s a 2 s [m] 30*
***Tabulka 9**: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 90 km/h a reakční dobu 1 s a 2 s [m] 31*
***Tabulka 10**: Minimální bezpečná vzdálenost pro rychlost 130 km/h a reakční dobu 1 s a 2 s [m] 31*
***Tabulka 11**: Sankce řidičům za porušení předpisu týkajícího se vzdálenosti mezi vozidly 36*
***Tabulka 12**: Přepočet základních sankcí týkajících se nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem 37*
***Tabulka 13**: Stručný přehled prahových hodnot bezpečné vzdálenosti v právních předpisech jednotlivých zemí 40*
***Tabulka 14**: Následky dopravních nehod z příčiny nedodržení bezpečné vzdálenosti v roce 2016 ..... 57*
***Tabulka 15**: Počet DN způsobených nedodržením bezpečné vzdálenosti v roce 2016 dle druhu komunikace, počtu usmrcených a těžce a lehce zraněných osob 58*
***Tabulka 16**: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu .. 80*
***Tabulka 17**: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu 80*
***Tabulka 18**: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu .. 81*
***Tabulka 19**: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice D1 ve směru na Bratislavu 81*
***Tabulka 20**: Porovnání naměřených hodnot z levého jízdního pruhu dálnice D1 ..... 82*
***Tabulka 21**: Porovnání naměřených hodnot z pravého jízdního pruhu dálnice D1 ..... 82*

***Tabulka 22**: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice A8 u obce Winkl.....87*
***Tabulka 23**: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice A8 u obce Winkl 87*
***Tabulka 24**: Naměřené hodnoty v pravém jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign 88*
***Tabulka 25**: Naměřené hodnoty v prostředním jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign 88*
***Tabulka 26**: Naměřené hodnoty v levém jízdním pruhu dálnice A9 u obce Au A. Aign 88*
***Tabulka 27**: Přehled zjištěného počtu porušení předpisu řidiči při jízdě na dálnici A8 u obce Winkl.....89*
***Tabulka 28**: Přehled zjištěného počtu porušení předpisu řidiči při jízdě na dálnici A9 u obce Au A. Aign.....90*
***Tabulka 29**: Porovnání průměrného odstupu mezi vozidly dle kategorie vozidel před a za dopravní značkou.....95*
***Tabulka 30**: Naměřené hodnoty u výběrového souboru na prvním úseku.....100*
***Tabulka 31**: Naměřené hodnoty u výběrového souboru na druhém úseku.....102*
***Tabulka 32**: Rozdílové hodnoty mezi měřenými úseky u druhého výběrového souboru.....103*
***Tabulka 33**: Charakteristiky odhadů délkové a časové míry.....108*
***Tabulka 34**: Navrhované délkové intervaly odstupu mezi vozidly pro sankce 110*
***Tabulka 35**: Minimální bezpečná podélná vzdálenost pro rychlost 50, 90 a 130 km/h a reakční dobu 0,88 s [s] 111*
***Tabulka 36**: Minimální bezpečná podélná vzdálenost pro rychlost 50, 90 a 130 km/h a reakční dobu 2,04 s [s] 112*
***Tabulka 37**: Navrhované časové intervaly odstupu mezi vozidly pro sankce.....112*

Seznam vybraných zkratek a symbolů

Zkratka	**Jednotka**	**Název**
a	m/s^2	Zpomalení
ACC	-	Adaptivní tempomat (Adaptive Cruise Control)
ABS	-	Protiblokovací brzdný systém (Anti-lock Brakes System)
b	m nebo s	Vzdálenostní nebo časová bezp. vzdálenost mezi vozidly
EB	-	Systém nouzového brzdění (Emergency Braking)
EBA		Elektronický brzdový asistent
EBS	-	Systém nouzového brzdění (Emergency Brakes Systém)
ESP	-	Elektronický stabilizační systém vozidla (Electronic Stability Program)
FVCMS		Systém nouzového brzdění (Forward Vehicle Collision Migitation Systém)
HBA		Hydraulický brzdový asistent
MBA		Mechanický brzdový asistent
NHTSA	-	Národní úřad bezpečnosti dálničního provozu v USA
μ	-	Koeficient adheze
f_s	sn./s	Snímkovací frekvence videozáznamu
L_v	cd/m^2	Svítivost
m	kg	Hmotnost
p	bar	Tlak
s	m	Dráha
t	s	Čas
t_r	s	Reakční doba
TTC	s	Čas do kolize (Time To Collision)
v	m/s	Rychlost