

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Problematika dodržování bezpečné
vzdálenosti mezi vozidly na pozemních
komunikacích

2010

Petr Smilek



Ústav: K622

Akademický rok: 2008/2009

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

pro

PETR SMILEK

obor

Dopravní systémy a technika

Název tématu: **Problematika dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracovat teoretické určení správného bezpečnostního odstupu mezi vozidly pro různé okolnosti na základě metod analýzy dopravních nehod.
- 2) Popsat již uskutečněná opatření ze strany vládních orgánů pro zvýšení dodržování bezpečnostních odstupů na pozemních komunikacích v EU – kampaně, dopravní značení atd.
- 3) Provést měření míry dodržování bezpečné vzdálenosti ze strany řidičů v terénu.
 - a) Popsat technologický princip měření
 - b) Vybrat úseky pozemních komunikací vhodné pro řešení tématu
 - c) Provést sběr dat podle přípravy
 - d) Vyhodnotit výsledky a zpracovat je ve formě přehledných grafů
- 4) Navrhnout (a zkonstruovat) opatření přispívající k zvýšení míry dodržování bezpečnostních odstupů mezi vozidly na pozemních komunikacích v ČR. Do jisté míry je možné použití inspirace v jiných státech EU a přizpůsobení jí na podmínky ČR.

Rozsah grafických prací: dle vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stránek

Seznam odborné literatury: Doc.Ing.Jindřich ŠACHL, CSc. : Analýza silničních nehod v provozu

Doc.Ing.Jindřich ŠACHL, CSc. : Adheze pneumatik v analýze silničních nehod

BRADÁČ,A.a kol.: Soudní inženýrství.

Odborné časopisy

Internetové vyhledávače

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Mičunek

Datum zadání diplomové práce: 15.5.2009

Datum odevzdání diplomové práce: 7.5.2010

L.S.

Šachl



Šachl

Vedoucí ústavu

Děkan

V Praze dne 15.5.2009

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Praze dne

.....

podpis

Diplomová práce:	Problematika dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích
Autor:	Bc. Petr Smilek
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Tomáš Mičunek Ústav soudního znalectví v dopravě, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní
Datum:	30.4.2010
Rozsah práce:	82 stran textu, 23 stran příloh

Abstrakt

Práce popisuje a zkoumá problematiku dodržování bezpečných vzdáleností mezi vozidly na pozemních komunikacích. Zaměřuje se na teoretické určení správného bezpečného odstupu na základě metod analýzy dopravních nehod, stručně popisuje již zavedené prvky a opatření, které mají přispět k větší míře dodržování bezpečných rozestupů ze strany řidičů a nahlíží na legislativní pohled různých států na řešenou problematiku. Hlavním předmětem je praktické měření odstupů mezi vozidly na vybrané pozemní komunikaci a následné statistické zpracování naměřených dat. Závěrem práce je navržení dalších prvků nebo zařízení, které by nabádaly řidiče k větší míře dodržování bezpečných rozestupů.

Abstract

This thesis describes and deals with the issue of keeping the safety distances between the vehicles on the roads. It is focused on the theoretical definition of appropriate safety distance on the basis of road accidents analysis. The work briefly describes contemporary components and enforcements which can generally contribute to road safety and keeping of the safety distances from the side of drivers. There is a legislative point of the view on the issue in different European countries in this diploma thesis. The main subject is a real measurement of safety distances between the vehicles on the selected road and subsequent statistical processing of its results. Finally, there are several proposals of some other elements and devices, which could make drivers keep safety distances between the other cars.

Poděkování

Děkuji především svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Mičunkovi a jeho kolegovi Ing. Frydrýnovi za ochotu, pomoc a cenné připomínky při řešení této práce. Dále pak děkuji Ing. Janu Zavrtálkovi za zkonstruování technického zařízení, které bylo využito při měření v terénu, dále pak kamarádovi Michalovi za pomoc při měření a také své rodině za její podporu během celé doby mého studia.

Obsah

1	Úvod	1
2	Bezpečná vzdálenost	3
2.1	Terminologie	3
2.1.1	Odstup vs. mezera	3
2.1.2	Tailgating	4
2.1.3	Reakční doba	6
2.2	Určení bezpečné vzdálenosti	7
2.2.1	Obecné vyjádření bezpečné vzdálenosti	9
2.3	Tailgating ve skupině vozidel	12
3	Uskutečněná opatření v zemích EU	14
3.1	Velká Británie	15
3.2	Česká republika	21
3.3	Rakousko	26
3.4	Francie	27
3.5	Aktivní bezpečnostní prvky	29
4	Legislativa	33
4.1	Česká republika	33
4.1.1	Zákon č. 361/2000Sb. O provozu na pozemních komunikacích	33
4.1.2	TP č. 133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení	34
4.2	Velká Británie	35
4.3	Nový Zéland	36
4.4	Německo	37
4.5	Francie	39
4.6	Itálie	40

5	Technologie měření	41
6	Výběr míst pro realizaci měření	47
6.1	Úvod	47
6.2	Nejvhodnější místa k měření	48
6.2.1	Místo měření č. 1	48
6.2.2	Místo měření č.2	50
6.2.3	Místo měření č.3	51
6.2.4	Další místa vhodná k měření	52
7	Měření a Statistika	54
7.1	Sběr dat	54
7.2	Statistické zpracování	55
7.2.1	Popisná statistika	56
7.2.2	Inferenční statistika	62
7.2.2.1	Test nezávislosti pro rychlost	64
7.2.2.2	Test nezávislosti - intenzita	64
7.2.2.3	Test nezávislosti - hustota	66
8	Vlastní návrh opatření	67
8.1	Dopravní značení	67
8.2	Radar odstupů se zpětnou vazbou	69
8.2.1	Popis jednotlivých částí zařízení	70
8.2.2	Umístění zařízení	75
9	Závěr	78
	Literatura	82
A	Fotodokumentace z průběhu měření	83
B	Vzorové listy senzoru a odrazky	88
C	Vzorové listy dopravního značení	91
D	Originální výňatky ze zákonů	97
D.1	Česká republika	97
D.2	Velká Británie	99

D.3 Německo	101
D.4 Nový Zéland	102
D.5 Francie	104
D.6 Itálie	105

Seznam obrázků

2.1	Odstup - mezera	4
2.2	Odvození bezpečné podélné vzdálenosti	10
2.3	Bezpečná vzdálenost za vozidlem	11
2.4	Kolona vozidel s řetězovou reakcí	13
3.1	Variable message signs typu MS3	15
3.2	Informační tabule dodržování odstupů	16
3.3	Vzor dopravního značení na britských dálnicích	17
3.4	Značka vysvětlující postup odměření	19
3.5	Vodorovné značení - ševrony	20
3.6	Počáteční a koncová značení	20
3.7	Rámečky na toaletách čerpacích stanic	21
3.8	Billboardy u dálnic a internetové bannery	22
3.9	Dopravní značka u Přelouče	23
3.10	Dopravní značka na táborsku	23
3.11	Informační proměnná tabule na D1	24
3.12	Dopravní značka „Nápisy“ (č.I 1)	25
3.13	Vodorovné dopravní značení V16	25
3.14	Nebel Punkte	26
3.15	Nebel Punkte	27
3.16	Dopravní značení nabádá dodržovat odstup	28
3.17	Postranní čáry	29
3.18	BAS - Brake Assistant System	30
3.19	Distronic-Plus	31
4.1	Příloha TP 133	34
4.2	Tabulka brzdných vzdáleností	36
4.3	Monitor měřícího přístroje	39

5.1	Princip měření z mostu	42
5.2	Princip funkce retroreflexního senzoru	42
5.3	Princip funkce retroreflexního senzoru	43
5.4	Dopadající světlo na odrazku	43
5.5	Senzor Baumer FPKD 26	44
5.6	Ochranné nájezdy s odrazkou	46
5.7	Blokové schéma zařízení	46
6.1	Mapa oblasti Prahy	48
6.2	Detailní mapa v místě měření	49
6.3	Pěší lávka	49
6.4	Detailní mapa v místě měření	50
6.5	Dokumentační fotografie na místo měření	50
6.6	Detailní mapa v místě měření	51
6.7	Potencionální pozice měření	52
6.8	Mostní nadjezd z pohledu vozidel	52
7.1	Rychlost v čase	56
7.2	Rozložení rychlosti	57
7.3	Podíl druhu vozidel	58
7.4	Četnost automobilů dle mezer	59
7.5	Procentuální podíl dle rychlosti	60
7.6	Podíl řidičů dle intenzity provozu	60
7.7	Četnost automobilů dle mezer	61
7.8	Míra dodržení podle vzájemného vztahu vozidel	62
8.1	Intenzita v okolí velkých měst	68
8.2	Rychlostní radary	70
8.3	Schéma zařízení	71
8.4	Umístění radaru nad jízdním pruhem	72
8.5	Radar Falcon II/II Plus	73
8.6	Návrhy displeje č. 1 a č. 2	74
8.7	Návrhy displeje č. 3 a č. 4	74
8.8	Návrhy displeje č. 5 a č. 6	75
8.9	Radar ve svodidlech	76

Seznam použitých zkratk

EU ... Evropská Unie

TP ... Technické podmínky

BAS ... Brake Assistant System

ABS ... Anti-lock Brake System

ACC ... Adaptive Cruise Control

Kapitola 1

Úvod

Dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích bylo před dvěma lety žhavým tématem mnoha diskuzí a článků v českých médiích i mimo ně. Hlavním důvodem byla připravovaná změna zákona č.361/2000Sb. - O Provozu na pozemních komunikacích ve znění zákona 274/2008Sb., která vyšla v platnost od 1. 1. 2009. V §19 odst. 1 je uvedeno, že: „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.“ Bylo navrhováno, že nedodržení tohoto pravidla by se mělo trestat pokutou a dvěma trestnými body. I když navrhované trestání řidičů za porušení tohoto pravidla bylo zamítnuto, je téma dodržování bezpečné vzdálenosti stále aktuální. Nepřehlédnutelným problémem je fakt, že nedodržení bezpečné vzdálenosti je jednou z nejčastějších příčin dopravních nehod. V roce 2008 se takto stalo celkem 24 961 dopravních nehod na pozemních komunikacích v ČR z celkového počtu 160 356 všech nehod za rok 2008. V žebříčku příčin dopravních nehod si nedodržení bezpečné vzdálenosti drží nepěknou druhou pozici hned za nevěnováním se plně řízení vozidla.[11] Někteří řidiči stále ještě nevědí, kolik metrů bezpečná vzdálenost je nebo neví, jak správnou vzdálenost při jízdě automobilem určit.

Jedním z předmětů této práce, z důvodu výše uvedeného, je teoretické určení správného bezpečného odstupu mezi vozidly pro různé okolnosti na základě metod analýzy dopravních nehod. Dále jsou popsána jednotlivá opatření ze stran státních orgánů či lokálních představitelů ke zvýšení dodržování bezpečných odstupů mezi vozidly v České republice a také v ostatních zemích Evropské unie.



Dále následuje jednoduchá úvaha nad realizací určení vzdáleností mezi jedoucimi vozidly při současném zjištění jejich rychlostí. Poté je popsáno určení vzdáleností mezi vozidly, resp. určení jejich rychlostí, realizováno v praxi pomocí měření v terénu na vybraném úseku pozemní komunikace. Z této části práce vyplývají dva výsledky. Prvním z nich je inspirace pro složky Policie ČR, tj. stručný návrh technologie, jak jednoduše měřit a kontrolovat dodržování bezpečných odstupů v souvislosti s navrhovanou změnou zákona a následnými sankčními postihy. Druhým výsledkem je zjištění míry dodržování bezpečných odstupů na vybraném úseku pozemní komunikace. Po úspěšném naměření dat následuje jejich statistické zpracování. Zpracování obsahuje výpočty základních statistických charakteristik, jejich grafické znázornění v podobě grafů a zobrazení možných závislostí mezi nimi. V praxi to znamená zjištění, v jaké míře řidiči respektují pravidlo dodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem před nimi je dané zákonem O provozu na pozemních komunikacích.

V závěrečné části této práce je teoretické navrhnutí dalších prvků nebo opatření v podobě dopravního značení nebo zařízení pro zvýšení dodržování či korekci správné bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích v České republice.

Kapitola 2

Bezpečná vzdálenost mezi vozidly na základě metod analýzy dopravních nehod

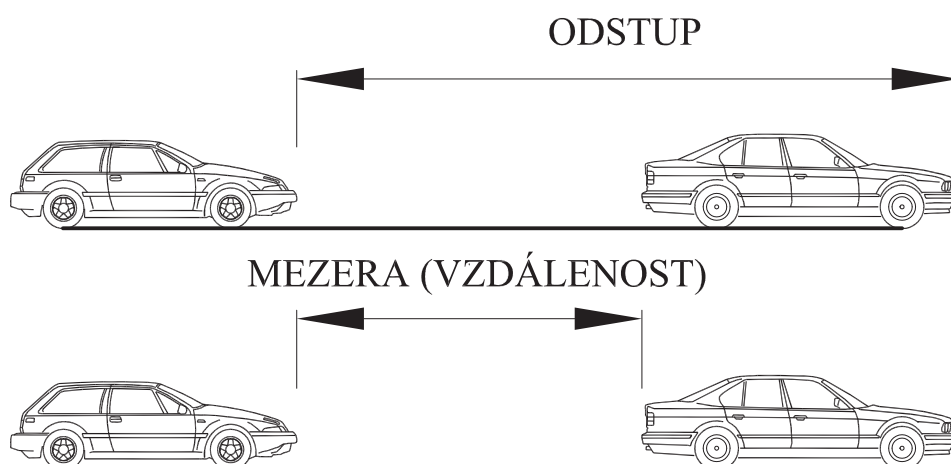
Následující kapitola je věnována určení bezpečné vzdálenosti za vozidlem jedoucím vpředu dle analýzy dopravních nehod. V současnosti se definuje bezpečná vzdálenost jako časový odstup resp. časová mezera minimálně 2 s za vpředu jedoucím vozidlem. Toto pravidlo je obecně známé nejen u nás, ale také v zahraničí. Setkáme se s ním v různých kampaních, je dokonce v některých zemích přímo součástí legislativy. Hodnota dvou sekund vychází z reakční doby řidiče. Je to maximální přijatelná hodnota doby reakce jakou řidič za normálních podmínek může mít. Cílem této kapitoly je ukázat, že toto pravidlo nelze použít v každé situaci nebo za každých podmínek. Než přejdeme k samotnému jádru problému dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly, je třeba si vysvětlit základní pojmy, které jsou používány v této nebo v následujících kapitolách.

2.1 Terminologie

2.1.1 Odstup vs. mezera

Nejvíce používanými pojmy nejen v této kapitole jsou odstup a mezera mezi vozidly. Odstup se vždy měří mezi čelem prvního a čelem následujícího automobilu. Mezera nebo také vzdálenost je však měřena od zádě automobilu k čelu následujícího automobilu. Obě

veličiny mohou být udávány časově v sekundách nebo vzdálenostně v metrech. Časový odstup je tedy definován jako doba mezi průjezdem čel dvou po sobě jedoucích vozidel příčným řezem komunikace.



Obrázek 2.1. Rozdíl mezi odstupem a mezerou

2.1.2 Tailgating

V zahraničních zdrojích a literatuře zabývajících se bezpečností silničního provozu byl zaveden nový pojem definující jízdu bez dodržování bezpečné vzdálenosti tzv. TAILGATING[20]. Tailgating je praktika jízdy na silnici v těsném odstupě (menším jak 2 s) za vozidlem vpředu. Dá se charakterizovat jako vzdálenost, u které není garantováno bezkolizní zastavení vozidla. Existuje několik forem pro tailgating praktikovaných také na našich silnicích.[13]

- Tailgating může vznikat z neuvědomění, že je tato forma jízdy riziková, a tak k ní běžně dochází. Vzniká tedy z nedbalosti či neznalosti u řidičů, kteří si myslí, že jejich jízda je obecně bezpečná a v rámci pravidel. Průměrně třetina zadních nárazů je

z důvodu tailgatingu. Tailgating může být také nebezpečný v případech, kdy je jízda uskutečňována za velkými vozidly, jako je nákladní automobil, traktor, přes které je omezený výhled. Pokud by toto vozidlo náhle zpomalilo nebo zastavilo, agresor svým chováním podstupuje velké riziko vzniku kolize.

- Nejhorší podobou, na kterou se tailgating může proměnit, je tzv. Road Rage¹, což je forma zavražďování. Příkladem může být situace, kdy řidič, aby dostal před ním jedoucí auto z cesty, najíždí agresivně na jeho zád², čímž hrozí vznik kolize, a to v mnoha případech za použití světlometů a klaksonu. Řidič, který je takto pod tlakem nemusí agresorovi vyhovět zvláště pak v případě, že by porušil zákon překročením dovoleného rychlostního limitu nebo změnil nebezpečně jízdní pruh. Poznamenejme, že v mnoha zemích se blikání světlomety považuje za normální slušnou formu, jak dát signál k chystanému předjíždění.
- Řidič se při změně jízdního pruhu zařadí příliš blízko před jiné vozidlo, jehož řidič se tak proti své vůli dostává do těsného závěsu, v důsledku toho, že se první řidič choval nebezpečně.
- Další forma tailgatingu není v našich podmínkách běžná u osobních automobilů. Jedná se o formu, kdy řidič jede v závěsu za jiným vozidlem za účelem využití vzduchového proudu, resp. vzduchové kapsy, což přináší ekonomickou úsporu na nákladech za palivo. Tato praktika se může objevovat převážně u řidičů nákladních automobilů.
- Řidič jedoucí nižší rychlostí, než je obvyklá rychlost dopravního proudu v daném úseku silnice, se může stát obětí tailgatingu. Ostatní rychleji jedoucí řidiči si pomocí tailgatingu vynucují předjetí pomalejšího vozidla a nutí jeho řidiče změnit jízdní pruh v případě, že je silnice s více pruhy nebo ho na silnici s jedním pruhem nutí uhnout na stranu ke krajnici, aby mohli začít předjíždět.
- Poslední případ tailgatingu je podobný tomu předešlému. Obměnou je pouze fakt, že agresorem je ojedinelý řidič, který jede rychleji než ostatní a svým chováním si tak vynucuje možnost předjetí. Tento projev netrpělivosti může být vědomý či

¹Road Rage (v překl. „silniční zuřivec“) je cizojazyčný pojem, který definuje chování velmi agresivního řidiče automobilu či jiného motorového vozidla. Jeho jednání je doprovázeno hrubými gesty, verbálními urážkami nebo úmyslnou a nebezpečnou jízdou za účelem hrozby. Road Rage může vést ke konfliktu, k hádce, ublížení na zdraví, či kolizi s různými následky.

nevědomý, ale je hlavně nebezpečný. Na našich dálnicích je tato metoda běžnou a účinnou praxí, jak si vydobít prostor pro rychlou jízdu. V období po západu slunce je toto ještě účinnější u automobilů vybavených xenonovými světlomety, které nejen více oslňují řidiče vpředu, ale dodávají určitý respekt a pocit silnějšího rivala či vozidla.

2.1.3 Reakční doba

Reakční doba je časový interval, který uplyne od okamžiku vjemu do okamžiku uvedení zařízení (např. brzd) do činnosti naučeným pohybem. Takto definoval reakční dobu Ing. Jiří Smrček, zakladatel analýzy dopravních nehod jako vědní disciplíny v Československu. Tato reakční doba (následovaná naučeným pohybem) předchází například před počátkem brzdění v situaci, kdy se na dráze vozidla vyskytne náhlá překážka.[7]

Reakční doba se obvykle člení na:

- **Optická reakce** – doba od začátku optického vnímání objektu do jeho zafixování co do polohy i akomodace oka. Trvání optické reakce závisí zejména na tom, zda řidič předem sledoval kritický objekt pohledem, nebo zda bylo nutno směr pohledu přesunout po spatření periferním viděním.
- **Psychická reakce** – rozhodování, např. zda je třeba brzdit, nebo brzdit s vyhýbáním, použít zvukové nebo světelné výstražné znamení.
- **Svalová reakce** – v našem případě uvolnění akcelérátoru a přesun nohy na pedál brzd.

Do tzv. celkové reakční doby se pak připočítává odezva vozidla, která se v případě brzd člení:

- **Prodleva brzd** – časový interval od dotyku brzdového pedálu po první dotyk třecích ploch brzd.
- **Náběh brzdného účinku** – od prvního dotyku třecích ploch po začátek zanechávání stop brzdění na vozovce.

Přijatelné (tj. neopožděné) trvání reakční doby přirozeně závisí na řadě činitelů, mimo jiné na již zmíněném směru pohledu na počátku reakce. Za nejkratší reálné trvání celkové

reakční doby řidiče osobního automobilu k brzdění se obvykle považuje 0,47 s při ideálních podmínkách a u obzvlášť pohotových a soustředěných řidičů.[7]

Tabulka 2.1. Tabulka reakční doby

Optická reakce	Doba trvání [s]		
	min.	průměrná	max.
řidič předem přímo pozoroval kritický objekt.	0,00	0,00	0,00
řidič nejprve sledoval jiný objekt do 5°	0,32	0,48	0,55
řidič nejprve sledoval jiný objekt nad 5°	0,41	0,61	0,70
Psychická reakce	0,22	0,45	0,58
Svalová reakce	0,15	0,19	0,21
Prodleva brzd	0,02	0,05	0,06
Náběh brzdného účinku	0,07	0,15	0,18

2.2 Určení bezpečné vzdálenosti

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, mohou existovat situace či vlivy vnitřních nebo vnějších podmínek, při nichž může být doporučovaná bezpečná vzdálenost dvou sekund nevyhovující a přes její dodržování může řidič automobilu podstupovat riziko dopravní nehody s větší pravděpodobností. Prvním vlivem je rozhodně délka reakční doby každého řidiče. Ti nejlepší z nejlepších mohou mít nejkratší dobu reakce zmíněných 0,47 s. V této a všech celkových reakčních dobách je a bude také započítána k reakci samotného řidiče také odezva vozidla, u níž bylo použito průměrných hodnot z tabulky 2.1. Naopak u nesoustředěných či unavených řidičů může reakční doba šplhat až k hodnotě 1,7 s. Při rozboru dopravní nehody je třeba vzít v úvahu přiměřenou velikost této reakční doby, která bude v hustém městském dopravním provozu rozhodně kratší, než při klidné monotónní jízdě na dálnici. Uvedené dvousekundové pravidlo zajišťuje teoreticky bezpečné zastavení za jinak shodných podmínek pro oba řidiče ocitajících se v krizové situaci. Zmíněné shodné podmínky však v mnohých situacích neexistují.

Hlavním vlivem, u nichž může nastat problém, je vzájemná rozdílná hodnota zpoma-

lení obou vozidel. V tuto chvíli vstupují do velikosti zpomalení při brzdění dva na sobě zcela nezávislé parametry, účinnost brzd a adheze pneumatik na vozovce. Všechna vozidla nemají stejně účinné brzdy. Z hlediska znalecké praxe nelze opomenout ani jeden z uvedených parametrů. Je třeba zvážit v dané situaci, který z nich se uplatnil jako slabší článek. V reálné situaci v případě dopravní nehody vzniklé z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti ustupuje parametr adheze pneumatik na vozovce do pozadí. Můžeme konstatovat, že obě vozidla jedou na stejném povrchu vozovky a za stejných klimatických podmínek. Jediný faktor, který může velikost jednotlivých adhezí odlišit, je kvalita či rozměr použitých pneumatik. To však v tuto chvíli zanedbáme.[8]

Problémem účinnosti brzd může být, při dnešním rychlém technologickém vývoji jednotlivých komponentů a materiálů, stáří automobilu. Česká republika je jednou ze zemí, kde věk automobilů vozového parku je výrazně nad celoevropským průměrem. Automobily starší 10 let tvořily k 1. červnu 2009 59% podíl celkového vozového parku[14]. Průměrné stáří osobních automobilů je 13,68 let, užitkových pak 10,01 let. Existují však značné rozdíly mezi jednotlivými kraji. Z celkového množství všech registrovaných automobilů tvoří 38 % vozy značky Škoda, jejichž průměrný věk činil k výše uvedenému datu 14,75 roků. Toto číslo silně ovlivňují starší modely, jako jsou Škoda Favorit či Škoda 105/120. Nejvíce zastoupeným modelem je Škoda Felicia, která má průměrný věk 12,34 roků. Při představě, že tyto vozy jezdí po českých dálnicích a silnicích, není myšlenka rozdílné hodnoty zpomalení mezi dvěma vozidly nereálná. Například může nastat situace, ve které zmiňovaný Favorit pojede za nejnovějším typem Audi, které má keramické kotoučové brzdy na přední i zadní nápravě. Favorit s obyčejnými kotoučovými brzdami na předních kolech a bubnovými na zadních se nemůže s audinou srovnávat. Avšak existuje výjimka, tj. situace, že by se při brzdění obou vozidlům zablokovala všechna čtyři kola. Tato situace nastává s největší pravděpodobností buď za podmínek nízké adheze pneumatik na vozovce, tj. za mokra, při sněhové pokrývce či náledí, nebo při překročení určité meze zpomalení na suché, čisté, živičné vozovce. Bývá tomu již kolem hodnot $7,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Dále je zde okolnost, že kola brzděná těsně pod mezí jejich blokace disponují obecně vyšší adhezí pneumatik. S tímto pak souvisí již zmiňovaná účinnost brzd a rozdělení brzdících sil. Brzdy automobilu, který je zatížen na maximální povolenou hmotnost musí na vodorovné, suché vozovce vyvinout zpomalení $5,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. V ojedinělých případech se můžeme setkat na silnici, když vezmeme v úvahu výše uváděné hodnoty stáří vozového parku v naší zemi, s takovým vozidlem, jehož zpomalení se pohybuje právě v blízkosti této předepsané hodnoty. V obecném vyjádření bezpečné vzdálenosti v podkapitole 2.2.1 budeme dosazovat do zpomalení druhého vozidla právě tuto předepsanou

hodnotu. Je lépe počítat s příslušnými rozsahy hodnot, aby nebyla poškozena práva jednoho nebo více z účastníků dopravní nehody.

