



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND
VEHICLE ASSESSMENT

ANALÝZA VLIVŮ VYBRANÝCH RUŠIVÝCH PODNĚTŮ NA POZORNOST ŘIDIČE

ANALYSIS OF SELECTED DISTRACTIVE STIMULI ON THE DRIVER ATTENTION

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Marek Semela, Ph.D.

BRNO 2020

Bibliografická citace

BUCSUHÁZY, K. ANALÝZA VLIVŮ VYBRANÝCH RUŠIVÝCH PODNĚTŮ NA POZORNOST ŘIDIČE, Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2019. 134 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Marek Semela, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem dizertační práci na téma Analýza vlivů vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat zejména své rodině za podporu. Poděkovat bych také chtěla všem kolegyním a kolegům za spolupráci a nedocenitelnou pomoc s realizací experimentů, a také všem probandům, kteří se jich účastnili za nezměrnou ochotu. Poděkování patří také všem spolupracujícím institucím, bez jejichž podpory (včetně zápůjčky techniky) by nebylo možné experimenty realizovat. Děkuji také svému školiteli za trpělivost, podporu a odborné vedení po celou dobu studia, svému školiteli – specialistovi za cenné rady a připomínky a v neposlední řadě všem svým kolegům a přátelům, kteří byli mou hlavní inspirací.

Zadání dizertační práce

Studentka:	Ing. et Ing. Kateřina Bucsuházy
Studijní program:	Soudní inženýrství (kombinovaná forma)
Studijní obor:	Soudní inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20
Ústav:	Ústav soudního inženýrství

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

Analyza vlivů vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jednou z možných příčin DN může být vysoká hustota informací, při které může řidič opomenout podstatnou skutečnost pro řešení konkrétní dopravní situace. Při analýze silničních nehod hustota informací ovlivňuje schopnost vyhodnotit dopravní situaci i reakční dobu řidiče na vnější podněty. Práce se zaměří na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče a vlivu odpoutání pozornosti na reakční schopnosti řidiče (různé prvky v okolí komunikace jako billboardy, světelné reklamy, apod. i úkony spojené s ovládáním vozidla omezující sledování provozu). Analýza přispěje rovněž k objektivizaci reakční doby řidiče za situací, kdy může být řidičova pozornost nadměrně rušena vnějšími vlivy.

Úkolem studentky tak je:

- nalezení vhodných metod pro analýzu vlivu vybraných rušivých podnětů,
- experimentální ověření vybraných metod pro analýzu vybraných vlivů rušivých podnětů na pozornost řidiče,
- analýza časové náročnosti vnímání vybraných podnětů odpoutávajících pozornost řidiče,
- vyhodnocení výsledků provedených měření,
- učinit závěry ohledně vhodnosti testovaných metod a doporučení pro další případné zkoumání.

Cíle dizertační práce:

Cílem dizertační práce je nalézt takové metody, které umožní analyzovat vliv vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče. Na základě provedených měření kvantifikovat vliv vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče zejména s ohledem na časovou náročnost vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče.

Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, A.: Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 1999. ISBN 80-7204-057-X

BURG, H.. Handbook of Accident Reconstruction: accident investigation - vehicle dynamics - simulation. Vyd. 1. Editor Heinz Burg, Andreas Moser. Washington: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013, 475 s. ISBN 978-149-2328-421.

PFLEGER, E. Hazard recognition and reaction in practice – exact time proof by visualization analysis. In: Sborník výroční konference EVU, 2012. ISBN 978-973-0-13537-4.

RÁBEK, V. Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu – denní doba. Properus s.r.o.. Olomouc, 2014.

Články a sborníky vědeckých databází a další literatura k tématu práce.

Termín odevzdání dizertační práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Dizertační práce se zaměřuje na problematiku nepozornosti řidičů jako jeden z hlavních faktorů přispívajících ke vzniku dopravních nehod. V úvodu je vymezena důležitost řešené tematicky prostřednictvím rozsáhlé rešerše. V rámci teoretického rozboru je uvedena terminologie v oblasti analýzy nehod související s problematikou této dizertační práce. Dále byly analyzovány stávající metody využívané pro analýzu chování řidičů. Byly představeny rovněž výsledky existujících výzkumných studií s důrazem zejména na problematiku vlivu rušivých podnětů na pozornost řidiče. Na základě provedené rešerše byly identifikovány výzkumné otázky, z nichž část je předmětem řešení této práce. Vymezená problémová situace a rovněž formulované problémy poukazují zejména na nezbytnost nalezení a validaci relevantních moderních metod pro analýzu vlivu vybraných rušivých vlivů na pozornost řidiče, resp. vybrané fáze procesu zpracování informace řidičem. Série provedených měření pak poskytuje rovněž kvantifikované údaje zejména s ohledem na časovou náročnost vnímání vybraných rušivých podnětů řidičem.

Abstract

The dissertation thesis focuses on the problem of driver inattention as one of the main factors contributing to the traffic accidents occurrence. The importance of this topic has been introduced on the basis of the literature review. The theoretical analysis includes terminology in the field of accident analysis related to the topic of this dissertation thesis. Existing methods for driver behavior analysis have been introduced as well as the selected results of existing research studies focused on the driver inattention. Research gaps have been identified on the basis of the research review, on some of them has been focused this work. The defined problem situation points to the need to find and verify the relevant modern methods for analysis of driver inattention, respectively influence of selected distracting stimuli on the stages of driver information processing. The series of measurements also provides quantified data, especially with regard to the perception duration of selected distracting stimuli.

Klíčová slova

Distrakce, nepozornost, řidič, eyetracking, analýza nehod

Keywords

Distraction, inattention, driver, eyetracking, accident analysis

OBSAH

1	ÚVOD.....	17
1.1	Nepozornost řidiče jako faktor přispívající ke vzniku dopravních nehod	18
1.2	Motivace (vymezení problémové situace).....	19
1.3	Vymezení primárního problému.....	20
2	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	22
2.1	Člověk jako prvek dopravní soustavy.....	22
2.2	Reakční doba	22
2.2.1	<i>Definice reakční doby</i>	23
2.2.2	<i>Složky reakční doby</i>	24
2.3	Kategorizace měření reakční doby	26
2.3.1	<i>Jednoduchá reakční doba – Simple RT</i>	26
2.3.2	<i>Doba potřebná na rozpoznání podnětu - Recognition RT</i>	26
2.3.3	<i>Doba potřebná na rozhodnutí neboli výběrová RT - choice RT</i>	26
2.4	Způsoby analýzy chování řidičů.....	26
2.4.1	<i>Laboratorní měření</i>	26
2.4.2	<i>Jízdní simulátory</i>	26
2.4.3	<i>Měření v reálném provozu nebo na zkušební dráze</i>	27
2.4.4	<i>Naturalistické studie</i>	27
2.4.5	<i>Dopravní průzkumy a observační studie</i>	28
2.4.6	<i>Dotazníkové šetření</i>	28
2.5	Metody pro analýzu chování řidičů	28
2.5.1	<i>Diagnostické metody</i>	28
2.5.2	<i>Periferní detekce úkolu (PDT)</i>	29
2.5.3	<i>Metody založené na eyetrackingu</i>	29
2.5.4	<i>Snímání psychofyziologických veličin</i>	30
2.5.5	<i>Analýza dat vozidel</i>	31
2.6	Faktory ovlivňující chování řidičů a jejich reakční dobu	32
2.6.1	<i>Věk a řidičská zkušenost</i>	32
2.6.2	<i>Zrakové vnímání</i>	33
2.6.3	<i>Monotonie</i>	34
2.6.4	<i>Únava</i>	35
2.6.5	<i>Onemocnění</i>	36
2.6.6	<i>Alkohol a drogy</i>	36
2.6.7	<i>Pozornost resp. nepozornost</i>	37
2.6.8	<i>Distrakce pozornosti</i>	40
2.7	Distraktory	42
2.7.1	<i>Telefonování</i>	43

2.7.2	<i>Rádio, CD přehrávač</i>	46
2.7.3	<i>Navigace</i>	46
2.7.4	<i>Konzumace jídla a pití za volantem</i>	47
2.7.5	<i>Reklamní zařízení</i>	48
2.7.6	<i>Zabíhání myšlenek, emocionální rozpoložení</i>	50
3	ZHODNOCENÍ PROVEDENÉ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU	51
3.1	Vymezení sekundárního problému	52
4	METODY K DOSAŽENÍ STANOVENÝCH CÍLŮ	55
4.1	Modelování při analýze silničních nehod	55
4.2	Experiment v systémovém pojetí.....	55
4.2.1	<i>Experimentální soustava při analýze ovlivnění pozornosti</i>	55
4.2.2	<i>Měření veličiny</i>	55
4.2.3	<i>Využité metody a zařízení</i>	56
4.2.4	<i>Fáze realizace experimentu</i>	59
4.3	Realizované experimenty.....	59
5	DEFINICE REAKČNÍ DOBY PRO ÚČELY ANALÝZY NEPOZORNOSTI ŘIDIČE	61
5.1	Vymezení reakční doby a jejích složek.....	61
6	NÁVRH VHODNÝCH METOD PRO ANALÝZU REAKČNÍ DOBY ŘIDIČE.....	63
6.1	Návrh Metod pro analýzu jednotlivých složek reakční doby.....	63
6.2	Návrh metodiky měření	63
6.2.1	<i>Kosterní svalstvo</i>	64
6.3	Realizace experimentů.....	64
6.4	Analýza výsledků.....	65
6.5	Diskuse výsledků.....	67
7	ANALÝZA VLIVU VYBRANÝCH DISTRAKTORŮ NA ZÁKLADNÍ KOMPONENTY REAKČNÍ DOBY – SVALOVOU A PERCEPČNÍ SLOŽKU	68
7.1	Příprava experimentu.....	68
7.1.1	<i>Účastníci měření</i>	68
7.1.2	<i>Měřící úsek</i>	69
7.1.3	<i>Aktivační objekty</i>	69
7.1.4	<i>Ovlivnění pozornosti řidiče</i>	70
7.1.5	<i>Použité metody</i>	70
7.1.6	<i>Měření veličiny</i>	70
7.2	Návrh na provedení experimentu.....	71
7.2.1	<i>Metodika měření</i>	71
7.3	Realizace experimentu.....	71
7.3.1	<i>Příprava jízdní zkoušky</i>	71
7.3.2	<i>Kategorie distraktorů</i>	72
7.4	Analýza výsledků.....	73
7.5	Diskuse výsledků.....	76

8	OVĚŘENÍ VYUŽITELNOSTI NAVRŽENÝCH METOD V REÁLNÉM PROVOZU A ANALÝZA KOGNITIVNÍ SLOŽKY REAKČNÍ DOBY	77
8.1	Příprava experimentu.....	77
8.1.1	Účastníci měření.....	77
8.1.2	Aktivační objekty.....	77
8.1.3	Měřicí úsek	78
8.1.4	Použité metody a měřené veličiny.....	78
8.2	Návrh na provedení experimentu.....	78
8.2.1	Metodika měření.....	79
8.3	Realizace experimentu.....	79
8.3.1	Příprava jízdní zkoušky.....	79
8.3.2	Realizace jízdní zkoušky	80
8.4	Analýza výsledků	80
8.4.1	Diskuse výsledků.....	81
9	ANALÝZA VLIVU VYBRANÝCH DISTRAKTORŮ NA VIZUÁLNÍ POZORNOST ŘIDIČŮ	82
9.1	Distraktory v okolí vozidla - reklamní zařízení	82
9.1.1	Analýza ovlivnění pozornosti reklamních zařízení v závislosti na velikosti reklamních zařízení	83
9.1.2	Vidět nemusí znamenat vnímat	88
9.2	Distraktory ve vozidle	88
9.2.1	Příprava experimentu	89
9.2.2	Metodika měření.....	90
9.2.3	Realizace experimentu.....	90
9.2.4	Analýza výsledků.....	91
9.2.5	Diskuse výsledků.....	94
9.3	Souhrnná analýza a diskuse výsledků.....	97
10	NEPOZORNOST V KONTEXTU DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI	99
10.1	Metody.....	99
10.1.1	Kvalitativní analýza.....	99
10.1.2	Kvantitativní analýza.....	100
10.2	Analýza vnímání a reakce řidičů před nehodou.....	100
10.3	Kvantitativní analýza nepozornosti řidičů osobních vozidel	103
11	DISKUSE	105
11.1	Limitace provedené disertační práce a návrhy na další výzkum v této oblasti:.....	107
12	ZÁVĚR.....	109
13	PŘÍNOSY DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	111
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	113
	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORKY	129
	SEZNAM VYBRANÝCH POUŽITÝCH VELIČIN, ZKRATEK A POJMŮ.....	133
	CURRICULUM VITAE	135

1 ÚVOD

Bezpečnost silničního provozu je velmi aktuálním problémem. Na bezpečnost silničního provozu má vliv stav a kvalita pozemních komunikací, kvalita vozového parku a účastníci silničního provozu. Nejčastějším faktorem, který se přímo podílí na vzniku dopravních nehod (DN), je lidský faktor. Člověk se na vzniku nehody může podílet z pozice chodce, řidiče, ale i vedlejšího účastníka. Nejčastějšími účastníky dopravních nehod jsou ale řidiči motorových vozidel.

Řízení vozidla je komplexní činnost, která obsahuje jednoduché úkoly, ale rovněž složité optimalizační úvahy. Na řízení vozidla se mj. podílejí různé schopnosti a vlastnosti řidiče (usuzování, rozhodování, pozornost, paměť, emoce apod.). Hustota informací ovlivňuje schopnost vyhodnotit dopravní situaci i reakční dobu řidiče na vnější podněty. Jednou z možných příčin nehod tak může být vysoká hustota informací, při které může řidič opomenout podstatnou skutečnost pro řešení konkrétní dopravní situace.

Při řízení mají zásadní vliv kognitivní funkce, zejména pozornost. Na účastníky silničního provozu působí řada rušivých vlivů, které negativně ovlivňují jejich pozornost. Ovlivnění pozornosti řidičů je součástí mnoha studií. Na obecné úrovni jsou známé vlivy, které negativně nebo pozitivně ovlivňují okamžik rozpoznání podnětu a možnost provedení úkonů k odvrácení kritické situace. Vliv řady rušivých podnětů na pozornost řidiče ovšem není prozkoumán. Přestože v oblasti analýzy silničních nehod (jako jedné z dílčích specializací forenzních věd a soudního inženýrství) existuje množství odborných podkladů, pro řešení dopravních nehod, při nichž byla pozornost řidiče ovlivněna, chybí kvantifikované údaje.

Svým zaměřením tedy práce primárně spadá do oblasti forenzních věd, konkrétně odvozené vědní disciplíny soudního inženýrství, resp. do jeho specializace orientované na technickou analýzu silničních nehod. Zakladatel původního vědeckého pojetí soudního inženýrství Jiří Smrček definoval soudní inženýrství jako technickou disciplínu, která se zabývá zkoumáním příčin, průběhu a důsledků negativních a technických jevů. Soudní inženýrství tvoří vědeckou, teoretickou, znalostní a metodologickou základnu soudního znalectví. Soudní znalectví je teoreticko – aplikační obor, v rámci něhož je realizována znalecká činnost.

Detailní analýza nepozornosti řidiče zejména ve vztahu ke způsobu, jakým je pozornost ovlivněna má potenciál rovněž s rozvojem pokročilých asistenčních systémů. Nesprávně koncipovaný systém může být zdrojem signifikantního odklonu pozornosti řidiče a potenciálně vést ke zvýšení rizika vzniku nehody. Současně je důležité dále analyzovat proces vnímání, jednání a rozhodování řidiče a také s tím související připravenost případně zareagovat v případě selhání systému.

V rámci prezentované práce budou hledány metody, které umožňují zkoumání podnětů negativně ovlivňujících pozornost řidiče. Oproti stávajícím postupům budou v této práci využity moderní metody umožňující detailní analýzu jednotlivých stádií zpracování informací a identifikaci složek reakční doby nejvíce ovlivněných rušivými vlivy.

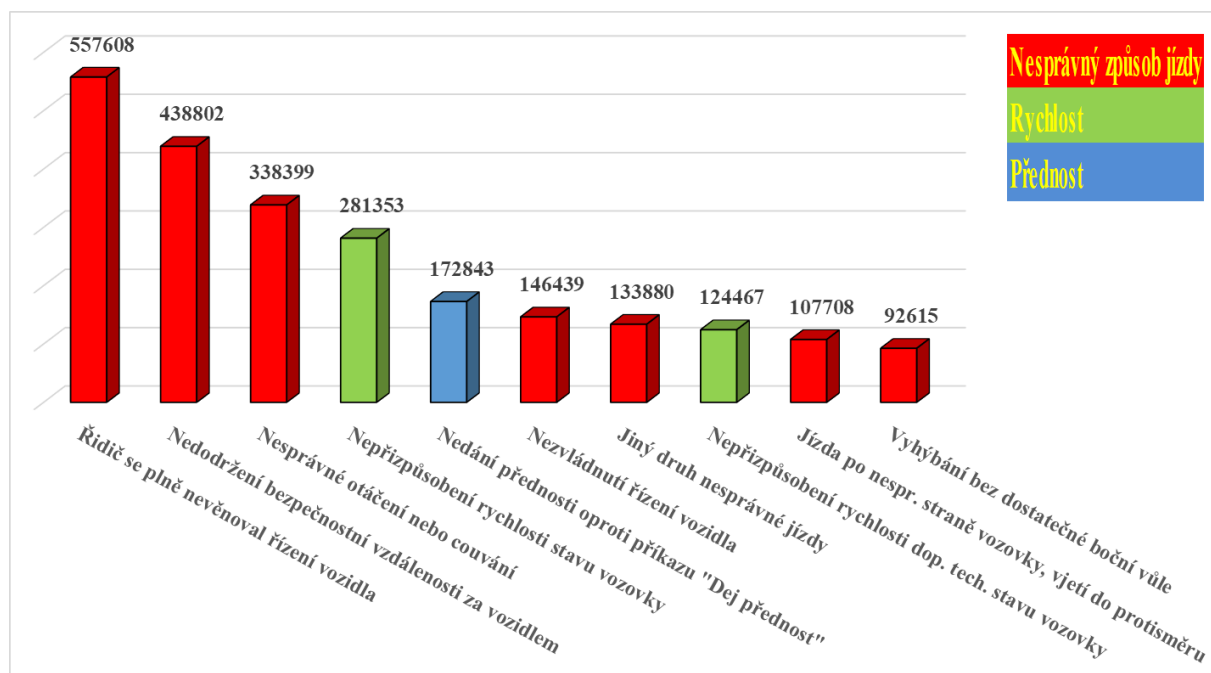
Dosažené výsledky umožní prohloubit poznatky týkající se způsobu zpracování informace řidičem, reakce řidiče a jeho následného chování za různých podmínek při různých dopravních situacích. Práce je zaměřena zejména na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče a vlivu rozptýlení

pozornosti řidiče na schopnost včasně reagovat na kritickou situaci. Analýza přispěje rovněž k objektivizaci reakční doby řidiče za situací, kdy může být řidičova pozornost nadměrně rušena vnějšími vlivy.

Získané výsledky by měly být aplikovatelné nejen pro analýzu silničních nehod, ale rovněž pro zvyšování bezpečnosti silničního provozu (např. pro návrh vhodného designu interiérových prvků vozidla nebo úpravu dopravního prostoru, výchovu a vzdělání řidičů, změny související právní úpravy, pro vývoj v oblasti aktivní bezpečnosti vozidel).

1.1 NEPOZORNOST ŘIDIČE JAKO FAKTOR PŘÍSPÍVAJÍCÍ KE VZNIKU DOPRAVNÍCH NEHOD

Ustanovení §5 odst. 1 písm. b) zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a změnách některých zákonů ve znění pozdějších předpisů řidiči ukládá povinnost věnovat se plně řízení vozidla a sledovat situaci v provozu na pozemních komunikacích. Jak dokládá obr. 1, je dle dlouhodobých policejních statistik nevěnování se řízení vozidla nejčtetnější příčinou dopravních nehod. K porušení této právní povinnosti nedochází jediným zákonem vymezeným a přímo definovaným deliktním jednáním, ale lze pod něj zahrnout veškeré činnosti, které odpoutávají řidičovu pozornost. Do těchto činností spadá například kouření cigarety, konzumace potravin, pití nápojů, ladění autorádia, ovládání navigace, manipulace s mobilním telefonem během řízení apod.



Obr. 1 Nejčtetnější příčiny dopravních nehod v letech 1996 – 2018 [260]

Právní posouzení dopravních nehod a určení hlavní příčiny v řadě případů záleží pouze na subjektivním hodnocení rozhodujícího orgánu či popisu nehodového děje uváděném účastníky dopravní nehody a v praxi je obtížně vymáháno, nedejme-li ke srážce vozidel. Pro objektivní posouzení, zda došlo k porušení obecné povinnosti věnovat se dostatečně řízení vozidla, nemá policie či správní orgán často dostatek podkladů.