Další ze situací, které mohou vést ke střetu i za podmínky dodržení dvousekundové vzdálenosti, jsou rozdílné okamžité rychlosti obou vozidel v okamžiku počátku celé situace. V případě, že druhé vozidlo jede vyšší rychlostí než vozidlo před ním, dochází k situaci, že jeho brzdná dráha bude podstatě delší, než brzdná dráha vozidla pomalejšího. Bezpečný odstup odpovídající době reakce řidiče zaručuje rychlejšímu vozidlu pouze to, že začne brzdit ve stejném místě, jako vozidlo vpředu. Samozřejmě je těžko odhadnutelné, jaký je rozdíl v okamžitých rychlostech našeho vozidla a vozidla jedoucího před námi. Řidič může jenom odhadovat a zaleží na jeho individuálních zkušenostech. Poměry pro určení bezpečného odstupu se tím komplikují. Stanovují se například podle obrázku na straně 11. Dosažení nejkratší bezpečné vzdálenosti je v tomto případě situace, kdy vzadu jedoucí řidič musí nejpozději začít vybočovat vlevo k předjetí.

2.2.1 Obecné vyjádření bezpečné vzdálenosti

Bezpečná vzdálenost ozn. b , je tedy odstup, který by měla mít dvě za sebou jedoucí vozidla. Její velikost je určena požadavkem, aby při náhlém zastavení předního vozidla druhé vozidlo za ním bezpečně zastavilo. Za náhlé zastavení se považuje zpravidla brzdění se zpomalením u daného vozidla, které je adhezně a konstrukčně dosažitelné. Situace na začátku a na konci brzdění je znázorněna na obrázku na straně 10. Začátek je v okamžiku, kdy se u předního vozidla (označeného indexem I) rozsvítí brzdová světla a vozidlo I začne brzdit. U řidiče zadního vozidla (označeného indexem II) začíná reakční doba řidiče ozn. t_{rII} , po kterou je předpokládáný pohyb vozidla rovnoměrnou rychlostí v_{II} na dráze s_{rII} .

$$s_{rII} = v_{II} \cdot t_{rII}, \quad (2.1)$$

Poté následuje brzdění do zastavení na dráze s_{bII} ,

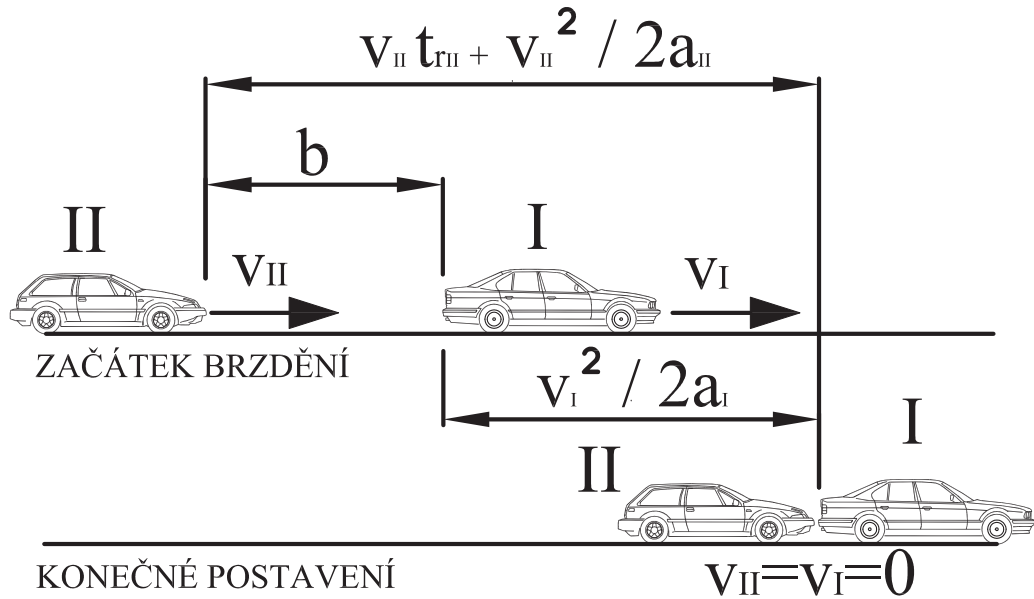
$$s_{bII} = \frac{v_{II}^2}{2 \cdot a_{II}}. \quad (2.2)$$

Celková dráha vozidla II musí být delší nebo nejméně rovna dráze brzdění vozidla I plus bezpečná vzdálenost b , tj.

$$v_{II} \cdot t_{rII} + \frac{v_{II}^2}{2 \cdot a_{II}} \leq b + \frac{v_I^2}{2 \cdot a_I}. \quad (2.3)$$

Po úpravě a vyjádření bezpečné vzdálenosti b dospějeme k následujícímu vzorci

$$b \geq v_{II} \cdot t_{rII} + \frac{v_{II}^2}{2a_{II}} - \frac{v_I^2}{2 \cdot a_I}. \quad (2.4)$$



Obrázek 2.2. Odvození bezpečné podélné vzdálenosti

Vzorec pro bezpečnou vzdálenost se zjednoduší na

$$b \geq v_{II} \cdot t_{rII} + (v_{II}^2 - v_I^2) / 2a, \quad (2.5)$$

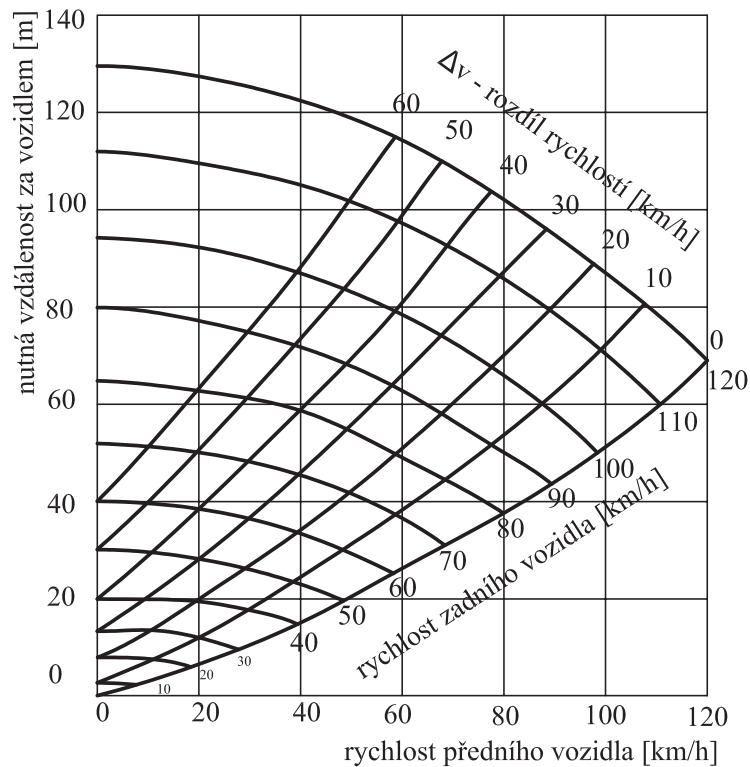
pokud mají obě vozidla stejné dosažitelné zpomalení, tj. $a_I = a_{II} = a$. Pokud mají ještě navíc k tomu obě stejnou rychlost tj. $v_I = v_{II} = v$, pak je bezpečná vzdálenost rovna ujeté dráze za reakční dobu b , tj.

$$b \geq v \cdot t_{rII}, \quad (2.6)$$

což může odpovídat zmiňovanému dvousekundovému pravidlu.

V případě, že jsou rozdílná jak zpomalení obou vozidel, tak také rychlosti, může být situace komplikovanější. Týká se to hlavně případů, kdy je rychlost druhého vozidla v_{II}

větší než rychlost v_I prvního a zároveň je zpomalení a_{II} zadního vozidla také větší než zpomalení a_I vozidla předního. Tyto případy je lepší řešit graficky. Je nutno zkoumat, zda-li nedojde ke střetu již během brzdění. Kdyby zadní vozidlo mělo rychlost větší a zároveň horší dosažitelné zpomalení ve srovnání s vozidlem vpředu, tak pravděpodobnost střetu během brzdění je ještě vyšší. Příklad závislosti bezpečné vzdálenosti za vozidlem pro jeden konkrétní případ je na obrázku zobrazeném níže, který byl překreslen z lit. [10].



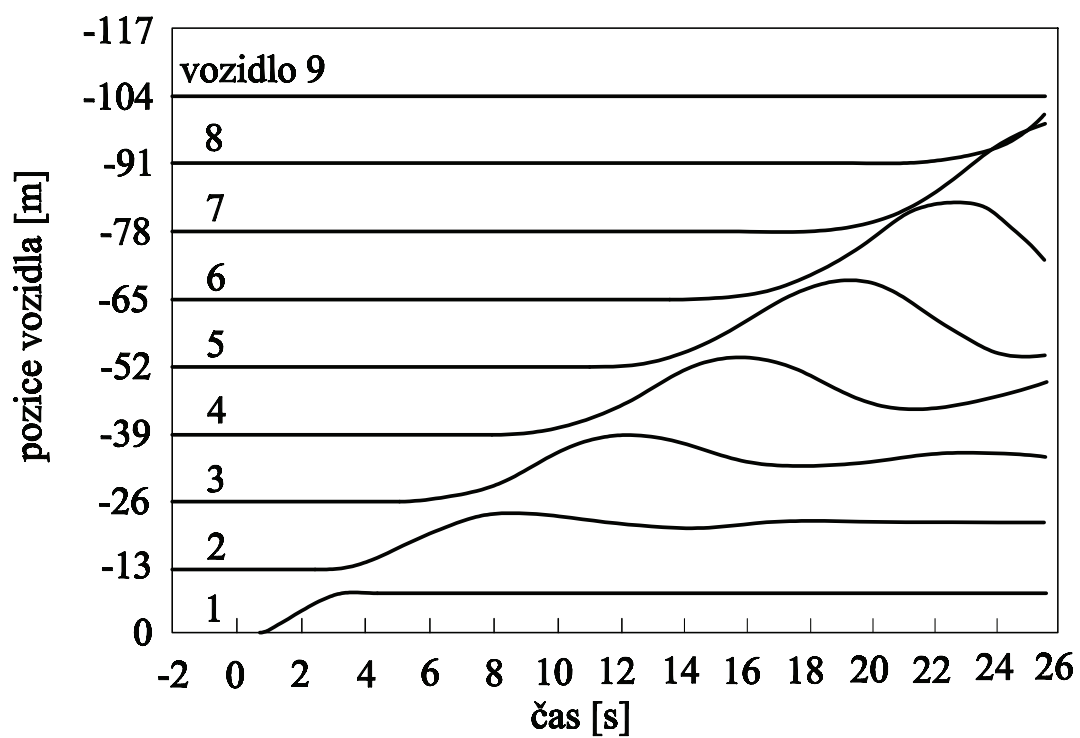
Obrázek 2.3. Nutná bezpečná vzdálenost za vozidlem

V grafu jsou následující předpoklady: Zpomalení předního vozidla je $9,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a zpomalení vozidla zadního $5,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Reakční doba řidiče zadního vozidla včetně odezvy vozidla je $1,0 \text{ s}$. Poměry určení bezpečné vzdálenosti mezi dvěma vozidly se dále komplikují v případě, kdy zadní vozidlo má sice vyšší zpomalení než vozidlo vpředu, ale naopak dlouhou reakční dobu. Teoreticky, podle výpočtů uvedených výše, by zastavilo před konečnou polohou zádě vpředu jedoucího vozidla. Kolize najetím ze zadu však

vznikne ještě v době, než první vozidlo zastaví. Tato souvislost z ryze početního hlediska uniká a proto je vhodné použití grafického řešení pomocí S-T diagramu.

2.3 Tailgating ve skupině vozidel

Jednou z hrozeb, kterou způsobuje nedodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly, je tailgating v koloně vozidel. Tento tailgating může způsobit katastrofické následky v situaci, kdy se zformuje skupina mnoha za sebou jedoucích „tailgaterů“. Je to dáno vnitřní dynamikou skupiny, která může způsobit přehnané reakce, které se postupně šíří od jednoho vozidla k dalšímu. Jestliže řidič prvního vozidla skupiny mírně zpomalí a poté opět zrychlí na svou původní rychlost, řidič druhého vozidla může na toto reagovat ostřejším přibrzděním (zaleží na odstupu a rychlosti). Řidič třetího vozidla bude poté reagovat ještě prudčeji než řidič předcházející. Tento jev se postupně vyvíjí s dalšími a dalšími vozidly ve skupině. Každý řidič reaguje a brzdí ostřeji s větším zpomalením než ten předcházející. Děje se tak do té doby, dokud schopnost zpomalení není na úrovni adheze. V případě dostatečně dlouhé skupiny vozidel s identickými rozestupy vznikne dříve nebo později nevyhnutelná hromadná srážka. Graf na obrázku níže zobrazuje výsledky z matematického modelu situace, ve které jede proud vozidel jedoucích ve vzájemně identických rozestupech 13 m a zpočátku také stejnou rychlostí. Na svislé ose je údaj o pozici každého vozidla vůči vedoucímu vozidlu za předpokladu, že první vozidlo pokračuje stálou rychlostí. V čase nula první vozidlo sníží rychlost, ale poté svou rychlost obnoví na původní hodnotu. S průběhem kolony se každé vozidlo přiblíží blíž a blíž k vozidlu před ním, dokud vozidlo 8 nenarazí do vozidla 7. Někdo by po zhlédnutí tohoto výsledku mohl říct, že se vždy ujistí, aby se nestal sedmým v pořadí v koloně delší než 7 vozidel. Ovšem takové úvahy nejsou na místě. Graf zobrazuje specifickou situaci a jeho výsledky závisí na hodnotách jednotlivých parametrů jako je rychlost, rozestupy, zpomalení prvního vozidla. Různé hodnoty parametrů predikují rozdílné výsledky. Nicméně graf zobrazuje přirozenou nestabilitu kolony „tailgaterů“, která se může proměnit v řetězovou dopravní kolizi s mnohonásobnými následky. Taková situace se může vyskytnout například při jízdě v mlze. Mlha může dodat řidičům odvalu k jízdě v menších rozestupech za účelem udržování vizuálního kontaktu mezi jednotlivými vozidly a zvýšit riziko hromadné kolize[9].



Obrázek 2.4. Matematický model proudu identických vozidel jedoucích stejnou rychlostí a se stejnými rozestupy 13 m.

Kapitola 3

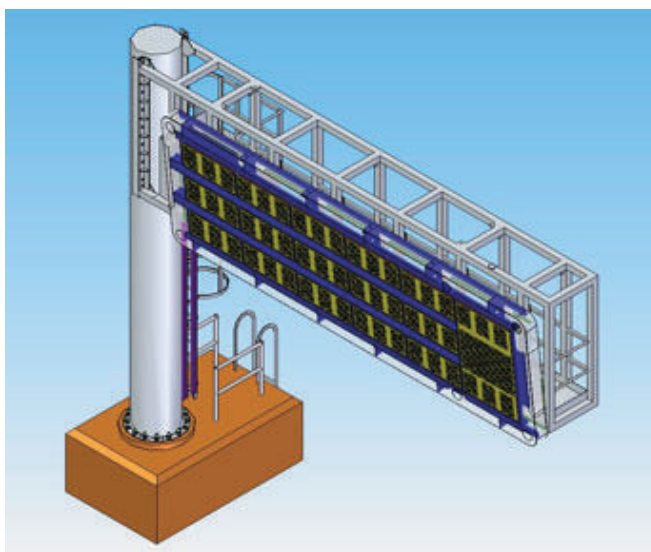
Uskutečněná opatření pro zvýšení dodržování bezpečných odstupů na pozemních komunikacích v zemích EU

V této kapitole jsou představena opatření, která byla zavedena za účelem zvýšení bezpečnosti na silnicích Evropské unie. Jejich součástí jsou také prvky, které nabádají k dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly. Tato opatření jsou většinou zaváděna ze strany úřadů jak na státní úrovni - ministerstva dopravy, tak na úrovni krajů nebo obcí. Většinou se jedná o bezpečnostní kampaně nebo zavedená dopravní značení. Zdroje některých z níže uvedených opatření pocházejí z mých vlastních cest po státech EU, nebo z cest mých přátel. Není vyloučeno, že existuje celá řada dalších opatření v zemích, které zde nejsou uvedeny. Následující přehled je pouze pro inspiraci.

Co se týká bezpečnostních kampaní, tak ve všech zdrojích každého státu, ze kterých bylo čerpáno, bylo uváděno tzv. pravidlo dvou sekund. Toto pravidlo se stalo celoevropským standardem, jak řidiče laicky upozornit na bezpečnou vzdálenost za vozidlem vpředu a lze se s ním setkat ve všech mediích.

3.1 Velká Británie

Ve Velké Británii se tamní úřady rozhodly udělat vedle kampaní, které se obecně zaměřují na zvýšení bezpečnosti na silnicích a dálnicích, také opatření, jejichž součástí je zaměření se na dodržování bezpečných odstupů. Tato opatření nabádají řidiče k dodržování těchto odstupů. Jedním z nich jsou tzv. „Variable message signs“, což jsou v podstatě světelné tabule, se kterými se již můžeme nově setkat také na našich dálnicích. viz podkap. 3.2



Obrázek 3.1. Variable message signs typu MS3

Variable message signs typu MS3 používané ve Velké Británii zobrazují libovolný text ve dvou až čtyřech řádcích. Nejčastější variantou je třířádkový displej s 18 písmeny na řádku o výšce 400 mm. Jejich umístění je na klíčových místech dálniční sítě. Prioritním úkolem těchto světelných tabulí je pomáhat řidičům v naléhavých či nouzových situacích, a tím tak předejít nebezpečným situacím a zvýšit bezpečnost provozu v následujících úsecích komunikace. Mimo jiné pomáhají také minimalizovat účinky dopravních kongescí. V době, kdy je provoz na komunikaci plynulý, se mohou na těchto tabulích objevit nápisy, které jsou součástí kampaně pro zvýšení bezpečnosti provozu. Jedním z nich je „Keep your distance“, který řidiče nabádá k dodržování vzájemných bezpečných rozestupů. Těmito rozestupy je myšlena vzdálenost, která odpovídá dvousekundovému časovému odstupu.



Obrázek 3.2. Informační tabule dodržování odstupů

Další, dle mého názoru více účinné opatření ke zvýšení dodržování bezpečné vzdálenosti, je svislé a vodorovné značení vybudované na některých místech dálniční sítě Velké Británie. Tato svislá a vodorovná značení pomáhají řidičům určovat bezpečnou vzdálenost. Svislým značením jsou myšleny tři dopravní značky. První z nich (viz obrázky níže) upozorňuje řidiče na dodržování bezpečné vzdálenosti a nabádá ho k tomu, aby si zkontroloval správnou vzdálenost.



Obrázek 3.3. Vzor dopravního značení na britských dálnicích

K nastavení správné vzdálenosti slouží druhá svislá značka a vodorovné značení, které je namalováno na vozovce v každém jízdním pruhu. Vzdálenost mezi jednotlivými šipkami, nazývejme je „ševrony“ podle anglického výrazu chevron, odpovídá bezpečné vzdálenosti pro rychlost rovnající se maximální povolené rychlosti na dálnici. V tomto případě je to 40 metrů. Povolená rychlost je 70 mph, což odpovídá 113 km/h. Zmíněných 40 metrů bylo odvozeno od 2 sekundového pravidla na suchém povrchu vozovky. Počet ševronů je takový, aby měl řidič dostatek času na upravení svého odstupu za vozidlem vpředu, odpovídajícího bezpečné vzdálenosti. Ševrony jsou na úseku o délce cca 4 km. Z obrázku je zřejmé, že cílem je to, aby řidič vozidla viděl na vozovce před sebou vždy dva tyto ševrony mezi sebou a vozidlem vpředu. Třetí svislá značka nabádá řidiče k tomu, aby tuto vzdálenost za vozidlem jedoucím před ním dodržoval nadále. Je umístěna až v úseku, kde již není nakresleno v jízdních pruzích na vozovce vodorovné značení. Série těchto dopravních značení se opakuje po 40 až 50 km. Tato dopravní značení jsem měl možnost vidět na vlastní oči. Dle mého pozorování se opatření nachází vždy na úsecích dálnic v místech výjezdů z velkých aglomerací, např. Manchester, Birmingham nebo Londýn, tj. tam, kde již intenzita provozu není na kritické úrovni a nesetkávají se zde cesty z různých směrů.

Toto dopravní opatření bylo zavedeno ve Velké Británii jako experimentální na začátku devadesátých let 20. století. Bylo to v době, kdy byla absence radarů či jiných elektronických systémů na vozidlech, které by upozorňovaly řidiče, že jedou příliš blízko za autem před nimi. Testování proběhlo na několika úsecích dálniční sítě. Výsledky výzkumu ukázaly, že toto dopravní značení pomohlo snížit nehody o 56 %. Porušování rychlosti se snížilo o 42 % a při přepočtu na jeden automobil se riziko nehody snížilo o 89 %. Efekt dodržení odstupu mohl být spatřen ještě 11 km za místem ukončení vodorovného značení.[18] Na druhou stranu výkonnost tohoto značení při příliš vysoké intenzitě dopravy není známá. Řidiči s rostoucím dopravním zatížením snižují rozestupy mezi sebou, a ignorují tak vodorovné ševrony v jízdním pruhu. Bylo zjištěno, že před nainstalováním tohoto značení každý pátý řidič jel v tailgatingu. Po zavedení opatření se snížila četnost nedodržování bezpečné vzdálenosti na každého sedmého řidiče. Po vyhodnocení experimentu byla tato opatření zavedena na důležitých komunikacích po celé Británii. Rozhodně by stála za uváženou myšlenka realizace podobného výzkumu v českých podmínkách.



Obrázek 3.4. Značka vysvětlující postup odměření odstupu



Obrázek 3.5. Vodorovné značení - ševrony



Obrázek 3.6. Počáteční a koncová značení

3.2 Česká republika

V roce 2005 oddělení BESIP Ministerstva dopravy České republiky představilo kampaň s názvem Bezpečná vzdálenost. Cílem kampaně bylo informovat řidiče o nutnosti dodržovat bezpečnou vzdálenost tak, jak je to běžné v jiných evropských zemích. Úkolem bylo zlepšení chování řidičů zejména na dálnicích a rychlostních komunikacích, a snížit tak počet dopravních nehod. Cílovou skupinou byli řidiči všech motorových vozidel a profesionální řidiči.



Obrázek 3.7. Rámečky na toaletách čerpacích stanic

Realizace kampaně proběhla pomocí různých medií. Byly to zejména billboardy podél silnic, mostní panely, ale také rámečky na toaletách čerpacích stanic. V neposlední řadě se kampaň objevovala v podobě reklamních bannerů a animací na internetu.



Obrázek 3.8. Billboardy u dálnic a internetové bannery

Téma bezpečné vzdálenosti se také objevuje v různých článcích některých specializovaných časopisů či internetových portálů. Téměř všechny vysvětlují nastavení správné bezpečné vzdálenosti za vozidlem vpředu následujícím způsobem: „Vozidla by měla mezi sebou udržovat vzdálenost, kterou urazí při dané rychlosti za dvě sekundy - což je při rychlosti 50 km/h - 28 m, 90 km/h - 50 m, 130 km/h - 72 m.“ Toto již zmíněné pravidlo dvou sekund umožňuje řidiči velmi snadno tuto vzdálenost kontrolovat. Nemusí sledovat těžko měřitelnou vzdálenost v metrech. Kontrolu bezpečné vzdálenosti lze provést jednoduchým způsobem: „Když vozidlo před vámi mine nějaký pevný bod u silnice (strom, dopravní značku, stín mostu atd.), tak vy byste k tomuto bodu neměli dojet dříve než za dvě sekundy.“ Ovšem lze nalézt i jiná pojetí, jak určit bezpečnou vzdálenost, a to například pomocí vkládání vozidel. Metodou, která správný odhad rychlosti a vzdálenosti může zjednodušit, je tzv. vkládání osobních vozidel. Tuto metodu lze využít hlavně při odhadu bezpečného odstupu. Bezpečná vzdálenost závisí na rychlosti. Na každé zvýšení rychlosti o 10 km/h je třeba zvýšit bezpečný odstup cca o 5 metrů, což odpovídá právě délce běžného osobního automobilu. Při rychlosti 50 km/h má být dle tohoto principu vzdálenost za vpředu jedoucím vozidlem alespoň taková, aby se do ní vešlo 5 osobních vozidel. Tato metoda je vhodnější pro řidiče nákladních vozidel a autobusů, kteří dopravní situaci sledují z určitého nadhledu a lépe se jim před jejich vozidlo vkládají pomyslná osobní auta.[22]

Sdružení ČESMAD Bohemia přišlo v květnu 2009 v rámci kampaně „Priorita pro řidiče kamionů“ s již pátým dílem své kampaně, který má přispět ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu a zlepšení vztahů mezi profesionálními řidiči nákladních vozidel a ostatními řidiči. Nové heslo znělo: „Ani jedno podcenění bezpečné vzdálenosti.“[15]

Další preventivní opatření, tentokrát již ze strany krajských či městských úřadů, mohou být svislé dopravní značky vybudované v místech častých dopravních nehod, které byly způsobeny nedodržením bezpečné vzdálenosti (viz obr. níže).



Obrázek 3.9. Dopravní značka u Přelouče



Obrázek 3.10. Dopravní značka na táborsku

Nejnovější formou upozornění na dodržování bezpečné vzdálenosti jsou nově instalované proměnné informační tabule na českých dálnicích. V době klidného provozu zobrazují

text, který nabádá řidiče k dodržování bezpečného odstupu. O podobných tabulích bylo již psáno v předchozí podkapitole. České tabule principem fungují stejně jako ty britské.



Obrázek 3.11. Informační proměnná tabule na dálnici D1

Velmi podobné opatření pro dodržování bezpečné vzdálenosti, podobné tomu z Velké Británie, je možno velmi zřídka nalézt na českých silnicích. Jedná se o vodorovné dopravní značení V16, což jsou nakreslené symboly šipek v ose jízdního pruhu, které jsou doplněny svislou dopravní značkou. Značka uvádí počet šipek, které má řidič za daných dopravních podmínek vidět mezi sebou a vozidlem vpředu. Toto dopravní opatření popisují technické podmínky č. 133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemní komunikaci. Podrobnější popis tohoto prvku je uveden v podkapitole 4.1.2 kapitoly „Legislativní pohled na bezpečnou vzdálenost“.