Při zkoumání příčiny vzniku dopravní nehody rovněž není často možné jednoznačně určit vliv jedné konkrétní příčiny na určitý následek. K dopravní nehodě vede zpravidla větší množství vzájemně se ovlivňujících

faktorů a událostí a konkrétní vliv těchto faktorů přispívajících ke vzniku dopravní nehody nelze objektivně kvantifikovat.

K prevalenci nehod, k jejichž vzniku přispěla nepozornost, existuje pouze omezené množství informací. Přesto se řada přístupů a vědeckých prací snaží o kvantifikaci vlivu nepozornosti řidičů na vznik dopravních nehod. Pro tyto účely bývají využívány naturalistické studie, případně data z hloubkových analýz dopravních nehod.

Určení technické příčiny dopravní nehody je jedním ze základních úkolů při analýze nehody. Při zpracování znaleckých posudků je často také nezbytné zodpovědět otázku, zda řidič na vzniklou situaci reagoval, případně kdy a jakým způsobem, popř. zda a za jakým způsobem mohl hrozící kritickou situaci odvrátit. Pro posouzení dopravní nehody je nezbytné posouzení s ohledem na konkrétní podmínky, tedy včetně posouzení selhání řidiče a případné prodlevy v reakci řidiče v důsledku rozptýlení pozornosti.

Problematice související s analýzou dopravních nehod se věnuje řada národních pracovišť (ÚSI VUT v Brně, ČVUT v Praze, Univerzita Pardubice, Centrum dopravního výzkumu), ale i Evropských (např. Žilinská univerzita v Žilině, Technická Univerzita Graz v Rakousku, Technická Univerzita Drážďany, Univerzita v Hannoveru a Berlíně v Německu, IFFSTAR ve Francii, IDIADA ve Španělsku, Longhborough University nebo Transport Research Laboratory (TRL) ve Velké Británii, Forensic Science Centre nebo Technická univerzita Vilnius v Litvě), Amerických (Virginia Tech, University of Pittsburgh, University of Michigan) a Australských institucí (např. University of Adelaide, Monash University). Zaměření vědeckých publikací těchto pracovišť dokládá, že problematika lidského faktoru a především nepozornosti řidičů je velice aktuálním problémem. Jak popisuje Regan [172], jen v rozmezí let 2000 – 2010 bylo v 8 hlavních vědeckých databázích publikováno více než 350 vědeckých publikací věnovaných této problematice.

Problematikou nepozornosti během řízení se zabírají ale i mezinárodní studie. Příkladem může být projekt INTERACTION [105], v němž byla sledována interakce řidiče s informačními a asistenčními zařízeními ve vozidle (tempomat, mobilní telefon, navigace, omezovač rychlosti) nebo evropská naturalistická studie UDRIVE [52] zaměřená na sekundární aktivity při řízení. Nepozornosti řidičů jsou věnována i vědecká symposia a mezinárodní konference, např. v dvouletém cyklu pořádaná celosvětová konference Driver distraction and inattention.

I přes existenci řady iniciativ ale panuje pouze nízká shoda o některých základních otázkách. Zejména jaký dopad mají různé vlivy na pozornost řidiče a s tím související bezpečnost silničního provozu [172].

1.2 MOTIVACE (VYMEZENÍ PROBLÉMOVÉ SITUACE)

Problémovou situaci vymezuje Janíček [109] jako: „*takový nestandardní stav entity (objektu nebo člověka), který z objektivních nebo subjektivních důvodů vyžaduje řešení s určitým vymezeným cílem, přičemž proces řešení není rutinní, takže řešitel musí využívat informační, hodnotící, tvůrčí a rozhodovací činnosti a hledat metody řešení.*“

Cílem analýzy silničních nehod je stanovení průběhu a příčiny vzniku negativního jevu. V systémovém pojetí na makroúrovni představuje řešení silničních dopravních nehod svým charakterem řešení problémů na soustavě soustav, tedy hypersoustavě tvořené dílčími soustavami s rozdílnou složitostí a rozdílným prognózováním jejich chování. [195] Hypersoustava je tvořena následujícími soustavami:

- Přímí účastníci nehody, ostatní účastníci (řidič, chodec, ..)
- Vozidla (ať už přímo účastná nehody nebo ostatní dopravní prostředky)
- Místo nehody a podstatné prvky v bezprostředním okolí, příp. vzdálený úsek komunikace a vzdálené okolí

Pro řešení problémů na stanovené hypersoustavě je nezbytné zejména vymezit prvky hypersoustavy, zjistit základní charakteristiky chování soustav a vymezit podstatné interakce mezi nimi, analyzovat problémovou situaci, formulovat problémy, omezit jejich hranice, jasně formulovat cíle a dovodit chování hypersoustavy. [195]

Problematika této práce je zaměřena na interakce řidič – okolí za různých podmínek prostředí (interakce řidič – okolí) a interakce řidič – vozidlo. Detailněji se tato práce věnuje analýze chování a smyslového vnímání řidiče a analýze odezvy lidského těla.

Při analýze silničních nehod, u kterých dochází ke střetu vozidla s jiným účastníkem provozu, se vždy rozlišují tři fáze: fáze předstřetová, střetová a poststřetová. Pro posouzení a objasnění průběhu konkrétní dopravní nehody je nutné znát také možnosti člověka, jako prvku hypersoustavy člověk – vozidlo – prostředí. Chování řidiče, omezení jeho smyslové, motorické a psychologické funkce je důležité především pro řešení fáze předstřetové. Lidský faktor patří z pohledu možného vzniku nehody k nejdůležitějším, a tedy současně nejrizikovějším. Jednou z nejdůležitějších charakteristik řidiče při analýze dopravní nehody je jeho reakční doba. Členění reakční doby využívané v současné době v soudně-inženýrské praxi rovněž dostatečně nereflektuje proces zpracování informace řidičem.

Reakční dobu ovlivňuje řada faktorů. Obecně bývají zmiňovány faktory jako například únava, psychický stav a emoce, stres, hluk, meteorologické podmínky, genetické dispozice nebo některá onemocnění. Zatímco vliv některých faktorů na pozornost řidiče, resp. reakční dobu je věcí obecně známou a prozkoumanou (např. věk, řidičská praxe, pohlaví), vliv mnohých rušivých elementů na pozornost řidiče bývá opomíjen a řidiči si při jízdě neuvědomují omezení fyzikální i sensorická. V současné době velmi diskutovanou problematikou je ovlivnění pozornosti řidičů interakcí s přístroji ve vozidle (telefon, navigace, rádio a další) a rovněž ovlivnění pozornosti prvky v okolí pozemních komunikací (např. billboardy). Z hlediska možnosti řešení dopravních nehod často neexistují pro řešení předstřetové fáze dostatečné údaje, které by kvantifikovatelným způsobem charakterizovaly vlivy rušivých faktorů na pozornost řidiče.

Problémovou situací řešenou v rámci této dizertační práce je tak zejména absence kvantifikovaných údajů o odpoutání pohledu řidiče při aktivitách nesouvisejících s bezpečným řízením a současně absence kvantifikovaných údajů souvisejících s vnímáním, rozhodováním a reakcí řidiče na různé podněty v situacích, kdy je jeho pozornost ovlivněna sekundárními činnostmi. Problémovou situací je tedy odpoutání pozornosti řidiče, které vyžaduje řešení nikoliv pouze v kontextu soudního znaleství, ale zejména v kontextu vzniku, resp. možnosti odvrácení dopravní nehody. Odpoutání pozornosti řidiče, resp. příčinu jejího vzniku je nutné detailně analyzovat, formulovat dílčí cíle a problémy a zejména nalézt vhodné metody pro její analýzu.

1.3 VYMEZENÍ PRIMÁRNÍHO PROBLÉMU

Jak uvádí Janiček [109]: „*Problém je subjektem naformulované to podstatné z problémové situace, co je nutné ze subjektivních nebo objektivních důvodů řešit s určitým vymezeným cílem, přičemž proces řešení vyžaduje*

realizaci informačních, tvůrčích, hodnotících, rozhodovacích a výkonných činností a hledání metod řešení. Používá se produktivní myšlení.“

Pro účely řešení dizertační práce byly vymezeny následující primární problémy:

1. Definovat reakční dobu pro účely analýzy vlivu vybraných rušivých podnětů na reakční dobu řidiče a nalézt vhodné metody pro její detailní analýzu.
2. Vymezit vybrané rušivé vlivy ovlivňující pozornost řidiče.
3. Popsat a definovat vliv vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče.
4. Nalézt vhodné metody analýzy vlivů vybraných faktorů na pozornost řidiče.
5. Identifikovat a kvantifikovat vlivy vybraných faktorů na pozornost řidiče.

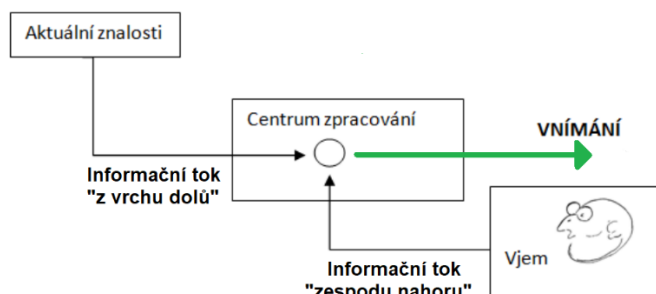
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Řešení problémů v oblasti analýzy silničních nehod probíhá na dopravní soustavě, kterou tvoří řidič – vozidlo – okolí. Člověk, ať už v roli řidiče vozidla nebo chodce, je v dopravním prostoru primárním objektem, neboť jeho chování, resp. selhání v chování, vede ke vzniku většiny dopravních nehod. Činnost člověka spočívá zejména v příjmu a zpracování informací, rozhodování, reagování a je podložena komplexní a situační kapacitou.

2.1 ČLOVĚK JAKO PRVEK DOPRAVNÍ SOUSTAVY

Z hlediska analýzy dopravních nehod je nejčtenější příčinou vzniku dopravní nehody selhání člověka – řidiče motorového vozidla. Do procesu řízení vstupuje řada faktorů. Kromě situačních faktorů ovlivňují chování řidičů osobnostní a kognitivní aspekty. Úroveň kognitivních a exekutivních funkcí představuje např. schopnost adekvátně a pohotově reagovat a vnímat. Jak zobrazuje obr. 2, lze vnímání rozložit na dva různé toky informací [21], [29]:

- Zesponu nahoru (from bottom up, dle tzv. vzestupné teorie percepce), kdy smyslový orgán detekuje fyzikální povahu podnětů z prostředí a zasilá získané informace ke zpracování CNS (centrální nervovou soustavou). Pozornost přitahují zejména salientní objekty.
- Z vrchu dolů (from top to bottom, dle tzv. sestupné teorie percepce), v němž hrají roli vyšší kognitivní procesy. Na základě relevantních znalostí řidiče dojde k vytvoření sekundárního toku informací proudících z pracovní paměti do centra zpracování. Toto informační schéma zahrnuje zkušenost řidiče, naučené vzorce chování a způsoby reakce.



Obr. 2 Vnímání [21]

2.2 REAKČNÍ DOBA

Reakční doba je jednou z veličin charakterizujících chování řidičů a je proto velmi důležitou veličinou rovněž v soudním inženýrství při analýze nehodového děje včetně předstřetového pohybu a možností odvrácení střetu. Je rovněž důležitou veličinou při navrhování pozemních komunikací pro zajištění dostatečného rozhledového pole řidičů, aby měli řidiči možnost včas vnímat případné překážky a bezpečně zastavit vozidlo.

Reakční doba je důležitým parametrem nejen v dopravě, ale rovněž např. v psychologii nebo medicíně. Definice reakční doby se ale napříč jednotlivými výzkumy liší. Jak uvádí např. Muttart [151], přestože se jednotlivé termíny často zaměňují, mezi jejich definicemi existují drobné nuance. Odchytky jsou především ve stanovení začátku a konce měřeného intervalu. Jak uvádí Green [69], patrně neexistuje oblast lidského faktoru v

dopravě, kde by aplikace vědecky zjištěných dat na reálný svět byla více problematická. Reakční doba koreluje s individuálními a situačními proměnnými a pozorností. Reakce závisí na míře komplexnosti dané úlohy, složitosti dopravního prostředí, ale i zkušenosti řidiče nebo jeho jízdním stylu.

2.2.1 Definice reakční doby

Bradáč [8] definuje reakční dobu jako čas od vjemu po uvedení zabezpečovacího zařízení v činnost naučeným způsobem. Reakční doba se prodlužuje v neobvyklých situacích, kde je nutné reagovat způsobem, který není naučený. Reakční doba je tedy určitou prodlevou mezi vnímáním nebezpečí a realizací činností nutných k jeho odvrácení.

Reakční doba ve smyslu percepčně – reakční doby (v zahraničních studiích označována jako perception – response time nebo také perception – reaction time: PRT) bývá definována jako časový interval, který začíná v okamžiku, kdy se překážka stane poprvé viditelnou pro řidiče, případně když začne být pro řidiče nebezpečná. Konec tohoto intervalu je pak definován v okamžiku, kdy byla iniciována reakce řidičem (typicky např. dotyk brzdového pedálu). [40], [154], [156]. Jiní autoři (např. Muttart [151], Shinar [197]) ovšem do tohoto intervalu zahrnují rovněž latenci brzdového systému. Interval, který nezahrnuje prodlevu brzdy, pak označují jako brake – reaction time). Jak uvádí Rábek [168], doba odezvy a náběhu je rovněž součástí doby reakce dle Kölnerova modelu.

Nejmarkantnější rozdíly v definici reakční doby způsobuje stanovení počátku tohoto časového intervalu. Ve smyslu perception – response time je jako počátek označen bod, kdy se objekt stává identifikovatelným nebo dochází k jeho vnímání. Pro určení první optické reakce, tedy okamžiku, kdy je objekt poprvé vnímán řidičem se využívají techniky eyetrackingu (např. Huestegge [100], Kledus [112], Velichovsky [231]). Jak je uvedeno v [123], pro účely analýzy nehod je ale v řadě případů nutné definovat počátek tohoto intervalu již v momentě, kdy se objekt začíná pohybovat směrem do jízdního koridoru vozidla.

Studie prováděné především za účelem konstruování silnic definují jako počátek moment, kdy se objekt stane pro řidiče poprvé viditelným. Dle Olsona [157] se jedná o počáteční bod, kdy řidič objekt měl identifikovat. Wickens [241] uvádí, že schopnost řidiče vnímat a reagovat na nebezpečí je omezena jeho schopnostmi zpracovávat informace a rychlostí jakou je může zpracovávat. Schopnost zpracovat informace ovlivňuje rovněž hustota toku informací. Takto stanovený počátek ovšem neposkytuje žádnou informaci o tom, kdy řidič skutečně poprvé objekt vnímal.

Značnou limitací společnou pro většinu těchto studií je také nejednoznačnost toho, kdy se objekt skutečně stal pro řidiče nebezpečným. Skutečnost, že se objekt stal pro řidiče nebezpečným, rovněž nemusí korespondovat s časovým okamžikem, kdy řidič toto nebezpečí mohl vidět a reagovat na něj. [181] Tyto situace jsou příkladem nehod typu viděl, ale nevnímal, resp. selhal ve vnímání. Jako nejčtenější příčinu dopravních nehod žen tento typ nehod udává Storie [211].

Stanovení počátku reakční doby je zvláště obtížné za nočních podmínek, neboť neexistuje jasně definovaný bod, kdy nebezpečí vstupuje do zorného pole řidiče [151], [158]. Pro účely soudního inženýrství je proto důležité rovněž určení vzájemné viditelnosti účastníků, tedy stanovení okamžiku, kdy mohlo být nebezpečí pro řidiče viditelné.[158]

Jak je uvedeno v [150], zjednodušené zaužívané pravidlo definuje Michtel, který udává, že pokud není známo skutečné chování, pak lze pro denní dobu využít hodnotu reakční doby 1,5 s a pro noční dobu 2,5 s. Velmi detailní metodologickou analýzu měření reakční doby provedl Green [68]. Na základě provedené rešerše uvádí, že na reakční dobu má největší vliv očekávatelnost podnětu. Při vysoké míře očekávání a malé míře neurčitosti lze dosáhnout hodnot reakčních dob okolo 0,7 s. Při reakci na běžný, ale nečekaný stimul (např. brzdová světla) dosahuje reakční doba 1,25 s, při reakci na překvapivý, náhlý stimul 1,5 s. Dalším významným faktorem je nebezpečnost podnětu. Při nižším času do kolize (time to collision – TTC) reagují řidiči rychleji.

Jak je uvedeno v [150], Americká Asociace státních úřadů pro dopravu (AASHTO) pak uvádí, že pro jednoduché neočekávané rozhodnutí může reakční doba některých řidičů trvat až 2,7 s. Tento standard byl založen na práci Johanssona a Rumara [110], kteří analyzovali rychlost reakce řidičů na zvukový signál. Pro další analýzu AASHTO [3] rozdělilo reakci z hlediska bezpečné vzdálenosti pro zastavení (SSD - safe stopping distance) do 6 kategorií:

- osvětlené objekty a zvukové podněty
- vpád/vjezd objektu do jízdního koridoru vozidla
- chodci, jízdní kola, překážky na silnici
- vozidla jedoucí vepředu
- řízení dopravy (např. semafor)
- celkovou reakční dobu (celou databázi).

Toto dělení pak využívá pro predikci reakční doby pomocí matematických rovnic na základě metaanalýzy předchozích výzkumů rovněž Muttart. Výsledné rovnice zohledňují statisticky významné proměnné pro jednotlivé kategorie podnětu – např. kontrast, počet stimulů, denní versus noční podmínky nebo rychlost. Na vliv intenzity podnětu k reakci upozorňuje rovněž Dettinger (uvedeno v [168]).

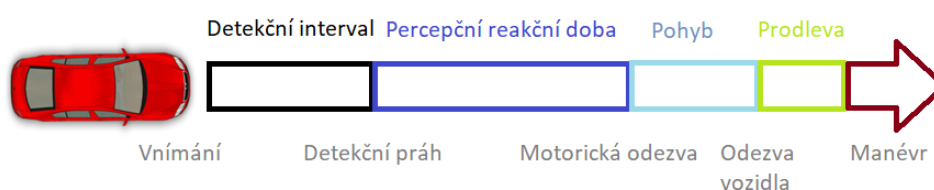
Studie zahrnující analýzu reakční doby na objekty, které nebylo možné okamžitě rozpoznat, dokládají, že doba odezvy může být i více než 10 s. Z tohoto důvodu je dle Muttarta [150] vhodné definovat počátek reakční doby od okamžiku, kdy je dosaženo detekčního prahu neboli okamžiku možné identifikace podnětu. Jak uvádí nejen Muttart [148], ale i Gundy [73], Moberly a Langham [145], v případech, kdy řidič reaguje na objekty, které nejsou snadno rozpoznatelné, je doba odezvy řidiče mnohonásobně větší. Proměnná, která je spojená s největší změnou doby odezvy, je denní doba. Reakční doba na stacionární objekt ve dne přibližně 1 s, oproti tomu průměrná reakční doba na chodce v noci se blíží třem sekundám. [150]

2.2.2 Složky reakční doby

Jak uvádí mj. Olson a Sivak [154], reakční doba v sobě zahrnuje sérii kroků detekce, identifikace, rozhodnutí a odezva. Green [68] dokládá, že pokud člověk reaguje na senzorický vstup, lze celkovou reakční dobu rozčlenit do dvou komponent – kognitivní složku a dobu pohybu. Kognitivní složka obsahuje dobu nutnou pro mentální zpracování. Jedná se o dobu potřebnou pro to, aby respondent vnímal podnět a rozhodl se o způsobu odpovědi. Mentální zpracování vyžaduje vnímání a rozpoznání podnětu a rozhodnutí o způsobu odpovědi. Pohybová složka je definována jako čas, který potřebují svaly, aby provedly naprogramovaný pohyb. Obecně platí, že čím složitější pohyb, tím delší reakce.

Hooper [93] dělí percepční – reakční dobu na 3 hlavní složky – vizuální percepci, rozhodnutí a inicializaci brzdové soustavy. Přičemž percepce se skládá ze 4 složek – latence, pohyb oka, fixace a rozpoznání. Pro účely této studie je počátek percepce uvažován jako moment, kdy je objekt detekován a rozeznán jako objekt. Pro laboratorní studie je definována latence, a to jako prodleva mezi tím, kdy je definován počátek stimulu a časem, kdy se začíná oko pohybovat směrem k podnětu.