Obrázek 3.12. Dopravní značení na silnici I/38 blízko Kutné Hory



Obrázek 3.13. Vodorovné dopravní značení V16

3.3 Rakousko

U našich sousedů v Rakousku se můžeme na dálnicích setkat s další formou svislého a vodorovného dopravního značení. Tentokrát však účelem není obecné dosažení dodržování bezpečných odstupů, ale tento prvek má sloužit ve specifických podmínkách při jízdě v mlze, kdy je riziko nehody z důvodů nedodržení bezpečného odstupu velmi vysoké. Rakušané tento prvek nazývají „Nebel-Punkte“ (v překl. „Mlhové puntíky“).



Obrázek 3.14. Nebel Punkte na rakouské dálnici

Nebel-Punkte jsou bílé půlkruhy, které jsou namalovány v mlhových zónách vpravo vedle pravého silničního pruhu. Pomáhají řidiči v mlze zvolit správnou rychlost, a tím předejít dopravní nehodě, která by vznikla z důvodu špatné viditelnosti automobilu vpředu. Nebelpunkte-System funguje na jednoduchém principu. Dokud řidiči vidí tři po sobě následující půlkruhy (v odstupu vždy po 33 metrech), mohou jet nezměněnou rychlostí 130 km/h. V podmínkách, kdy jsou viditelné pouze dva půlkruhy, musí řidiči zpomalit na 60 km/h. Při viditelnosti pouze jediného bodu nesmí být jízda rychlejší než 40 km/h.



Obrázek 3.15. Nebel Punkte na rakouské dálnici

Kromě tohoto zajímavého bezpečnostního řešení existují v Rakousku kampaně obecně zaměřené na bezpečnost na silnicích a dálnicích, jejichž součástí je také téma na dodržování bezpečných odstupů. Zde bylo zdůrazněno již několikrát zmiňované dvousekundové pravidlo.

3.4 Francie

Francouzi kromě celoevropského dvousekundového pravidla určují bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na metry, a to podle jednoduchého výpočtu. Vynásobí desítky okamžité rychlosti, kterou jedou, číslem 6. Na příklad jedou-li rychlostí 50 km/h ($5 \times 6 = 30\text{m}$) měli by dodržovat za vozidlem jedoucím před nimi odstup 30 m, u rychlosti 90 km/h 54 m a u rychlosti 110 km/h 66 m. Toto je jedna z možností, jak určit bezpečnou vzdálenost.

U Francie stojí za zmínění prvek, který je principem velmi podobný opatření ve Velké Británii. Je to taktéž svislé a vodorovné dopravní značení, podle kterého si mohou řidiči nastavit správný bezpečný odstup od vozidla vpředu. Podstatný rozdíl oproti britskému vodorovnému značení je ten, že to francouzské se nachází vpravo od pravého jízdního pruhu a tvoří zároveň pravý vodící proužek. Toto opatření se nachází pouze na francouzských dálnicích. Osobně jsem se s ním setkal na dálnici v blízkosti trajektového terminálu v Calais, kde nákladní vozidla tvoří zvýšený podíl skladby dopravního proudu. Lze tedy uvažovat, že cílovou skupinou pro toto opatření jsou právě řidiči nákladních vozidel, kteří často jezdí v relativně velké blízkosti od sebe. Již z toho, že vodorovné značení je použitelné pouze z pravého (pomalejšího) jízdního pruhu, lze tento úsudek považovat za reálný.



Obrázek 3.16. Dopravní značení nabádá dodržovat odstup

Vodorovné značení je ve formě referenční linie, viz obrázky. Délka jedné linie je 38 m a vzdálenost mezi koncem jedné a začátkem další linie je 14 m. Aby bylo dosaženo správného odstupu, je nutné se držet za automobilem vpředu ve vzdálenosti dvou linií, tj. $38 + 14 + 38$, což v součtu dává 90 m. Pokud to srovnáme s výsledkem z výše uvedeného výpočtového pravidla, docházíme k rozdílu 12 m. Francouzi to odůvodňují tím, že na dálnici je většinou jízda monotónní, a proto bývá reakční čas delší. V případě deště je doporučeno udržovat stále stejnou vzdálenost 90 m, ale s tím, že rychlost řidiči musí snížit o 20 km/h z povolených 130 km/h na 110 km/h.



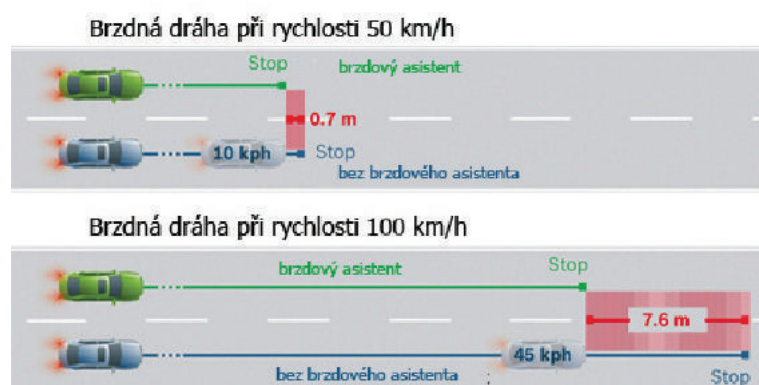
Obrázek 3.17. Postranní čáry na krajnici

3.5 Aktivní bezpečnostní prvky vozidel

Kromě výše jmenovaných opatření ze strany vládních či lokálních orgánů v jednotlivých jmenovaných zemích, které se spíše týkají vztahu řidič - infrastruktura, nelze opomenout také opatření ze strany jednotlivých automobilek, které mají vztah řidič - vozidlo. U některých značek výrobců automobilů jsou dodávány do výbav jednotlivých modelů aktivní bezpečnostní prvky, které pomáhají předcházet silničním dopravním nehodám. Některé tyto prvky mají přímou spojitost s problematikou bezpečných vzdáleností mezi vozidly. V dnešní době se toto však týká pouze luxusnějších výrobců automobilů, jako jsou například Mercedes-Benz či Volvo. Avšak jeden aktivní bezpečnostní prvek, který má s bezpečnými odstupy jen částečnou spojitost, bude v blízké budoucnosti standardem ve všech sériově vyráběných vozidlech. Jedná se o brzdový asistent (BAS - Brake Assistant System). Evropská unie tlačí na výrobce automobilů v oblasti aktivní bezpečnosti po-

slední dobou více a více a chce, aby byl brzdový asistent povinně zaveden do všech nových automobilů [23].

Tento systém se poprvé objevil v roce 1996 u modelů značky Mercedes-Benz. Systém posiluje a urychluje účinek brzd v krizové situaci, kdy řidič často nevyvíjí potřebnou sílu na brzdový pedál, tím není dosažen potřebný tlak v brzdové soustavě a brzdná dráha je delší. Systém dokáže díky senzorům a konstrukčnímu řešení posilovače brzd tento problém zmenšit, a tak zkrátit brzdovou dráhu o 15 až 20 %. Princip systému je následující. Pod brzdovým pedálem je umístěn snímač, který snímá rychlost a sílu stlačení pedálu. Impulzem pro aktivaci brzdového asistenta je mezní hodnota výkonu vyjádřená jako součin síly a rychlosti. Tato mezní hodnota je získána na základě zkušeností z provozu tak, aby nedocházelo k nežádoucím sepnutím např. během přibrzdování v koloně. Při překročení této mezní hodnoty dojde k aktivaci brzdového asistenta, který urychlí náběh brzdového účinku. Asistent udržuje maximální účinek po dobu brzdění až do okamžiku uvolnění pedálu, pak se automaticky vypne. Účinek systému je velmi ovlivněn zkušeností řidiče. V kritické situaci totiž méně zkušený řidič sešlápne brzdový pedál buď příliš pomalu a velkou silou, nebo rychle a malou silou. V obou případech tak v kritické situaci nevyužije naplno potenciál brzd. Naopak zkušený řidič sešlapuje brzdový pedál rychle a dostatečně velkou silou, čímž maximálně využívá možnosti brzdového systému vozidla v součinnosti s ABS.



Obrázek 3.18. BAS - Brake Assistant System, rozdíl brzdných drah

Dalším a velmi užitečným bezpečnostním prvkem je adaptivní tempomat s upozorněním na vzdálenost. V technických specifikacích vozidel jej známe pod zkratkou ACC (Adaptive Cruise Control). Systém je podpůrným partnerem pro uvolněnější dlouhou

jízdu zejména jízdu po dálnici a pomáhá řidiči udržovat bezpečnou vzdálenost od vpředu jedoucích vozidel. Můžeme si zvolit požadovanou rychlost a minimální časovou mezeru k vozidlu před námi. Když radarový snímač detekuje pomalejší vozidlo před námi, rychlost jízdy se automaticky přizpůsobí tomuto vozidlu. A když je silnice volná, vozidlo obnoví svou zvolenou rychlost. Pokud je systém vypnutý a vozidlo vpředu se přiblíží příliš blízko, aktivuje systém upozornění na vzdálenost (Distance Alert) červenou výstražnou kontrolku v dolní části čelního okna, aby pomohl udržovat správnou vzdálenost. Tento popis přísluší konkrétně vozidlům značky Volvo. U ostatních značek je však funkce adaptivního tempomatu velmi podobná. Existuje několik variant tohoto systému. Některé systémy umí vyhodnotit, že se překážka přibližuje příliš rychle a může dojít ke střetu vozidel. Proto systém připraví brzdy na prudké brzdění a přitáhne hlavové opěrky. Více informací o této technologii lze nalézt v odborné literatuře nebo na internetu [21].



Obrázek 3.19. Systém Distronic-Plus u vozidel značky Mercedes-Benz je obdobou systému ACC

Neposledním aktivním bezpečnostním prvkem, který je známý již několik desítek let, ale bohužel v minulosti nebyl vůbec realizovaný, je adaptivní brzdové světlo. V současnosti se stává výbavou luxusních modelů mnoha značek. Toto adaptivní světlo je aktivní při rychlostech nad 50 km/h (u každé automobilky to může být rozdílné) a může detekovat rozdíl mezi normálním a nouzovým brzděním. Pokud se jedná o nouzovou situaci, budou

všechna brzdová světla blikat rychlostí čtyřikrát za sekundu. Jakmile se rychlost sníží pod 30 km/h, světla přestanou blikat a místo toho budou blikat výstražná světla. U některých modelů blikají brzdová světla až do úplného zastavení a děje se tak ještě cca 3 sekundy po zastavení. Díky použití technologie LED diod, které potřebují méně času k rozsvícení než běžné žárovky, může dopravní provoz za námi reagovat dříve. Některé modely nemají blikající brzdová světla, ale při nouzovém brzdění se rozsvítí další žárovky či LED diody umístěné v tom samém pouzdře, které svícení zintenzivní [16].

Výše uvedené aktivní bezpečnostní prvky přispívají k bezpečnějšímu provozu na silnicích. Po jejich zavedení do standardní výbavy všech vozidel by se určitě předešlo mnoha nehodám z důvodů nedodržení bezpečného odstupu mezi vozidly. Je zcela jasné, že výrobci se tomuto budou bránit, protože automaticky vzroste cena také těch nejlevnějších automobilů. Myšlenka kontrolky na přístrojové desce, která upozorňuje na nedodržení bezpečné vzdálenosti vůči vozidlu vpředu, není nereálná. Stejně tak upozorňuje v dnešní době kontrolka na nepřipoutání posádky bezpečnostními pásy.

Kapitola 4

Legislativní pohled na bezpečnou vzdálenost mezi vozidly

Následující kapitola je zaměřena na legislativní stránku problematiky bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích. Jsou zde uvedeny výňatky ze zákonů o provozu na pozemních komunikacích v následujících šesti zemích: Česká republika, Velká Británie, Německo, Nový Zéland, Francie a Itálie. Tyto odstavce z jednotlivých zákonů prezentují nařízení a následné možné postihy v jednotlivých zemích. Originální texty v původních jazycích jsou přiloženy v dodatku D

4.1 Česká republika

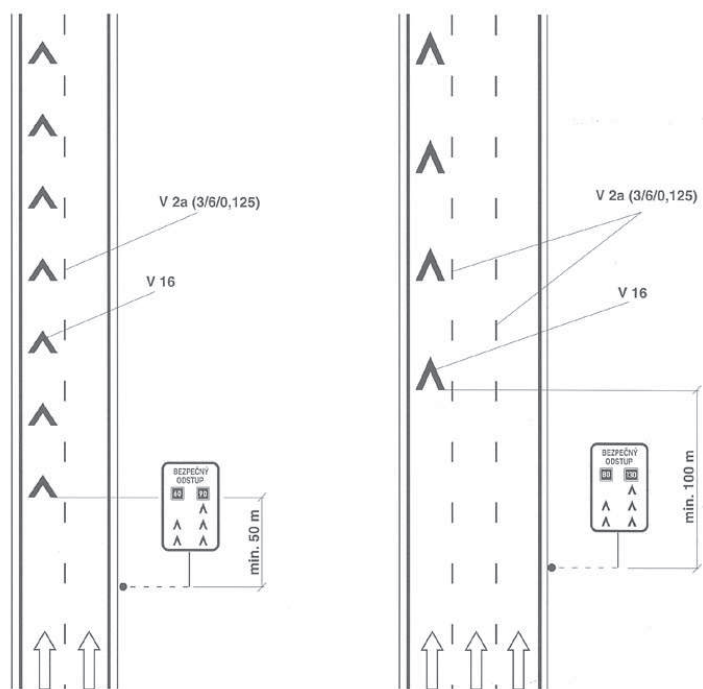
4.1.1 Zákon č. 361/2000Sb. O provozu na pozemních komunikacích

Hlava II., díl 3., §19 odst. (1) a (2) se v zákoně č.361/2000Sb věnuje bezpečné vzdálenosti. V odstavci (1) je doslova napsáno: „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.“ V odstavci (2) se uvádí: „Řidič motorového vozidla o maximální přípustné hmotnosti převyšující 3500 kg, jízdní soupravy, jejíž celková délka přesahuje 10 m, a zvláštního vozidla musí mimo obec zachovat 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.“ V návrhu novely zákona 361/2000Sb. z roku 2008, která vyšla v platnost od 1.1.2009, byl navrhován trest za nedodržení bezpečné vzdálenosti v podobě dvou tresných bodů. Toto však bylo následně zamítnuto.

4.1.2 TP č. 133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení

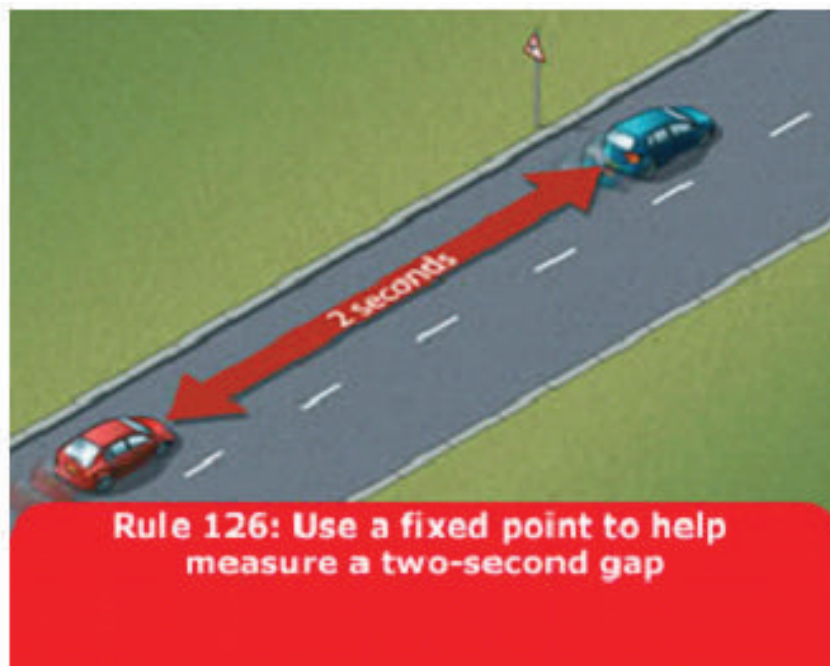
Vyhláška ministerstva vnitra č. 30/2001 Sb., která zaváděla nový seznam dopravních značek, v § 23 ods. e) zavedla vodorovné dopravní značení č. V16 „Bezpečný odstup“. Bližší informace o tomto vodorovném značení jsou uvedeny v Technických podmínkách č. 133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemní komunikaci. K tomuto vodorovnému značení V16 se definuje svislé dopravní značení, a to zařízení pro provozní informace „Nápisy“ č. I 1. Zde se uvádí počet symbolů šipek, které má řidič vidět za daných dopravních podmínek ve vztahu k rychlosti jízdy. Technické podmínky dále říkají, že vodorovné značení je umístěno v ose příslušného jízdního pruhu. Vzájemná vzdálenost symbolů odpovídá ujeté dráze vozidla za dobu, než začne zpomalovat v reakci na změnu rychlosti vozidla jedoucího před ním. Technické podmínky ukazují dva příklady užití, a to mimo dálnici, kde jsou symboly umístěny ve vzdálenosti minimálně 25 m od sebe, a pak na dálnici, kde je tato vzdálenost minimálně 40 m[6].



Obrázek 4.1. Situace rozmístění dopravního značení V16 a I1 na silnici v jízdním pruhu

4.2 Velká Británie

The Highway Code - Rule No. 126:[24]



V Britském zákoně The Highway Code je uvedeno, že řidič by měl jet takovou rychlostí, při které bude moci bezpečně zastavit na viditelné vzdálenosti. Měl by při tom nechat takový dostatek místa mezi ním a vozidlem před ním, aby mohl bezpečně zastavit v situaci náhlého zpomalení či zastavení vozidla jedoucího vpředu. V zákoně je dále uvedeno tzv. dvousekundové pravidlo. Konkrétně je napsáno, že minimálně dvousekundový odstup je třeba udržovat na silnicích s vyšší rychlostí (dálnice) a v tunelech, kde bývá snížená viditelnost. Dále pak by časový odstup měl být zdvojnásoben na 4 sekundy na mokřích vozovkách. Ještě větší by pak měl být na vozovkách namrzlých. To už však není uvedeno přesným údajem. Britský zákon dále upozorňuje na nákladní vozidla a motocykly, jež mají větší brzdovou vzdálenost. Velmi užitečné upozornění je uvedeno na případ, kdy řidič musí zastavit v tunelu v případě vzniku kolony. Řidiči je přikázáno nechat po zastavení pětimetrovou mezeru mezi ním a vozidlem stojícím vpředu. Myslím, že tato skutečnost by se mohla implementovat u nás nejen na situace kolon v tunelech, ale i mimo ně. Při zadním nárazu vozidla jedoucího dostatečně velkou rychlostí do jiného stojícího vozidla se totiž stojící vozidlo může přemístit o několik metrů vpřed a může narazit do dalších vozidel.



Obrázek 4.2. Tabulka brzdných vzdáleností uvedená přímo v zákoně

4.3 Nový Zéland

Road Code:[26]

Nezůstaneme pouze na starém kontinentě, ale nahlédneme také do legislativy země, která se nachází na opačné straně zeměkoule, Nového Zélandu. Novozélandský zákon nazývaný se Road Code nahlíží na problematiku dodržování bezpečných odstupů následovně. Již při přečtení prvního odstavce zákona je poznat, že problematika je popisována spíše čtivější formou, než strohými a občas složitými frázemi, jak tomu bývá v naší legislativě. Objevuje se zde samozřejmě věta zabývající se případem náhlého zpomalení či zastavení vozidla vpředu, která se bude nejspíš objevovat v zákonech po celém světě. Formu podání celého textu bych však přirovnal spíše k učebnici autoškoly. V novozélandském zákoně taktéž upozorňují na reakční dobu a na fakt, že čím lepší má řidič výhled před sebe, tím je jeho jízda přehlednější a bezpečnější. Dále se pak v zákoně objevuje známe dvousekundové pravidlo a za špatné viditelnosti či v noci pravidlo čtyřsekundové. Zákon také neopomíná fakt, že řidiči musí nechat dostatek prostoru za vozidlem vpředu pro případné předjíždějící vozidla, pokud nehodlají sami předjíždět. V neposlední řadě také upozorňuje na skutečnost, že v případě únavy za volantem by se odstup měl zvyšovat.

4.4 Německo

Straßenverkehrs-Ordnung-StVO, I.Allgemeine Verkehrsregeln,

§4.Abstand:[25]



Zákon našich západních sousedů je velmi podobný tomu našemu. V Německém Straßenverkehrs-Ordnung - StVO, v hlavě I. a § 4 jsou 3 odstavce. První je téměř shodný s tím, který je v našem zákoně 361/2000Sb., druhý odstavce se zabývá nákladními vozidly či soupravami delšími jak 7 m, jízdou v koloně a nutností nechávat rozestupy pro předjíždějící vozidla, aby se mohla bezpečně zařadit. Avšak jsou zde 3 výjimky, kdy se tyto odstupy nemusí dodržovat. Bývá to v případě, pokud hodlá řidič předjíždět a pokud má silnice více jízdních pruhů v jednom směru. Poslední výjimka se týká úseků, kde je zakázáno předjíždění. Poslední třetí odstavce paragrafu 4 přikazuje autobusům a vozidlům s hmotností více jak 2,8 t dodržovat rozestupy na dálnicích 50 m v případě, že překročí rychlost 50 km/h. Zásadním rozdílem mezi německou a českou legislativou je postihování v případě nedodržování tohoto zákona. V Německu může tamní policie vybírat pokuty a přidělovat trestné body. Rozlišují dvě míry pokutování. První, mírnější, je nedodržení bezpečných odstupů v případě, že vozidla jedou více jak 80 km/h, druhá, přísnější, se týká rychlostí 130 km/h a vyšších. Jelikož kontrola dodržování bezpečnostních rozestupů se týká především dálnic a rychlostních silnic, zákon neuvádí postihy v případech, kdy jede řidič menší rychlostí než 80 km/h. Tabulky s finančními postihy a trestnými body jsou zobrazeny níže. Výše finančních postihů a množství trestných bodů jsou dány mírou nedodržení bezpečné vzdálenosti. Ta je určena v metrech z poloviny odečtené hodnoty okamžité rychlosti na rychloměru měřeného automobilu, tj. např.: Řidič jedoucí rychlostí 120 km/h má odstup od vozidla vpředu 15 m. Dostane tedy pokutu 160 eur a budou mu uděleny 4 trestné body, protože 1/10 z poloviny okamžité rychlosti je 6. Po vydělení patnácti číslem 6 dostáváme výledek 2,5, tzn. že řidič měl odstup menší jak 3/10 z poloviny odečtené hodnoty okamžité rychlosti[19].

Tabulka 4.1. Tabulka finančních pokut a trestných bodů pro rychlost 80 km/h a vyšší

Odstup v [m] za vozidlem menší než	Euro	Body	Zákaz řízení [měsíců]
5/10 z poloviční hodn. rychloměru	75	1	
4/10 z poloviční hodn. rychloměru	100	2	
3/10 z poloviční hodn. rychloměru	160	3	1*
2/10 z poloviční hodn. rychloměru	240	4	2*
1/10 z poloviční hodn. rychloměru	320	4	3*

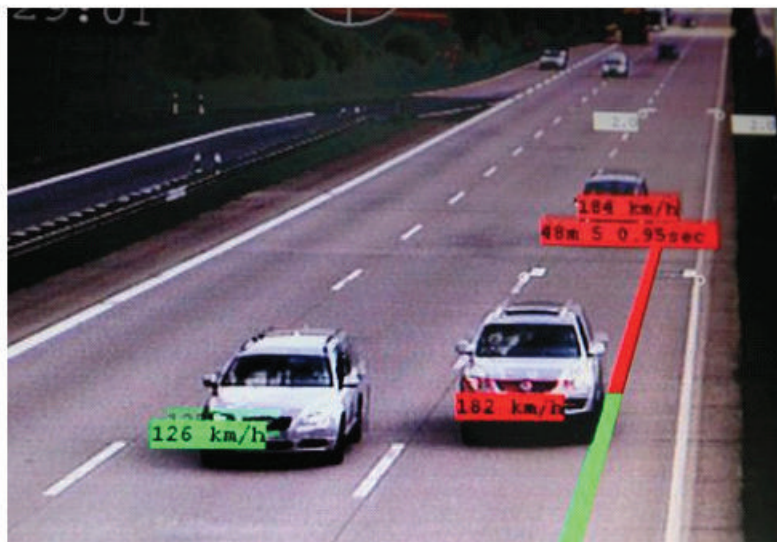
* - pro rychlost 100 km/h a vyšší

Tabulka 4.2. Tabulka finančních pokut a trestných bodů pro rychlost 130 km/h a vyšší

Odstup v [m] za vozidlem menší než	Euro	Body	Zákaz řízení [měsíců]
5/10 z poloviční hodn. rychloměru	100	2	
4/10 z poloviční hodn. rychloměru	180	3	
3/10 z poloviční hodn. rychloměru	240	4	1
2/10 z poloviční hodn. rychloměru	320	4	2
1/10 z poloviční hodn. rychloměru	400	4	3

Pro ukázkou je v následujícím odstavci představeno, jak policejní složky kontrolují dodržování bezpečných odstupů. Konkrétně se jedná o policii v Dolním Sasku vlastní přenosné zařízení, které dokáže nejen změřit odstup vozidel mezi sebou, ale také rovnou vyhodnotit, zda je tento odstup adekvátní k okamžité rychlosti, kterou vozidlo jede. S novým přístrojem pro monitorování dálnic je pro policejní hlídku kontrola nyní hračkou. Zařízení umí změřit okamžitou rychlost vozidel a odstup mezi nimi, dále pak dokáže rozpoznat zapnutí bezpečnostních pásů či používání mobilního telefonu za jízdy. Cena zařízení skládajícího se ze 4 kamer a pozorovacího vozidla přišla německou policii na 248 000 eur. Kamery jsou umístěny na mostě nad dálnicí a velikost každé z nich není větší než 2 kartony cigaret. Jedna kamera zabírá celkový pohled na silnici a zbývající tři sledují jednot-

livé jízdní pruhy. Obraz je přenášěn do sledovacího vozidla, kde na 4 monitorech sleduje policista sedící v zadní části vozu celý průběh měření.



Obrázek 4.3. Monitor měřícího přístroje ve sledovacím vozidle

4.5 Francie

Code de la route, Article R412-12, Version consolidée au 3 aout 2009,:[27]

Ve francouzském Code de la route je bezpečným odstupům věnováno 7 bodů. V několika z nich je psáno totéž, co v ostatních zemích. Věnují se dodržování bezpečné vzdálenosti, nákladním vozidlům, jízdě v koloně a udělovaným výjimkám pro policejní, vojenské složky a národní jednotky. Postihy v případě porušování jsou uvedeny v dalších bodech. Porušení se trestá finanční pokutou čtvrté třídy. Jedná se také o zastavení činnosti řízení motorových vozidel na dobu až tří let pro profesionální řidiče.

4.6 Itálie

Codice della Strada, Art. 149. Distanza di sicurezza tra veicoli.:[28]

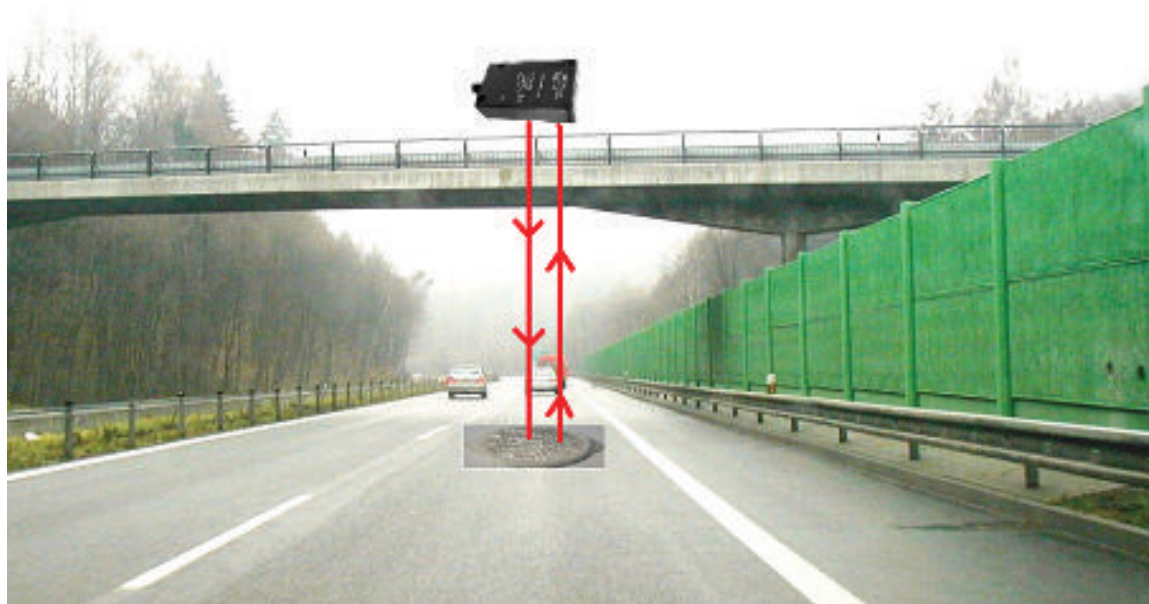
Podmínky dodržování bezpečné vzdálenosti v Itálii jsou opět podobné jako v ostatních zemích, ale jsou zde některé body navíc, které se v zákonech jiných zemí neobjevují. Jedná se o minimální odstup 100 m mezi vozidly, která mají v daném úseku komunikace zákaz předjíždění. Jedná se o komunikace s jedním jízdním pruhem. Dalším bodem je povinnost udržovat bezpečnou vzdálenost větší jak 20 metrů za vozidly zimní údržby. Porušení těchto stanovení se trestá finanční pokutou od 38 do 150 euro. Italský zákon dále definuje finanční postihy v případě dopravní nehody. Jedná se buď o druh nehody s hmotnou škodou na vozidlech či lehkým zraněním, kdy je sankce ve výši 74 až 296 euro, nebo o druh nehody s vážným zraněním, kdy se sankce vyšplhá až na 1498 euro. Nezapomíná se také na odebrání řidičských průkazů. Podmínka odebrání je ve srovnání s ostatními zákony přísná. Stačí dvakrát ve dvou letech porušit jeden bodů uvedených v zákoně a viníkovi bude odebrán řidičský průkaz na dobu od jednoho do tří měsíců.

Kapitola 5

Technologie měření

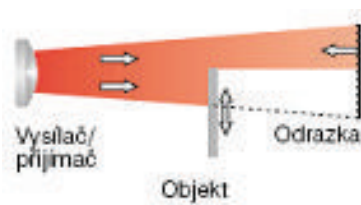
Měření bude a musí probíhat na pozemních komunikacích s dostatečně velkou intenzitou provozu, protože právě na těchto zatížených komunikacích je bezpečná vzdálenost nejvíce porušována. Jedná se tedy o rychlostní silnice či dálnice. Výběr konkrétního místa je popsán v jedné z dalších podkapitol. Jednou z možností jak detekovat vozidla je použití optoelektrických přístrojů, tj. optických bran, se kterými se můžeme setkat např. u vstupních dveří do budov či ve výtazích. Další možností, která se nabízela, byla technika rozpoznávání z obrazu. Tato varianta je proti možnosti optického snímání jednodušší na realizaci v místě měření. Pouze se vytvoří dlouhý filmový záznam na videokameru z příhodného místa (mostu nebo nadjezdu). Ovšem pak samotná analýza obrazu již potřebuje specifický software a velmi dobré zkušenosti s algoritmizací a programováním. Samotné ladění se pak může stát během na dlouhou trať. Proto jsem se přiklonil k první možnosti použití optoelektrických snímačů, které lze zakoupit ve specializovaných obchodech.

Jelikož typ komunikace, na kterém probíhalo měření, má vždy minimálně dva jízdní pruhy v každém směru, nemůže snímání vozidel probíhat ve směru horizontálním stejně jako např. ve výtahu. Snímače neumí rozlišit v jakém pruhu se detekované vozidlo nachází. Nastávaly by časté chyby. Proto muselo měření probíhat z nadhledu, ve směru vertikálním, např. z nadjezdu, mostu či rampy mimoúrovňové křižovatky. Nejvhodnější je použití retroreflektivní optické závory (nebo také reflexní optické závory), jejíž snímač je umístěn na konstrukci mostovky (viz obr. 5.1) a uprostřed jízdního pruhu je umístěna odrazka.



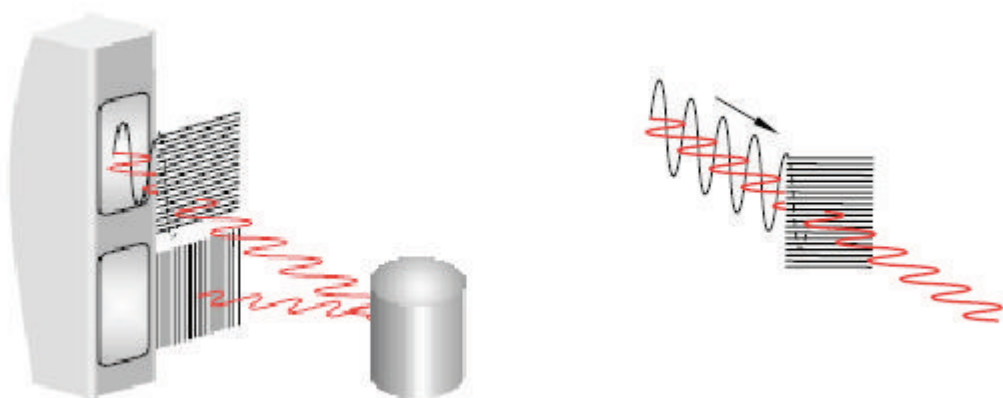
Obrázek 5.1. Princip měření z mostu

Reflexní optické závory mají vysílač a přijímač ve společném pouzdře. Odrazka umístěná na opačné straně odrazí paprsek zpět do přijímače. Snímaný objekt přeruší odražený světelný paprsek a způsobí změnu stavu výstupního signálu. Dosah může být až 12 metrů. U lesklých povrchů je doporučováno, aby světlo odražené od objektu bylo filtrováno polarizačním filtrem před přijímačem, a tím se předešlo vzniku falešných signálů. Část vysílaného světla reflexními optickými systémy se odrazí zpět do přijímače od cílových objektů s lesklými povrchy, např. nerezová ocel, hliník nebo pocínovaný plech. Jednoduché reflexní optické závory tak mohou nespolehlivě rozlišovat mezi „objektovým světlem“ a „odrazkovým světlem“. Falešné spínání nedokážeme proto dokonale vyladit.



Obrázek 5.2. Princip funkce retroreflexního senzoru

Princip polarizace je následující. Světlo se skládá z mnoha jednotlivých paprsků, které kmitají sinusově v libovolných osách. Jejich polarizační roviny jsou na sobě nezávislé a mohou být orientovány pod jakýmkoliv úhlem (viz obrázek). Když se setkají s polarizačním filtrem (rastr jemných linek), ten dovolí projít pouze paprskům, které kmitají paralelně s rovinou rastru. Paprsky kmitající v pravém úhlu k rastru jsou potlačeny. Ze všech ostatních polarizačních rovin je dovoleno projít pouze části, která se skládá z paralelních složek. Za filtrem již světlo kmitá pouze paralelně s polarizační rovinou. Pro toto světlo otočené o 90° je tento polarizační filtr již neprostupná bariéra. S filtry pootočenými o 90° před přijímačem a vysílačem reflexního optického systému můžete tedy zabránit světlu odraženému od snímaných objektů, aby aktivovalo přijímač falešnými signály.



Obrázek 5.3. Princip funkce retroreflexního senzoru

Reflexní odraz je způsobený dvěma zrcadly, které vzájemně svírají vertikální úhel. Dvojitý odraz způsobí, že se světelný paprsek odrazí zpět stejným směrem. Úhly dopadu se tak mohou měnit v relativně širokém rozsahu.



Obrázek 5.4. Dopadající světlo na odrazku se odrazí do stejného směru, ze kterého přišlo

Po konzultaci s odborníkem z oboru byl vybrán snímač značky Baumer od firmy AJP Tech s. r. o. v Brně. Typ snímače FPKD 26 má snímací dosah do 12 m, což představuje maximum z nabídky snímačů této značky. Originální katalogový list s technickými údaji lze nalézt v dodatku B. Jelikož bude měření probíhat na velkou vzdálenost, byla doporučena odrazka těch největších rozměrů. Z nabídky značky Baumer je to konkrétní typ odrazky FTDR 047A048, jejíž odrazná plocha má rozměry 51x54 mm. Při použití jednoho snímače s odrazkou můžeme měřit časové odstupy mezi jednotlivými vozidly. Jelikož nechceme znát pouze odstup v sekundách, ale také odstup jako vzdálenost v metrech, musíme zjistit rychlost jednotlivých vozidel. K tomu nám poslouží další snímač s odrazkou, který umístíme v konkrétní vzdálenosti od snímače prvního. Přesnost snímačů je 1 ms, což nám umožňuje umístit snímače od sebe v hodnotách několika decimetrů na jednu společnou konstrukci. Při známé vzájemné vzdálenosti již snadno dopočítáme rychlosti vozidel, z kterých se pak již snadno dopravujeme ke vzdálenostem mezi vozidly v metrech.



Obrázek 5.5. Senzor Baumer FPKD 26 má dosah 12 m

Zpracování signálu ze snímačů a ukládání dat obstarává naprogramovaný mikroprocesor s pamětí, který je umístěn v dalším zařízení, černé krabičce. Tato krabička je vyrobena na míru od specializovaného odborníka na elektroniku přímo k tomuto účelu. Krabička je napojena na akumulátor, který napájí energií také oba senzory. Pro představu nyní nastíním jednoduchý princip ukládání a zpracování signálů ze snímačů. Snímače mají výstup NPN nebo PNP, což znamená, že existují dva možné stavy. První stav, nazvěme jej stavem 0, „paprsek se vrací do senzoru = auto není detekováno“, a druhý stav 1, „paprsek se nevrací = auto je pod senzorem“. Naprogramovaný mikroprocesor zaznamenává spolu s časovým údajem s přesností na jednu milisekundu pouze změnu těchto

stavů, tj. změnu ze stavu 0 na stav 1 (auto přijelo pod senzor) nebo naopak (auto od senzoru odjelo). Jelikož máme dva senzory, tak se počet možných stavů pro mikroprocesor zdvojnásobuje na čtyři. Naprogramovaný mikroprocesor za základě těchto změn a časového údaje zpočítá a uloží pro každý zachycený automobil následující údaje: pořadí vozidla, čas vjezdu na první senzor, dobu obsazení prvního senzoru a dobu mezi vjezdem pod první a vjezdem pod druhý senzor. Tyto údaje pro každé vozidlo na zvláštním řádku jsou výstupem z krabičky ve formátu obyčejného textového souboru. Jako rozhraní mezi krabičkou a počítačem nám slouží komunikační kabel. Přenos je řízen pomocí aplikace Hyperterminál, kterou obsahuje každá verze operačního systému MS Windows.

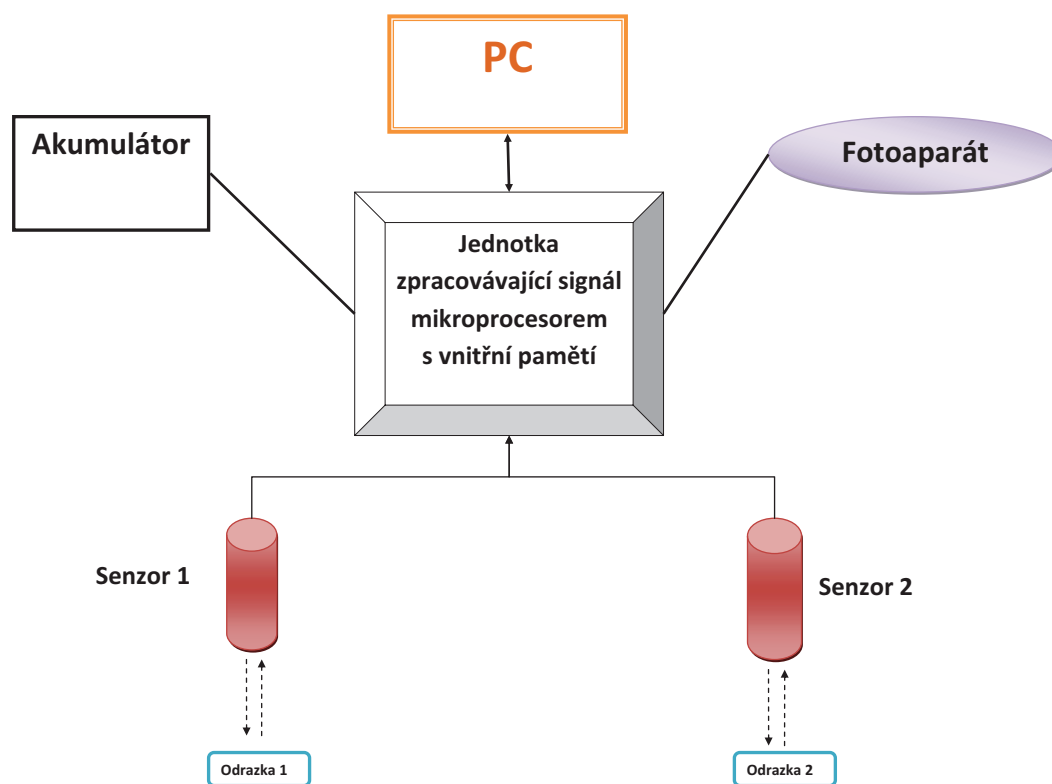
Snímače vysílají viditelné červené LED světlo ve tvaru kužele. Čím vzdálenější je odrazka, tím má pomyslná podstava zmíněného kužele větší plochu, a tím se instalace odrazky stává jednodušší. Na druhou stranu, čím více se vzdalujeme s odrazkou od senzorů, tím je větší pravděpodobnost výskytu chyb v měření. Samotná instalace odrazek a zaměření signálu senzorů byla nejtěžší fází celého průběhu měření. Aby se předešlo poškození odrazky od jedoucího automobilu, byly vyrobeny speciální ochranné nájezdy, do kterých se odrazka vloží (viz obr. 5.6). Tyto nájezdy jsou k vozovce fixovány pomocí asfaltové hmoty, aby se předešlo jejich posunu.

Pro přehled nyní následuje seznam součástí celého měřícího zařízení: kovový držák upevněný na konstrukci zábradlí mostovky, dvě čidla s kabelem, jedna černá krabička s pamětí a mikroprocesorem, napájecí zdroj - akumulátor, dva ochranné nájezdy s dvěma odrazkami a propojovací komunikační kabel s počítačem. Připojení na počítač není nutností, protože se údaje ukládají do paměti i bez něj. Blokové schéma zapojení celého zařízení lze vidět níže.

Krabička zpracovávající signál má navíc funkci připojení k fotoaparátu pomocí výstupního konektoru. Fotoaparát může být spínán ve volitelném rozmezí prodlev po sepnutí prvního čidla. Tato funkce však nebyla v našem konkrétním měření využita.



Obrázek 5.6. Ochranné nájezdy s odrazkou přilepené pomocí asfaltové hmoty



Obrázek 5.7. Blokové schéma měřicího zařízení

Kapitola 6

Výběr míst pro realizaci měření

6.1 Úvod

Jak již bylo zmíněno v jedné z předchozích kapitol, místo pro měření dat má specifickou charakteristiku. Musí se jednat o rychlostní komunikaci či dálnici nebo také přivaděč k těmto typům pozemních komunikací. Důvodem je dostatečná intenzita. Právě na těchto pozemních komunikacích je riziko dopravní nehody z důvodu nedodržení bezpečného odstupu nejvyšší. Pokud se zaměříme na konkrétní příklady ze silniční sítě na území ČR, tak z důvodu co nejlepší dostupnosti byly vybrány úseky komunikací na území hlavního města Prahy nebo v jeho okolí. Další podmínkou z hlediska technologie měření je přítomnost mostního objektu nad vozovkou měřené pozemní komunikace. Je třeba, aby tento mostní objekt nebyl součástí mimoúrovňové křižovatky. Jedná se více o důvody bezpečnostní než o technické. Na rampách mimoúrovňových křižovatek nebývají chodníky pro pěší, a tak není dostatek místa pro bezpečný pohyb či instalaci konstrukce držáku. Dle výše uvedených kritérií lze nalézt a vybrat jen několik možných variant. Co se týká největšího zatížení pozemních komunikací, tak dálnice D1, případně její přivaděč na území hlavního města Prahy, byla největším kandidátem. V úseku za připojením Jižní Spojky směrem na Brno v oblasti pražského Chodova je hned několik vhodných míst ke sběru dat. Dalším vhodným kandidátem byl Pražský okruh, rychlostní silnice R1, zejména v oblasti jihozápadní části Prahy v úsecích přivaděče na dálnici D5 směrem na Plzeň. Jeden z posledních vhodných úseků na měření dat byla silnice č. 4 na jihu Prahy, která je hlavním tahem na rychlostní komunikaci R4 směrem na Dobříš, Příbram či Strakonice. Na mapce zobrazené níže jsou výše zmiňované úseky zvýrazněny červenou barvou.

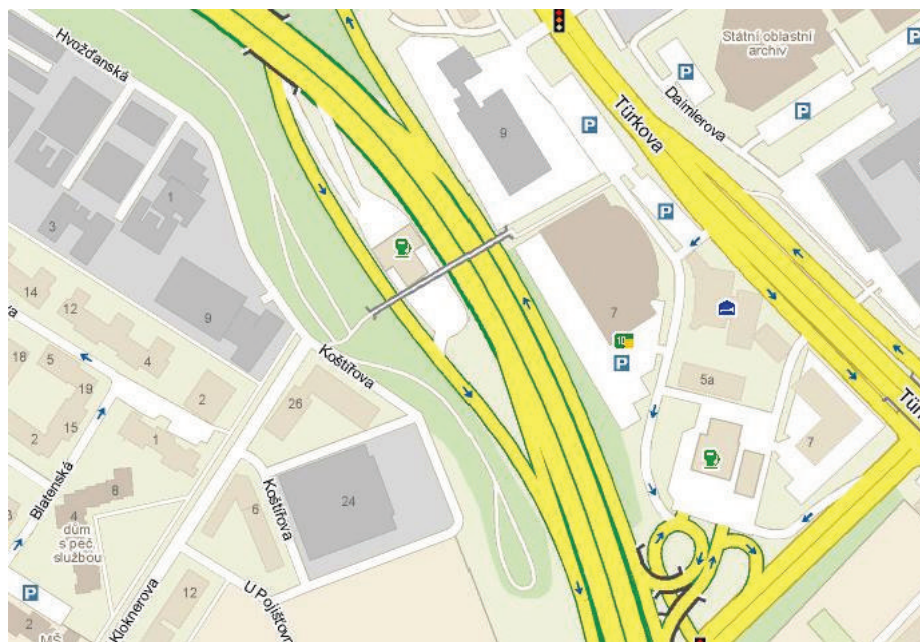


Obrázek 6.1. Mapa oblasti kolem Prahy, zvýrazněné vhodné úseky

6.2 Nejvhodnější místa k měření

6.2.1 Místo měření č. 1: ul. 5. Května, Roztyly (přivaděč na D1)

Místo se nachází několik stovek metrů za napojením Jižní spojky na ulici 5. Května, která se po pár kilometrech změní na dálnici D1. Již podle názvů Jižní spojka a D1 každý pochopí, že se jedná o intenzivně velmi zatížený úsek. Denně zde projede okolo sto tisíc vozidel. Nad ulicí 5. Května se nachází lávka pro pěší, která spojuje komerční zónu na straně jedné (obchodní středisko, hotel, kongresové centrum) s obytnou čtvrtí na straně druhé. Fakt, že se jedná pouze o pěší lávku a není zde žádná automobilová doprava, je velmi kladnou skutečností přispívající k vyšší osobní bezpečnosti při měření. Lávka není ve velké výšce nad povrchem vozovky, cca 6 m, což odpovídá polovině dosahu senzoru.



Obrázek 6.2. Detailní mapa v místě měření



Obrázek 6.3. Pohled na provoz u pěší lávky a na lávku samotnou

6.2.2 Místo měření č.2: Dálnice D1, OC Chodov

Další velmi vhodný úsek na měření se nachází cca 700 m ve směru na Brno od prvního výše zmiňovaného místa. Toto místo je charakteristicky velmi podobné. Také se jedná o pěší lávku, která spojuje Obchodní centrum Chodov a obytné sídliště. Tady lze tedy očekávat větší počet chodců. Provozem je toto místo naprosto shodné, intenzita je taktéž velmi vysoká.



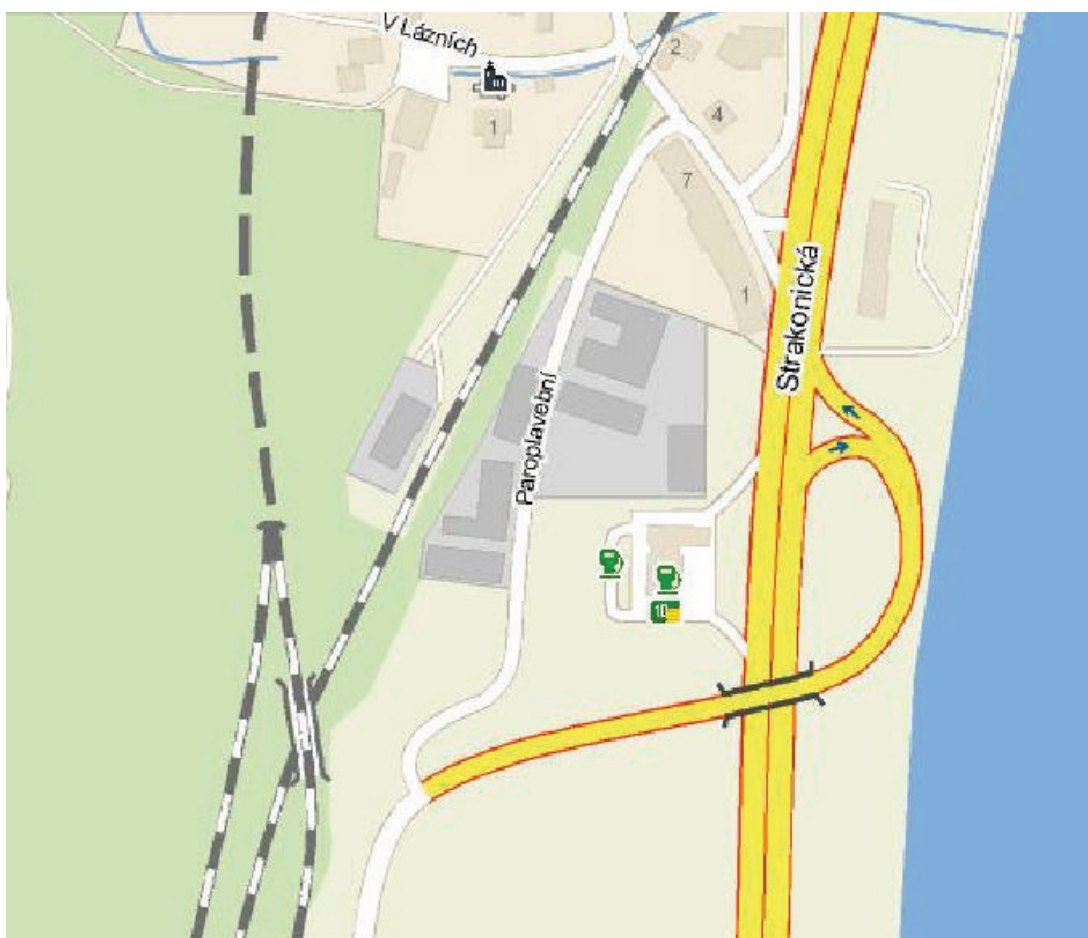
Obrázek 6.4. Detailní mapa v místě měření



Obrázek 6.5. Dokumentační fotografie místa měření

6.2.3 Místo měření č. 3: silnice I/4 (Strakonická), Malá Chuchle

Toto místo se nachází na silnici č. 4, která navazuje na rychlostní komunikaci R4 vedoucí směrem na Dobříš a Příbram. Přes ulici Strakonická v oblasti Malé Chuchle napojuje silniční most ulici Mezichuchelskou na čtyřpruhovou komunikaci Strakonická. Po této ulici jezdívá mnoho aut v ranní špičce směrem do Prahy a v odpolední špičce směrem z Prahy na Příbram. V blízkosti se nachází čerpací stanice a železniční trať. Po ulici Mezichuchelská jezdí velmi málo automobilů. Po jedné straně ulice na mostě je veden chodník pro pěší, který je z důvodu odlehlosti místa velmi málo využíván. Z těchto důvodů je toto místo velmi příhodné pro naměření všech potřebných dat. Most je ve výšce cca 8 m nad povrchem vozovky, což je dostačující k tomu, aby senzor spolehlivě fungoval. Konstrukci držáku bude možné uchytit pevně k zábradlí.