Obdobné členění nabízí Muttart [150] (viz obr. 3), který rozlišuje tzv. detekční interval, jako prodlevu mezi vnímáním objektu a dosažením detekčního prahu, přičemž uvádí, že většina studií měří reakční dobu právě od momentu, kdy je objekt viditelný. Po dosažení prahu detekce podnětu začíná percepční – reakční fáze, která je ukončena počátkem motorické odezvy řidiče. Následuje pohybová složka, která je ukončena počátkem odezvy vozidla. Samotný manévr nastává po prodlevě vozidla (např. prodlevě brzdového systému).



Obr. 3 Členění reakční doby [150]

Pro účely soudního inženýrství Bradáč [8] rozděluje reakční dobu na složky tři – reakční dobu optickou, psychickou a svalovou. Řidič musí průběžně sledovat všechny objekty, které se vyskytují v jeho zorném poli a vyhodnocovat míru jejich nebezpečnosti. Nebezpečný objekt musí řidič zpozorovat a vyhodnotit. Rozsah ostrého vidění je kolem osy oka pouhý $1 - 1,5^\circ$, je-li objekt mimo tuto oblast a je zpozorován pomocí periferního vidění, musí být oko natočeno k objektu. V těchto případech se jedná o optickou reakci. V závislosti na poloze objektu udává Bradáč hodnoty optické reakce: je-li objekt v rozsahu do 5° , pak je průměrná optická složka reakční doby $0,48$ s, pokud je úhlově vzdálen více, pak udává Bradáč průměrnou hodnotu $0,61$ s. Pokud byl objekt sledován předem, pak je optická reakce nulová.

Časem psychické reakce se dle Bradáče [8] rozumí doba od optické fixace objektu po začátek svalové reakce. Zahrnuje v sobě tedy dobu potřebnou pro vyhodnocení míry nebezpečnosti objektu, dobu potřebnou pro rozhodnutí a dobu nutnou pro aktivaci svalové soustavy.

Svalová reakce je definována jako čas od ukončení psychické reakce po dotyk brzdového pedálu. Lze ji rovněž definovat jako interval mezi počátkem viditelného pohybu při přesunu dolní končetiny z pedálu akcelérátoru na pedál brzdy a prvním dotykem brzdového pedálu. Doba potřebná pro přesun nohy rovněž napříč jednotlivými výzkumy variuje. Bradáč uvádí průměrnou hodnotu $0,19$ s. Jak je uvedeno v přehledu pro forenzní experty [123], např. Morrison a Hoffman udávají rozpětí od $0,15$ do $0,25$ s, oproti tomu Olson nebo Glencross udávají $0,4$ s. Green [68] na základě metaanalýzy výzkumných studií stanovuje svalovou složku o délce $0,2$ s v případě očekávaného podnětu, v případě překvapivého stimulu pak $0,3$ s.

2.3 KATEGORIZACE MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY

2.3.1 Jednoduchá reakční doba – Simple RT

Jedná se o základní metodu pro zjištění reakční doby, obvykle je zjišťována v laboratorních podmínkách. Proband dostává pouze jediný podnět (např. rozsvícení světla), na nějž je možná pouze jedna odpověď. Po fázi percepce následuje přímo odezva, bez nutnosti identifikace stimulu a rozhodování o způsobu reakce [39]. Snodgrass [200] ale upozorňuje, že problémem této metody může být její předvídatelnost.

2.3.2 Doba potřebná na rozpoznání podnětu - Recognition RT

Stejně jako v předchozím případě, i u této metody má proband možnost reagovat pouze jediným způsobem na jediný podnět. Narozdíl od metody Simple reaction time však v tomto případě vybírá správný podnět z několika předkládaných. RT je tak zvětšena o dobu potřebnou na rozpoznání.

2.3.3 Doba potřebná na rozhodnutí neboli výběrová RT - choice RT

Testované osobě je předkládáno více podnětů, přičemž reakce se liší v závislosti na podnětu. Reakční doba je tak zvětšena o rozhodovací proces. Právě rozhodnutí je nejvíce variabilní komponentou reakční rychlosti. Předpoklad, že výběrová RT je delší než jednoduchá RT, potvrdil ve svých měřeních např. Donders [44].

2.4 ZPŮSOBY ANALÝZY CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ

Pro analýzu chování řidičů lze využít řadu způsobů měření. Pro přímé sledování řidičů v konkrétních jízdnicích situacích se využívají zejména čtyři základní způsoby – laboratorní měření, jízdnicí simulátory, analýza chování řidičů na testovacím úseku nebo v reálném provozu a naturalistické studie.

Obecně lze pro analýzu bezpečnosti silničního provozu, resp. chování řidičů využít řadu dalších způsobů, např. observační studie, analýzu dat z plovoucích vozidel nebo dotazníkové šetření, analýzu nehodových údajů nebo simulační modelování. Řada studií rovněž kombinuje jednotlivé způsoby, popř. se zabývá analýzou vzájemných vztahů mezi výsledky získanými s využitím různých metod.

2.4.1 Laboratorní měření

Pro analýzu chování řidiče, především pro měření reakční doby, existuje celá řada zkoušek. Hlavní výhodou laboratorních zkoušek je jejich opakovatelnost a reprodukovatelnost, neboť při laboratorních měřeních jsou většinou využívány standardizované testové baterie. Nevýhodou těchto měření lze spatřovat v odtržení testované osoby od podmínek reálného provozu a řízení motorového vozidla. Odlišnost výsledků získaných při laboratorních měření od výsledků získaných v reálném provozu popisuje např. [203].

2.4.2 Jízdnicí simulátory

Značnou výhodou realizace jízdnicích zkoušek na simulátoru je zejména bezpečnost účastníků. Výcvikové simulátory umožňují simulovat nebezpečné situace v silničním provozu, značnou výhodou je rovněž opakovatelnost jízdnicích situací. Výsledky zjištěné na simulátoru nemusí být shodné s výsledky zjištěnými

v reálném provozu a mohou postrádat validitu [57]. Green [68] uvádí, že kognitivní vnímání řidičů na simulátoru není tolik zatíženo jako v reálném provozu. Jak zjistil McGehee a Baldwin [142], reakce řidičů brzděním na simulátoru jsou o 0,3 s rychlejší. Grüner [71] upozorňuje na významnou limitaci využití simulátoru při analýze chování řidičů při jízdě v noci, kdy světelné podmínky na simulátoru nejsou dostatečně realistické. Existuje ale také řada validačních studií simulátorů (např. [16], [170], [67]). Identifikovat lze 2 stupně validity – absolutní a relativní. Zatímco u absolutní jsou získané výsledky identické nebo blízké datům z reálného provozu, u relativní je sledován stejný trend výsledků jako v reálném provozu. Většina validačních studií identifikovala dobrou relativní validitu jízdních simulátorů, absolutní byla identifikována velmi zřídka.

Bibliometrická analýza výzkumů realizovaných na jízdním simulátoru v letech 1997 – 2016 [74] dokládá exponenciální nárůst těchto studií, zejména jsou simulátorové studie využívány při analýze stresu a únavy při řízení, zkoumání řidičů s neurologickými poruchami, využívání asistenčních systémů, alkoholu a drog a distrakce pozornosti řidičů. V těchto studiích mají simulátory nezastupitelné postavení, neboť řadu z těchto experimentů z bezpečnostních důvodů nelze realizovat v reálném provozu.

2.4.3 Měření v reálném provozu nebo na zkušební dráze

Jízdni zkoušky mohou být prováděny na zkušební dráze nebo v běžném provozu. Výhodou realizace jízdních zkoušek na zkušební dráze je relativní opakovatelnost a bezpečnost účastníků, přestože nejsou odtrženi od řízení vozidla. Oproti tomu při měření v reálném provozu zpravidla není možné zajistit opakovatelnost podnětů.

Řidiči mohou být při kontrolovaných jízdních zkouškách ostražitější, než jsou při běžné jízdě. Jak uvádí Green [68], hodnoty reakčních dob mohou být v kontrolovaných podmínkách zkresleny (zejména při laboratorních a simulátorových studiích). Důvodem může být analýza podnětů, které nejsou zcela neočekávané. Z tohoto důvodu bylo navrženo klást větší důraz na analýzu dat z reálného provozu.

2.4.4 Naturalistické studie

V naturalistických studiích je sledováno běžné chování řidičů, zpravidla v delším časovém intervalu. Prostřednictvím několika malých kamer a senzorů bývají analyzovány manévry vozidel (např. rychlost, zpomalení/zrychlení, směr jízdy), ale i chování řidiče a externí podmínky (např. informace o infrastruktuře, dopravní a meteorologické charakteristiky). Naturalistické studie mohou přispět k pochopení interakce mezi řidiči a zranitelnými účastníky provozu, ale i interakci mezi řidiči a dopravním prostředím.

Regan [174] popisuje, že do roku 2012 bylo realizováno cca 40 naturalistických studií, většina ve Spojených státech amerických. Příkladem naturalistické studie zaměřené na nepozornost řidičů může být projekt UDRIVE. Jedná se o první rozsáhlou evropskou studii řidičů osobních vozidel, nákladních automobilů i motocyklů v každodenním provozu. Sběr dat se uskutečnil v 7 členských státech Evropské unie. Data týkající se nepozornosti byla odvozena také z jedné z prvních naturalistických studií, kterou realizovala americká univerzita Virginia Tech. Jednalo se o tzv. 100-car naturalistic driving study (tedy naturalistickou studii 100 vozidel) [111]. V Evropě byla realizována řada naturalistických studií menšího rozsahu. (Eenik [52]). Realizovány jsou také studie zaměřené na vybrané typy účastníků – např. nehody a skoro-nehody náctiletých řidičů ve srovnání se zkušenými řidiči byly analyzovány v naturalistické studii Lee [130], starší řidiče analyzoval např. Blanchard [17]. Řidiče v pokročilém stádiu demence v naturalistické studii analyzoval Silverstein [190], s vadami zraku pak Luo [135].

2.4.5 Dopravní průzkumy a observační studie

Data o chování řidičů lze získat také z dopravních průzkumů, a to v různé formě realizace v závislosti na charakteru sbíraných údajů nebo z observačních studií s přímým sledováním účastníků silničního provozu. Průzkumy lze ve srovnání s např. naturalistickými studiemi provádět relativně rychle a levně, jednou z hlavních výhod je možnost pokrýt značnou část území, resp. volit místa pro sledování s ohledem na reprezentativnost získaných údajů na celé silniční síti. Limitací je např. značná závislost na vnějších podmínkách. [57]

Sledování účastníků silničního provozu se ve většině států využívá pro získání nepřímých ukazatelů bezpečnosti – typicky používání zádržných systémů, mobilního telefonu apod. Observer, tedy člověk provádějící sledování, může mít fixní stanoviště nebo může být využito sledování z jedoucího vozidla (typicky na dálniční síti). Observační studie se často využívají také pro sledování chování cyklistů nebo chodců, např. Hyman [103], Waard [238].

2.4.6 Dotazníkové šetření

Chování řidičů lze analyzovat rovněž s využitím dotazníkového šetření. Jedním z největších realizovaných elektronických dotazování na postoje účastníků silničního provozu k otázkám bezpečnosti je ESRA (e-Survey of Road users Attitudes) [58], [227], [228]. Jedná se o mezinárodní iniciativu institutů bezpečnosti po celém světě. Cílem je shromáždit údaje k velkému souboru ukazatelů bezpečnosti silničního provozu, zejména srovnatelná data o bezpečnosti silničního provozu a jeho kultuře v jednotlivých státech. Dotazování probíhalo prozatím ve 2 fázích (2015 – 2017) a 2018 a zúčastnilo se jej 35 036 respondentů ze 32 zemí. Součástí dotazování je i problematika distrakce pozornosti.

2.5 METODY PRO ANALÝZU CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ

Metod pro analýzu chování řidičů je celá řada a jejich výběr se odvíjí primárně od zvoleného přístupu analýzy. Vybrané metody pro analýzu chování řidičů budou představeny v následující kapitole.

2.5.1 Diagnostické metody

Přístrojová diagnostika je nedílnou součástí posouzení výkonových faktorů osobnosti řidiče. Posuzovány bývají zejména periferní vnímání, vizuální orientace, reakční čas, senzomotorická koordinace, pozornost, odolnost vůči monotonii a stresu. [212]

Nejvýznamnější testovou baterií je Vienna Test System - Expert System Traffic. Vienna Test System slouží pro účely dopravně-psychologické diagnostiky, pomocí tohoto testu se zjišťuje především způsobilost pro řízení motorového vozidla. Testové baterie obsahují metody pro zjištění obecné inteligence, koncentrace pozornosti, reaktivní stresové tolerance, schopnosti rychle a správně reagovat a schopnosti situačního přehledu. Testová baterie plus zahrnuje navíc test periferní percepce. Jsou prokázány statisticky signifikantní korelace mezi výsledky testu a celkovým hodnocením řízení během standardizované zkušební jízdy. [212]

2.5.2 Periferní detekce úkolu (PDT)

PDT bylo vyvinuto van Winsumem, Martensem a Herlandem v roce 1999 pro analýzu mentální pracovní zátěže a vizuální distrakce [246]. Martens [138] dokládá využitelnost PDT pro analýzu vizuální pozornosti řidičů na jízdním simulátoru. Řidiči měli v průběhu prováděné studie reagovat na červený čtverec, který se zobrazoval na obrazovce simulátoru v horizontálním směru $11 - 23^\circ$ vlevo a $2 - 4^\circ$ ve vertikálním směru.

Využitelnost PDT pro analýzu vizuálního rozptýlení při jízdě v reálném provozu byla prokázána Olssonem a Burnsem [155]. Studie se účastnilo 13 řidičů, kteří při jízdě po dálnici měli za úkol vyměnit CD, příp. vybrat na tomto CD konkrétní písničku a naladit konkrétní stanici na rádiu. Jako kognitivní rozptýlení bylo využito počítání pozpátku (např. 568 – 7). Během těchto úkolů měli detekovat rozsvícení červeného světla, které bylo umístováno v různých polohách na čelním skle v periferním poli řidiče. Oproti jízdě bez rozptylujících podnětů byly prokázány rozdíly v míře úspěšnosti, ale i reakční době. Průměrná reakční doba byla významně delší při počítání pozpátku a úloze s CD. Genderové rozdíly nebyly potvrzeny. Autoři závěrem shrnuli, že PDT je dobrým nástrojem pro měření vizuální distrakce i mentální zátěže řidiče při řízení. Jak je zde ale uvedeno, pro validaci PDT je nutné ověření na větším spektru rozptylujících podnětů.

Prodloužení reakční doby při vyšší kognitivní zátěži (počítání pozpátku) prokázal rovněž Chong [35]. Testu se zúčastnilo 10 řidičů ve věku 22 – 31 let. Pro analýzu byl využit jízdní simulátor. Využito bylo sluchových i vizuálních podnětů (periferními podněty ve formě malých bílých kruhů). Latence odpovědi na sluchové periferní stimuly byla vyšší než latence odpovědi na vizuální stimuly.

Pro analýzu vlivu telefonování na kognitivní pozornost řidičů během řízení na jízdním simulátoru využil PDT Patten [159] a Zhang [253]. Citlivost PDT byla zkoumána rovněž při analýze vlivu GPS navigace na pozornost řidičů např. Harmsem [81] nebo Jahnem [107]. Reakční doba účastníků byla při interakci s navigací delší. [81]. Analýza vlivu navigačních systémů na pozornost řidiče v reálném provozu s využitím PDT může být ovlivněna složitostí situace v provozu. Proto Jahn [107] doporučuje doplnění jízdních zkoušek o zkoušky laboratorní. Využívány bývají také různé modifikace PDT.

2.5.3 Metody založené na eyetrackingu

Jak uvádí mj. Saito [186], systémy využívající sledování směru pohledu řidiče mohou indikovat úmysl řidiče, případně jeho fyzický nebo psychický stav. Eyetracking je metoda využívaná pro měření směru pohledu nebo pohybu oka vůči hlavě.

Hlavní výhody této metody lze spatřovat v neinvazivnosti přístupu a poměrně vysoké dosažitelné přesnosti. Henderson [87] uvádí, že analýza očních pohybů umožňuje zjistit, ze kterých oblastí vizuálního prostředí jsou vybírány informace. Dle Grünera [71] je rovněž důležité vědět, ve které oblasti vizuálního pole se vyskytují pro řidiče relevantní informace, a rovněž které irelevantní informace řidič vnímá.

Oko během sledování nevykonává plynulý oční pohyb. Pohyb oka se dá rozdělit na několik základních druhů (sakády, fixace, hladké sledovací pohyby, nystagmus, apod.), přičemž nejvýznamnější jsou fixace a sakády [181]. Fixace jsou definovány jako relativní zastavení zraku na dobu delší než $0,1$ s. [113] Jak je uvedeno ve [185], analýza fixací je způsobem, který umožňuje minimalizovat složitost údajů při zachování základních charakteristik pro účely pochopení kognitivního a vizuálního vnímání. Jako sakády jsou označeny velmi rychlé

skoky oka, kdy se ostré vidění přesouvá mezi fixacemi. Grüner [71] uvádí, že lidské vidění není při sakádách příliš citlivé. Využívání eyetrackingu umožňuje analyzovat jednotlivé fixace a sakády.

V současné době bývají nejvyužívanější eyetrackery založené na odrazech infračerveného světla od odrazových ploch, které tvoří jednotlivé části oka. Infračervené světlo bývá využíváno, neboť nemá vliv na změnu velikosti zornice. Grafickým výstupem pak mohou být heat mapy (tzv. teplotní mapy), které pomocí barevné škály zobrazují shluky fixací. Využívány bývají rovněž metody založené na analýze dynamických záznamů trajektorie pohledu v závislosti na čase ve videozáznamu.

Metody založené na eyetrackingu se v současné době hojně využívají pro analýzu vizuálního vnímání všech účastníků silničního provozu, zejména řidičů (např. [162], [163], [164], [165], [166]). Využívány bývají pro analýzu rozptylujících podnětů (doba odpoutání pohledu od činností souvisejících s řízením, počet pohledů a délka fixace na rozptylující podnět, např. billboard (Kocián [115], Smiley [198]). Používány jsou rovněž např. pro porovnání vnímání zkušených a nezkušených řidičů (např. Pflieger [166], Huestegge [100]) nebo pro analýzu vnímání chodce řidičem [140], ale i pro analýzu vnímání chodců (Fotios [62]), apod. Jak vyplývá z řady těchto výzkumů, metody založené na eyetrackingu patří k nevhodnějším pro analýzu distrakce [172].

Metoda eyetrackingu se využívá rovněž pro analýzu vnímání dopravního prostředí. Winter [244] využil metody eyetrackingu pro porovnávání vnímání řidičů během jízdy v noci po dvou trasách Berlína – po hlavní silnici a v obytné zóně. Vizuální pozornost řidičů se mezi těmito dvěma silnicemi liší. Tento rozdíl je zřejmě způsoben očekáváním nebezpečí v různých oblastech. Zatímco na hlavní silnici se vizuální vnímání soustřeďuje do kruhu se zaměřením na horizont, v obytné zóně je pole vizuálního vnímání spíše ve tvaru elipsy.

Vnímání řidičů v závislosti na typu křižovatky a rovněž v závislosti na výskytu světelného signalizačního zařízení analyzoval např. Higgins [91]. Zatímco při odbočování vlevo na křižovatce se zvýšil počet fixací na levé straně a na pravé klesl, při odbočování vpravo a jízdě rovně byly fixace častější vpravo a ve směru jízdy.

2.5.4 Snímání psychofyziologických veličin

Snímání fyziologických veličin je poměrně robustní a spolehlivou metodou. Pro účely analýzy chování řidičů je využíváno analýzy a snímání celé řady fyziologických veličin, a zejména s využitím elektroencefalografie (EEG), elektrokardiografie (EKG) elektrookulografie (EOG) nebo elektoretinografie (ERG), fotopletysmografie apod. Vhodné je využívat kombinace fyziologických veličin, neboť jejich charakter se může s ohledem na variabilitu lidské populace lišit.

Snímání fyziologických funkcí bylo v oblasti dopravy využíváno zejména k monitorování pracovní zátěže pilotů (monitoring tepové frekvence a snímání EEG [79], mrkání očí, elektrodermální aktivita, aktivita mozku a variabilita srdeční frekvence [243], tepová frekvence, krevní tlak, dýchání a mrkání oka [234]. Např. Veltman [234] prokázal, že tepová frekvence a krevní tlak jsou výrazně ovlivněny obtížností úkolu.

S rozvojem informačních technologií vzrůstá potřeba analyzovat, jakým způsobem tyto přístroje ovlivňují chování řidičů. Snímání a analýza fyziologických funkcí může poskytovat informace o úrovni pozornosti řidiče, ale i jeho psychickém stavu. Snímání elektrických signálů z těla řidiče je využíváno především v simulátorových studiích, v reálném provozu je ovšem využíváno zřídka.

Fyziologické sensory při analýze chování řidičů bývají využívány např. pro detekci stresu, který může negativně ovlivnit koncentraci řidiče a jeho úsudek. Příkladem může být studie provedená Haelym [85], v níž byla stanovována relativní úroveň stresu během řízení. Využito bylo snímání EKG, EMG, vodivosti kůže a monitoring dýchání řidičů. EMG bylo snímáno na rameni, které bylo na základě studie [22] stanoveno jako indikátor emočního stresu. Řidičům byla před jízdou ukázána trasa a byli rovněž instruováni, aby dodržovali rychlost a neposlouchali rádio. Výsledky ukázaly, že u většiny řidičů jsou s úrovní stresu nejvíce korelovány srdeční frekvence a vodivost kůže. Pro monitorování řidičů využil EKG, vodivost kůže a dva EMG senzory rovněž Helander [86]. Signifikantním indikátorem stresu může být také dechová frekvence (Rigas [176]) nebo elektrodermální vodivost (Choi [34]). V některých studiích je analyzována rovněž změna mozkové aktivity řidičů v důsledku stresové aktivity s využitím EEG (např. Hosseini [98] nebo Sulaiman [207]). Mouloua [146] např. EEG využil pro analýzu úrovně stresu/vzrušení při psaní textových zpráv během jízdy na jízdním simulátoru.

Značné využití nachází analýza fyziologických veličin při detekci únavy. Jako jedna z neobjektivnějších veličin pro analýzu únavy bývá označována mozková aktivita. Pro detekci únavy EEG využíval například Eoh [56] nebo Borghini [19]. Únava bývá spojována rovněž s poklesem tělesné teploty (např. Chowdhury [36]), tlaku (např. Malathi [137]) nebo zpomalením srdečního rytmu (Lohani [134], Chowdhury [36]). Snímání biosignálů (typicky nebo EKG) bývá v dopravní praxi využíváno zejména pro kalibraci a ověřování systémů pro detekci bdělosti (Lemke [132], Ronzhina a kol. [176], [178]), neboť snímání psychofyziologických veličin při běžné jízdě je obtížně realizovatelné [123].

V současné době se některé studie začaly soustředit rovněž na analýzu motorické odezvy lidského těla. Ve většině případů např. v souvislosti s nadcházející nehodovou situací. Pro tyto účely bývá využívána elektromyografie (EMG) [194], [39], [40]. Seto [194] pro analýzu motorické odezvy využil svaly čelní, oční, biceps brachialis, rectus femoralis a tibialis anterior. D'Addarrio [40] ve své simulátorové studii snímala svaly tibialis anterior (dorsiflexe kotníku) a rectus femoris (flexor kyčlí a extensor kolene). Testován byl vliv pouze kognitivní distrakce (např. odpočítávání) na jednotlivé složky reakční doby. Účastníci (n = 6) měli během simulátorové studie na rozsvícení LED diody reagovat rychlým přesunem pravé nohy z pedálu akceleračního na pedál brzdový. Bylo prokázáno, že vlivem kognitivního rozptýlení došlo k prodloužení reakční doby. Významný rozdíl ve svalové odezvě během kognitivní distrakce účastníků nebyl prokázán. Posturální a svalová reakce při nouzovém brzdění ve vztahu k validaci modelů lidského těla byla analyzována např. Behrem [12]. Studie ověřovala rozdíly v držení těla a svalové aktivaci na jízdním simulátoru a testovacím úseku.

2.5.5 Analýza dat vozidel

Provozní údaje o vozidle včetně rychlosti vozidla, otáček motoru, ale i poloze vozidla, údaje o poloze brzdového event. akceleračního pedálu, natočení volantu, ukazatele změny směru jízdy atd., poskytují velmi důležité informace o jízdním chování řidičů. Tato data využívají mnohé prvky aktivní bezpečnosti. Na základě dat z řídicí jednotky vozidla lze analyzovat míru nebezpečnosti jízdy řidičů, klasifikovat typy řidičů a predikovat jejich chování. Příkladem může být studie Chena [32].

Data z řídicích jednotek vozidel bývají pro lepší posouzení jízdního výkonu řidičů kombinována např. s různými fyziologickými veličinami (Leeman [131], Michalski [143]). Příkladem může být rovněž Mcgehee [141], který využil data z řídicí jednotky v kombinaci s videozáznamem, z něhož hodnotil změnu faciální exprese

řidičů při analýze reakcí na neočekávané změny ve fázi těsně před střetem. Cílem této studie bylo pochopení vnímání řidičů v této fázi. Výsledky naznačují, že řidiči, kteří se podílejí na vážných dopravních nehodách, většinou nějakým způsobem vnímají, že k nehodě dojde. Prvotní reakcí je uvolnění pedálu akceleratoru spolu s faciálními změnami a opřením hlavy o hlavovou opěrku. Porozumění těchto mechanismů by mělo přispět k vývoji pokročilých asistenčních systémů.

Data o pohybu a ovládání vozidla mohou indikovat také únavu, mikrosnánek nebo nepozornost řidičů. Pro analýzu únavy nebo nepozornosti bývá často využívána odchylka trajektorie vozidla např. od okraje jízdního pruhu, která charakterizuje schopnost řidiče udržet se v jízdním pruhu bez neúmyslného přejetí do protisměru. (Gastaldi [64], Tal [216], Rossi [179], Thiffault [219], Zhang [254]). Jak ale uvádí Zhang [255], data založená na poloze vozidla v jízdním pruhu nejsou konzistentní, Krajewski [122] popisuje značné interindividuální rozdíly v únavových vzorcích chování. Spolehlivost údajů je také závislá na přesnosti detekce okraje jízdního pruhu. Proměnná je ovlivněna rovněž povětrnostními vlivy nebo provedením komunikace. Během únavy se snižuje frekvence mikrokorekcí řízení. (Fairclough [59], Rusija [182], Ting [223]).

2.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ A JEJICH REAKČNÍ DOBU

Běžně udávanými chybami lidského faktoru jsou nepozornost, nedostatečné zpracování informací a pozdní rozpoznání rizika (Horswill [97]). Pozdní reakce na neočekávané nebezpečí je z velké části způsobena selháním pozornosti (Wickens a Horrey [240]). S pozorností je úzce spjatý reakční čas. Při snížené nebo rozptýlené pozornosti se reakční čas až několikanásobně prodlužuje.

Reakční čas a chování řidičů ovlivňuje mnoho faktorů, především věk a řidičská zkušenost dále pak např. pohlaví, denní doba, počasí, viditelnost, stupeň únavy nebo monotonie prováděných procesů. Efektem mnohých faktorů na reakční dobu a chování řidičů se již řada autorů zabírala (např. Muttart [149], [150], Green [68], Olson, [153], Summala [206] a další), přičemž náhled řady studií na tyto faktory se mnohdy výrazně liší. Jak uvádí Muttart [150], [151], tyto rozdíly v interpretaci vlivů jednotlivých vlivů mohou být způsobeny rozdílnou metodikou měření a rovněž rozdílnými typy podnětů. Cílem této kapitoly je představení vybraných nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících reakční dobu a chování řidičů.

2.6.1 Věk a řidičská zkušenost

V průběhu ontogeneze člověka dochází k evolučním a involučním změnám, které jsou ovlivněny nejen genetickými dispozicemi, ale i dalšími vnějšími faktory. Psychický vývoj člověka se člení tři základní období - dětství, dospělost a stáří. Věk je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících reakční dobu, což dokládá celá řada autorů výzkumných studií, např. Der [46], Deary [45], Fozard [63], Hodgkins[102], Hultsch [92]. Např. Hodgkins [92] zkoumal vztah mezi reakční dobou a rychlostí pohybu u 930 probandů ve věku od 6 do 84 let. Hancock [78] prokázal značný vliv věku na reakční dobu, především u úloh, které vyžadovaly rychlou reakci na větší počet současných podnětů. Studie byla zaměřena na ovlivnění pozornosti řidičů telefonováním, toto ovlivnění bylo ovšem analyzováno rovněž s ohledem na věk a pohlaví. V navazující studii Lesche a Hancocka [133] bylo rovněž prokázáno, že starší ženy při ovlivnění pozornosti telefonováním dosahují ve srovnání s ostatními skupinami vyšších hodnot reakčních dob.

S rostoucím věkem dochází k poklesu fyzické i psychické kondice. Koppa [121] upozorňuje např. na zhoršování vizuálního vnímání. Některé z těchto změn jsou fyziologické (stárnutí oka), jiné se mohou týkat změn v neurálním zpracování obrazu vytvořeného na sítnici.

Přestože je ve velkém množství studií uvedeno, že reakční doba se s věkem prodlužuje, Muttart [150] upozorňuje, že v řadě případů to nemusí platit. Lze předpokládat, že mladý atlet je schopen dokončit fyzickou odezvu o 1/10 s rychleji. V ostatních částech procesu vnímání (rozpoznání, rozhodování, detekce atd.) může být za denního světla zkušenost řidičů významnější než jejich zhoršené schopnosti. Spíše než věk tedy často může mít vliv spíše např. nájezd kilometrů, během nichž řidič nabývá nových zkušeností, ze kterých si odnáší posilující nebo korektivní zkušenosti.

2.6.2 Zrakové vnímání

Nejvíce informací je při řízení získáváno zrakem. Základními veličinami optického vnímání je vnímání jasů, detailů, kontrastu, prostoru a barev. Je-li kontrastní poměr nižší než 2, je reakční doba významně prodloužena (může se jednat o prodloužení až 0,5 s). [66], [8]

Pro rozlišení statických i dynamických předmětů je důležitá rovněž zrková ostrost. Zkoumání řidičů s poruchou ostrosti v oblasti centrálního vidění realizoval např. Lambale [125]. Bylo prokázáno, že reakce řidičů ve věku 40 – 50 let s poruchou zraku byla o 0,2 s pomalejší než reakce u zdravých řidičů. Ke změně ostrosti obrazu dochází rovněž při sklonění hlavy – např. při sledování údajů na palubní desce – přičemž k uvědomění a zpracování podnětu může dojít až po vytvoření ostrého obrazu na sítnici oka.

Pro komplexní vyhodnocení situace jsou důležitými veličinami zorné pole a pohyblivost očí. Zorným polem nazýváme určitou část prostoru, kterou vidíme okem v přímém pohledu. Je to tedy projekce všech bodů, zobrazujících se na sítnici oka viděním přímým i nepřímým při fixaci daného bodu.

Důležitost dostatečné velikosti zorného pole pro adekvátní vnímání dopravního prostoru řidičem potvrzuje vyhláška č. 277/2004 Sb. [257], o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, která vymezuje podmínky pro způsobilost k řízení motorového vozidla mj. na základě stanovených odchylek zorného pole.

Nemoci, vady nebo stavy zraku vylučující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel jsou nemoci, vady nebo stavy zraku, které způsobují takové zdravotní komplikace nebo odchylky, které jsou nebezpečné pro provoz na pozemních komunikacích, a to zejména:

- Ve skupině 1 krom jiného:
 - rozsah horizontálního zorného pole obou očí menší než 120 stupňů, současně rozsah menší než 50 stupňů na levou a pravou stranu
 - rozsah vertikálního zorného pole menší než 20 stupňů směrem nahoru a dolů
 - změny v centrálním zorném poli do 20 stupňů
- ve skupině 2 krom jiného
 - rozsah horizontálního zorného pole obou očí menší než 160 stupňů, současně rozsah menší než 70 stupňů na levou a pravou stranu,
 - rozsah vertikálního zorného pole menší než 30 stupňů směrem nahoru a dolů,
 - změny v centrálním zorném poli do 30 stupňů,

Nemoci, vady nebo stavy zraku, které ovlivňují bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a u kterých lze žadatele nebo řidiče uznat za zdravotně způsobilého k řízení motorového vozidla pouze na základě závěrů odborného vyšetření, a to zejména

- skupina 1 krom jiného
- změna rozsahu zorného pole,
- nemoci oka a očních adnex, pokud způsobují snížení zrakové ostrosti nebo způsobují změnu rozsahu zorného pole podle písmene a), b) nebo c),

Na velikost zorného pole mohou mít vliv nejen nemoci a vady zraku, ale také další faktory, např. rychlost jízdy. Törnros [226] uvádí, že při vyšších rychlostech ale mohou řidiči dosahovat nižších průměrných reakčních časů, což je zřejmě způsobeno vyšší tepovou frekvencí. Řidiči byli zkoumáni při jízdě na dálnici v rychlosti 70, 90 a 110 km/h.

Vizuální zorné pole se sestává z centrálního a periferního zorného pole. Pomocí periferního vidění vnímáme především pohybující předměty, umožňuje proto významným způsobem vnímání rychlosti. Umožňuje prostorovou integraci a účastní se tedy na udržování jízdní trajektorie, při předjíždění a vjíždění do křižovatky. [37]

Dalšími zrakovými funkcemi podstatnými pro řízení je například schopnost akomodace, barevné a prostorové vidění, či citlivost na oslnění. [212] Zrakové vnímání je rozdílné u řidičů zkušenějších a začátečníků, především v situacích časové tísně. Průměrné rozdíly reakční doby na periferní podněty mezi těmito skupinami dosahují až 250 ms. [251] Mezi ovlivňující okolnosti rychlosti zrakového vjemu patří rovněž stupeň pozornosti.

Zrakové vnímání člověka se rovněž liší v závislosti na denní době. Vidění v dobře osvětleném prostředí je zajištěno pomocí čípků, noční vidění (skotopické) je zajištěno pouze tyčinkami. Zatímco čípky umožňují vnímání barev pozorovaných objektů, tyčinky umožňují vnímat pouze jas. Adaptace na nižší osvětlení sebou tak přináší rovněž méně barevné vidění a nižší prostorovou ostrost. Vzhledem k nevýhodám skotopického vidění je tak jízdní výkon řidičů při jízdě v noci narušen. Snížená viditelnost (nejen v důsledku tmy, ale také např. v důsledku deště, mlhy, sněhu) zhoršuje identifikaci objektu. [123]

2.6.3 Monotonie

Monotonie (jednotvárnost) prováděných úkonů, tedy mnohonásobné a dlouhodobé opakování jednoduchých pracovních činností, způsobuje klesající tendenci kognitivních funkcí. Dochází k nadměrnému zatížení zúčastněných skupin nervových buněk centrální nervové soustavy a k jejich následnému útlumu. Projevuje se ospalost, únava a s tím spojené prodloužení reakční doby. Jedná se o faktor významný především v dopravě, typickým příkladem je doprava železniční, případně jízda po dálnici v nočních a ranních hodinách nebo jízda v mlze. Prokázán je vyšší vliv monotonie na neprofesionální řidiče ve srovnání s řidiči profesionální. [192] Jak dokazují data z hloubkových analýz [259], 36 % šetřených dopravních nehod se stalo na místě, kterým řidiči projížděli téměř každý den a 44 % nehod v místě, kudy projížděli několikrát týdně. Řidiči jsou rovněž na známé trase více nepozorní a jejich konání je zautomatizované.

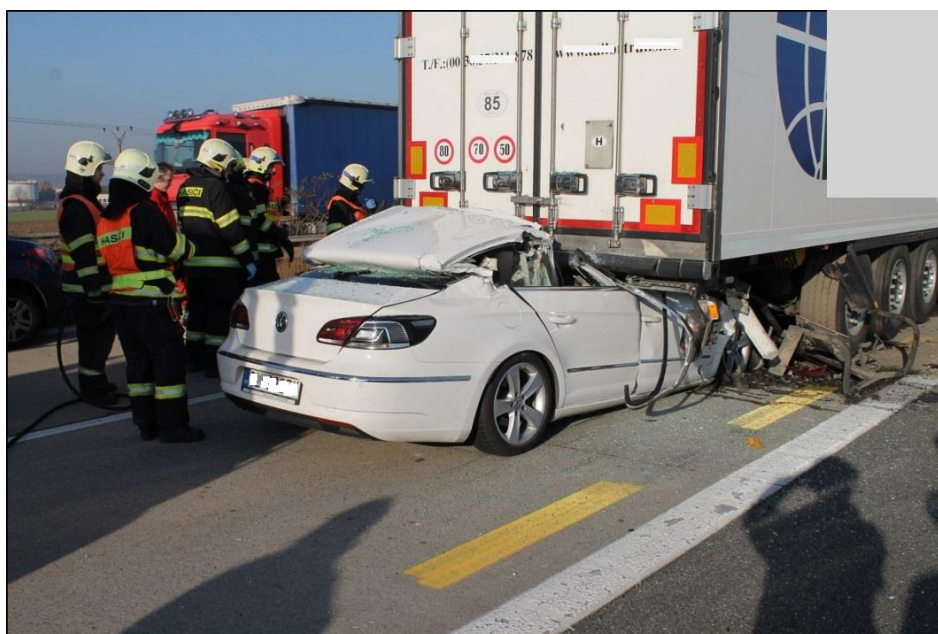
2.6.4 Únava

Ospalost a únava řidičů snižují koncentraci a schopnost řidičů ovládat vozidlo, vnímání, rozpoznávání a rozhodování. Arendt [5] přirovnává únavu k účinkům alkoholu. U osob, které byly vzhůru více než 25 hodin, došlo ke stejnému snížení průměrné výkonnosti jako při hladině alkoholu v krvi 0,1 ‰ nebo vyšší. Únava může být důsledkem spánkového deficitu nebo monotónní jízdy. Jak uvádí Enelmamn [53], hlavní příčinou únavy ve společnosti mohou být pracovní faktory a životní styl, které mohou způsobit ať již akutní nebo chronický spánkový deficit. Studie Horneho a Reynera [95], popisuje jako nejméně rizikové pro vznik dopravní nehody hodiny kolem 10.00 – 11.00, 19.00 – 20.00 a 21.00 – 22.00. Dle [96] se u řidičů ve věku 50 – 69 let rizikovou částí dne ukázalo být časné odpoledne. U řidičů nad 70 let se vrchol únavy vyskytoval mezi 10.00 – 11.00 hodinou.

Systémy pro sledování bdělosti řidiče se stávají součástí moderních vozidel. Pro detekci únavy lze využít např. rozpoznání vychýlení z požadovaného směru jízdy, úhel natočení volantu, příčné zrychlení, ovládání pedálu plynu a další.

Pro sledování bdělosti řidiče bývá využíváno i projevů lidského těla, únava bývá detekována např. na základě stupně otevření očí (Ueno – Kaneda [229], Ronzhina [176] a [178], Ghosh [65]). Jak uvádí Ghosh [65], obecně lze systém pro sledování dělit do čtyř kroků – detekce obličeje, oblasti očí, čočky a sledování očí. Detekční algoritmus následně detekuje pohyb víček nebo stupeň otevření očí.

Filtres a kol. [61] zkoumali na jízdním simulátoru vliv únavy na řidiče v závislosti na věku během dvouhodinové odpolední monotónní jízdy na dálnici. Řidiči byli během jízdy monitorováni EEG. Porovnávány byly situace, kdy byl spánek řidičů zkrácen o 5 hodin, oproti řidičům s běžným spánkovým režimem. Bylo zjištěno, že mladí řidiči jsou oproti těm starším náchylnější k únavě v důsledku nedostatku spánku.



Obr. 4 Dopravní nehoda v důsledku „manažerské únavy“ [260]

2.6.5 Onemocnění

Na reakční dobu má vliv stav nervového systému. Signifikantní zpomalení reakcí prokázal Sano [188] např. u pacientů s Alzheimerovou chorobou. Změny reakční doby byly zkoumány rovněž u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Při testování na řídičském simulátoru bylo prokázáno významné prodloužení reakční doby, stejně jako prodloužení doby motorické odpovědi testovaných subjektů, a to v závislosti na stupni postižení touto chorobou (např. Evarts [55], Madeley [136]). Jedním z hlavních důvodů zhoršení reakce řidiče parkinsonika je dle Sheridena [196] nadměrná ztráta nervových buněk, produkujících v mozku neurotransmitter dopamin, tedy látku, která se podílí především na regulaci hybnosti.

Reakční doby bývají porovnávány nejen mezi zdravými a nemocnými jedinci, ale také v rámci jednotlivých chorob. Příkladem může být studie zabývající se porovnáním jednoduchých reakčních dob u pacientů s Parkinsonovou chorobou, s Huntingtonovou chorobou a u pacientů s mozečkovým onemocněním, kdy byl zjištěn delší jednoduchý reakční čas pacientů s Huntingtonovou chorobou ve srovnání s pacienty s chorobou Parkinsonovou (uvádí např. Jahanshahi [108], Grace [70], Heikkila [83]). Při jízdách zkouškách byl v rámci zmíněných studií hodnocen počet jízdých chyb, součástí bylo rovněž globální zhodnocení, zda je jízda bezpečná, marginální nebo nebezpečná. Pacienti s Alzheimerovou chorobou byli postiženi více než pacienti s chorobou Parkinsonovou. Pacienti s Parkinsonovou chorobou se odlišují od ostatních řidičů hlavně deficitem při otáčení hlavy. Ve srovnání se zdravými probandy, u nebezpečných řidičů s Alzheimerovou chorobou došlo ke zhoršení hodnot napříč všemi neuropsychologickými vyšetření kromě testu finger tapping (uvádí např. Grace [70] nebo Heikkila [83]). Finger tapping test (test klikání prstem) byl vyvinut neurology a se využívá pro stanovení rychlosti motorické odezvy.