Obrázek 6.6. Detailní mapa v místě měření



Obrázek 6.7. Potencionální pozice měření na chodníku za svodidlem



Obrázek 6.8. Mostní nadjezd z pohledu projíždějících vozidel

6.2.4 Další místa vhodná k měření

Pro přehled vyjmenuji a stručně popíši několik dalších míst, kde by bylo měření reálné. Pokud se vrátíme zpět na dálnici D1, tak na čtvrtém kilometru se nachází málo frekventovaný most na ulici Formanská spojující Průhonice a Újezd. V blízkosti se nachází čerpací stanice. Dalším místem, které je téměř totožné s místem č. 1, je další pěší lávka, která se nachází několik desítek metrů za připojením Jižní spojky k ulici 5. Května. Tato lávka spojuje autobusové stanoviště Praha - Roztyly s tamním obytným sídlištěm. Pokud se nebudeme držet pouze dálnice D1, je možné objevit několik dalších vhodných míst na Pražském okruhu. Jedno takové se nachází hned za napojením ulice K Barrandovu směrem na sever, kam jezdí mnoho automobilů k dálnici D5 na Plzeň. Jedná

se o most ulice K Austisu. O 1500 m dále směrem na sever se nachází další křížení Pražského okruhu s ulicí K Zadní kopanině. Další křížení na Pražském okruhu lze nalézt blízko mimoúrovňové křižovatky s ulicí Karlovarská. Pokud vyjedeme několik kilometrů za Prahu směrem na Plzeň, na dálnici D5 v blízkosti Rudné nalezneme křížení s ulicí Šamonilova. Několik posledních jmenovaných míst již není v porovnání s dálnicí D1 příliš vhodných k měření z důvodu zřetelně nižší intenzity provozu.

Kapitola 7

Měření a Statistika

7.1 Sběr dat

Po pečlivém uvážení byla jako místo měření zvolená silnice I/4 - Strakonická v blízkosti Malé Chuchle. Důvodem výběru právě této lokality byla především vyšší bezpečnost při instalaci zařízení ve srovnání s ostatními místy. V brzkých ranních hodinách bylo možné se volně pohybovat po vozovce bez většího omezení. Měření probíhalo ve dvou dnech. První, které bylo zkušební, se uskutečnilo v pátek 20. 11. 2009. Po instalaci nosné konstrukce a zapojení zařízení byl zaznamenán do paměti první automobil v 05:01 hod. Byly měřeny automobily jedoucí v pravém jízdním pruhu ve směru na Prahu. Toto zkušební měření trvalo pouze necelou hodinu, protože po určité době byly poškozeny obě odrazky od projíždějících automobilů, avšak i tak bylo naměřeno 450 automobilů. Příčinou poškození bylo špatné umístění odrazek v jízdním pruhu. Odrazky nebyly přesně v jeho ose, ale cca o 1 m mimo ni. To zapříčinilo větší pravděpodobnost přejetí automobilem. Navíc při denním světle se řidiči snažili těmto odrazkám chráněným nájezdy vyhnout a ne vždy se jim to podařilo.

Druhé měření proběhlo o 6 dní později, tedy ve čtvrtek 26. 11. 2009. Po oba dny bylo jasné počasí bez deště. Abychom předešli stejným chybám jako u zkušebního měření, bylo snahou instalovat odrazky přesně do osy pravého jízdního pruhu ve směru na Prahu. Odrazky byly více utopeny v ochranných nájezdech, které byly přilepeny větší vrstvou asfaltové hmoty. První automobil byl zaznamenán ve 4:00 hod. Toto měření již proběhlo bez problémů. Poslední automobil byl změřen ve 13:07 hod. Za celou dobu měření bylo zaznamenáno a změřeno celkem 6850 automobilů. V průběhu měření vznikla několikahodinová kongesce, při které se snížila rychlost dopravního proudu o několik desítek kilometrů.

Tato kongesce měla také vliv na výsledky ze statistického zpracování. Vliv na jednu stranu negativní, protože senzory snímaly občas nesmyslné údaje v případech, kdy se vozidlo pod nimi přímo zastavilo na několik sekund, ale také na druhou stranu vliv pozitivní tím, že pro statistické zpracování máme široké spektrum naměřených rychlostí od cca 10 km/h až po 120 km/h, což nám umožní dospět k zajímavým závěrům.

Za oba dny měření bylo zaznamenáno celkem 7135 vozidel. Po přehrání uložených dat do počítače musela být provedena filtrace chybných a nesmyslných záznamů. I když při konstrukci přístroje bylo snahou předejít všem těmto chybám, tak stále u malého množství zaznamenaných údajů bylo zřejmé, že údaje zachycené senzory jsou nesmyslné. Nejvíce nesmyslných údajů bylo v délce automobilu. Na základě prostudování technických údajů některých modelů automobilů byla smazána všechna vozidla, která měla délku menší jak 3,0 m a větší než 20,0 m. Do paměti bylo uloženo celkem 441 takových vozidel. Dalším nesmyslnými údaji byly hodnoty časové mezery, které byly extrémně malé. Hranicí těchto hodnot byla zvolena hodnota 0,5 s. Všechny záznamy s nižším údajem byly smazány. Bylo jich celkem 27. Po vyfiltrování těchto 6,6 % nesmyslných údajů zbylo celkem 6665 zaznamenaných automobilů, jejichž údaje budou použity ve statistickém zpracování.

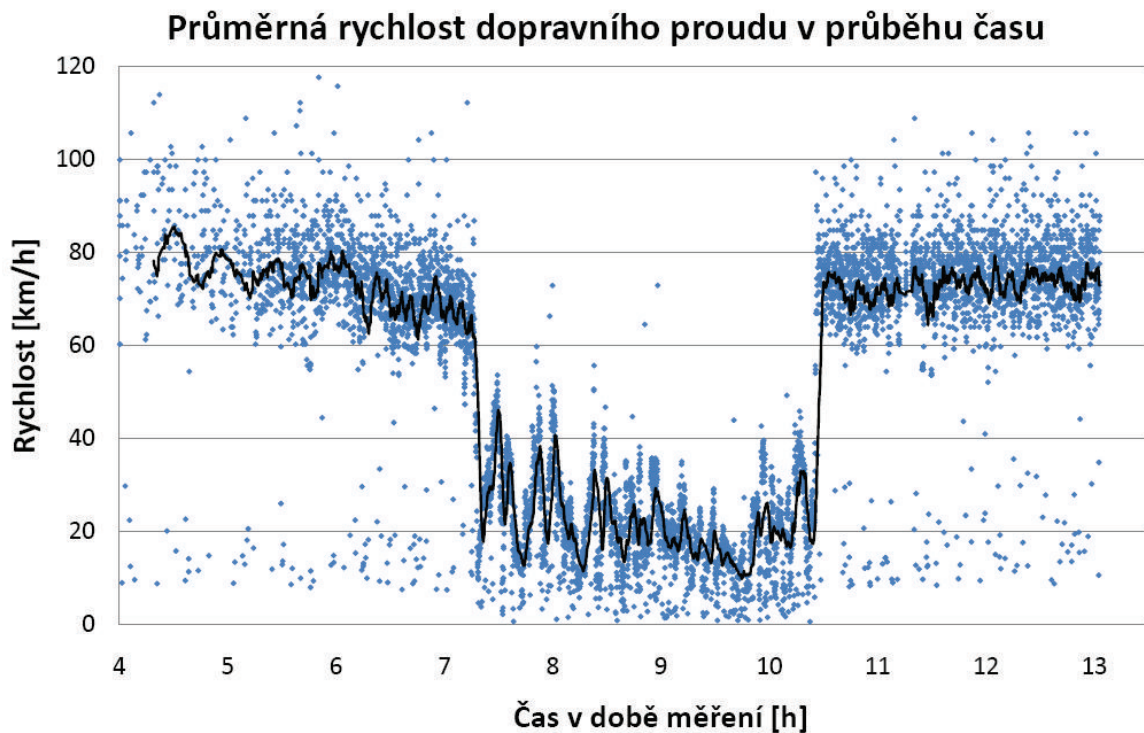
7.2 Statistické zpracování

Statistické zpracování se skládá ze dvou hlavních částí. V první části je zpracování zaměřeno na popisnou statistiku a v části druhé je provedeno zpracování pomocí inferenční statistiky. Popisná statistika se zaměřuje na metody pro zjišťování a sumarizaci informací o vstupních datech, což jsou námi naměřené hodnoty. Může obsahovat základní údaje, výpočty různých popisných charakteristik jako míry polohy (aritmetický průměr, modus), míry rozptýlenosti (rozptyl, směrodatná odchylka) a jiné. Taktéž obsahuje konstrukci základních grafů a diagramů. Naopak inferenční statistika se skládá z metod pro přijímání a měření spolehlivosti závěrů o celkové populaci. V tomto případě se jedná o všechny řidiče. Závěry jsou založeny na informacích získaných z výběru z této populace, což jsou v tomto případě opět naměřená data. V obou částech bude snahou zobrazit nebo vypočítat možné míry závislosti mezi jednotlivými naměřenými veličinami, a to pomocí testu hypotéz.

7.2.1 Popisná statistika

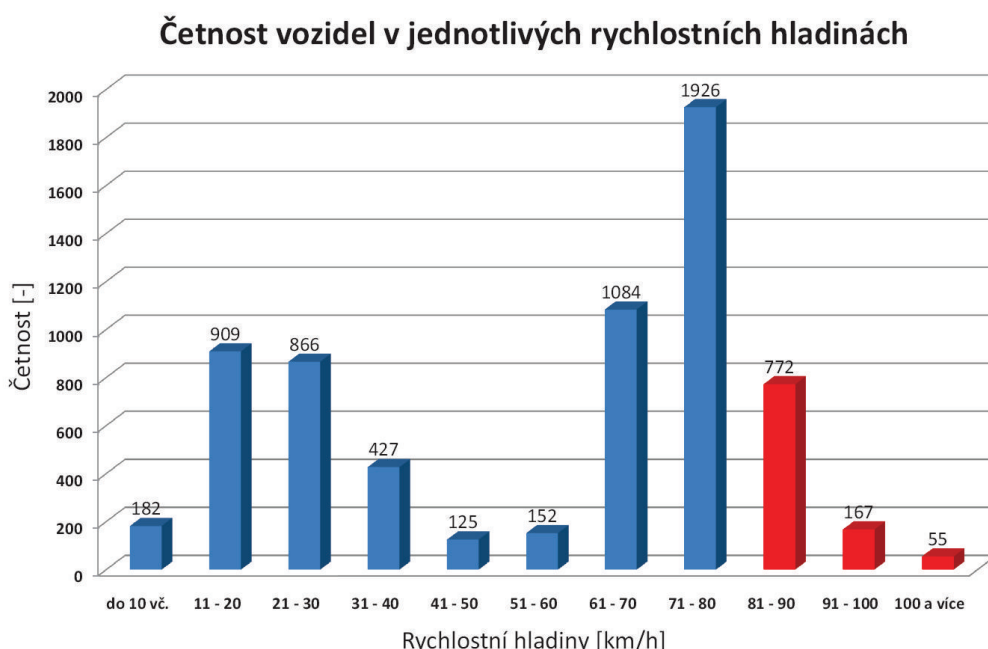
Na základě technologie měření dat a jejich následného výstupu lze zjistit z naměřených dat následující veličiny: rychlost automobilu, jeho délku a časový (délkový) odstup, resp. mezeru od automobilu předcházejícího. Z těchto údajů lze dále vypočítat veličiny charakterizující dopravní proud. Jedná se o hustotu a intenzitu dopravního proudu. V následujících podkapitolách se tedy zaměříme na zobrazení vztahů a určení závislostí mezi výše jmenovanými veličinami. V případě určení délky automobilů budou automobily rozděleny pouze do dvou skupin, a to na osobní automobily (vč. dodávek do hmotnosti 3,5 t) a nákladní automobily. V naměřených datech však není rozpoznatelné, který automobil lze zařadit do jaké skupiny. Hranice délky automobilů byla určena na základě prostudování technických údajů náhodně vybraných modelů vozidel, např. Volkswagen Crafter, který svou délkou dosahuje až k hodnotě 7 metrů. Tato hodnota se tedy stala zmíněnou dělicí hranicí mezi osobními a nákladními automobily.

Jak již bylo uvedeno v předcházející podkapitole, v průběhu měření druhého dne vznikla na silnici několikahodinová kongesce. To zapříčinilo vznik poklesu rychlosti dopravního proudu a její následné kolísání v průběhu času, tak, jak zobrazuje graf níže.



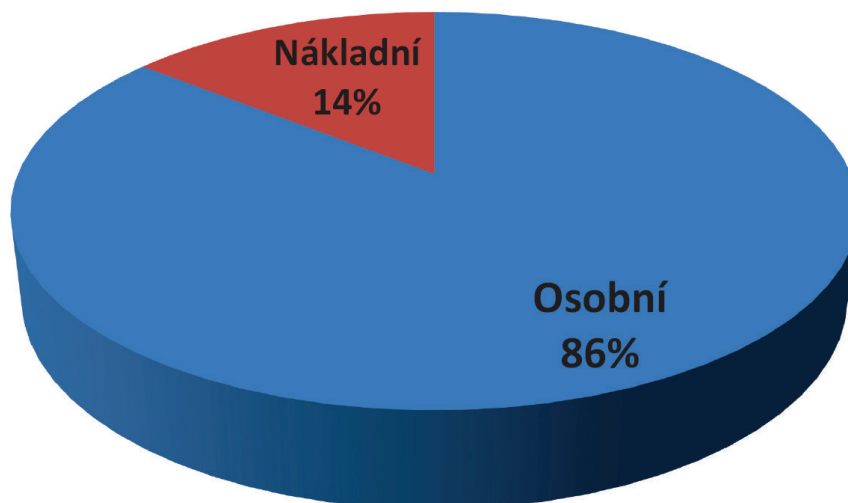
Obrázek 7.1. Rychlost dopravního proudu v průběhu času měření

Jak již bylo uvedeno, vzniklá kongesce měla pozitivní vliv na rozpětí měřených rychlostí. Výsledky odstupů jsou známy nejen pro rychlosti kolem 80 km/h, což je v měřeném úseku nejvyšší dovolená rychlost, ale také pro rychlosti nižší, blíží se až k hodnotám kolem 10 km/h. Rozložení rychlostí ukazuje následující graf. Jednotlivé sloupce udávají počet vozidel, která jela v dané rychlostní hladině. Jak již bylo zmíněno, maximální dovolená rychlost byla 80 km/h. Ačkoliv sledování míry dodržení tohoto pravidla není předmětem této práce, tak v grafu jsou barevně odlišené sloupce rychlostí, které byly již za hranicí zákona. Celkem 994 řidičů tuto rychlost nedodržel. Tento údaj nemůže být vypovídající, protože kdyby nebylo zmíněné kongesce, tak řidičů, kteří nedodrželi dovolenou rychlost, je mnohem více.



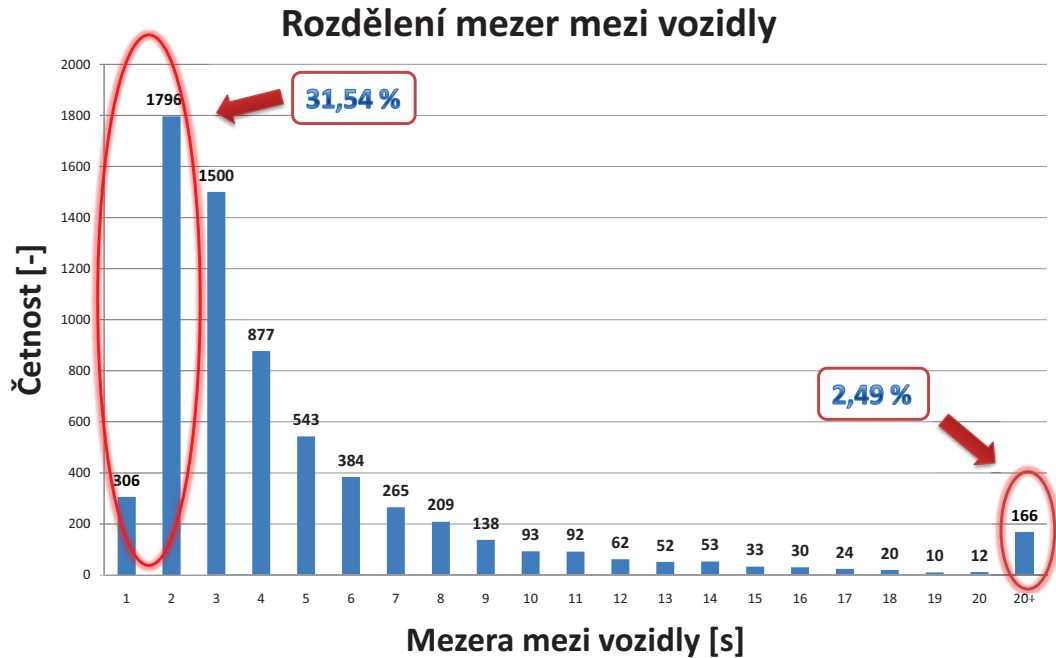
Obrázek 7.2. Rozložení rychlostí do jednotlivých rychlostních hladin (skupin)

Podle výše uvedeného pravidla rozdělení automobilů na osobní a nákladní zobrazuje následující graf procentuální podíl jednotlivých skupin automobilů v dopravním proudu. Ze 6665 vozidel bylo 952 nákladních. Pro připomenutí, jedná se o pravý jízdní pruh, kde se předpokládá vyšší podíl nákladních vozidel, než v pruhu levém. Skutečnost, že měření probíhalo pouze v pravém jízdním pruhu, musí být brána v potaz u všech dalších statistických výsledků, které budou následovat. Je důležité si to uvědomit hlavně při zpracování intenzity a hustoty dopravního proudu.

Relativní podíl osobních a nákladních automobilů

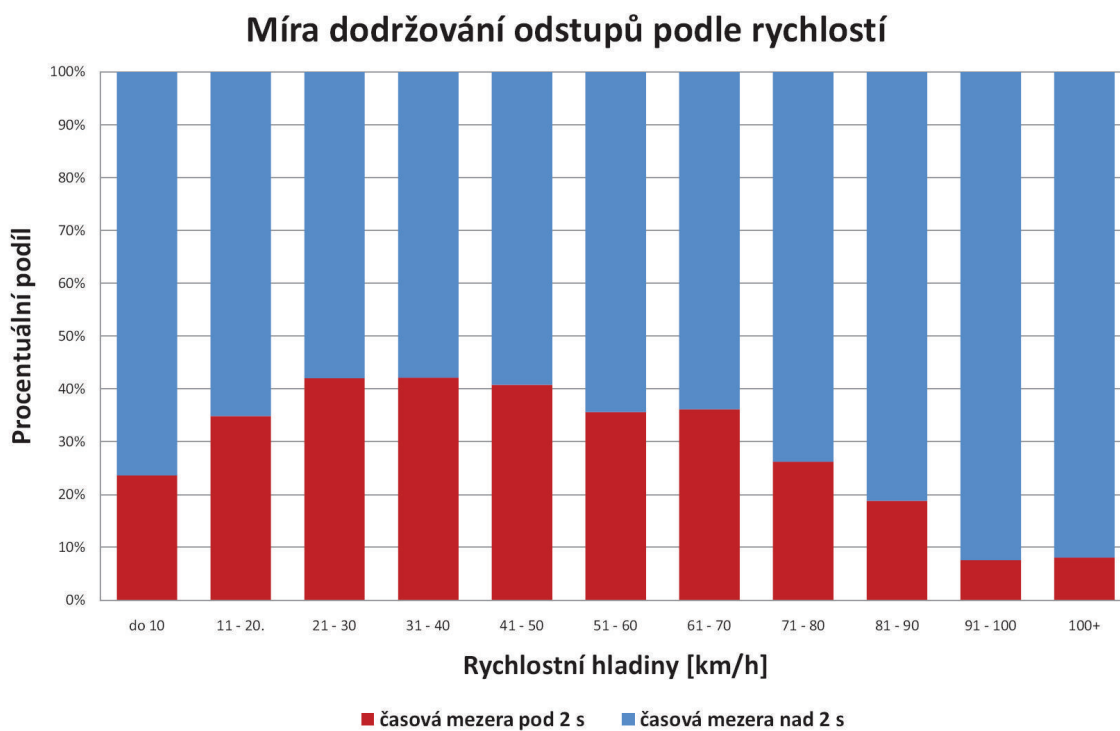
Obrázek 7.3. Podíl druhu vozidel

V následujících částech této kapitoly jsou předmětem bezpečné odstupy, resp. mezery v závislostech na ostatních veličinách, které byly zmiňovány na začátku této podkapitoly. I přes závěry uvedené v kapitole 2 je použito pouze obecně platné pravidlo časové mezery 2 s. Proto v následujících grafech jsou řidiči děleni na ty, kteří toto pravidlo dodrželi a na ty, kteří ho naopak porušili. Grafy zobrazují jejich četnost nebo relativní podíl ve vztahu k jejich rychlosti, intenzitě a hustotě dopravního proudu. Tento systém zobrazení byl zvolen po pečlivém zvážení. Snahou bylo zachovat vypovídající míru naměřených dat, kterou bychom při použití charakteristik, jako je aritmetický průměr, nezískali. Veličina, jako např. průměrný odstup, není vypovídající a zkreslovala by výrazně výsledky měření. Následující graf zobrazuje pouze četnost řidičů v závislosti na časové mezeře, jakou udržovali. Lze vidět, že téměř jedna třetina řidičů nedodržela bezpečný odstup od vozidla jedoucího před nimi a jela méně jak 2 s za vozidlem vpředu. O těchto řidičích můžeme říci, že jedou v koloně, a můžeme jejich jízdu charakterizovat jako tailgating, který byl zmiňován v jedné z předcházejících kapitol. O řidičích, kteří měli časovou mezeru od 2 s do 20 s, můžeme konstatovat, že jeli ve „volném spřažení“. Ostatní automobily s časovou mezerou více jak 20 s, kterých bylo téměř 2,5 %, byly tzv. „osamocené vozidla“. Týká se to hlavně automobilů ze začátku měření, které probíhalo v brzkých ranních hodinách.

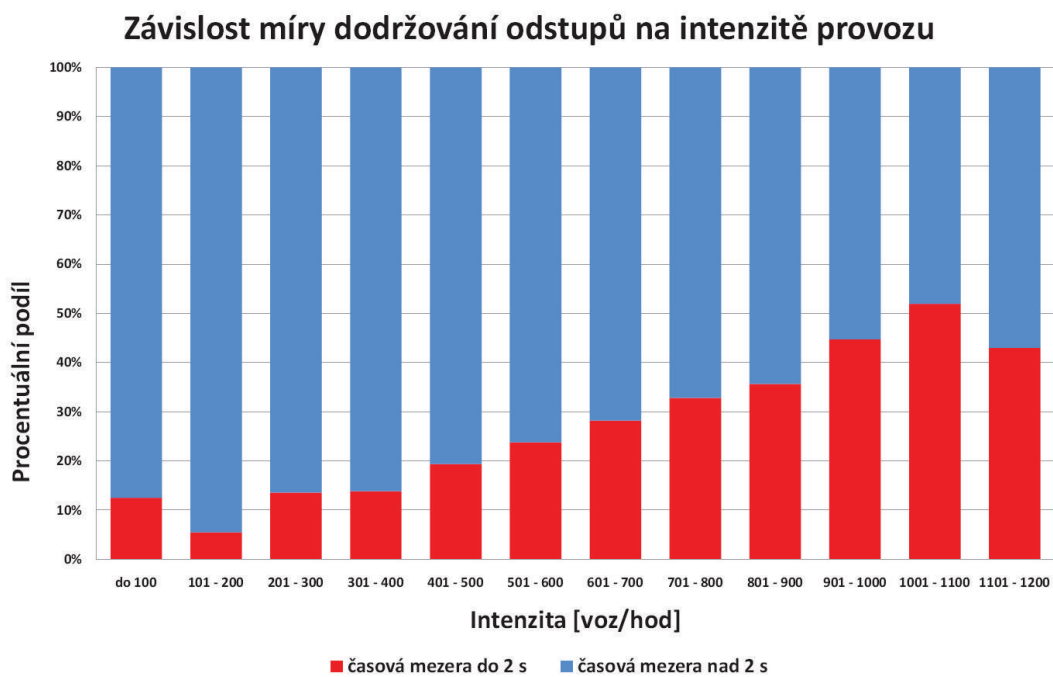


Obrázek 7.4. Četnost automobilů podle časových mezer mezi nimi

V následujících grafech je zkoumána závislost bezpečného odstupu na rychlosti, hustotě a intenzitě. Vše je zobrazeno pomocí sloupcových grafů. Na vodorovných osách jsou zobrazeny výše jmenované veličiny, jejichž hodnoty byly rozděleny podle velikosti do několika skupin. Každé skupině odpovídá jeden sloupec v grafu. Na svislé ose je procentuální podíl řidičů, kteří nedodrželi mezeru 2 s (červená část sloupce), resp. řidičů, kteří tento odstup dodrželi (modrá část sloupce). K dosažení tohoto rozdělení do skupin byl použit jako nástroj matematický software Matlab, ve kterém byly vytvořeny jednoduché algoritmy, které mohly zpracovat tak velký objem naměřených dat. Více detailů o tomto softwaru bude uvedeno později.