Jak je uvedeno v [212], Sigmundsson prokázal, že prodloužení reakční doby může způsobovat rovněž dyslexie, a to až o 20 – 30 %.

2.6.6 Alkohol a drogy

Alkohol a drogy ovlivňují fyziologické vlastnosti řidiče, a tím pádem i jejich jízdni výkon a dovednosti. I nízká hladina alkoholu v krvi ovlivňuje schopnost řídit vozidlo.

Vliv drog a alkoholu na řidiče lze rozdělit na 3 úrovně popsané Šťastnou [208]. Jedná se úroveň operativní, která se týká udržování směru a rychlosti vozidla, dále úroveň taktickou a strategickou. Taktická úroveň se týká rozhodnutí, která přijímá řidič při řízení – např. dání přednosti nebo předjíždění. Úroveň strategická se pojí s rozhodnutím, které řidič činí před jízdou.

Zajímavá studie byla prováděna v roce 2002 Burnsem a kol. [20] s využitím pokročilého jízdniho simulátoru, při níž porovnávali reakční dobu při ovlivnění pozornosti řidičů telefonováním s reakční dobou řidičů pod vlivem alkoholu. Bylo zjištěno, že pokud řidiči při jízdě telefonovali, došlo k prodloužení jejich reakční doby o 30 % oproti situacím, kdy byli řidiči pod vlivem alkoholu. Vlivem alkoholu a rovněž cannabis na reakční dobu se zaobíralo také např. TRL [189]. Konzumace alkoholu způsobila přibližně 12% nárůst délky reakční doby, cannabis pak zpomalil reakci o 21 %.



Obr. 5 Dopravní nehoda pod vlivem alkoholu – střet osobního vozidla se stromem [259]

2.6.7 Pozornost resp. nepozornost

Pozornost a její definice je obsahem řady studií. Jedná se o stav zaměřenosti a soustředěnosti vědomí na určitý objekt nebo děj. Pozornost je kognitivní funkcí. Neexistuje jako samostatný proces, ale je úzce spjata s dalšími kognitivními procesy, jakými je vnímání, paměť, myšlení. Pozornost a míra pozornosti závisí na řadě faktorů – např. stupni vývoje jedince, vlastnostech objektu apod. Rozlišována je pozornost bezděčná a záměrná. Bezděčná, pasivní pozornost funguje na principu orientačně – pátracího reflexu, jedná se o pozornost nezávislou na úmyslu člověka. Záměrná, aktivní pozornost využívá vůli jedince. [77]

Mezi hlavní vlastnosti pozornosti patří:

- Selektivita neboli výběrovost (Pozornost umožňuje jedinci z okolí vybrat informace, které se jeví jako významné. Člověk má tendenci zaměřit pozornost na určitý dominantní, subjektivně důležitý prvek ve vjemovém poli – figuru; zbytek tvoří tzv. pozadí.).
- Kapacita resp. rozsah pozornosti (množství vnímaných podnětů).
- Koncentrace – stálost, soustředění (schopnost soustředit pozornost na výsek vjemového pole).
- Intenzita (míra soustředění).
- Distribuce neboli schopnost rozdělení pozornosti mezi více aktivit (v obecných situacích se jedná až o 6 podnětů, v náročných situacích počet klesá).
- Stabilita – čas, po němž je člověk schopen se soustředit na určitý jev nebo činnost.

Jak je uvedeno ve [118], pozorný řidič by měl mít dostatečně dobrou představu o situaci včetně schopnosti předvídat. Není-li činností nezbytným pro bezpečnou jízdu věnována dostatečná nebo žádná pozornost, hovoříme o nepozornosti. Rovněž definice nepozornosti je v literatuře často diskutována a samotná definice také často variuje. Kircher [118] uvádí, že se v dopravně-výzkumných studiích vyskytuje více než 50 různých definic nepozornosti, přesto existuje pouze malé množství konkrétních definic nepozornosti řidiče. Nepozornost bývá rozličně definována a sledována v observačních studiích nebo v rámci činnosti hloubkových analýz dopravních

nehod. Talbot a Fagerlind [217] nepozornost v rámci panevropské studie 1005 dopravních nehod definovali jako nízkou vigílaci v důsledku ztráty soustředění.

Nepozornost bývá v uváděna jako nejčtenější příčina dopravních nehod. Příkladem mohou být výsledky naturalistické studie [43], která dokládá, že nepozornost byla příčinou 52 % dopravních nehod. Obdobné výsledky pak dokládá i analýza realizovaná Thomasem a kol. [220] na dopravních nehodách z 6 evropských zemí, mezi nejčtenější příčiny se řadila distrakce pozornosti a nepozornost v důsledku ztráty soustředění.

Identifikace kvantitativního vztahu mezi nepozorností a jejími příčinami v kontextu dopravní nehodovosti je nicméně značně obtížná. Vhled pro kvantifikaci vztahu mezi nepozorností a nehodovostí mohou kromě naturalistických studií přinést data z hloubkových analýz dopravních nehod. Pro účely tohoto typu studií zohledňujících okolnosti před vznikem kolizní situace navrhl Van Elslande a Fouquet [232] schéma klasifikace lidského selhání na různých úrovních získání a zpracování informace a následného rozhodování a jednání. Relevantní k problematice nepozornosti řidičů je pak zejména selhání na úrovni detekce, které zahrnuje selhání na úrovni percepce podnětu.

1. Selhání na úrovni detekce (detection), kdy řidič z nějakého důvodu selhává ve vnímání druhého účastníka nebo nebezpečí. Toto selhání má různé příčiny:
 - nezaregistrování v důsledku omezené viditelnosti,
 - získání informací zaměřených jenom na částečnou složku situace – jedná se např. o situace, kdy je řidičova pozornost zaměřena na jiné podněty nebo činnosti související s řízením, v důsledku čehož nezaregistruje nebezpečí resp. potenciální kritickou situaci,
 - zběžné a unáhlené získání informací, které může souviset zejména s časovou tísni,
 - momentální přerušování činnosti získávání informací zejména v důsledku rozptýlení pozornosti činnostmi nesouvisejícími s řízením (reklamní zařízení, rozhovor se spolujezdcem) nebo monotónností procesu,
 - zanedbání potřeby vyhledání informací, které může souviset i s absencí defenzivního stylu řízení.
2. Selhání na úrovni identifikace (diagnosis), kdy řidič chybně vyhodnotí získané informace, nebo jim neporozumí. Může se jednat o hodnocení fyzikálních parametrů (prostor, čas, rychlost, zrychlení atd.), aby byl řidič schopen zhodnotit přípustnost plánovaných manévřů nebo o porozumění informací ve vztahu k typu situace, kterou je konfrontován. Příčinami tohoto selhání jsou:
 - chybné vyhodnocení náročnosti cesty a s ním související nepřizpůsobení rychlosti jízdy stavu vozovky apod.,
 - chybné vyhodnocení vzdálenosti,
 - chybné porozumění pravidlům fungování v dané dopravní situaci (typicky se jedná o situace, kdy je pro řidiče provedení prostoru špatně čitelné),
 - chybné porozumění manévřům jiného účastníka.

3. Selhání na úrovni předvídání (prognosis), kdy řidič chybně vyhodnotí potenciální scénáře, které mohou v dané situaci nastat. Řidič má na této úrovni dva úkoly, a to: ujistit se, jestli správně anticipuje možné změny v dané situaci a předvídat možnosti zatím nejasné situace. Příčinami selhání na této úrovni jsou:
 - očekávání, že druhý účastník neprovede manévr,
 - očekávání, že druhý účastník provede regulující manévr,
 - neočekávání žádné překážky.
4. Selhání na úrovni rozhodování (decision), kdy řidič i navzdory správnému zpracování informací zvolí nesprávný manévr, ať už záměrně v důsledku situace, nebo neúmyslně. Příčinami jsou:
 - porušení ovlivněné charakteristikami situace,
 - záměrné porušení bezpečnostních pravidel,
 - porušení jako neúmyslná chyba.
5. Selhání na úrovni psychomotoriky a jednání (execution), kdy řidič správně zvolí adekvátní řídicí manévr, ale z nějakého důvodu ztrácí kontrolu nad řízením, resp. nemůže pokračovat trajektorii, kterou si vybral. Příčinami selhání na této úrovni jsou:
 - nedostatečná kontrola v důsledku vnějších vlivů,
 - problém s vedením vozidla (po vybrané trajektorii).
6. Všeobecné selhání. Problém, který se netýká předchozích úrovní procesu zpracování, ale kapacit řidiče, tj. oslabení celého funkčního řetězce procesu zpracování. Výsledkem je ztráta kontroly nad situací. Projevuje se:
 - ztrátou psychofyziologických kapacit (např. v důsledku zdravotní indispozice, mikrospánku),
 - změnou senzomotorických a kognitivních kapacit (nezpůsobilost řídit např. v důsledku únavy nebo ovlivnění alkoholem/drogami nebo medikací),

Pro účely definice nepozornosti navrhl na základě rozsáhlé literární rešerše Regan [173] rozčlenění nepozornosti na 5 základních subtypů:

- Omezená pozornost řidiče v důsledku fyzických nebo biologických faktorů (např. únava, ospalost, oslnění, intoxikace, záchvat).
- Nevhodně zaměřená pozornost, kdy je řidič silně zaměřen na méně důležité aspekty řízení, např. zaměřuje pozornost na sousední vozidlo a nezaznamená brzdění vozidla před ním.
- Zanedbaná pozornost, kdy řidič nevykoná aktivity důležité pro bezpečnou jízdu. (například selhání při registrování blížících se vozidel.)
- Zběžná, nedokonalá pozornost, k níž dochází, soustředí-li se řidič na aspekty méně důležité pro bezpečnou jízdu (např. Hlavní rozdíl mezi zanedbanou a zběžnou pozorností spočívá v tom, že zanedbaná pozornost zahrnuje selhání určitého aspektu řízení, zatímco při zběžné pozornosti řidič provede potřebný úkon, ale plně nezaregistruje informace ("Díval se, ale neviděl").

- Rozptýlená pozornost (distrakce). Důležitým rozdílem mezi distrakcí a nevhodně zaměřenou pozorností je to, že rozptýlení pozornosti zahrnuje zaměření pozornosti k aspektu jízdy, který nesouvisí s řízením, resp. není relevantní s ohledem na bezpečnost silničního provozu. Zahrnuje tedy úkoly, které souvisejí s jízdou, ale nejsou kritické pro bezpečnou jízdu. Oproti tomu nevhodně zaměřená pozornost zahrnuje nesprávné přidělování pozornosti mezi více úkoly souvisejícími s bezpečným řízením (např. sledování provozu před a za vozidlem při změně jízdnic pruhů).

2.6.8 Distrakce pozornosti

Rovněž definice distrakce resp. odklonu pozornosti se napříč některými studii liší. Řada autorů distrakci označuje jako subtyp nepozornosti. Regan [172] ve své knize vymezil jednotlivé definice distrakce, které se za posledních 20 let objevují napříč studii. Jak uvádí, některé definice se soustředí na vymezení pojmu distrakce v závislosti na jeho vlivu na řídicí pozornost, jiné pak pojem definují spíše ve vztahu k objektům nebo aktivitám, které k odklonu pozornosti vedou.

Distrakcí pozornosti tedy obecně rozumíme situace, kdy je pozornost řidičů věnována kromě řízení ještě sekundárním činností. [129] Tyto činnosti mohou souviset s řízením (např. kontrola otáčkoměru, spotřeby atd.), případně se může jednat o činnosti, které s řízením vůbec nesouvisí. Pozornost mívají řidiči rozčleněnou mezi řízení a manipulaci s vybavením vozidla nebo jsou zaujatí změnami v okolí a objekty nacházejícími se mimo vozidlo (distrakce externí), případně se zabývají osobními záležitostmi (distrakce interní). Jak uvádí mj. Headlund [84], odklon pozornosti vede ke zvýšení rizika nehody nebo krizové situace. Jak uvádí Regan [172], přestože zdrojem distrakce může být jeden i více zdrojů (viz tab. 1), některé aktivity samy k distrakci vedou.

Tab. 1 Přeloženo dle Regan [172]

Zdroj distrakce	Lokace zdroje	Úmyslnost	Proces	Projev
Objekt	Interní (mentální)	Nucen zdrojem distrakce	Narušení kontroly nad vozidlem	Opožděná reakce
Člověk	Ve vozidle	Volba řidiče	Odklon pozornosti	Snížení situačního povědomí
Událost	Mimo vozidlo		Nevhodné zaměření pozornosti	Degradace schopnosti správně rozhodnout
Aktivita				Zvýšení rizika nehody Ztráta schopnosti podélného nebo bočního vedení vozidla

Rozptýlení pozornosti řidiče může mít mnoho forem, podle NHTSA existují čtyři typy distrakce – vizuální, sluchová (zvuková), biomechanická a kognitivní. Jednotlivé složky distrakce nelze ovšem vždy striktně rozdělit. [246] Vybrané distraktory včetně typu distrakce, které jsou v nich obsaženy zobrazuje tab. 2.

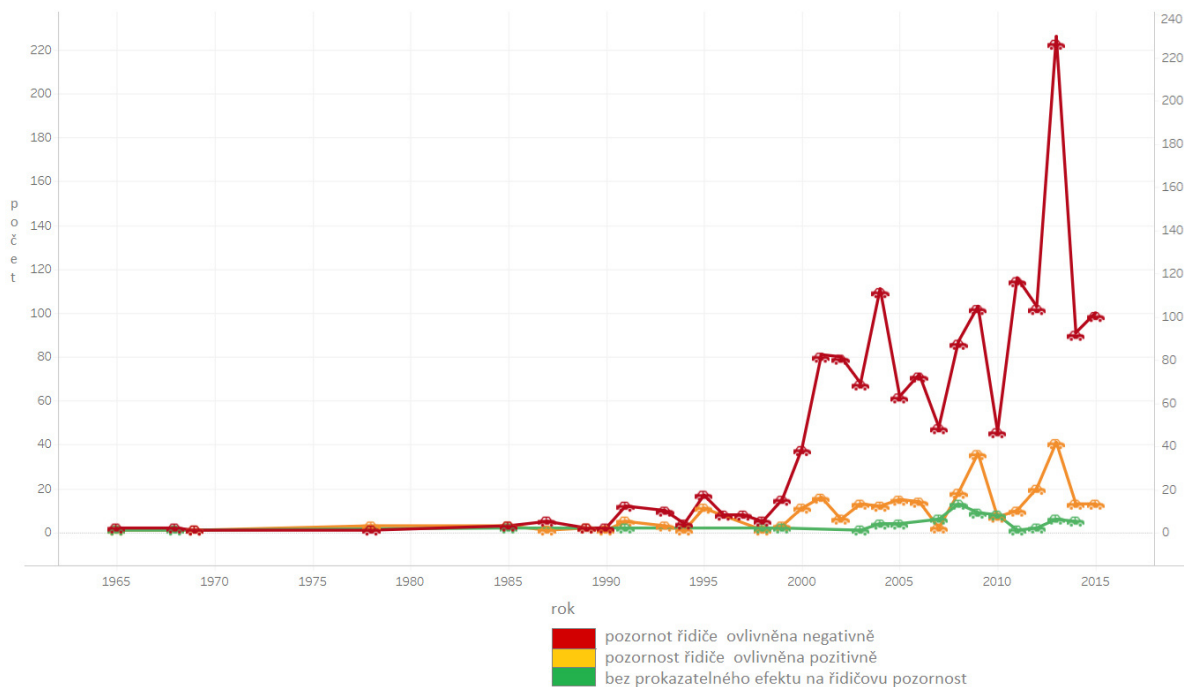
- Vizualní distrakce. Lze rozlišit tři různé typy rozptýlení vizuální pozornosti řidiče. První případ zahrnuje omezení výhledu řidiče (např. neočištěné nebo špatně očištěné sklo, nálepky na čelním skle). Druhý případ zahrnuje odpoutání vizuální pozornosti řidiče jinými předměty (např. sledování reklam, zadávání trasy do navigace). Třetí případ je označován jako ztráta vizuální pozornosti, kdy řidič nebezpečí sice mohl a měl vidět, ale neviděl. Jedná se o situace, kdy je poškozena schopnost řidiče rozpoznat nebezpečí.
- Zvukové rozptýlení. Tento typ distrakce nastává, když se řidič zaměřuje na sluchové signály nesouvisející s řízením. Příkladem může být konverzace s osádkou vozidla, telefonování, příp. poslech rádia.
- Biomechanická (fyzická) distrakce zahrnuje situace, kdy řidič nemá jednu nebo dokonce obě ruce na volantu a fyzicky manipuluje s předměty nesouvisející s řízením (např. konzumace potravin, kouření).
- Kognitivní distrakce zahrnuje velmi široké spektrum činností. Lze říci, že téměř každý distraktor obsahuje kognitivní složku.

Tab. 2 Nejčastější zdroje distrakce v závislosti na typu [205]

Distraktor	Ve vozidle	Iniciován řidičem	Typ distrakce
Telefon	Ano	Ano	Sluchově – kognitivní
Rozhovor se spolujezdcem	Ano	Ano/Ne	Vizuálně – sluchově – kognitivní
Hudba	Ano	Ano	Zvukové, možná kognitivní
Textování	Ano	Ano	Visuálně – kognitivně – manuální
Manipulace se zařízeními	Ano	Ano	Visuálně – kognitivně – manuální
Zadávání lokality do navigace	Ano	Ano	Visuálně – kognitivně – manuální
Následování instrukcí navigace	Ano	Ano	Visuálně – sluchově – kognitivní
Reakce na upozornění	Ano	Ne	Visuálně – sluchově – kognitivní
Sledování reklam	Ne	Ne	Vizuálně – kognitivní
Jídlo, pití, podávání předmětů, apod.	Ano	Ano	Vizuálně – manuální
Myšlenky	Ano/ne	Ano/ne	Kognitivní

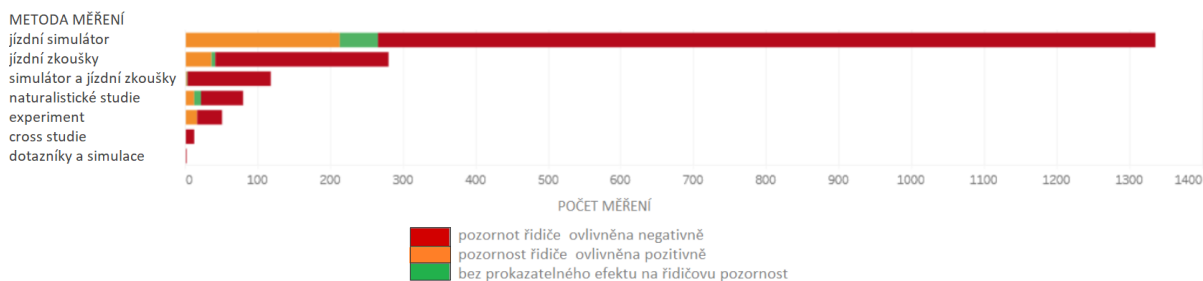
Rozdílný vliv distrakce na jízdní výkon analyzoval mj. Engstorm [54]. Výsledky ukazují, že zatímco vizuální distrakce vedla ke snížení rychlosti a zvýšení variability jízdní trajektorie, kognitivní zátěž neměla vliv na rychlost a snížila variabilitu jízdní trajektorie. Kognitivní zátěž ovšem vedla ke zvýšení koncentrace pohledů do středu jízdního pruhu. Jak dokládá Dingus [42], většina distraktorů zahrnuje vizuální distrakci, přičemž vizuální popř. vizuálně – manuální úlohy postihují jízdní výkon nejvíce.

Pro harmonizaci údajů z výzkumů věnujících se vlivu vybraných distraktorů sestrojil Atchley [6] veřejně přístupnou databázi. Přes obsáhlost této databáze jsou nicméně uvedené studie členěny pouze na základě způsobu, jakým ovlivňují řidičovu pozornost (pozitivně, negativně, neovlivňují), resp. jednotlivé sledované parametry jízdního výkonu – podélná a příčná poloha vozidla, pozornost a kognitivní pozornost, reakce brzděním, další kognitivní parametry, četnost nehod. Součástí databáze nejsou konkrétní hodnoty reakčních dob nebo těchto parametrů. Atchley [6] typy distrakce člení dle typu distraktoru (rozhovor – se spolujezdcem, s mobilním telefonem s handsfree i bez něj, popřípadě jiná forma rozhovoru; manipulace s mobilním telefonem; kognitivní distrakce; manuální distrakce související i nesouvisející s řízením; zvuková distrakce aktivní a pasivní; vizuální distrakce). Vývoj četnosti studií zabírajících se distrakcí v jednotlivých letech dokládá aktuálnost této problematiky - obr. 6.



Obr. 6 Studie věnované problematice distrakce v jednotlivých letech realizace [6]

Výzkumy jsou rozčleněny rovněž s ohledem na způsoby měření (jízdní simulátor, vozidlo, naturalistické studie, experiment, cross-studie, dotazníky). Jak dokládá Atchleyho databáze, většina experimentů byla realizována pouze v simulovaných podmínkách – viz obr. 7.



Obr. 7 Studie věnované distrakci v závislosti na způsobu měření [6]

2.7 DISTRAKTORY

Rozptýlení pozornosti řidiče může vést ke vzniku dopravní nehody. Každý úkol vyžadující, aby řidič přesunul pohled od situace v silničním provozu, je spojen se zvýšeným rizikem. Jak je uvedeno ve [191], tyto činnosti jsou výrazně rizikovější než činnosti, které přesun pohledu nevyžadují, jako například konverzace se spolujezdcem. Analýza kritických situací (nehod a tzv. skoro – nehod) ze 100-car naturalistické studie dokládá, že řidiči, kteří se účastnili pouze skoro-nehod, měli signifikantně delší pohledy na vozovku a méně často odvraceli pohled od vozovky ve srovnání s účastníky nehod [193].

Nebezpečnost sekundárního úkolu může být ovlivněna charakterem provedení dopravního prostoru. Lze říci, že distrakce pozornosti bude nebezpečnější v prostředí náročnějším na mentální kapacitu řidiče – špatné

počasí, hustý provoz, členitý terén apod. [248] Rovněž platí, že čím složitější je sekundární činnost, tím vyšší je její negativní dopad na bezpečnost jízdy. [173]

Cílem této kapitoly je představení a vymezení nejčastějších rušivých podnětů ovlivňujících pozornost řidiče, vybraných studií, případně jejich závěrů.

2.7.1 Telefonování

Manipulace s mobilním telefonem při řízení je v České republice upravena § 7, odstavce 1, písmene c), zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů [256], řidič nesmí „při jízdě vozidlem držet v ruce nebo jiným způsobem telefonní přístroj nebo jiné hovorové nebo záznamové zařízení. Ustanovení odstavce 1 písm. c) se nevztahuje na řidiče vozidla bezpečnostních sborů, ozbrojených sil a vojenského zpravodajství při plnění služebních povinností, řidiče vozidla obecní policie při plnění jejich povinností a řidiče vozidel jednotek požární ochrany a poskytovatele zdravotnické záchranné služby při řešení mimořádných událostí a Horské služby při řešení mimořádných událostí.“

Jak uvádí mj. Ige [104] mobilní telefon je jedním z nejrizikovějších forem distrakce s ohledem na nároky na pozornost řidiče. Negativní vliv telefonování a manipulace s mobilním telefonem během řízení byl prokázán mnoha studii [1], [18], [75], [28] [199], [201], [159] a další. Metaanalýza 93 studií a experimentů prováděných v letech 1991 – 2015 uvádí, že při telefonování během řízení jsou řidiči schopni pomaleji detekovat hrozící nebezpečí a reagovat na něj [23]. Jak je uvedeno ve [180], použití mobilního telefonu během řízení může ovlivnit mnohé výkonnostní parametry – udržení se v jízdním pruhu, udržování vhodné rychlosti, dodržování bezpečnostní vzdálenosti a správný odhad této vzdálenosti, reakční dobu, všeobecné povědomí o jízdní situaci. Jak uvádí Sanbonmatsu [184], používání mobilního telefonu také snižuje povědomí o bezpečnosti. Při porovnání chyb při řízení během používání mobilního telefonu nekorelují objektivní data se subjektivně vnímanými chybami.

Největší riziko používání mobilních telefonů bylo, jak popisuje Briem a Headman [18], spatřováno v manipulaci s mobilním telefonem. Mozek je schopen pojmout pouze omezené množství informací, pokud tedy řidič při jízdě telefonuje, může být překročena jeho mentální kapacita a důležité informace o dopravní situaci nejsou zpracovány [82]. Používání mobilního telefonu při řízení nespočívá pouze v ovlivnění fyzické (svalové) složky, ale rovněž může ovlivnit vizuální, sluchové, kognitivní vnímání řidiče. Konverzace s využitím hands-free během řízení tedy není nutně bezpečnější, což bylo rovněž prokázáno řadou výzkumů např. Backer-Grondahl [7], Tornros [225], Patten [159]. Lipovac [128] na základě provedené rozsáhlé literární rešerše 60 studií publikovaných mezi lety 1994 - 2013 zaměřených na používání mobilního telefonu během řízení uvádí, že používání mobilního telefonu zhoršuje jízdní výkon, přičemž používání hands – free nepříznivý účinek používání mobilního telefonu neodstraní zcela. Caird [23] ve své studii rovněž uvádí, že neexistuje významný rozdíl mezi rozhovorem s cestujícím a telefonováním.

Příkladem může být simulátorová studie, kterou provedli Haigney a kol. [75]. Třicet účastníků absolvovalo 4 jízdy na simulátoru, přičemž vyřizovali příchozí hovory s využitím hands-free i bez něj. Zvýšení srdeční frekvence řidičů během telefonování naznačuje zvýšené kognitivní nároky. Rychlost jízdy při telefonování byla ovšem nižší, což naznačuje existenci procesu kompenzace rizik řidičů.

Dopad kognitivního rozptýlení způsobeného telefonováním během řízení na vizuální složku vnímání řidičů sledovali Harbluk a kol [80] během jízdních zkoušek. Studie se účastnilo celkem 21 řidičů ve věku od 21 do 43 let. Bylo prokázáno, že během telefonování se výrazně snížila četnost pohybů očí po okolí pozemní komunikace, řidiči soustředili pohled více pouze do centrální části vozovky. Méně se věnovali rovněž kontrole situace za vozidlem ve zpětných zrcátích.

Zvýšení rizika vzniku dopravní nehody může ovlivnit rovněž složitost konverzace nebo emocionální náročnost. [48] Analyzován byl rovněž vliv délky konverzace na reakci na vizuální podnět s využitím funkční magnetické rezonance [99]. Testování se účastnilo 28 zdravých probandů, kteří během snímání magnetickou rezonancí sledovali video ze skutečné jízdy. Nadměrná konverzace vedla k prodloužení reakční doby na vizuální podnět ve srovnání s jízdou bez konverzace. Skutečnost, že obsah a náročnost hovoru má větší vliv na rozptýlení pozornosti řidiče než telefonní režim (telefonování s využitím hands-free a bez něj), potvrzuje rovněž Patten [159]. Výzkumu se účastnilo 40 probandů. Měření byla realizována na dálnici charakterizované nízkou úrovní složitosti vozovky. Během hovoru došlo k výraznému prodloužení reakčních časů. Výhody využití hands-free prokázány nebyly. Pro analýzu mentální pracovní zátěže bylo využito PDT.

Reakční dobu při použití mobilního telefonu (v režimu hand – held) v závislosti na nebezpečné dopravní situaci (změna světelné signalizace, pád překážky na silnici, brzdová světla předního vozidla atd.) zkoumal Hugh [101]. Bylo prokázáno, že střední doba reakce se v závislosti na situaci v reálném provozu liší, přičemž pokud řidič za jízdy telefonuje, je jeho reakční doba průměrně o 40 % delší, než pokud netelefonuje. Nejmenší prodloužení reakční doby vlivem telefonování bylo v případech vstupu chodce do silnice.

Vliv kognitivní zátěže při telefonování s hands – free analyzoval rovněž Beede [11]. Jízdní výkon byl analyzován prostřednictvím 4 indikátorů – porušení dopravních předpisů (např. překročení rychlosti), přejíždění jízdního pruhu (standardní odchylka od jízdního pruhu), poruchy pozornosti (zastavení na zelené signální světlo na křižovatce, chyba při vyhodnocení situace na křižovatce) a reakční doba. Test byl realizován na jednoduchém jízdním simulátoru s 36 studenty ve věku 20 – 53 let (medián 22.5 roku). Výkon byl při telefonování výrazně ovlivněn ve všech čtyřech kategoriích.

Zvýšení kognitivní zátěže v souvislosti s telefonováním (hands-free i hand-held) analyzoval také Strayer [202]. Jedním z analyzovaných ukazatelů byla četnost pohledů vpravo a vlevo v kritických situacích - např. přecházení chodce na přechodu, průjezd křižovatkou s úpravou přednosti pomocí značky Stůj, dej přednost v jízdě, apod. ANOVA test dokládá snížení četnosti pohledů vpravo a vlevo v souvislosti s nárůstem kognitivní zátěže při telefonování, ale také dalších rozptylujících aktivitách jako např. rozhovor se spolujezdcem, poslech rádia nebo audio knihy.

Simmons [191] na základě systematické metaanalýzy naturalistických studií dokládá, že riziko vzniku kritické události se zvyšuje při používání mobilního telefonu v souvislosti s aktivitami, které vyžadují odklon pohledu od vozovky (vytáčení čísla, zaslání textových zpráv, kontrola e-mailu případně prohlížení webu, apod.) oproti ostatním operacím spojeným s používáním mobilního telefonu, které odklon pohledu nevyžadují (jako je samotné telefonování). Oproti ostatním studiím, telefonování (v režimu hand-held) samo o sobě nevedlo ke zvýšení rizika vzniku kritické situace. Je ale třeba také uvážit limitaci naturalistických studií v tomto ohledu (absence analýzy kognitivní zátěže, apod.).

Výzkumy se zabírají také rozdílností vlivu psaní textové zprávy a telefonování na jízdním výkonu. Za tímto účelem byla např. Libby [127] realizována měření v simulovaných podmínkách. Bylo prokázáno, že řidiči při psaní textových zpráv měli výrazně pomalejší reakce a rovněž víckrát odpoutali zrak od vozovky. Ve srovnání s telefonováním rovněž dokázali detekovat méně periferních podnětů na vozovce.

Rovněž studie [146] prokazuje zvýšený počet chyb při odesílání textových zpráv v průběhu jízdy. Účastníkům studie ($n = 30$) byly v průběhu jízdy snímány rovněž fyziologické veličiny. V záznamu EEG při psaní textových zpráv během jízdy na simulátoru převažovaly theta vlny, což dokládá vyšší úroveň vzrušení.

Negativní vliv konverzace na reakční dobu byl prokázán rovněž Consigliem [26]. Výsledky této laboratorní studie prokázaly zpomalení reakce řidičů při libovolné formě konverzace, a to při konverzaci s využitím hands-free nebo hand-held telefonů, ale rovněž při osobní konverzaci s pasažérem.

S cílem zjistit jakým způsobem řidiči využívají mobilní telefon během řízení, popř. kteří řidiči k tomuto chování více tendují, byla realizována řada sociologických průzkumů. Výstupy pak mohou přispět např. k efektivnímu zacílení bezpečnostních kampaní. Výsledky AAA Foundation for Traffic Safety z roku 2013 [1] dokládají, že během řízení nejčastěji mobilní telefon používají osoby ve věku 25-39 let. Komunikaci prostřednictvím textových zpráv během řízení přiznává 45 % dotázaných, v 10 % se tak děje běžně. Studie [246] z roku 2009 zaměřená na rozptylující prvky při řízení automobilu zjistila, že 58 % řidičů používá během řízení mobilní zařízení, přičemž třetina z tohoto počtu drží mobilní telefon v ruce souběžně s řízením vozidla. S mobilním telefonem častěji manipulují (textové zprávy, internet apod.) řidiči mladší než 25 let [224]. Z hlediska používání mobilního zařízení během řízení jsou rizikovější řidiči s vyšším ročním nájezdem km [167]. Bener [14] udává, že mobilní telefon častěji používají negramotní řidiči oproti vzdělaným řidičům. Tento závěr je důležitý zejména z hlediska designu komunikačních kampaní. Zajímavé je také zjištění, že využívání mobilního telefonu je častější u vozidel s pohonem čtyř kol, což může korelovat s vyšším pocitem vlastního bezpečí, který vozidla tohoto typu mohou navozovat. Lambale a kol. [124] pak zjistili, že přibližně 50 % řidičů, kteří uvádí, že používají mobilní telefon během řízení, zažilo díky této distrakci pozornosti nebezpečnou situaci v silničním provozu.

Jak vyplývá z dat z ESRA, v České republice využívá mobilní telefon pro čtení textových zpráv, e-mailů apod. během řízení cca 36 % respondentů, posílá je během řízení cca 27 % respondentů, bez hands-free telefonuje cca 41 % respondentů a s hands-free 39 %. Srovnání s ostatními státy zapojenými do ESRA dotazování přináší obdobné výsledky, pouze telefonování s hands-free je v zahraničí výrazně čtenější – přiznává jej 51 % účastníků. [58] Pro srovnání se sousedními zeměmi, např. v Německu využívá smartphone dle průzkumu 1 řidič z 10. [236] S ohledem na prokázaný negativní efekt využívání mobilního telefonu je toto v řadě zemí sledováno a využíváno jako nepřímý ukazatel bezpečnosti.



Obr. 8 Dopravní nehoda v důsledku nepozornosti při telefonování [260]

2.7.2 Rádio, CD přehrávač

Typ distrakce spojený s používáním rádia se liší v závislosti na konkrétním úkonu, zatímco při ladění stanice je distrakce primárně vizuální a fyzická, poslech hudby a rádia je spojen spíše s distrakcí kognitivní a sluchovou [76]. Ladění rádia a CD přehrávače bylo Stuttsem [210] popsáno jako druhá nejčtenější příčina distrakce způsobující dopravní nehody.

Kompenzační chování řidičů při interakci s výbavou vozu (autorádio a CD přehrávač) zkoumali Horberry a kol [94]. Simulačtorová studie byla realizována s 30 probandy rozdělenými do 3 věkových skupin (do 25 let, 30 – 45 let, 60 – 75 let). Účastníci měli krom jiného za úkol naladit rádio, změnit basy/výšky a vložit a vysunout kazetu. Vnímání pracovní zátěže bylo při interakci s rádiem vyšší než při telefonování s využitím hands-free. Účastníci byli při interakci s rádiem méně vnímaví k některým rizikům a snažili se využívat kompenzační techniky (snížili rychlost jízdy). Průměrná rychlost vozidla byla během interakce účastníků s rádiem ve srovnání s jízdou bez rozptýlení nižší.

2.7.3 Navigace

Rozptýlení navigačními systémy může mít povahu rozptýlení fyzického (zadávání trasy), vizuálního (sledování displeje), sluchového (poslouchání pokynů), ale i kognitivního (zaměření pozornosti na pokyny).

Vliv používání navigace na reakční dobu využitím PDT byl zkoumán mj. Harmsem [81] a Jahnem [107]. Harms [81] prokázal snížení výkonu řidičů při použití navigačních systémů ve srovnání s jízdou bez navigace. Ve [120] byla s využitím DRT (detection response task – laboratorní měření detekce podnětu a doby odezvy) analyzována vizuální náročnost využívání navigace v závislosti na pozici. Vizuální náročnost byla vyšší, pokud byl displej navigace umístěn v nižší poloze, rovněž došlo k prodloužení reakční doby. Jahn [107] krom jiného testoval rovněž vliv velikosti displeje navigace na pozornost řidiče. Vybrány byly 2 typy navigace – navigace s malým displejem (5,9 x 3,1 cm) umístěná ve slotu pro rádio a barevná navigace s velkým displejem umístěná v

držáku. Studie se účastnilo 49 profesionálních řidičů (průměrný věk *41,2 let*). Vliv velikosti displeje na pozornost řidičů testovanou pomocí PDT nebyl prokázán.

Vlivem způsobu zadání cílové destinace do navigačního systému na pozornost řidiče se zabírala Tijerina [222], [216]. Poukazuje na skutečnost, že existující studie se náročností různých typů zadávání destinace do navigace nezaobírají. V [216] byly zkoumány tři vizuálně – manuální systémy a jeden hlasový. Vizuálně – manuální systémy ve srovnání s hlasovým vyžadovaly delší dobu pro zadání cílové destinace a byly spojeny s delšími dobami pohledu řidičů mimo vozovku, a tedy s častějšími pohledy na navigační systém. S využitím vizuálně – manuálních systémů rovněž častěji docházelo k vyjetí z pruhu než v případě využívání hlasových systémů. Jak je uvedeno v [222] zadávání cílové navigace s využitím vizuálně-manuálních metod není při řízení doporučeno. Výsledky výzkumu naznačují, že vhodnou alternativou by mohlo být pouze hlasové zadávání destinace.

Kompenzační chování řidičů při používání navigačních systémů zkoumal Chiang [33]. Bylo prokázáno, že řidiči při zadávání trasy do navigace snížili rychlost.

2.7.4 Konzumace jídla a pití za volantem

Jídlo a pití patří mezi nejčastější způsob rozptýlení během řízení. Tato skutečnost byla potvrzena naturalistickou studií prováděnou Stuttsem [209], během níž bylo zkoumáno 70 řidičů prostřednictvím kamerových jednotek nenápadně umístěných ve vozidlech po dobu jednoho týdne.

Vlivu jídla a pití na pozornost řidiče během řízení není ve výzkumných studiích věnována pozornost příliš často. Negativní vliv jídla, pití a psaní textových zpráv během řízení na reakční dobu, ale i udržení polohy v jízdním pruhu prokázal během experimentální studie Irwin [106]. Výzkumu se účastnilo 28 jedinců (13 žen). Součástí studie byla jízda bez rozptylujících podnětů a následně s distrakty. Účastníci museli splnit jeden ze tří úkolů – pití 40 ml vody, pití 400 ml vody a konzumace sendviče, případně napsání 3 textových zpráv. Reakční doba byla analyzována se zahrnutím reakcí na vizuální i sluchové podněty.

Negativní účinek konzumace jídla během řízení na jízdní výkon prokázal rovněž Alosco [4] v simulovaných podmínkách. Skupiny, které během řízení psaly textové zprávy a skupiny, které během řízení jedly, měly více střetů a srážek s chodci než kontrolní skupina. Tyto skupiny rovněž častěji přejezdily přes středovou dělicí čáru než kontrolní skupina.

Účinky jídla a pití na jízdní výkon zkoumali Young, Mahfoud a kol [249]. Využito bylo jízdního simulátoru. Jízda probíhala v prostředí města, jízdní scénář obsahoval různé úseky – jednosměrky, směrové oblouky i přímé úseky, jízda probíhala za různé intenzity provozu, ve scénáři byla protijedoucí i zaparkovaná vozidla a rovněž chodci. Úkolem účastníků bylo sledovat vepředu jedoucí vozidlo. Kritický incident byl reprezentován chodcem, který na předdefinovaných místech vyšel zpoza vozidla. Studie se účastnilo 26 probandů (z toho 16 mužů), ve věku od 20 do 61 let (průměrný věk *37,5 let*). Řidiči absolvovali jízdu bez rozptylujících podnětů a následně s konzumací jídla a pití. Na pokyn museli účastníci otevřít a příp. sníst sáček sladkostí a otevřít lahev vody a napít se. Nebylo ovšem prokázáno, že by jídlo nebo pití během řízení ovlivnilo samotný výkon řidiče. Studie [246] z roku 2009 dokládá, že konzumace jídla nebo tekutin je častější u mladých řidičů, což v kombinaci s nedostatkem řidičských zkušeností představuje velmi rizikový faktor.



Obr. 9 Dopravní nehoda v důsledku distrakce pozornosti – zvedání spadlé lahve ve vozidle [259]

2.7.5 Reklamní zařízení

Cílem reklamního zařízení je upoutat člověka za účelem propagace výrobku nebo služby. Kromě nežádoucího odpoutání řidičovy pozornosti od informací relevantních pro řízení, mohou ale reklamní zařízení rovněž zakrývat dopravní značení, případně mu tvořit nevhodné pozadí, ve kterém řidič dopravní značku přehlédne. Problematika odpoutávání pozornosti vlivem reklamních zařízení je obsažena v mnoha zahraničních studiích, nicméně většina studií je úzce profilově zaměřená [175].