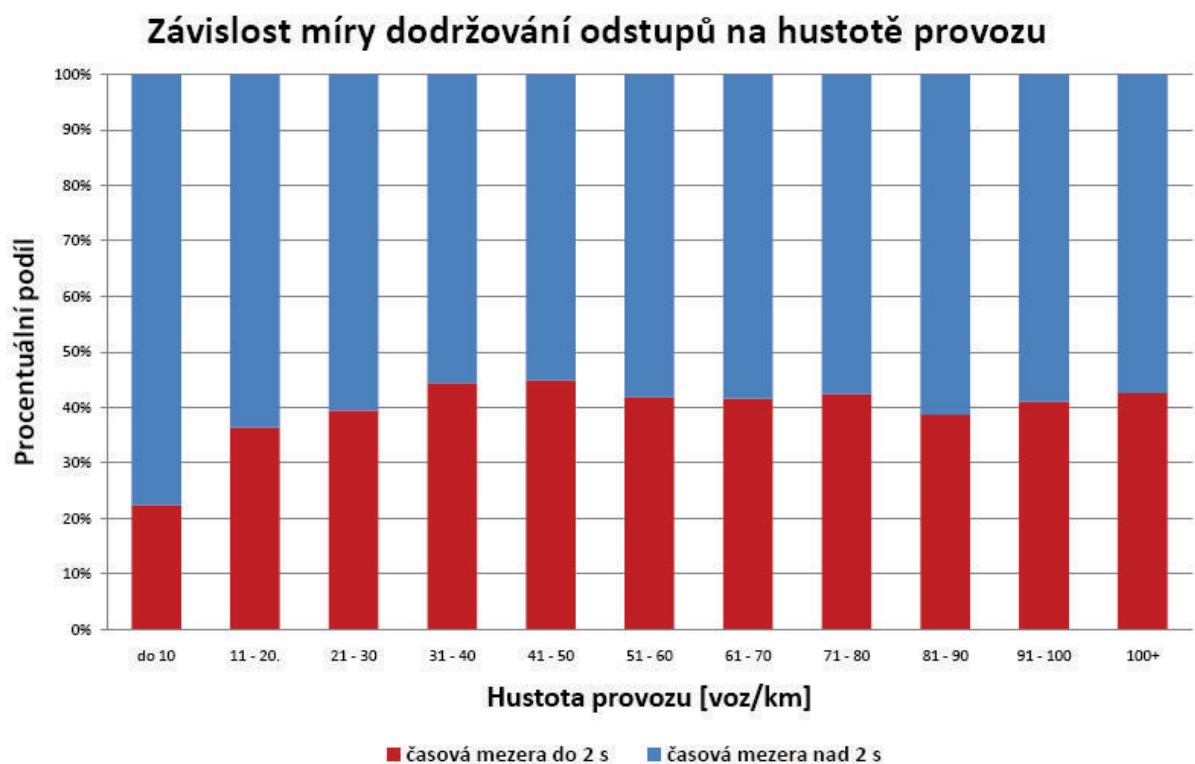


Obrázek 7.5. Procentuální podíl řidičů dodržujících bezpečnou vzdálenost podle rychlosti



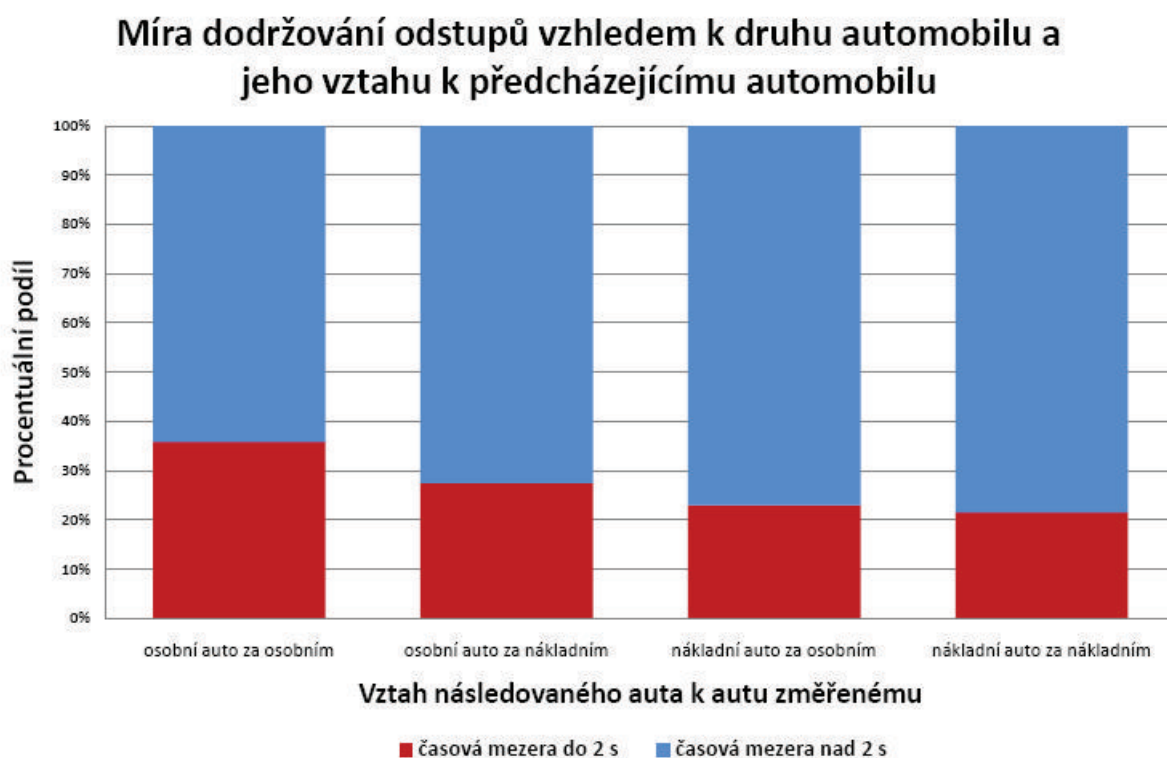
Obrázek 7.6. Procentuální podíl řidičů dodržujících bezpečnou vzdálenost podle intenzity

Z grafu míry dodržování bezpečné vzdálenosti podle rychlosti lze jednoznačně vidět se vzrůstající rychlostí procentuální pokles počtu řidičů jedoucích pod hranicí dvou sekund za vozidlem vpředu. Lze z toho usoudit, že řidiči jsou se vzrůstající rychlostí opatrnější, a jejich počet, který se snaží dodržovat bezpečnou vzdálenost, roste. Naopak při pohledu na graf míry dodržování bezpečné vzdálenosti podle velikosti intenzity dopravního proudu lze vidět růst počtu těch řidičů, kteří bezpečnou vzdálenost nedodrželi. Řidiči jsou nejspíše donuceni charakteristikou dopravního proudu, tedy vyšší intenzitou, jet v bližším seskupení. V následujícím grafu je pro změnu zobrazena míra dodržování bezpečné vzdálenosti v závislosti na hustotě dopravního proudu. Z grafu nelze vyčíst žádný pokles nebo růst této míry. Míra nedodržování se pohybuje stále kolem 40 %. Jelikož hustota, intenzita a rychlost jsou veličiny, které jsou navzájem úzce provázané, bude provedeno další zkoumání závislostí těchto veličin na dodržování bezpečné vzdálenosti v části inferenční statistiky pomocí testů nezávislosti, kde se zaměříme hlavně na vztah bezpečné vzdálenosti a hustoty, který v níže uvedeném grafu nevykazoval změny v průběhu změn hustoty dopravního proudu.



Obrázek 7.7. Procentuální podíl řidičů dodržujících bezpečnou vzdálenost podle hustoty

V posledním grafu části popisné statistiky bylo záměrem porovnat míru dodržování bezpečné vzdálenosti podle druhu vozidel, resp. podle druhu vzájemného vztahu. Vozidla jsou rozdělena pouze na osobní a nákladní, což vytváří 4 různé kombinace vztahů mezi nimi. Záměrem je tedy prozkoumat, zda existují viditelné rozdíly v dodržování bezpečné vzdálenosti v případě, že se jedná o situaci, kdy řidič osobního automobilu jede za osobním automobilem, proti situaci, kdy jede za automobilem nákladním. Totéž zkoumání bylo provedeno u řidičů nákladních automobilů v případě, že nákladní automobil jede za osobním, nebo nákladní automobil jede za nákladním. Výsledky všech čtyř kombinací ukazuje následující sloupcový graf.



Obrázek 7.8. Míra dodržení bezpečné vzdálenosti podle vzájemného vztahu vozidel

7.2.2 Inferenční statistika

V případě inferenční statistiky, jak již bylo zmíněno, je použita metoda testování statistických hypotéz. Konkrétně je zkoumána možná závislost nebo nezávislost míry dodržení bezpečné vzdálenosti na jednotlivých veličinách (rychlost, intenzita, hustota). K tomu

poslouží tzv. Chí-kvadrát test nezávislosti.

Nyní bude nastíněn princip hypotéz a jejich testování. Hypotézou se rozumí tvrzení, že je něco správně. V našem konkrétním případě se jedná o tvrzení např.: „Bezpečná vzdálenost a rychlost jsou na sobě vzájemně nezávislé.“ Toto tvrzení nazveme nulovou hypotézou, ke které lze definovat alternativní hypotézu, která nulovou hypotézu popírá, tj. „Bezpečná vzdálenost a rychlost nejsou na sobě vzájemně nezávislé.“ Problém řešený při testu hypotézy je rozhodnout, zda zamítnout nebo nezamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy. Jako základ pro rozhodnutí, zda bude nulová hypotéza zamítnuta ve prospěch alternativní hypotézy, použijeme statistiku, která se nazývá testová statistika pro test hypotéz. Obor hodnot, které může tato statistika nabývat, lze rozdělit na dva disjunktní obory, obor zamítnutí a obor přijetí. U testování hypotéz může dojít ke vzniku chyb, a to tak, že zamítneme nulovou hypotézu, která byla ve skutečnosti pravdivá, nebo ji naopak přijmeme přesto, že ve skutečnosti pravdivá není. Každý test hypotéz provádíme na určité hladině významnosti, což je pravděpodobnost, že se dopustíme prvně jmenované chyby. V našem případě budeme mít hladinu významnosti nastavenou na 5 %, což je v praxi nejvíce používaná hodnota. Hodnota statistiky, kterou je výsledek výpočtu pro daný druh hypotézy, bude porovnána s kritickou hodnotou daného statistického rozdělení ze statistických tabulek. Statistické tabulky pro zjištění těchto hodnot bývají přiloženy v téměř každé literatuře, která se inferenční statistikou zabývá. V našem případě rozdělení bude chí-kvadrát rozdělení. Kritická hodnota je závislá na hodnotě hladiny významnosti a stupni volnosti. Pojem stupně volnosti zde nebude teoreticky popsán. Avšak pro výpočet v testu nezávislosti je stupeň volnosti roven $(s-1)(r-1)$, kde s je počet sloupců a r je počet řádků v kombinační tabulce, která je zobrazena u každého příkladu testu hypotézy. Popis postupu k dosažení kombinační tabulky, ze které lze získat hodnotu statistiky, zde také není popsán. Tyto postupy lze nalézt v odborné statistické literatuře. V našem případě se stal nástrojem, který se spolupodílel k dosažení výsledků, již zmiňovaný matematický software Matlab. Tento software byl použit zejména pro zjišťování závislosti rychlosti na bezpečné vzdálenosti vozidel.

Matlab je programové prostředí a skriptovací programovací jazyk pro vědeckotechnické numerické výpočty, modelování, návrhy algoritmů, počítačové simulace, analýzu a prezentaci dat, měření a zpracování signálů, návrhy řídicích a komunikačních systémů. Název Matlab vznikl zkrácením slov MATrix LABoratory (volně přeloženo „laboratoř s maticemi“), což odpovídá skutečnosti, že klíčovou datovou strukturou při výpočtech v Matlabu jsou matice[12].

7.2.2.1 Test nezávislosti pro rychlost

Nulová hypotéza zní: „Míra dodržování bezpečných vzdáleností a rychlosti automobilů jsou na sobě navzájem nezávislé.“ Alternativní hypotéza tedy zní: „Míra dodržování bezpečných vzdáleností a rychlostí automobilů jsou na sobě závislé.“ Jak již bylo zmíněno, v této části testování hypotéz bylo k dosažení výsledků použito zcela Matlabu. Oproti dalším částem byl výpočet založen přímo na naměřených datech. Znamená to, že byl proveden test nezávislosti dvou dlouhých vektorů, které mají přes 6500 prvků, vektoru odstupu a vektoru rychlosti. Kromě Chí-kvadrát testu nezávislosti byl použit navíc jeden z dalších neparametrických testů. Jedná se o Pearsonův test, který je založen na korelaci a kovarianci dat. Tento test také zjišťuje závislost či nezávislost vektorů. Ve spolupráci s odborníkem na statistiku byly vytvořeny v Matlabu algoritmy pro tyto dva testy a naměřená data do nich vložena. Výsledky těchto algoritmů ukázaly, že vložené vektory jsou na sobě silně závislé. Hodnota statistiky byla mnohem vyšší než kritická hodnota. Z tohoto můžeme tedy usoudit, že nulovou hypotézu zamítáme ve prospěch hypotézy alternativní. Platí tedy, že míra dodržování bezpečné vzdálenosti a rychlost jsou navzájem závislé. Toto se potvrdilo pro oba testy.

7.2.2.2 Test nezávislosti - intenzita

Proti předešlému postupu již nebyla testována přímo naměřená data, ale test probíhal na základě sestavené tabulky četnosti, která je zobrazena níže. Tato tabulka svou podstatou představuje grafy uvedené v podkapitole popisné statistiky. Použití Matlabu bylo také v omezené míře pouze pro kontrolní výpočty. Výpočty byly provedeny ručně podle statistické literatury[1]. Nulová hypotéza zní: „Míra dodržování bezpečných vzdáleností a intenzita dopravního proudu jsou na sobě navzájem nezávislé.“ Alternativní hypotéza tedy zní: „Míra dodržování bezpečných vzdáleností a intenzita dopravního proudu jsou na sobě závislé“. První uvedená tabulka je tabulka zadaných četností. V další tabulce jsou zobrazeny teoretické četnosti, neboli tzv. absolutní nebo očekávané četnosti, které byly vypočítány na základě postupu výpočtu pro test nezávislosti. Na základě hodnot z těchto dvou tabulek, resp. těchto vektorů hodnot, lze vypočítat hodnotu příslušné statistiky podle vzorce

$$\chi^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \quad (7.1)$$

kde:

O_i ... vektor naměřených četností,

E_i ... vektor očekávaných četností,

χ^2 ... hodnota statistiky, která bude porovnávána s kritickou hodnotou ze statistických tabulek,

Tabulka 7.1. Tabulka zadaných četností pro intenzitu

Intezita [voz/h]	do 100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600
do 2 s vč.	1	5	16	9	38	54
nad 2 s	7	86	102	56	158	173
Intenzita [voz/h]	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001-1100	1100+
do 2 s vč.	214	452	752	422	135	40
nad 2 s	545	926	1358	521	125	53

Tabulka 7.2. Tabulka očekávaných četností pro intenzitu

Intenzita [voz/h]	do 100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600
do 2 s vč.	2,8	31,6	41,0	22,6	68,1	78,9
nad 2 s	5,3	60,8	78,8	43,4	130,9	151,6
Intenzita [voz/h]	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001-1100	1100+
do 2 s vč.	263,6	478,7	732,9	27,6	90,3	32,3
nad 2 s	506,8	920,2	1409,0	629,7	173,6	62,1

Kritická hodnota pro $\alpha = 0,05$ a stupeň volnosti 11 je ze statistických tabulek rovna 19,675. Na základě vzorce 7.1 je vypočtená hodnota statistiky $\chi^2 = 199,16$, což znamená, že nulovou hypotézu zamítáme, a platí tedy, že míra dodržování bezpečné vzdálenosti závisí na intenzitě dopravního proudu.

7.2.2.3 Test nezávislosti - hustota

Posledním testem nezávislosti je test nulové hypotézy: „Míra dodržování bezpečných vzdáleností a hustota dopravního proudu jsou na sobě navzájem nezávislé.“ Alternativní hypotéza je opět doplňkem k hypotéze nulové.

Tabulka 7.3. Tabulka zadaných četností pro hustotu

Hustota [voz/km]	do 100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600
do 2 s vč.	2707	11206	5852	12196	1234	5273
nad 2 s	9346	19599	8966	15273	1513	7328
Hustota [voz/km]	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001+	
do 2 s vč.	3474	2293	1358	1139	12869	
nad 2 s	4879	3115	2152	1638	17311	

Tabulka 7.4. Tabulka očekávaných četností pro hustotu

Hustota [voz/km]	do 100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600
do 2 s vč.	4766	12182	5860	10862	1086	4983
nad 2 s	7287	18623	8958	16607	1661	7618
Hustota [voz/km]	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001+	
do 2 s vč.	3303	2139	1388	109	11934	
nad 2 s	5050	3269	2122	1679	18246	

Kritická hodnota pro $\alpha = 0,05$ a stupeň volnosti 11 je ze statistických tabulek rovna 18,307. Na základě vzorce 7.1 je vypočtená hodnota statistiky $\chi^2 = 2090,16$, která je několikanásobně vyšší než kritická hodnota. Znamená to, že nulovou hypotézu opět zamítáme, a platí, že míra dodržování bezpečné vzdálenosti závisí na hustotě dopravního proudu.

Kapitola 8

Vlastní návrh opatření

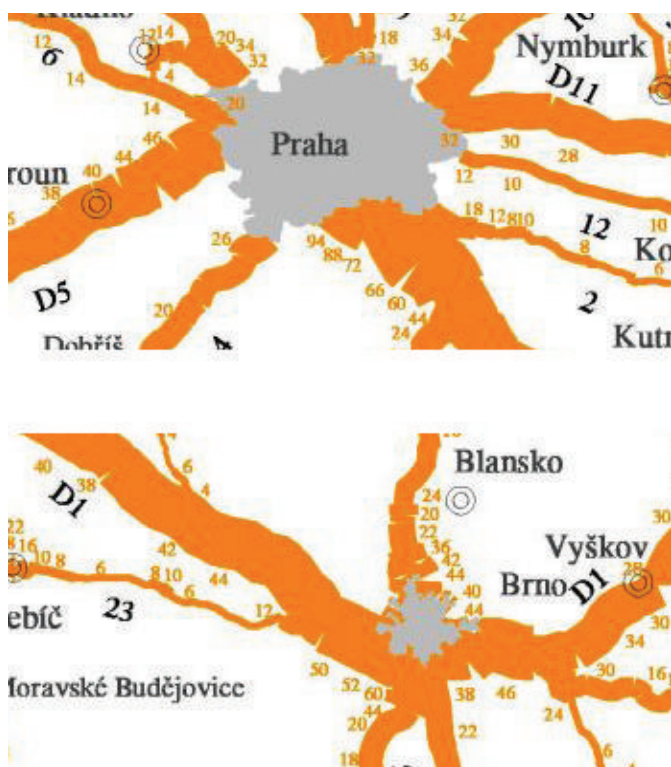
Výsledky z předchozí kapitoly ukazují, že téměř každý třetí řidič nedodrжуje bezpečnou vzdálenost za vozidlem vpředu, což je velmi nepřijatelná skutečnost, která by měla být do budoucna změněna k lepšímu. Na základě těchto výsledků je myšlenkou následující kapitoly návrh takového prvku v podobě dopravního značení či technického zařízení, který by přispěl ke snížení počtu těch řidičů, kteří bezpečné rozestupy na pozemních komunikacích nedodrжуjí. Tento prvek by měl řidiče vyzývat k dodržování bezpečných rozestupů a případně je informovat v reálném čase, zda tuto vzdálenost dodržují či nedodrжуjí.

8.1 Dopravní značení

Prvním navrhovaným prvkem, který by řidiče nabádal k dodržování bezpečné vzdálenosti a podle něhož by si řidiči správný rozestup mohli sami nastavit, je vodorovné a svislé dopravní značení. Vzorem pro toto značení by měla být kombinace značení užívaného ve Velké Británii, o kterém je zmínka v kapitole 3.1, a značení V16 „Bezpečný odstup“, které je již legislativně zavedené vyhláškou 30/2001 Sb. Možná nyní přichází otázka, proč navrhowat dopravní značení, které již existuje a je již 9 let zavedeno v české legislativě. Avšak i přes to, že toto značení může být v nejvíce problémových úsecích zřízeno, není využíváno. Dopravní značení se nenachází ani na jedné ze dvou nejvíce zatížených dálnic v České republice, dálnici D1 mezi Prahou a Kroměříží a dálnicí D5 mezi Prahou, Plzní a státní hranicí s Německem. Předmětem této části je tedy návrh lokalit, kde by toto dopravní značení mohlo být zavedeno. Tento návrh se může stát podkladem k budoucímu výzkumu vlivu tohoto dopravního značení na řidiče. Zavedení by měla provázet adekvátní

informační kampaň, neboť většina řidičů nejspíše tyto nepoužívané značky nezná.

Z grafu na obrázku 7.2.1 lze poznat, že se zvyšující se intenzitou přibývá řidičů, kteří nedodrží bezpečnou vzdálenost za vozidlem vpředu. To znamená, že nejvíce problémové úseky budou na rychlostních místních komunikacích na území hlavního města Prahy, na dálnicích v její blízkosti a totéž na území města Brna a v jeho okolí, kde jsou intenzity také vysoké, jak ukazují obrázky, jejichž zdrojem je Ředitelství silnic a dálnic ČR. Právě tato místa by mohla být pro zavedení dopravního značení V16 „Bezpečný odstup“ a následný výzkum jeho vlivu nejlepší.



Obrázek 8.1. Průměrná intenzita v tisících vozidel za 24 hodin

Číselné údaje na obrázcích jsou uvedeny v tisících vozidel za 24 h a ukazují pouze celoroční průměrnou hodnotu z roku 2005. Okamžitá hodinová intenzita ve špičce může být mnohem vyšší. Při použití dopravního značení V16 podle pravidel, jak udává TP 133, na výše jmenovaných úsecích komunikací a za předpokladu, že se tímto dopravním značením bude řídit sto procent řidičů, je funkčnost tohoto značení omezena intenzitou dopravy, resp. komunikace bude mít omezenou kapacitu. Její hodnota je dána rychlostí dopravního proudu. Při rychlosti dopravního proudu 80 km/h řidiči musí udržovat vzájemnou vzdálenost 40 m (viz podkap. 4.1.2). Za výše uvedeného předpokladu, že všichni řidiči toto

dodrží a délka automobilu (pro ulehčení budou brány v úvahu pouze osobní automobily) činí maximálně 5 m, je maximální možná intenzita v jednom pruhu 1778 vozidel za hodinu. Na třípruhové komunikaci (např. ulice 5. Května, Roztyly v Praze, viz místo měření č. 1) je tedy maximální možná intenzita 5333 vozidel za hodinu. Po překročení této hranice není možné, aby všechna vozidla od sebe měla takovou vzdálenost, jakou udává značení. U rychlosti 130 km/h je hraniční mezí intenzity 1600 vozidel za hodinu v pruhu, což odpovídá 4800 vozidel za hodinu ve třech pruzích. Otázkou tedy zůstává, zda by toto navržené dopravní značení mělo vliv na řidiče ve špičkách dopravního provozu, resp. jak velký efekt by mělo obecně na české řidiče. Toto může být motivem pro další výzkum.

Co se týká značení samotného, tak využití české verze dle TP 133 je zcela vyhovující. Možná by bylo vhodné si vzít inspiraci u britské varianty, u níž je výhodou velikost, a tím i nepřehlédnutelnost svislých tabulí (viz obr. 3.4 - 3.6.). Také by bylo vhodnější použít více svislých značek v celé délce průběhu vodorovného značení, a nejen na začátku úseku, kde se značení nachází.

8.2 Radar odstupu se zpětnou vazbou

Druhým prvkem, který by mohl zvýšit míru dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na pozemních komunikacích, a při tom řidiče zároveň informovat v reálném čase o velikostech jejich rozestupů, bude zpětnovazebný radar. Tento radar by měl fungovat na stejném principu jako dnes již známé a rozšířené radary, které informují řidiče o jejich rychlosti (viz obr níže). Toto zařízení však bude přizpůsobeno podmínkám rychlostních silnic či dálnic a bezpečných odstupů mezi vozidly.