S problematikou reklamních zařízení a jejich vlivem na pozornost řidiče se pojí 4 základní faktory – salience (objekt je vizuálně salientní, pokud je výrazně kontrastní oproti pozadí, zejména LED billboardy nebo dynamické billboardy, které více přitahují pozornost), úsilí nezbytné pro přesun zraku (billboardy umístěné ve větší vzdálenosti od silnice budou méně sledované řidiči, neboť vyžadují větší úsilí pro přesun pohledu), očekávání, které se týká tendence řidičů vyhledávat relevantní informace a obsah (řidiči budou vyhledávat informace, které jsou pro ně nejdůležitější, např. pokud má řidič hlad, bude častěji sledovat reklamy obsahující informace o restauracích). [237], [239]

Vliv reklamních zařízení umístěných v bezprostřední blízkosti na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích v reálném provozu i jízdním simulátoru byl zkoumán na ČVUT. Zkoumán byl rozdíl ve vnímání reklamních zařízení s LED podsvícením a bez něj. Každý z 20 řidičů absolvoval 2 jízdy – jednu za tmy a jednu za světla. Data získaná pomocí eyetrackingu potvrzují, že billboardy s LED podsvícením jsou více rušivé, neboť 10 z 20 řidičů věnovalo pohled více než polovině LED reklamních zařízení. Průměrně řidiči pohlédli na přibližně každou čtvrtou velkoformátovou pasivní osvětlenou reklamu [115]. Zda umístění LED reklamních zařízení vede ke zvýšení nehodovosti, zjišťoval ve své studii Cooper [27]. Závěry této studie ovšem nejsou jednoznačné.

Vliv reklamních zařízení na vizuální pozornost řidičů v reálném provozu zkoumal Beijer [10]. Studie byla realizována s 25 řidiči na dálnicích v Torontu a Ontariu v Kanadě. Průměrná délka pohledu na reklamu byla 0,57 s (směrodatná odchylka $SD = 0,41$). Počet pohledů v případě dynamických reklam byl vyšší než u reklam pasivních. Dynamické reklamy tvořily přibližně polovinu z analyzovaných reklamních zařízení, přičemž pohledy a dynamické reklamy tvořily 69 % ze všech pohledů na reklamní zařízení.

Jakým způsobem vizuální vnímání řidičů ovlivňují dynamické reklamy, zkoumal s využitím eyetrackingu Smiley [198]. Zjištěná průměrná doba pohledu na reklamní zařízení (0,5 s) je dle této studie obdobná jako doba, kterou řidič sleduje dopravní značení. Dynamické reklamy zkoumal také Tantara [216].

Statická reklamní zařízení byla analyzována v [13], [49], [89], [90], [160]. Herrstedt [89] uvádí, že řidiči se podívali na 69 % statických billboardů, přičemž pouze 2 % pohledů byly delší než 2 s. Dukic [49] uvádí, že nebyly prokázány signifikantní rozdíly v pohledech na statické billboardy při jízdě ve dne a v noci. Chattington [31], Stavrisos [204] a Misokefalou [144] pak ve svých studiích porovnávali vizuální vnímání statistických a dynamických billboardů. Misokefalou [144] uvádí, že pohled na statická reklamní zařízení trval průměrně 0,86 s.

Crundall a kol. [30] porovnávali vliv reklamy podél ulic (převážně autobusové přístřešky) a vyvýšené reklamy (3 m nad zemí) na pozornost řidičů za různých podmínek pomocí připravených videozáznamů. Celková doba sledování reklam podél ulic byla ve srovnání s vyvýšenými reklamami téměř dvojnásobná. Pokud se účastníci studie soustředili na určení míry nebezpečnosti videa, pak připoutali reklamy podél ulic více pohledů, než když dostali účastníci za úkol sledovat reklamy.

Vliv reklamních zařízení na jízdní výkon řidičů zkoumal Edquist [50]. Účastníci této studie si prohlíželi páry fotografií silničních scén na LCD displeji. Jedna ze dvojice fotografií byla vždy modifikována (např. změna dopravního značení). Na fotografiích, které obsahovaly billboardy, hledali všichni účastníci změnu delší dobu než na fotografiích bez reklamního zařízení. Na tento výzkum pak Equist a kol. [51] navázali zkouškami na jízdním simulátoru, při nichž byl prokázán negativní vliv billboardů na výkonnost řidiče. Na úsecích s reklamními zařízeními byly reakce řidičů na dopravní značení prodlouženy o 0,5 – 1 s a zvýšila se rovněž chybovost řidičů při řízení.

Vliv reklamních zařízení na bezpečnost silničního provozu na základě pěti indikátorů pozornosti – nedodržení bezpečnostní vzdálenosti, překročení rychlosti, vybočování z jízdního pruhu, bezohledné projíždění křižovatek, používání světelné signalizace – během jízdy na jízdním simulátoru zkoumal rovněž Saleheddine [187]. Pokud se na trase vyskytovaly dynamické reklamy, došlo ke zhoršení všech 5 indikátorů pozornosti, přičemž u dvou z nich (bezohledné vjetí o křižovatky a vybočování z jízdního pruhu) bylo zhoršení statisticky významné. Negativní vliv reklamních zařízení na jízdní výkon (např. častější vybočování z jízdního pruhu) a pozornost řidiče prokázal v simulátorové studii rovněž Young [250].

Zkoumán byl rovněž účinek emočního náboje reklam na řídicí výkon. Lana [126] v simulátorové studii prokázala, že reakční doba řidičů byla kratší v případech, kdy reklama vyvolávala silné, zejména pozitivní, emoce.

Pro analýzu efektu reklamních zařízení na pozornost řidiče byl realizován rovněž projekt s akronymem ADVERTS [237] (Assessing Distraction of Vehicle Drivers in Europe From Roadside Technology – Based Signage). Tato studie upozorňuje na některé výzkumné mezery – např. absence analýzy vnímání rotujících reklam, absence analýzy vlivu přechodu reklamy z jedné na druhou na dynamických reklamních zařízeních. Současně nebyl prokázán významný rozdíl mezi ovlivněním řidičů světelnými billboardy ve dne a v noci. Nejvíce identifikovaných výzkumných mezer je spojeno s digitálními billboardy.

Z projektu ADVERTS rovněž vyplynuly doporučení týkající se implementace reklamních zařízení v dopravním prostoru, zejména by reklamní zařízení:

- Neměly být zaměnitelné s dopravním značením.

- Neměly překrývat informace podstatné pro řízení (například dopravní značení, semaforey apod.).
- Neměly být umístovány na místech se zvýšenou náročností na řidičovu mentální kapacitu (např. křižovatky, sjezdy a nájezdy na dálnici).
- Neměly by být používány reklamy s animacemi a dynamické reklamy.
- Neměly by zobrazovat činnosti vybízející řidiče k aktivitě, která nesouvisí s řízením.
- Měly by být stručné, čitelné a jednoduché na porozumění.
- Billboardy, které přepínají mezi reklamami, by měly mít maximalizovanou dobu mezi tranzicemi.
- Billboardy, které oslňují řidiče, by měly být zakázány, stejně tak reklamy s pohybujícím se nebo přerušovaným světlem apod.
- Je nezbytné omezit nebo zakázat příliš velké reklamní zařízení.

Analýza vlivu reklamních zařízení na bezpečnost silničního provozu byla realizována rovněž v České republice. Příkladem mohou být studie Centra dopravního výzkumu [25] nebo Českého vysokého učení technického [38].



Obr. 10 Příklad v silničním provozu (ČR), kdy dopravní značení splývá s reklamním zařízením [259]

2.7.6 Zabíhání myšlenek, emocionální rozpoložení

Distraktory mohou vycházet také z osobnosti jedince (např. emoční rozrušení, roztržitost, zabíhání myšlenek apod.). Berthié a kol. [15] zjistili, že zabíhání myšlenek ovlivňuje až 85 % řidičů, kteří tráví v průměru 35 % cesty ve stavu, kdy se jejich soustředění odkloní. Zpravidla tomu napomáhají situace, kdy není třeba příliš soustředění (např. známá trasa, monotónní cesta, ale také když řidič cestuje sám). Valero-Mora a kol. [231] se zabývali možností vlivu mindfulness (= být si vědom a všimát si přítomnosti) na výkon řidiče. Soustředění se na aktuální okolnosti zmírňuje negativní faktory a zvyšuje jízdní výkonnost. Jak uvádí Feldman [60], identifikace potenciálních psychologických, behaviorálních a environmentálních faktorů jsou nezbytná pro správně nastavená opatření.

3 ZHODNOCENÍ PROVEDENÉ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU

Na základě analýzy současného stavu lze konstatovat, že vlivu vybraných distraktorů na pozornost, reakční dobu řidiče i nehodovost se věnuje řada studií. Jak dokládá provedená rešerše, je možné definovat značné množství negativních vlivů způsobených rušivými prvky. Práce je primárně zaměřena na oblast analýzy nehod pro potřeby soudního inženýrství s aplikací do soudního znalectví jako teoreticko-aplikačního oboru soudního inženýrství. Z toho důvodu bude pozornost věnována primárně negativnímu vlivu ve vztahu k vizuálnímu vnímání a reakční době řidiče.

Samotná definice reakční doby se napříč jednotlivými studii liší. Značnou nejednoznačnost způsobuje především variabilita v definici počátku a konce měřeného časového intervalu. Rozdílné bývají rovněž sledované parametry. Ve studiích zaměřených na analýzu reakční doby je rovněž patrná značná variabilita v podnětech, na něž probandi reagují. Zřídka bývá analyzováno široké spektrum podnětů, se kterými se řidič v reálném provozu setkává. Komparaci výsledků napříč studii, která by umožnila sjednocení a kvantifikaci rušivých podnětů ovlivňujících pozornost řidiče, komplikuje rovněž rozdílná metodika využitá v jednotlivých výzkumech. Liší se rovněž definice faktorů, které vedou k nepozornosti řidičů a tím rovněž vzniku dopravních nehod. Z hlediska vzniku dopravních nehod jsou jako nejrizikovější označovány externí distraktory vyžadující odklon pohledu řidiče od vozovky [191], [193].

Na základě výše uvedeného lze z hlediska potřeb znalecké činnosti a možnosti zvyšování bezpečnosti silničního provozu vymezit následující problémové situace:

- Doposud neexistuje dostatek údajů k procesu vnímání, rozpoznání, rozhodování a jednání řidiče v konkrétních jízdních situacích v reálném silničním provozu, značná část studií se zaměřuje spíše na měření v simulovaných podmínkách, která jsou lépe opakovatelná. Řidiči ovšem v simulovaných podmínkách mohou reagovat jiným způsobem než v reálném provozu, neboť nejsou vystaveni pocitu nebezpečí. Současné využívané metody neumožňují analýzu doby nezbytné pro rozhodnutí řidiče během reakce na kritickou situaci.
- Přestože byla provedena řada studií zabírajících se nejenom reakční dobou, ale i jejím ovlivněním, srovnání výsledků je vzhledem k rozdílné metodice, velké variabilitě využívaných metod a testovaných podnětů velmi problematické. Nezbytné je proto definovat reakční dobu a její složky.
- Doposud neexistuje dostatek informací, které umožňují blíže posuzovat možnosti vnímání řidiče při ovlivnění některými faktory, případně složitostí jízdní situace (vyšší četnost podnětů). Většina studií zkoumala účinky rušivých podnětů na celkovou dobu odezvy řidiče, z čehož není patrné, ve které z fází zpracování informací dochází k prodlevě. Doposud rovněž nebyl dostatečně ověřen vliv některých rušivých faktorů na pozornost a reakční dobu řidiče. V případě některých rozptylujících podnětů byl prokázán negativní vliv na pozornost řidiče, nicméně tento vliv nebyl kvantifikován ve vztahu k reakční době.
- Na základě oficiálních policejních statistik nelze identifikovat vliv konkrétního faktoru na vznik nepozornosti jako faktoru přispívajícímu ke vzniku dopravní nehody.

3.1 VYMEZENÍ SEKUNDÁRNÍHO PROBLÉMU

Jak je uvedeno ve [109], jako sekundární problém označujeme takový problém, který vznikne reformulací primárního problému na základě výsledků rešerší. Provedená rešerše dokládá nezbytnost se zabírat touto problematikou. Na základě provedené literární rešerše je nicméně nutné vymezit sekundární problémy reformulací stanovených primárních problémů.

Pro účely řešení dizertační práce byly vymezeny následující primární problémy:

1. Definovat reakční dobu pro účely analýzy vlivu vybraných rušivých podnětů na reakční dobu řidiče a nalézt vhodné metody pro její detailní analýzu.
2. Vymezit vybrané rušivé vlivy ovlivňující pozornost řidiče.
3. Popsat a definovat vliv vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče.
4. Nalézt vhodné metody analýzy vlivů vybraných faktorů na pozornost řidiče.
5. Identifikovat a kvantifikovat vlivy vybraných faktorů na pozornost řidiče.

Literární rešerše dokládá značnou variabilitu v definici reakční doby i jejích složek a s tím související variabilitu v metodice měření, která umožňuje vzájemné srovnání získaných výsledků pouze v omezené míře. Provedená literární rešerše tedy dokládá nezbytnost vymezit definici reakční doby a nalézt její vhodné členění pro účely analýzy distrakce pozornosti řidiče. Na základě analýzy současného stavu tedy přetrvává nezbytnost řešit stanovený primární problém 1. S ohledem na rozsah této problematiky byl tento redefinován v sekundární problémy 1 a 2:

- **Sekundární problém 1:** Definovat reakční dobu a nalézt vhodné členění reakční doby pro účely analýzy distrakce pozornosti řidiče.
- **Sekundární problém 2:** Nalézt vhodné moderní metody pro detailní analýzu reakční doby řidiče.

Stanovený primární problém 2 (vymezení vybraných rušivých vlivů ovlivňujících pozornost řidiče) byl vyřešen provedenou rozsáhlou literární rešerší s využitím řady studií ať už z oblasti technické analýzy nebo psychologie. Vycházet lze zejména z definované taxonomie subtypů nepozornosti stanovené Reganem (viz tab. 3) na základě několika velmi rozsáhlých studií [172], [173], [174], která byla dále využívána i dalšími autory, např. Wundersitz [245] nebo Beanland [9]. Nejvíce pozornosti je přitom napříč výzkumnými studiemi věnováno distrakci, která je také obecně označována jako nejčtenější faktor přispívající vzniku dopravních nehod.

Tab. 3 Definice taxonomie subtypů nepozornosti (zejména na základě definice Regana [172], [173], [174])

Omezená pozornost řidiče v důsledku fyzických nebo biologických faktorů (únava, ospalost, oslnění, intoxikace, nemoc, záchvat)		
Nevhodně zaměřená pozornost na méně důležité aspekty řízení		
Zanedbaná pozornost		
Zběžná nedokonalá pozornost		
Distrakce pozornosti	Interní	Zabíhání myšlenek
		Emocionální stav, nervozita, roztěkanost
		Rozptýlení myšlenkami souvisejícími s řízením

		Rozptýlení myšlenkami nesouvisejícími s řízením		
Externí	Ve vozidle	Používání mobilního telefonu	Telefonování s hands-free	
			Telefonování bez hands-free	
			Manipulace s mobilním telefonem	
		Manipulace se systémy ve vozidle – ovládání a sledování (GPS, rádio, klimatizace, vytápění, tachometr)		
		Konzumace jídla a pití		
		Hledání předmětu ve vozidle		
		Konverzace se spolujezdcem		
		Jiná distrakce ve vozidle (např. hmyz, zvířata ve vozidle, děti ve vozidle apod.)		
		V okolí	Reklamní zařízení	
			Ostatní účastníci provozu	
Další podněty z okolí vozidla				

Provedená rešerše (např. studie [191] a [193]) dokládá, že vznik dopravních nehod je nejsignifikantněji spojen s distrakcí vyžadující odklon pohledu od vozovky. S ohledem na tuto skutečnost bude analyzována právě na tento typ distraktorů. Snahou bude analyzovat co nejširší spektrum rušivých podnětů. Pro zjednodušení byly vybrané rušivé vlivy seskupeny následovně:

- **Distrakce ve vozidle**

- manipulace s mobilním telefonem (s ohledem na právní předpisy v českém prostředí, které manipulaci s mobilním telefonem přímo zakazují, bude tato skupina analyzována zvlášť),
- jiná distrakce ve vozidle – manipulace se systémy ve vozidle (GPS, rádio, klimatizace, další systémy ve vozidle) nebo konzumace potravin a pití.

- **Distrakce z okolí vozidla** - primárně reklamní zařízení.

V omezené míře byl s využitím realizovaných výzkumných studií popsán a definován vliv vybraných vlivů na pozornost řidiče (primární problém 3). Variabilita v definici některých pojmů (zejména počátek a konec reakční doby) i metodice měření ovšem umožňuje pouze v omezené míře kvantifikovat vliv širšího spektra vybraných vlivů na pozornost řidiče v reálném provozu. Provedená rešerše rovněž dokládá absenci údajů o vlivu těchto rušivých podnětů na jednotlivé složky procesu zpracování informace řidičem. Pouze v omezené míře jsou při řešení této problematiky v současné době využívány moderní metody, resp. jejich kombinace (např. různé psychofyzikologické veličiny). Tato skutečnost dokládá nutnost nalézt vhodné metody pro analýzu vybraných rozptylujících vlivů a následně tyto vlivy kvantifikovat (primární problém 4 a 5).

S ohledem na náročnost a komplexnost těchto problémů a rovněž bezpečnostní, finanční, časová i personální hlediska je nutné omezit řešení stanovených problémů. Primární problémy 3, 4 a 5 proto byly reformulovány do podoby sekundárních problémů 3 a 4.

Nezbytné bude ověřit vhodnost metod navržených pro analýzu reakční doby, resp. jejích složek, pro kvantifikaci jednotlivých definovaných skupin rozptylujících podnětů na pozornost řidiče, z čehož vyplývá nutnost definice 3. sekundárního problému

- **Sekundární problém 3:** Nalézt vhodné metody umožňující kvantifikovat vliv jednotlivých skupin rozptylujících podnětů na reakční dobu řidiče, resp. její složky.

Na základě výsledků řešení sekundárního problému 3 bude dále detailně analyzován vliv vybraných rozptylujících podnětů na pozornost řidiče zejména s ohledem na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče, neboť právě odklon vizuální pozornosti je z hlediska vzniku dopravních nehod nejkritičtějším faktorem. Definován je tedy 4. sekundární problém:

- **Sekundární problém 4:** Ověřit vliv vybraných rozptylujících podnětů na pozornost řidiče zejména s ohledem na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče.

Stanoveny byly následující sekundární problémy:

1. Definovat reakční dobu a nalézt vhodné členění reakční doby pro účely analýzy distrakce pozornosti řidiče.
2. Nalézt vhodné moderní metody pro detailní analýzu reakční doby řidiče, resp. její složky.
3. Nalézt vhodné metody umožňující kvantifikovat vliv jednotlivých skupin rozptylujících podnětů na reakční dobu řidiče, resp. její složky.
4. Ověřit vliv vybraných rozptylujících podnětů na pozornost řidiče zejména s ohledem na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče.

Stanovené problémy jsou interdisciplinární, tedy vyžadují aplikaci znalostí z více oborů a řešení problémů v součinnosti několika disciplín.

4 METODY K DOSAŽENÍ STANOVENÝCH CÍLŮ

4.1 MODELOVÁNÍ PŘI ANALÝZE SILNIČNÍCH NEHOD

Při analýze silničních nehod v systémovém pojetí se užívá nejčastěji metod modelování (např. výpočtové nebo experimentální modelování). Modelování popisuje prof. Janíček [109] jako soubor činností realizovaných na modelu s cílem vyřešit problém. Model je soustavou všeho podstatného pro řešení problému, přičemž se jedná o prostředek k nepřímému řešení problému. Doc. Semela ve své práci mj. uvádí typy modelování, které jsou aplikovatelné při analýze nehod, a to mentální modelování, teoretické a formální modelování, experimentální modelování a simulační a výpočtové modelování. [195] Při řešení této dizertační práce a obecně při analýze dopravních nehod má nezastupitelnou roli experimentální modelování, resp. provádění experimentů.

4.2 EXPERIMENT V SYSTÉMOVÉM POJETÍ

4.2.1 Experimentální soustava při analýze ovlivnění pozornosti

Při analýze odklonu pozornosti řidiče jsou experimenty realizované na reálných, materiálních objektech – řidičích. Experimentálním objektem je tedy řidič, jehož vnímání případně reakční doba bude analyzována. S ohledem na skutečnost, že nejvíce informací získává řidič zrakem, budou využívány vizuální stimuly. Výsledky experimentu jsou závislé na vlastnostech experimentálního objektu. Vlastností ovlivňujících zjištěné výsledky je, jak dokládá provedená analýza současného stavu, celá řada - zejména se jedná o věk, zkušenost řidiče, zaměstnání, kvalitu zraku a stav osoby. Tyto faktory budou zohledněny při výběru experimentálních objektů.

Aktivačním objektem je osoba nebo předmět, který aktivuje zrakový orgán řidiče. V průběhu realizace experimentů se mezi experimentálním a aktivačními objekty vytváří optická vazba. Je-li aktivačním objektem osoba nebo vozidlo, je vhodné zachovat shodnost nebo alespoň maximální možnou obdobnost podnětu.