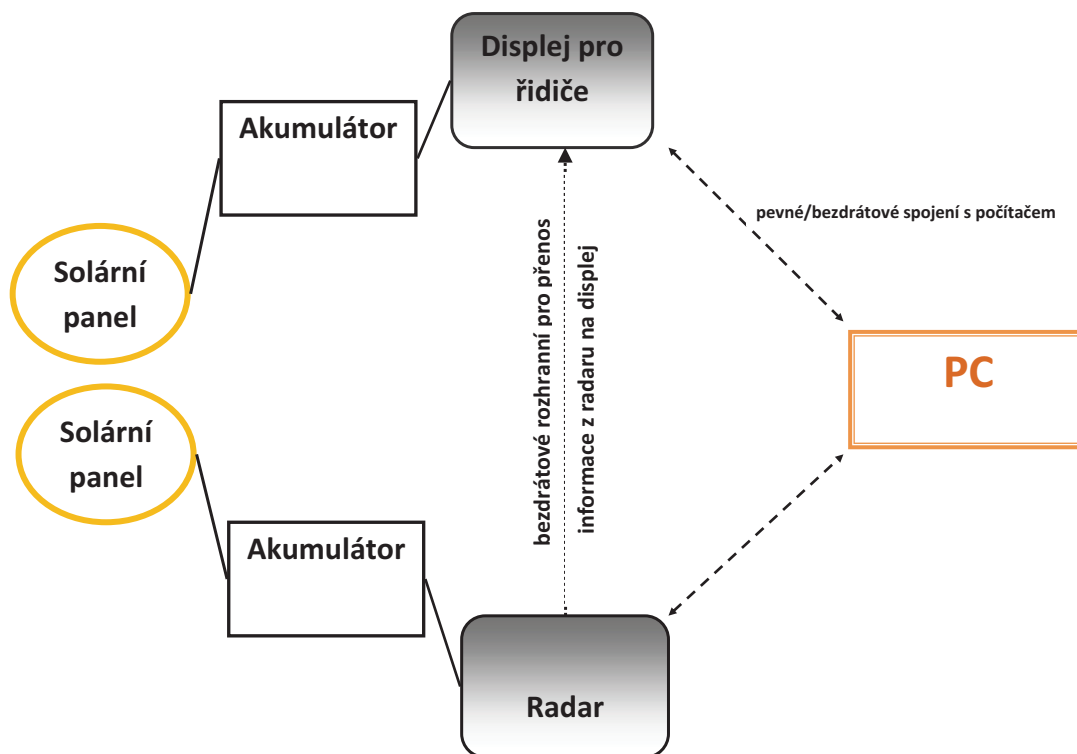


Obrázek 8.2. Rychlostní radary se zpětnou vazbou

Po prohledání mnoha různých informačních zdrojů nebylo možné dohledat jakoukoliv informaci o existenci takového typu radaru. V tuto chvíli se tedy můžeme domnívat, že takový radar zatím v České republice, ne-li dokonce v zahraničí, neexistuje. Předmětem následující části je tedy jednoduchá úvaha nad prvotním návrhem tohoto zařízení. Úvaha se skládá z popisu jednotlivých částí zařízení a jeho umístění.

8.2.1 Popis jednotlivých částí zařízení

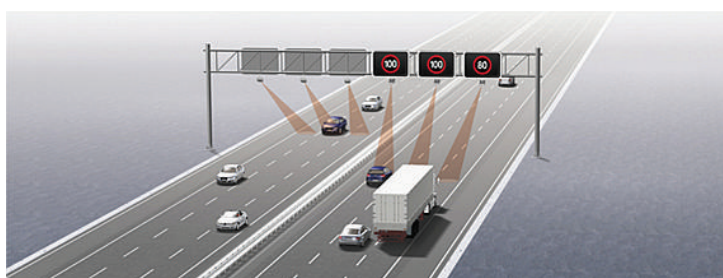
Základními částmi celého zařízení by měl být radar, který bude snímat projíždějící vozidla, displej zobrazující řidičům údaje o odstupech, komunikační rozhraní mezi radarem a displejem, zdroj energie pro celé zařízení a komunikační rozhraní pro připojení k osobnímu počítači. Pro lepší představu je níže zobrazeno blokové schéma zařízení. Velikost systému bude záviset na počtu jízdních pruhů pozemní komunikace, na které bude zařízení umístěno. Každý jízdní pruh by měl mít svůj vlastní radar. Radar a displej budou mít svůj zdroj energie. Displeje k jednotlivým jízdním pruhům mohou být integrovány do konstrukce informační tabule skládající se z jednoho kusu.



Obrázek 8.3. Schéma radaru odstupů se zpětnou vazbou

Důvodem, proč mají radar a displej samostatné zdroje energie, je jejich vzájemná vzdálenost. Princip měření odstupů vozidel radarem nedovoluje měřit odstupy na větší vzdálenosti tak, jak tomu je v případě měření okamžité rychlosti, kdy radary dokáží změřit rychlost vozidla na vzdálenost více jak 100 m a tuto rychlost dokáží měřit kontinuálně v době, kdy se automobil nachází v kuželu paprsků vysílaných radary. Proto je radar pro měření rychlosti a displej ve společném pouzdře. Princip měření odstupu je takový, že radar zaznamená a přiřadí vozidlu časový údaj ve chvíli, kdy vozidlo opustí kužel paprsků, pokud je radar otočen k přijíždějícím vozidlům, nebo když vozidlo vjede do kužele paprsků radaru v případě, že radar měří od něj odjíždějící vozidla. Radar potom přiřazuje časové údaje dalším vozidlům. Rozdíl těchto časů mezi jednotlivými vozidly je cílový časový odstup. Proto musí být displej upevněn v dostatečné vzdálenosti ve směru jízdy od místa měření, aby řidiči stihli registrovat informace, které bude displej zobrazovat. Vhodná vzdálenost od radaru by měla být minimálně 2 sekundy jízdy. Musíme však počítat s problémem, že řidič si občas nemusí být vědom, zda se zobrazovaný údaj týká právě jeho. Tento problém je již známý u zpětnovazebných radarů rychlostí. Komplikaci

si však můžeme zlehčit tím, že za předpokladu dodržování bezpečné vzdálenosti ze strany řidičů bude tedy informace snáze pochopitelná, neboť odstup mezi vozidly je při rychlosti jízdy např. 130 km/h více jak 70 m. Při takovém odstupu již řidič pochopí, že se údaj týká právě jeho. V případě kolony řidičů jedoucích s nedostatečnými rozestupy, není podstatné, zda je informace zobrazována konkrétnímu řidiči, neboť zobrazované údaje jsou určeny všem jako celku. Jednou z možností je také označení úseku vhodným zvýrazněním povrchu vozovky. Řidič jedoucí v takto označeném úseku si snáze uvědomí, že se informace týká právě jeho.



Obrázek 8.4. Umístění radaru na konstrukci nad jízdním pruhem

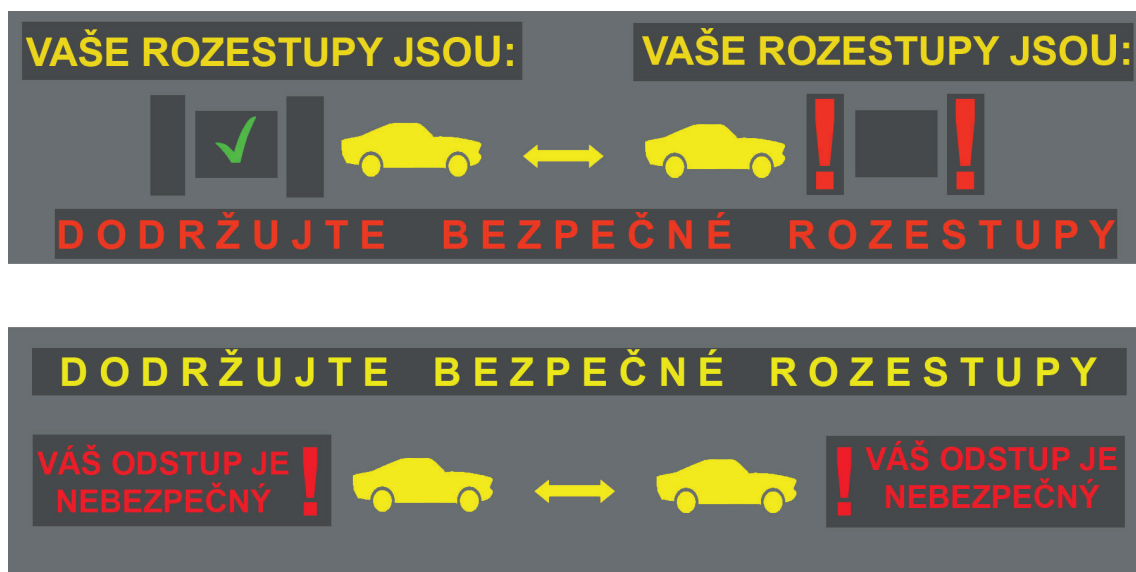
Radarová technika svou podstatou bude vycházet z již současně používaných modelů. Pro ukázkou byl vybrán model Falcon PLUS II/III od německé firmy Via Traffic Controlling GmbH, který je používán při měření odstupů například také v Centru dopravního výzkumu v Brně. Jeho rozměry jsou pouhých 120x120x90 mm a k provozu mu stačí nominální napětí pouhých 12 V stejnosměrného proudu, což je velmi nenáročné. Tento radar funguje na Dopplerově principu¹, což je nejčastěji používaná technologie u radarů. Spojení mezi radarem a displejem by mělo být co nejjednodušší. Nejvíce by vyhovovalo spojení pomocí bezdrátové technologie, jejíž typ by byl zvolen s ohledem na přenosovou vzdálenost. To však v určitých případech může zvyšovat energetickou náročnost zařízení. Naopak nevýhodou kabelového vedení je náročnost prvotní instalace elektrických kabelů.

¹Dopplerův jev: Změna frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému signálu způsobená nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. Vztah mezi vlnovou délkou a frekvencí byl poprvé popsán Christianem Dopplerem v roce 1842.



Obrázek 8.5. Radar Falcon II/II Plus od firmy Via Traffic Controlling gmbh

Varianta, jak navrhnout displej, existuje několik. Základní technologií zobrazování informací na displeji je použití stejné technologie, jaká je použita v již vybudovaných informačních tabulích pro řidiče nacházejících se na dálnicích. Možné je také použití barevných svítících LED diod, jak je již známé z ukazatelů rychlostí, které jsou energeticky nenáročné. Displej by měl být dostatečně velký, aby řidiči byli schopni přečíst text či rozpoznat sdělovanou informaci také při velké rychlosti a z dostatečné vzdálenosti. Jednou z možností je, že LED diody (např. červené a zelené barvy) budou pouze zvýrazňovat podsvícením texty týkající se dodržování bezpečné vzdálenosti (červená ve smyslu „nedodržujete bezpečný odstup“, zelená ve smyslu „Váš odstup je dobrý“), který bude napsán klasicky na tabuli. Otázkou je, jaká bude viditelnost textu v noci, proto bude muset být zajištěno jeho osvětlení či podsvícení. Základem však bude informovat řidiče, jestli bezpečnou vzdálenost za vozidlem vpředu mají, nebo nikoliv. Na následujících obrázcích je zobrazeno několik návrhů, jak by mohl displej vypadat. Na návrzích je zobrazena tabule s integrovanými displeji, které mohou zobrazovat různé informace na základě změření odstupů radarem (dodržen či nedodržen). Cedula se svými poměry stran 7:1,5 (šířka:výška) by měla mít rozsah nad dva jízdní pruhy, a proto bude viditelná z větších vzdáleností. Displeje v levé části cedule jsou určeny pro řidiče v levém (rychlejších) jízdním pruhu, naopak displeje v pravé části řidičům v pravém (pomalejších) jízdním pruhu. Pro ukázkou je ve všech návrzích v levé části varianta zobrazení (zelená barva) v případě, že řidič bezpečnou vzdálenost dodržuje. V pravé části se zobrazuje upozornění, že řidič nemá dostatečný rozestup (červeně).



Obrázek 8.6. Návrhy displeje č. 1 a č. 2

V prvním případě se zobrazí buď symbol zelené „fajfky“, pokud odstup bude správný, nebo začnou blikat červené vykřičníky, pokud bude odstup nebezpečný. Ve druhém návrhu bude displej reagovat pouze v případě, pokud řidič bezpečnou vzdálenost nedodržel. Jinak bude vypnutý.



Obrázek 8.7. Návrhy displeje č. 3 a č. 4

Třetí návrh je specifický přesným údajem časového odstupu v sekundách. U tohoto návrhu je myšleno na další zdokonalení celého zařízení. V horní části cedule je navíc proměnný displej s údajem bezpečné vzdálenosti. Tento údaj se může měnit v závislosti na povětrnostních podmínkách na pozemní komunikaci. Například za silného deště, v šeru nebo za hustého sněžení bude bezpečná vzdálenost mezi vozidly vyšší než 2 sekundy, např. 4 s nebo 6 s. Těmto podmínkám se může tedy přizpůsobit celé zařízení, a změnit tak tento údaj. Návrh č. 4 je podobný prvnímu návrhu s tím rozdílem, že se zobrazí zelený „smajlík“ s úsměvem nebo naopak červeně blikající a zamračený „smajlík“. Poslední dva návrhy jsou principem stejné jako první. Rozdíl je ve formě zobrazení.



Obrázek 8.8. Návrhy displeje č. 5 a č. 6

Energetická náročnost celého zařízení by neměla být vysoká. V dnešní době je již standardem napájet podobná zařízení pomocí solárních panelů, které jsou upevněny přímo na konstrukci se zařízením. Solární panely by zároveň nabíjely akumulátor, který by zásoboval systém elektrickou energií v nočních hodinách. V zahraničí je kolem pozemních komunikací mnoho dopravních značení či dokonce pouličních lamp napájeno právě pomocí solárních panelů.

8.2.2 Umístění zařízení

Co se týká umístění zařízení, tak existuje hned několik možností. Radary mohou být připevněny nad jízdním pruhem na jakékoliv konstrukci, která je v daném úseku již

vybudovaná, tak, jak je to možné vidět na obrázku výše. Může to být například mýtná brána či nadjezd přes dálnici, který je součástí mimoúrovňové křižovatky, nebo také konstrukce nesoucí směrové ukazatele. Jak již bylo uvedeno, jeden radar by snímal jeden jízdní pruh. Další z možností umístění radaru, která by byla vhodná, je umístění do nebo na svodidla. Toto by však bylo nejspíše možné pouze na pozemní komunikaci se dvěma jízdními pruhy. Radar ve středových svodidlech by snímal vozidla jedoucí v levém jízdním pruhu a radar v krajním svodidle v pruhu pravém. Radary ve svodidlech na měření rychlosti používá například policie ve švýcarském kantonu Vaud, který se nachází blízko Ženevského jezera. Několik fotografií radaru lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 8.9. Radar ve svodidlech ve Švýcarsku

V České republice je tato technologie již také známá, ale zatím nebyla v žádném konkrétním případě použita.

Princip umístění displeje je velmi podobný principu upevnění radarů nad jízdním pruhem. Problémem displeje bude však jeho velikost. Upevnění na mýtné brány či konstrukce nesoucí ukazatele nebude možné. Využít by se dalo nadjezdů nad dálnicí, pěších lávek

nebo vybudování vlastní konstrukce pro tento účel. Tam, kde v dnešní době jsou billboardy s reklamou, by v budoucnu mohl být displej ukazující řidičům informace o jejich rozestupech. Nelze vyloučit ani kombinaci dopravního značení a zpětnovazebného radaru. Radar by nejdříve změřil odstupy, displej by ukázal řidičům stav jejich rozestupů a při tom je nabádal k dodržení, resp. nastavení rozestupů podle dopravního značení, které by následovalo vzápětí.

Kapitola 9

Závěr

Předmětem této práce bylo nahlédnutí z různých směrů do problematiky dodržování, resp. nedodržování bezpečných vzdáleností mezi vozidly na pozemních komunikacích v České republice. Po teoretickém rozboru bezpečné vzdálenosti z hlediska analýzy dopravních nehod lze konstatovat, že obecně známé pravidlo odstupů dvou sekund je lépe brát v úvahu pouze jako zjednodušené doporučení, které nemusí platit vždy a za každých podmínek. Záleží na různých faktorech, které mohou ovlivnit pravděpodobnost vzniku nehodového děje i za dodržování tohoto časového odstupů za vpředu jedoucím vozidlem.

Po nahlédnutí do legislativní stránky této problematiky v různých zemích Evropy a následného vzájemného porovnání vyplývá, že čeští zákonodárci by mohli najít inspiraci u zahraničních států a doplnit a vylepšit tak legislativu o několik odstavců, které by měly pozitivní vliv na zlepšení situace na našich silnicích. Týká se to např. sankčních postihů za porušování této části zákona, která se týká bezpečných odstupů mezi vozidly.

To, že nedodržování bezpečných odstupů mezi vozidly je stále aktuální problém, potvrzují výsledky statistického zpracování z praktického měření na pozemní komunikaci, které proběhlo na území hlavního města Prahy. Z výsledků vyplývá, že každý třetí řidič má za vozidlem vpředu odstup méně jak 2 sekundy. Míra dodržování, resp. nedodržování bezpečných rozestupů mezi vozidly, je závislá na různých parametrech dopravního proudu. Jedná se o rychlost, intenzitu a hustotu dopravního proudu. Tyto závislosti odstupů vozidel na jmenovaných parametrech byly potvrzeny statistickými testy hypotéz.

V poslední části této práce byly navrženy dva prvky, které by mohly situaci na pozemních komunikacích zlepšit. První prvek v podobě vodorovného a svislého dopravního značení (V16 - Bezpečný odstup) svou podstatou již navržen byl a již několik let je součástí české legislativy. Problém však je v tom, že není v problématických úsecích po-

zemních komunikací prakticky implementován. Mimo jiné by bylo také vhodné zjistit účinnost tohoto značení na řidiče, což může být podnětem pro další výzkumnou činnost a následné rozšíření tohoto prvku.

O druhém prvku lze v tuto chvíli konstatovat, že na území České republiky neexistuje, a lze se domnívat, že dokonce ani v celé Evropě. Radar odstupů se zpětnou vazbou by mohl přinést pozitivní účinek na dodržování bezpečných rozestupů mezi vozidly a zvýšit tak bezpečnost na našich silnicích. Na základě teoretické úvahy nad tímto zařízením a prvotním návrhem tohoto druhu radaru by bylo vhodné pokračovat v dalším již praktickém výzkumu účinnosti tohoto radaru na řidiče.

Literatura

- [1] NOVOVIČOVÁ, JANA. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. 1.vyd.Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-01980-2.
- [2] LINDA, BOHDAN. *Statistické tabulky a vzorce*. Vyd. 3. , dopl. ,Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-657-5.
- [3] KAMPF, RUDOLF. *Statistika v dopravě*. Vyd. 1. ,Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007. ISBN 978-80-7194-996-1.
- [4] ZAPLATÍLEK, K. - DOŇAR, B. *MATLAB pro začátečníky*. 2.vyd.Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 880-7300-175-6.
- [5] KARBAN, PAVEL. *Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink*. 1.vyd.Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1301-9.
- [6] Technické podmínky č. 133,[online]. *TP č. 133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemní komunikaci*. Brno, vydavatel: CDV - Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 10/2005.
- [7] ŠACHL, J. - ŠACHL, J. (ML.) - SCHMIDT, D. - MIČUNEK, T. - FRYDRÝN, M. *Analýza nehod v silničním provozu*. Praha: Ústav soudního znalectví v dopravě, ČVUT, 2007.
- [8] ŠACHL, J. - ŠACHL, J.(ML.) *Adheze pneumatik v analýze silničních nehod*. Praha: Ústav soudního znalectví v dopravě, ČVUT, 2008.
- [9] EVANS, L. *Traffic Safety*. Science Serving Society, Michigan, 2004. ISBN 0-9754871-0-8.
- [10] BRADÁČ, A. A KOL. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1999.

- [11] ŘEDITELSTVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE POLICEJNÍHO PREZIDIA ČESKÉ REPUBLIKY *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR za rok 2008*. Praha:, duben 2009.
- [12] Webová dokumentace k programu MATLAB,[online]. <http://www.mathworks.com/>.
- [13] Safe Speed road safety campaign,[online]. <http://www.safespeed.org.uk/tailgate.html>
- [14] Sdružení automobilového průmyslu,[online]. <http://www.autosap.cz>
- [15] Článek Dopravní noviny,[online]. <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/priorita-na-kveten-bezpecna-vzdalenost-4069>.
- [16] Oficiální Web Volvo,[online]. <http://www.volvocars.com/cz/All-Cars/Volvo-XC70/Pages/FeaturesEquipment.aspx>.
- [17] Zákon č.361/2000Sb. o provozu na pozemních komunikacích,[online]. <http://zakony-online.cz/?s38&q38=all>
- [18] Webová stránka City Trensport,[online]. <http://www.citytransport.info>.
- [19] Webová stránka Federal Ministry of Transport, Germany. Tabulka pokut a trestných bodů[online] <http://www.bmvbs.de/en/artikel-,1872.970156/%20Schedule-of-Fines.htm>.
- [20] Webová stránka Government of South Australia. Driver's Handbook <http://www.sa.gov.au/subject/Transport,+travel+and+motoring/Motoring/New+and+young+drivers/Driving+in+South+Australia/The+Driver%27s+Handbook>.
- [21] Článek Milana Pelcla,[online]. http://www.auto-car.ic.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=64.
- [22] Článek MUDr. Zbyněka Mlčocha,[online]. http://www.zbynekmlcoch.cz/info/auto-moto/bezpecna_jizda_vozidlem_a_co_pro_ni_muzeme_udelat_my_jako_ridici_.html/.
- [23] Internetový magazín AutoLexicon,[online]. <http://cs.autolexicon.net/articles/acc-adaptive-cruise-control>.

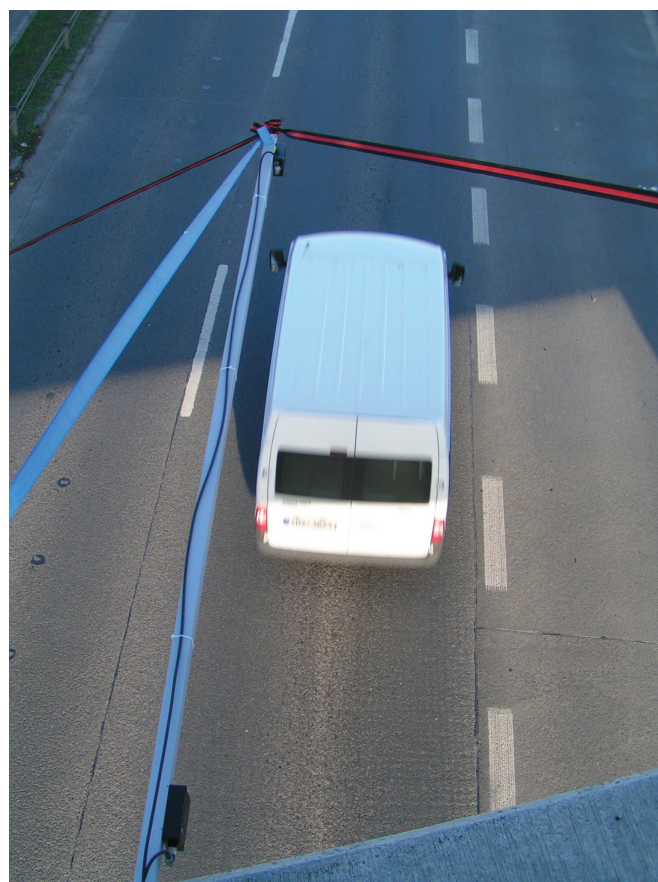
- [24] The highway code: Rule No. 126,[online]. <http://www.direct.gov.uk>
- [25] Strassenverkehrs-Ordnung - StVO,[online]. <http://www.bmvbs.de>
- [26] New Zeland Road Code,[online]. <http://www.landtransport.govt.nz/roadcode/about-driving/following-distance.html>
- [27] Code de la route, Article R412-12, Version consolidée au 3 aout 2009 [online]. <http://www.legifrance.gouv.fr>
- [28] Codice della Strada, Automobile Club d'Italia [online]. <http://www.aci.it/index.php?id=703>
- [29] Police cantonale vaudoise, tisková zpráva[online]. <http://www.foxytag.com/news/20061010b.pdf>

Dodatek A

Fotodokumentace z průběhu měření











Dodatek B

**Vzorové listy senzoru Baumer
FPDK 26 a odrazky Baumer
FTDR 047A048**

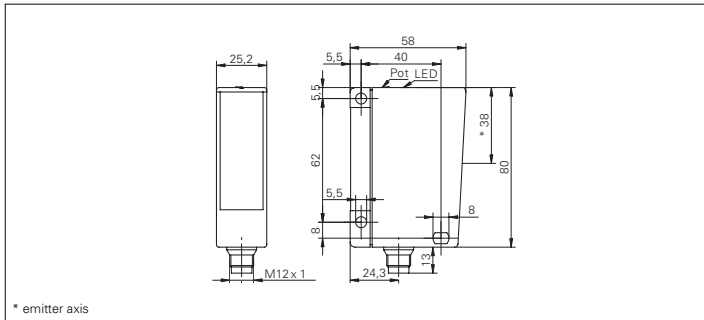
Baumer

Photoelectric sensors

Retro-reflective sensors

FPDK 26

sample drawing



general data

type	retro-reflective sensor
light source	pulsed red LED
actual range S_b	12 m
nominal range S_n	14 m
polarization filter	yes
alignment / soiled lens indicator	flashing light indicator
light indicator	LED yellow
sensitivity adjustment	potentiometer, 270°
wave length	660 nm

electrical data

response time / release time	< 1 ms
voltage supply range +Vs	10 ... 30 VDC
current consumption max.	55 mA
current consumption typ.	45 mA
voltage drop V_d	< 1,8 VDC
output function	light / dark operate
output current	< 200 mA
short circuit protection	yes
reverse polarity protection	yes

mechanical data

width / diameter	25 mm
height / length	80 mm
depth	58 mm
type	rectangular
housing material	plastic (ASA)
front (optics)	PMMA
connection types	connector M12 4 pin

ambient conditions

operating temperature	-25 ... +65 °C
protection class	IP 67

sample picture



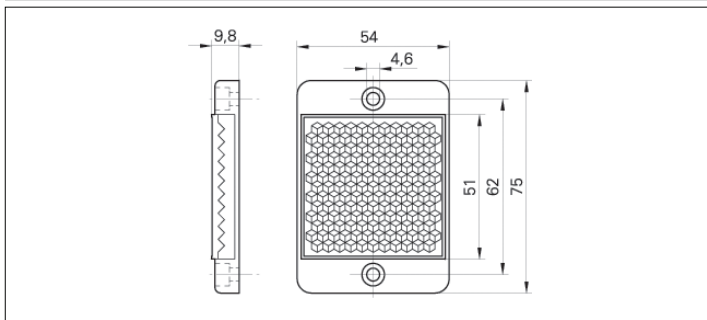
Baumer

Accessories

Photoelectric reflectors

FTDR 047A048

dimension drawing



general data

width / diameter active range	47 mm
retro-reflective sensor	yes
retro-reflective laser sensor	yes
line sensor	no
structure	triple prism
cut goods	no

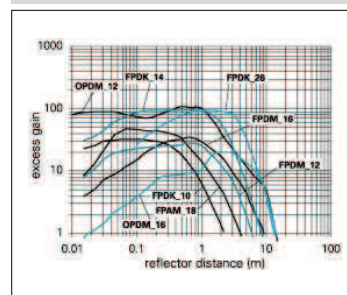
mechanical data

type	rectangular
material	PMMA/ABS
mechanical mounting	screw mounting
width / diameter	54 mm
length	75 mm
length active area	48 mm

ambient conditions

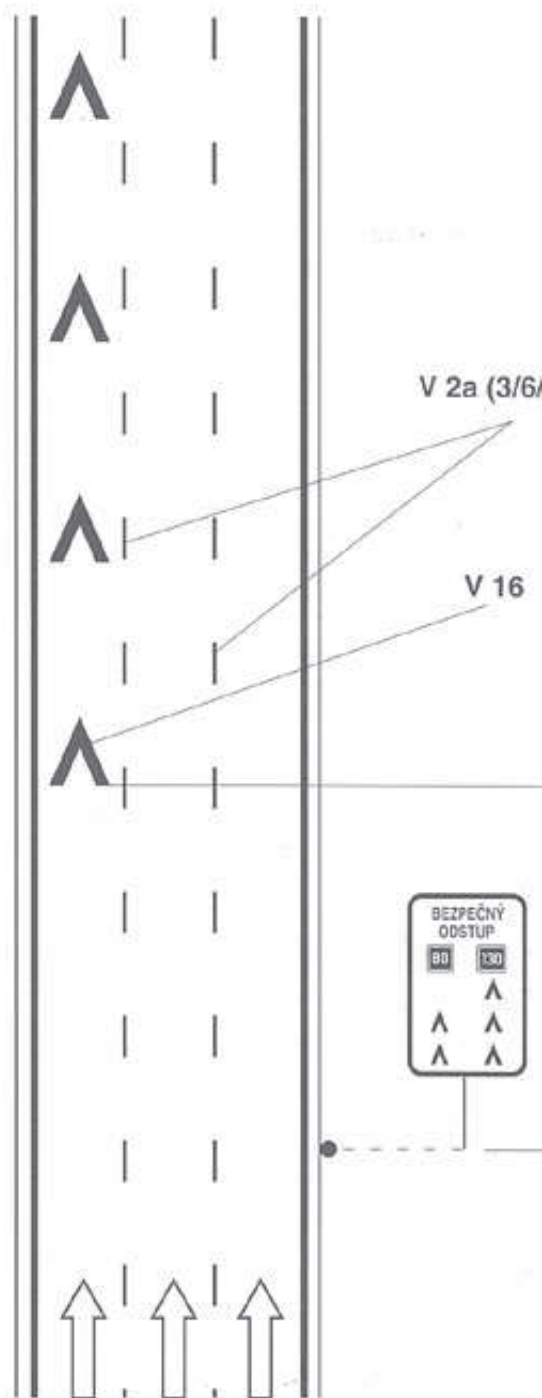
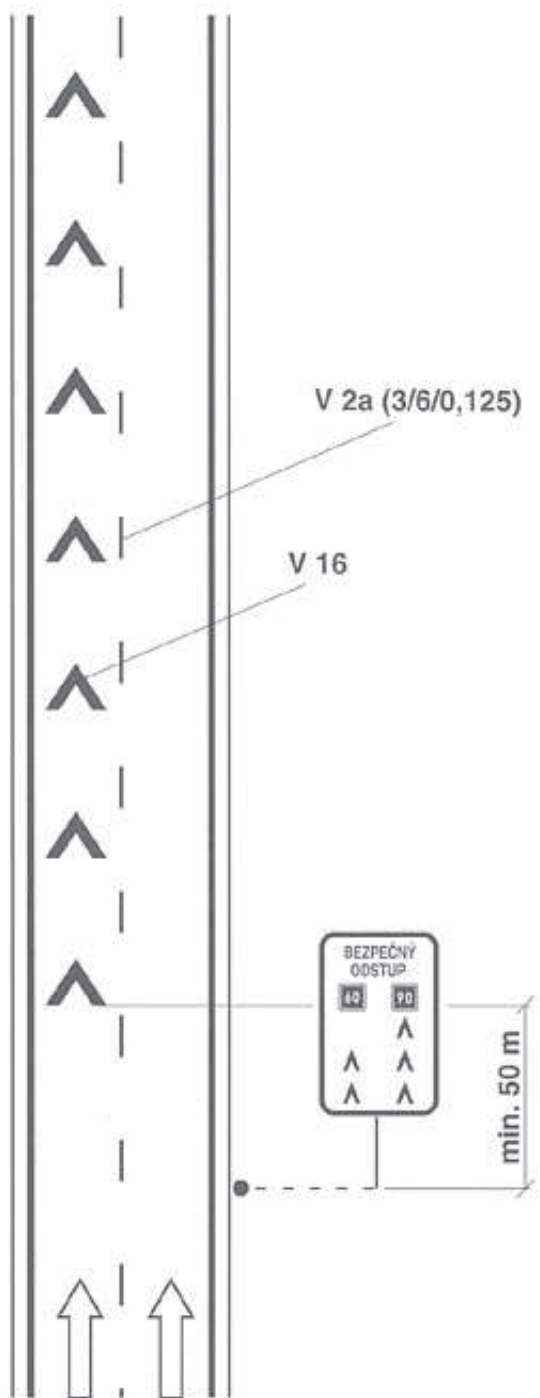
operating temperature	-20 ... +60 °C
-----------------------	----------------

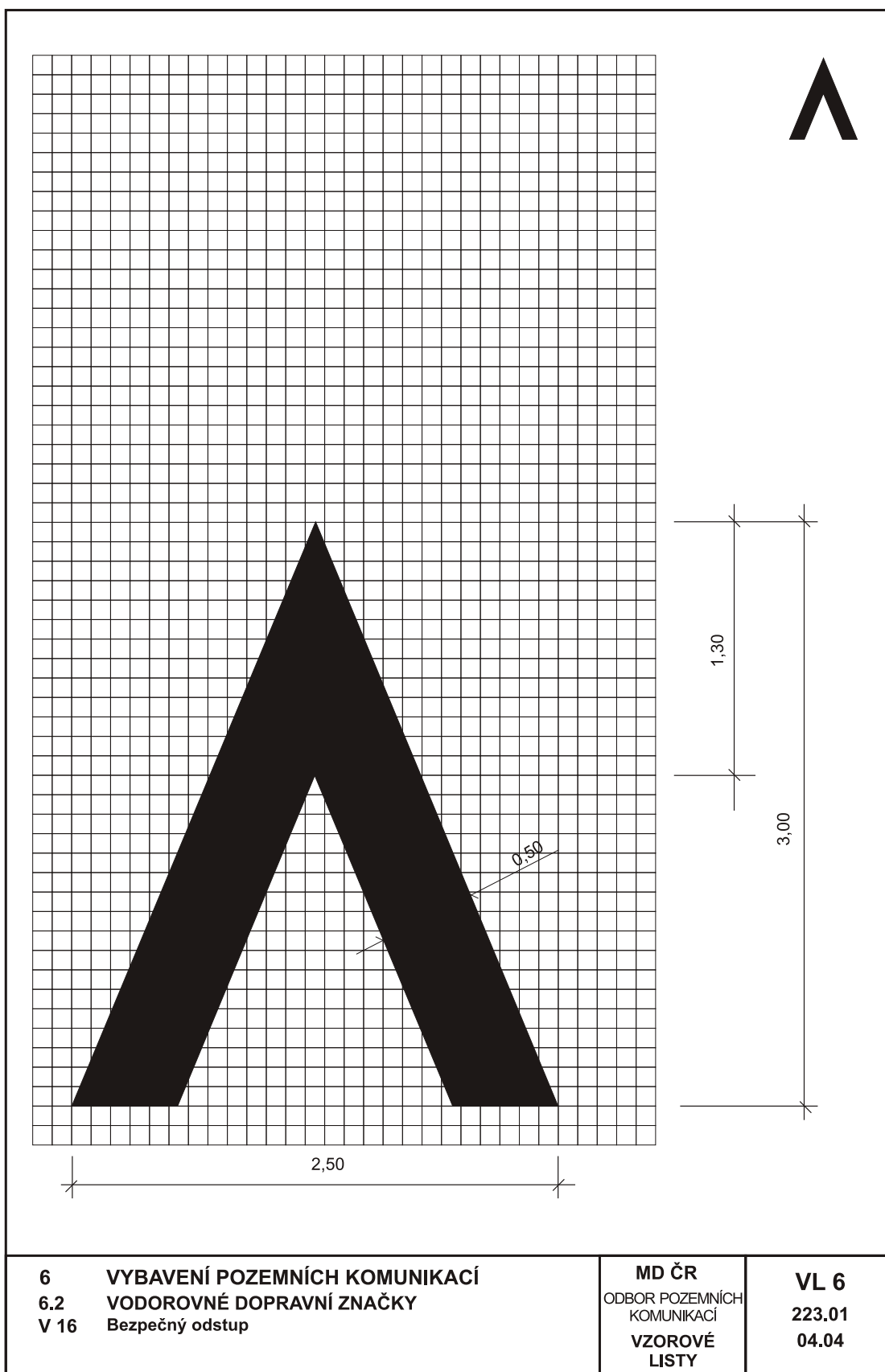
excess gain diagram

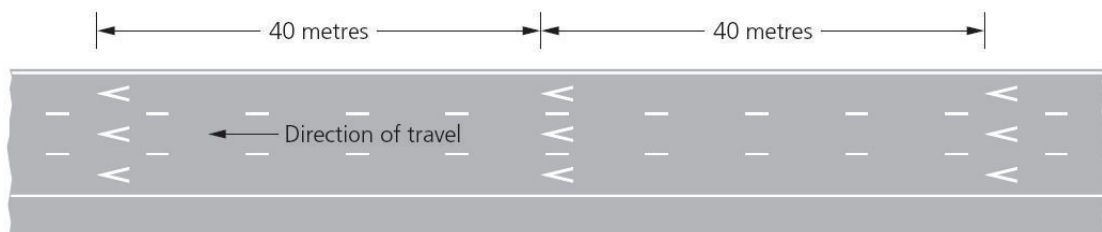
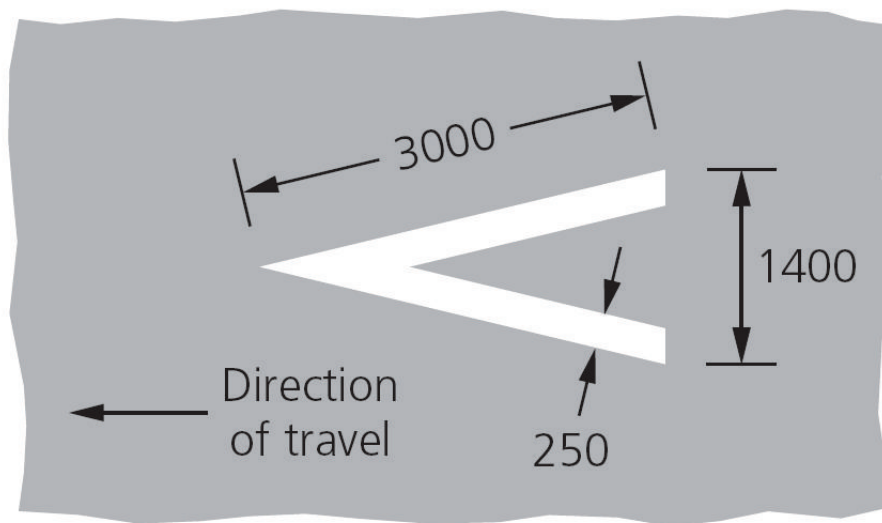


Dodatek C

Vzorové listy dopravního značení V16 a dopravního značení užívaného ve Velké Británii







Drawing No. P 2933	Related Drawing S 60	© CROWN COPYRIGHT	NOTES: 1. The legend is from the Transport Medium alphabet at the x-heights shown. 2. Symbol details are given on drawing S 60. 3. The tile outlines do not form part of the sign. 4. COLOURS : Background ----- BLUE Legend, Symbol & Border ---- WHITE 5. DIMENSIONS : x-heights are in millimetres, other dimensions are in stroke widths. (4sw = x-height)
P2933			Before using this drawing, confirm that it has not been superseded.
Title: Motorway Informatory Sign KEEP APART TWO CHEVRONS		Issue: Date: A: 3.9.04 B: C:	Drawn by: R.M. Approved by: R.M.
Department for Transport		Dimensions: SEE NOTE 5	Drawing No. P 2933

<p>Drawing No. P 2934</p>	<p>Before using this drawing, confirm that it has not been superseded.</p>	<p>© CROWN COPYRIGHT</p>						
<p>NOTES: 1. The legend is from the Transport Medium alphabet at the x-heights shown.</p> <p>2. The tile outlines do not form part of the signs.</p> <p>3. COLOURS : Background ----- BLUE Legend & Border ---- WHITE</p> <p>4. DIMENSIONS : x-heights are in millimetres, other dimensions are in stroke widths. (4sw = x-height)</p> <div style="text-align: center;"> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">250</td> <td style="padding: 0 5px;">min</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">x-ht</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">300</td> <td style="padding: 0 5px;">max</td> <td></td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center;"><u>VARIANT</u></p>			250	min	x-ht	300	max	
250	min	x-ht						
300	max							
<p>P2934</p>	<p>Title: Motorway Informatory Signs SIGN USED IN CONJUNCTION WITH CHEVRON ROAD MARKINGS</p>	<p>Issue: Date: 3.9.04 A: B: C:</p>	<p>Drawn by: L.W. Approved by: R.M.</p>	<p>Dimensions: SEE NOTE 4</p>	<p>Drawing No. P 2934</p>			

Dodatek D

Originální výňatky ze zákonů

D.1 Česká republika

Zákon 361/2000Sb. O provozu na pozemních komunikacích § 19 - Vzdálenost mezi vozidly:[28]

- 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.
- Řidič motorového vozidla o maximální přípustné hmotnosti převyšující 3 500 kg, jízdní soupravy, jejíž celková délka přesahuje 10 m, a zvláštního vozidla²⁾ 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.
- Řidič, který nehodlá nebo nemůže projet podél tramvaje vpravo, musí za ní jet v takové vzdálenosti, aby umožnil projetí podél tramvaje ostatním řidičům.

TP č.133 - Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemní komunikaci 20 BEZPEČNÝ ODSTUP:[6]

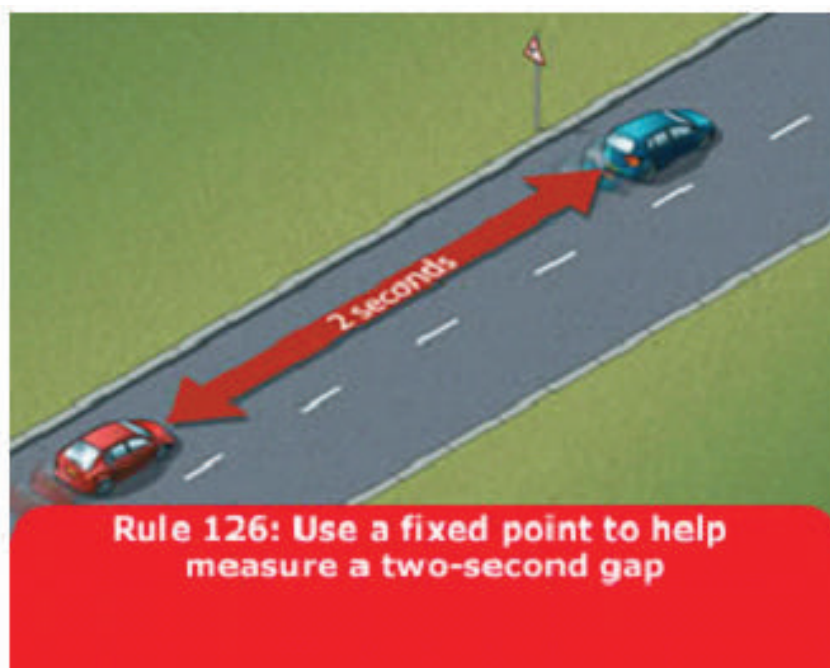
- Obecně: Bezpečným odstupem se rozumí vyznačení doporučeného bezpečného odstupů vozidel jedoucích za sebou za příznivých dopravních a povětrnostních podmínek. Volba vzdálenosti symbolů značky č. V 16 "Bezpečný odstup" se odvozuje z požadavku na zajištění bezpečnostní vzdálenosti mezi jedoucími vozidly. Značky se užívá na úsecích pozemních komunikací se zvýšeným počtem kolizních situací nebo dopravních nehod z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti.

- Bezpečný odstup je ve vztahu k rychlosti jízdy dále vyjádřen na zařízení pro provozní informace "Nápisy" č. I 1. Zde se uvádí počet symbolů značky, které má řidič vidět za daných dopravních podmínek ve vztahu k rychlosti jízdy
- Symboly značky se umísťují do osy příslušného jízdního pruhu ve stejných vzájemných vzdálenostech. V případě více jízdních pruhů v jednom směru jízdy lze vyznačit značku jen v jednom z nich, například v levém krajním pruhu. Při volbě vzdálenosti jednotlivých značek se vychází ze vzdálenosti, kterou vozidlo ujede za dobu, než začne zpomalovat v reakci na změnu rychlosti vozidla jedoucího před ním. Obecně je bezpečný odstup (bezpečnostní vzdálenost) dán součtem vzdáleností, kterou vzadu jedoucí vozidlo ujede za dobu proběhlé reakce zvětšené o délku dráhy potřebné na zastavení vozidla způsobem v souladu s právními předpisy o brzdách a zmenšeném o délku dráhy potřebné k zastavení vpředu jedoucího vozidla, které brzdí náhle, intenzivním způsobem. Příklad uvedený na obrázku č. 45a předpokládá umístění značek ve vzájemné vzdálenosti nejméně 25 m (užití se předpokládá mimo dálnici) a na obrázku č. 45b nejméně 40 m (užití se předpokládá na dálnici).

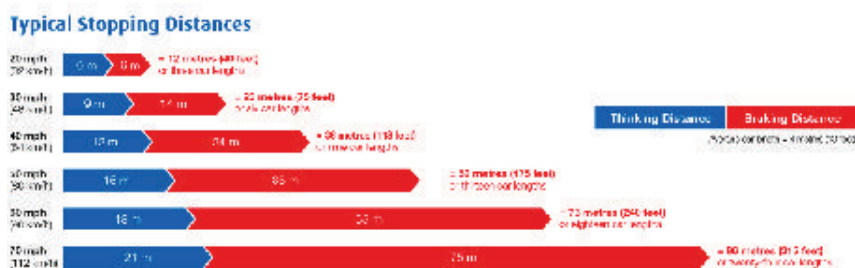
D.2 Velká Británie

The Highway Code

Rule No.126:[24]



- Stopping Distances. Drive at a speed that will allow you to stop well within the distance you can see to be clear. You should
- leave enough space between you and the vehicle in front so that you can pull up safely if it suddenly slows down or stops. The safe rule is never to get closer than the overall stopping distance
- allow at least a two-second gap between you and the vehicle in front on roads carrying faster-moving traffic and in tunnels where visibility is reduced. The gap should be at least doubled on wet roads and increased still further on icy roads
- remember, large vehicles and motorcycles need a greater distance to stop. If driving a large vehicle in a tunnel, you should allow a four-second gap between you and the vehicle in front



- If you have to stop in a tunnel, leave at least a 5-metre gap between you and the vehicle in front.

D.3 Německo

Straßenverkehrs-Ordnung - StVO

(BGBl. I S. 1565, ber. 1971 S. 38; BGBl. III 9233-1)

I. Allgemeine Verkehrsregeln

§ 4. Abstand[25]

(1) Der Abstand von einem vorausfahrenden Fahrzeug muß in der Regel so groß sein, daß auch dann hinter ihm gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird. Der Vorausfahrende darf nicht ohne zwingenden Grund stark bremsen.

(2) Kraftfahrzeuge, für die eine besondere Geschwindigkeitsbeschränkung gilt, sowie Züge, die länger als 7 m sind, müssen außerhalb geschlossener Ortschaften ständig so großen Abstand von dem vorausfahrenden Kraftfahrzeug halten, daß ein überholendes Kraftfahrzeug einscheren kann. Das gilt nicht, 1. wenn sie zum Überholen ausscheren und dies angekündigt haben, 2. wenn in der Fahrtrichtung mehr als ein Fahrstreifen vorhanden ist oder 3. auf Strecken, auf denen das Überholen verboten ist.

(3) Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 t und Kraftomnibusse müssen auf Autobahnen, wenn ihre Geschwindigkeit mehr als 50 km/h beträgt, von vorausfahrenden Fahrzeugen einen Mindestabstand von 50 m einhalten.

D.4 Nový Zéland

New Zealand Road Code[26]

Following distance

It's very important to make sure you have a safe distance between you and the vehicle in front. You need this distance to give you time to take action if the person in front of you stops suddenly. It also gives you a better view of the road ahead and the hazards you need to avoid. Several seconds will pass from the time you see the hazard until you can come to a complete stop. This is because you need time to react to the hazard and take action - using your brakes - as well as time for the brakes to slow the vehicle down. The faster you are going, the longer it will take to stop. This means you must increase your following distance as you increase your speed. A good way to make sure you always keep a safe following distance is to use the two-second rule or the four-second rule.

The two-second rule

Under normal conditions, the two-second rule is an easy way to make sure you have left enough following distance between your vehicle and the vehicle in front, no matter what speed you're travelling at. To check if you are travelling two seconds behind the vehicle in front:

- watch the vehicle in front of you pass a landmark - such as a sign, tree or power pole - at the side of the road
- as it passes the landmark, start counting 'one thousand and one, one thousand and two'
- if you pass the landmark before you finish saying those eight words, you are following too closely - slow down, pick another landmark and repeat the words to make sure you have increased your following distance.

Important

When you're following another vehicle and you don't intend to overtake them, you must leave enough space in front of your vehicle for vehicles behind you to pass.

The four-second rule

In bad weather, when the road is wet or slippery, or if someone is following you too closely, you need to increase your following distance to four seconds, because you'll take longer to stop if you need to.

- To check that you are travelling four seconds behind the vehicle in front, follow the instructions for the two-second rule, but count 'one thousand and one, one thousand and two, one thousand and three, one thousand and four' instead.
- This also applies to riding at night.

Distance behind

If someone is following you too closely you should:

- slow down and increase the distance between you and the vehicle ahead from a two-second gap to a four-second gap - this gives you and the tailgater more time to react in an emergency
- when safe, move to the left to let the tailgater pass.

D.5 Francie

Code de la route[27]

Version consolidée au 3 aout 2009

Article R412-12 En savoir plus sur cet article...

Modifié par Décret n°2003-293 du 31 mars 2003 - art. 2 JORF 1er avril 2003

I. - Lorsque deux véhicules se suivent, le conducteur du second doit maintenir une distance de sécurité suffisante pour pouvoir éviter une collision en cas de ralentissement brusque ou d'arrêt subit du véhicule qui le précède. Cette distance est d'autant plus grande que la vitesse est plus élevée. Elle correspond à la distance parcourue par le véhicule pendant un délai d'au moins deux secondes.

II. - Hors agglomération, lorsque des véhicules ou des ensembles de véhicules, dont le poids total autorisé en charge dépasse 3,5 tonnes ou dont la longueur dépasse 7 mètres, se suivent à la même vitesse, la distance de sécurité mentionnée au I est d'au moins 50 mètres. III. - Les dispositions du II ne sont applicables ni aux convois et aux transports militaires et des unités de la police nationale ni aux véhicules des unités d'instruction et d'intervention de la sécurité civile, qui font l'objet de règles particulières.

IV. - Pour les ouvrages routiers dont l'exploitation ou l'utilisation présente des risques particuliers, l'autorité investie du pouvoir de police peut imposer des distances de sécurité plus grandes entre les véhicules.

V. - Le fait, pour tout conducteur, de contrevenir aux dispositions du présent article est puni de l'amende prévue pour les contraventions de la quatrième classe.

VI. - Tout conducteur qui a contrevenu aux règles de distance prises en application du présent article encourt également la peine complémentaire de suspension, pour une durée de trois ans au plus, du permis de conduire, cette suspension pouvant être limitée à la conduite en dehors de l'activité professionnelle.

VII. - La contravention prévue au V donne lieu de plein droit à la réduction de 3 points du permis de conduire.

D.6 Itálie

Codice dela strada[28]

Art. 149. * Distanza di sicurezza tra veicoli.

”Nuovo codice della strada”, decreto legisl. 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni.

1. Durante la marcia i veicoli devono tenere, rispetto al veicolo che precede, una distanza di sicurezza tale che sia garantito in ogni caso l’arresto tempestivo e siano evitate collisioni con i veicoli che precedono.

2. Fuori dei centri abitati, quando sia stabilito un divieto di sorpasso solo per alcune categorie di veicoli, tra tali veicoli deve essere mantenuta una distanza non inferiore a 100 m. Questa disposizione non si osserva nei tratti di strada con due o pi? corsie per senso di marcia.

3. Quando siano in azione macchine sgombraneve o spargitrici, i veicoli devono procedere con la massima cautela. La distanza di sicurezza rispetto a tali macchine non deve essere comunque inferiore a 20 m. I veicoli che procedono in senso opposto sono tenuti, se necessario, ad arrestarsi al fine di non intralciarne il lavoro.

4. Chiunque viola le disposizioni del presente articolo ? soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da euro 38 a euro 155. 4

5. Quando dall’inosservanza delle disposizioni di cui al presente articolo deriva una collisione con grave danno ai veicoli e tale da determinare l’applicazione della revisione di cui all’art. 80, comma 7, la sanzione amministrativa ? del pagamento di una somma da euro 74 a euro 296. Ove il medesimo soggetto, in un periodo di due anni, sia incorso per almeno due volte in una delle violazioni di cui al presente comma, all’ultima violazione consegue la sanzione amministrativa accessoria della sospensione della patente da uno a tre mesi, ai sensi del capo I, sezione II, del titolo VI.

6. Se dalla collisione derivano lesioni gravi alle persone, il conducente ? soggetto alla sanzione amministrativa del pagamento di una somma da euro 373 a euro 1.498, salva l’applicazione delle sanzioni penali per i delitti di lesioni colpose o di omicidio colposo. Si applicano le disposizioni del capo II, sezioni I e II, del titolo VI.