Aktivačním objektem při analýze reakční doby řidičů jsou zejména potenciálně kritické situace. Pro zajištění srovnatelnosti výsledků budou v průběhu experimentů využívány obdobné kritické situace včetně figurantů v případě analýzy chování řidiče v reálném provozu.

S ohledem na problematiku dizertační práce jsou nejdůležitější způsoby ovlivnění experimentálního subjektu. Cílem této práce je analyzovat projevy experimentálního objektu při různých způsobech ovlivnění pozornosti řidiče. Využity budou vybrané rušivé vlivy vymezené v rámci provedené literární rešerše – distraktory externí, a to ve vozidle i mimo vozidlo.

Možnost spatření aktivačního objektu dále ovlivňují podstatné skutečnosti, jakými jsou zejména světelné a povětrnostní podmínky nebo kontrastnost a proměnlivost aktivačního objektu vůči okolí. Z hlediska vlastnosti okolí budou při realizaci experimentů zajištěny obdobné světelné a povětrnostní podmínky.

4.2.2 Měřené veličiny

Podstatnými veličinami na experimentálním objektu (řidiči) je čas – resp. jeho reakční doba nebo doba trvání jednotlivých složek. Reakcí řidiče může být konání (brzdění, vyhýbání, akcelerace a jejich kombinace), ale také nečinnost. Je-li nezbytné vykonat aktivitu k odvrácení hrozícího nebezpečí je nezbytné, aby byla nadcházející

potenciálně kritická situace pro řidiče dostatečně adresná a zřetelná. Pro účely dosažení stanovených cílů budou při analýze reakční doby analyzovány pouze situace, které vyvolaly konání řidiče (zejména brzdění). Reační doba řidiče je analyzována v závislosti na stanovených podmínkách ovlivnění pozornosti. Z hlediska míry ovlivnění pozornosti je důležitá nejen reakční doba řidiče, ale také míra odpoutání pozornosti vybranými rušivými vlivy ve formě časové náročnosti vizuálního vnímání vybraných rušivých vlivů.

Okamžik umožňující aktivaci experimentálního objektu a reakce experimentálního objektu může být ovlivněn také vzdáleností mezi experimentálním a aktivačním objektem, resp. náhlostí daného podnětu. V některých případech proto bude analyzována i vzájemná vzdálenost jako jedna z veličin, která může být ovlivněna distrakcí pozornosti řidiče, příp. další veličiny (rychlost apod.).

4.2.3 Využité metody a zařízení

S ohledem na formulovanou problémovou situaci a definované problémy je pro řešení nutné primárně nalezení vhodné metody nebo kombinace relevantních metod, které umožní detailní analýzu reakční doby řidičů a vlivu rozptylujících podnětů na jednotlivé fáze zpracování informací. Jak udává Regan [172], přestože v rámci některých projektů již byly stanoveny metody pro analýzu distrakce, neexistuje univerzální set pro analýzu distrakce. Navržená využívaná řešení mohou být rozdílně spolehlivá, citlivá a validní.

Snahou bylo nalezení relevantních metod, které umožní zjistit, jaké složky reakční doby řidiče jsou rozptylujícími vlivy ovlivněny. Pro následující analýzu vybraných vlivů rušivých podnětů pak může být využito pouze zkoumání složek reakční doby, které jsou distraktory ovlivněny. Ověřovány a využívány byly metody eyetrackingu v kombinaci s vybranými metodami akvizice biosignálů popř. daty z vozidla.

Vybrané využité metody a měřící zařízení budou dále popsány v následujících podkapitolách. Pro přehlednost pak již nebudou dále detailněji uváděny v rámci popisovaného průběhu jednotlivých experimentů.

Eyetracking

Pro zkoumání vizuálního vnímání řidičů bývají využívány metody eyetrackingu. Eye-tracker je zařízení, které se používá pro měření očních pohybů. Účelem pohybů očí je zejména fixace objektu ve foveální oblasti. Pro účely této studie byla využita zařízení, které kombinují obraz z video kamer a odrazy infračerveného světla od zornice. [116] Při řešení této dizertační práce byly (zejména v závislosti na roku realizace dílčích studií) využity 4 různé typy měřících zařízení:

- Monokulární eyetracker Pupil lab
- Binokulární eyetracker Pupil lab
- Monokulární eyetracker ASL
- Binokulární eyetracker Dikablis Glasses.

Každé z těchto zařízení má svá specifika, s ohledem na jejich využití v rámci předmětné práce jsou nicméně dosažené výsledky srovnatelné.

Eyetracker Pupil lab (obr. 11) je tvořen lehkou náhlavní sadou. V závislosti na typu (binokulární nebo monokulární) je náhlavní sada osazena kamerami - jedna pro snímání okolního prostředí (maximální rozlišení 1920 x 1080, zorný úhel 90°) a jedna nebo dvě kamery pro snímání oka příp. obou očí řidiče (maximální rozlišení

640 x 480, infračervená kamera s IR filtrem, nastavitelné rameno kamery). Přesnost oční kamery je $0,6^\circ$ úhlu pohledu.



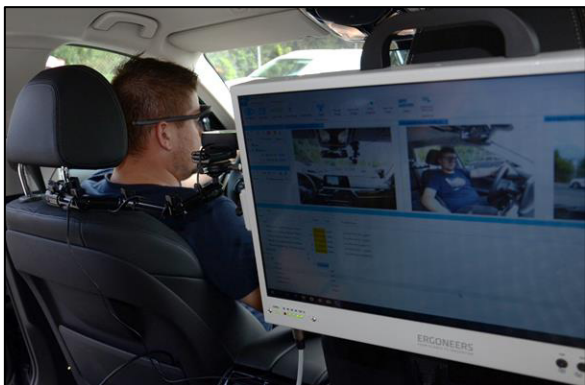
Obr. 11 Zařízení Eyetracker Pupil lab [264]

Eyetracker ASL Mobile Eye XG Unit (obr. 12) se skládá z Mobile Eye XG jednotky a brýlí (případně volitelně z brýlových obrouček pro uživatele s dioptrickými brýlemi), na kterých jsou umístěny 2 kamery s vysokým rozlišením - jedna kamera pro snímání okolí testované osoby (maximální rozlišení 1600×1200 , rozsah snímání 60° horizontálně a 40° vertikálně) a druhá kamera pro snímání pohybu pravého oka testované osoby. Dosažená přesnost oční kamery se pohybuje mezi $0,5^\circ$ a 1° .



Obr. 12 Zařízení Eyetracker ASL Mobil Eye [263], [25]

Eyetracker Dikablis Glasses 3 (obr. 13) je obdobné konstrukce a pracuje na shodném principu jako předchozí zařízení, konstrukce obsahuje dvě oční kamery (rozlišení 648×488 pixelů, frekvence 60 Hz) umožňující současné snímání obou očí řidiče a kameru snímající okolí (1920×1080 , 30 fps). Současně se jedná o zařízení implementované do akviziční jednotky VTK (Vehicle testing kit) od firmy Ergoneers, umožňuje tak synchronní záznam dat z eyetrackingu, dat z vozidla, kamer snímajících okolí vozidla i jeho interiér a dalších dat, která umožňují detailnější, a především přesnější, analýzu vnímání řidiče.



Obr. 13 Zařízení Eyetracker Dikablis Glasses [264]

Akvizice biosignálů

Pro účely nalezení relevantních metod byly ve spolupráci s Ústavem biomedicínského inženýrství, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně (ÚBMT FEKT VUT) testovány různé typy biosignálů pro účely analýzy chování a vnímání řidičů (např. elektrookulografie, elektrokardiografie, elektroencefalografie a elektromyografie). Testována byla rovněž různá zařízení pro snímání biosignálů – od těch jednodušších (např. zařízení TrueSense Kit) po sofistikovanější zařízení (bezdrátové zařízení Cometa, senzory a software Biograph Infinity od firmy Thought Technology Ltd. a další).

Pro účely analýzy reakční doby, resp. jejích složek, bylo jako nejefektivnější řešení navrženo využití kombinace eyetrackingu a elektromyografie (EMG). Elektromyografie je metoda, která slouží ke stanovení elektrické aktivity svalu.

Pro analýzu elektrické aktivity svalu bylo nejčastěji využíváno bezdrátové zařízení Cometa, které umožňuje snímání až 32 kanálů EMG, při vzorkovací frekvenci 2000 Hz. Systém se skládá ze sady 16 elektrod, na nichž je připevněna externí paměť. Software umožňuje zpracování off – line režimu, umožňuje ale rovněž sledovat data v on – line režimu, obsahuje také základní předzpracování získaných signálů.

Data o vozidle

V závislosti na designu navržených dílčích studií byla využívána rovněž vybraná data z vozidla. Při realizaci byla využívána různá vozidla (např. Škoda Octavia, Škoda Fabia, BMW 5, Peugeot 208, Volkswagen Passat), možnost získání dat o vozidle a jejich typ tak značně variuje.

Pro účely analýzy reakční doby řidiče byly vyžívány zejména údaje o sešlápnutí pedálu akcelérátoru nebo pedálu brzdy ze senzoru napojeného na sběrnici CAN vozidla. Současně byla v relevantních případech využívána také data o rychlosti nebo poloze vozidla.

Pro zjištění údajů o vozidle byl využíván VBOX Video HD2 nebo zařízení VTK od firmy Ergoneers. S využitím přístroje VBOX Video HD2 lze v reálném čase zaznamenávat video, data z CAN sběrnice vozidla a signál GPS. Tento typ přístroje VBOX je vybaven dvěma kamerami se snímkovací frekvencí 30 fps, pomocí nichž lze synchronně snímat exteriér vozidla i chování řidiče ve vozidle.

Zařízení VTK (obr. 14) od firmy Ergoneers obsahuje senzor napojený na sběrnici CAN vozidla a další zařízení (např. kamery, mikrofony, lokalizační systém GPS, senzor Mobileye umožňující snímání situace před

vozidlem apod.). Toto zařízení umožňuje s jistými omezeními realizaci měření v denní i noční době. V současné době je instalováno ve vozidle BMW, měřicí soustava nicméně může být s jistými limitacemi využita rovněž v libovolném jiném vozidle, případně v laboratorním prostředí.



Obr. 14 Zařízení VTK od firmy Ergoneers [262]

4.2.4 Fáze realizace experimentu

Experiment v systémovém pojetí analýzy silničních nehod se skládá z fáze návrhu, přípravy, realizace, vyhodnocení, verifikace a implementace závěrů.

Příprava experimentu zahrnuje zejména návrh obsahu činností, resp. struktury experimentu, stanovení cílů experimentu, vymezení experimentální soustavy a vymezení požadavků na experimentální soustavu a její okolí.

Návrh na provedení experimentu zahrnuje zejména stanovení cílů experimentu, podmínek pro jeho realizaci a metod pro dosažení cílů. Nutné je stanovit způsob měření vybraných veličin, včetně stanovení způsobu aktivace experimentálního objektu příp. ovlivnění. Nezbytné je také zajištění materiálního i personálního zabezpečení a stanovení a časového harmonogramu provádění experimentu. Důležitá jsou také bezpečnostní opatření, přestože mohou někdy do jisté míry limitovat vlastní realizaci (což se zejména týká realizace experimentů v reálném provozu bez omezení dopravy).

Realizace experimentu pak zahrnuje fázi přípravy experimentu, na níž navazuje samotná realizace. Příprava zahrnuje mj. pokyny pro osoby vykonávající experiment i samotné probandy, kontrolu podmínek pro realizaci experimentu, ale také samotnou přípravu měřicí trasy i techniky a osob. Po realizaci experimentu jsou získaná data vyhodnocena, verifikována a zjištěné závěry mohou být implementovány do praxe.

4.3 REALIZOVANÉ EXPERIMENTY

Pro účely splnění definovaných cílů a získání dostatečného množství relevantních dat bylo nezbytné provést značné množství dílčích experimentů s využitím různých přístupů i metod. Výstupy z dílčích ověřovacích experimentů nejsou pro přehlednost součástí práce. Samotná metodika výzkumu bude vždy stručně představena v dílčích kapitolách.

Pro analýzu chování řidičů bylo využito:

1. Jízdního simulátoru. Navržené měřicí metody a metodika měření byly primárně testovány v laboratorních podmínkách s využitím jízdního simulátoru. Řidiči reagovali na náhlé podněty v provozu (náhlé vběhnutí

chodce a zvěře, vjetí cyklisty apod.), příp. na další náhlé podněty. V simulovaných podmínkách byl analyzován také vliv vizuální i kognitivní distrakce na vybrané složky reakční doby prostřednictvím různých úkolů (počítání pozpátku, čtení čísel a znaků v průběhu jízdní zkoušky apod.).

2. Jízdních zkoušek na testovacím úseku. Po následné analýze získaných výsledků pak byla upravena metodika měření a ověřovány navržené kombinace měřících metod. Pouze metody validované prostřednictvím jízdního simulátoru byly dále ověřovány na zkušebním úseku.
3. Jízdních zkoušek v reálném provozu. Vzhledem k tomu, že chování řidičů v laboratorních podmínkách může být zkreslené, je jedním z hlavních přínosů této práce analýza chování řidičů v reálném provozu. V průběhu realizace nebyl vyloučen provoz ostatních vozidel ani omezen pohyb ostatních účastníků silničního provozu. V situacích, kde není analýza v reálném provozu z bezpečnostních důvodů možná, bylo snahou realizovat měření alespoň na zkušebním úseku, kde se podmínky reálnému provozu nejvíce blíží.

V rámci řešení dizertační práce tak byla realizována řada experimentů v různých podmínkách. Vybrané realizované experimenty ilustruje tab. 4.

Tab. 4 Vybrané realizované experimenty s cílem řešit definované problémy:

Způsob analýzy	Popis cíle experimentu	Sada měření – rok
Jízdní simulátor	Návrh a validace využitelnosti vybraných metod - akvizice vybraných biosignálů a eyetrackingu	2015, 2016, 2017
Reálný provoz	Využitelnost metody eyetrackingu pro analýzu chování řidičů v reálném provozu	2016, 2017
Testovací úsek	Validace vybraných svalových skupin	2016
Reálný provoz	Validace využitelnosti vybraných metod (EMG + eyetracking) v reálném provozu	2016
Testovací dráha letiště Vyškov	Analýza vybraných vlivů rušivých podnětů na pozornost řidiče s využitím eyetrackingu a EMG	2017
Testovací dráha letiště Vyškov	Analýza vybraných vlivů rušivých podnětů na pozornost řidiče s využitím dat z vozidla, eyetrackingu a EMG	2018
Testovací dráha letiště Vyškov	Analýza činnosti vybraných svalových v závislosti na typu reakce (EMG, eyetracking, data z vozidla)	2018
Reálný provoz	Analýza vlivu vybraných vizuálních rušivých vlivů na pozornost řidiče (eyetracking)	2017, 2018, 2019
Laboratorní testy	Verifikace využitelnosti vybraných metod při analýze řidičů s parkinsonovým onemocněním (eyetracking, EMG)	2018
Reálný provoz	Analýza vlivu vybraných rušivých vlivů při různých stavech řidiče a různých světelných podmínkách (eyetracking, data z vozidla, fyziologické veličiny, psychologické testování)	2019

5 DEFINICE REAKČNÍ DOBY PRO ÚČELY ANALÝZY NEPOZORNOSTI ŘIDIČE

Na informační přetížení lze pohlížet z hlediska smyslového vnímání, emočního a kognitivního. V jednu chvíli může na řidiče působit velké množství podnětů a úkolem řidiče je vyhodnocení těch nejdůležitějších s ohledem na situaci a adekvátně reagovat. Z hlediska smyslového vnímání je nejvíce zatížen zrak a sluch, z hlediska kognitivního pak paměť, pozornost, myšlení a rozhodování. Důležitou kognitivní proměnnou je také proces vnímání jako komplexní proces výběru a zpracování informací působících v daný okamžik na smysly řidiče.

Pozornost hraje klíčovou roli v tom, zda je řidič schopný včas zaregistrovat blížící se nebezpečí a učinit kroky ve snaze nebezpečí odvrátit. Ani samotné vnímání nebezpečí ale neznamená, že řidič bude schopen na něj včasně reagovat. Mezi vnímáním nebezpečí a realizací činností nutných k jeho odvrácení existuje prodleva (reakční doba). Reakční doba je v soudním inženýrství a zejména znalecké praxi jednou z hlavních veličin charakterizujících chování řidiče. Současně se jedná o jednu ze základních veličin, která umožňuje charakterizovat a kvantifikovat míru pozornosti řidiče.

Cílem této kapitoly je řešení definovaného sekundárního problému 1 (definice reakční doby a nalezení vhodného členění reakční doby pro účely analýzy disktrance pozornosti řidiče).

5.1 VYMEZENÍ REAKČNÍ DOBY A JEJÍCH SLOŽEK

Jak již bylo uvedeno v teoretické části, definice reakční doby, a rovněž její členění, se napříč jednotlivými studii značně liší. Variabilitu vykazuje rovněž používaná terminologie. Pro účely další analýzy vlivů rozptylujících podnětů na reakční dobu je proto nezbytné vymezení základní terminologie a složek reakční doby.

Ve znalecké praxi bývá reakční doba členěna na složku optickou, psychickou a svalovou [8]. Řada zahraničních pramenů využívá dělení reakční doby na percepční složku a složku pohybovou. Percepční složka v sobě zahrnuje dobu nutnou pro zpozorování podnětu a rovněž dobu nutnou pro zpracování podnětu centrální nervovou soustavou, tedy reakční dobu optickou i psychickou. Konec percepční složky a počátek složky pohybové je ohraničen začátkem viditelného pohybu, kterým řidič uvede v činnost zabezpečovací zařízení. Oddělení pohybové složky ovšem neposkytuje dostatečné oddělení procesu zpracování informace řidičem a motorické složky, neboť odezva svalu začíná již před počátkem viditelného pohybu.

Z tohoto důvodu bylo pro účely analýzy ovlivnění pozornosti řidiče rušivými vlivy autorkou navrženo odlišné členění reakční doby. Navržené členění vychází z provedené literární rešerše a je modifikováno s ohledem na cíle studie. Návrh vychází zejména z limitací, které byly při analýze současného stavu autorkou identifikované. Navržené členění může být využitelné rovněž pro další výzkumné studie a při řešení širokého spektra typů střetů. Definice a její využitelnost byla validována širokým spektrem realizovaných experimentů.

Reakční doba ve smyslu percepčně – reakční doby je pro účely analýzy rozptylujících podnětů vymezena dvěma základními složkami: percepční a svalovou složkou (viz obr. 15).

- Percepční složka zahrnuje detekci, identifikaci, rozpoznání objektu a rozhodnutí o způsobu reakce
 - vizuální složka zahrnující latenci, pohyb oka, fixaci a rozpoznání

- kognitivní složka zahrnující následné zpracování informace centrální nervovou soustavou, tedy dobu rozhodnutí.
- svalová složka, která zahrnuje aktivaci svalu a následnou motorickou odezvu, tedy viditelný pohyb končetiny.

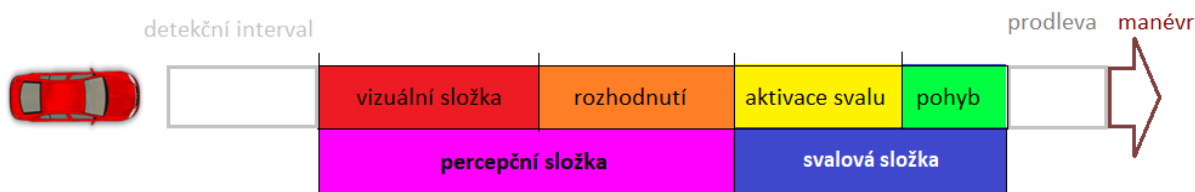
Z provedené literární rešerše rovněž vyplývá značná variabilita ve stanovení počátku reakční doby. S ohledem na současný stav poznání, provedenou analýzu a realizovaná pilotní měření v reálném provozu se jako nejvhodnější jeví stanovení počátku reakce v závislosti na typu podnětu.

Na základní úrovni lze rozlišit dva typy podnětů:

- podněty náhlé (vhození předmětu do vozovky, náhlý vstup chodce do vozovky zpoza zaparkovaných vozidel, případě náhlé zabrzdění vpředu jedoucího vozidla
- podněty s postupným nástupem (odbočování protijedoucího vozidla, chodec jdoucí po okraji vozovky apod.)

Jako počátek reakční doby je definován moment, kdy se podnět pro řidiče stává nebezpečným – např. v případě náhlého brzdění vpředu jedoucího vozidla je počátkem okamžik rozsvícení brzdových světel tohoto vozidla. V případech podnětů s postupným nástupem ovšem nelze jednoznačně definovat okamžik vzniku nebezpečí (např. chodec jdoucí po okraji vozovky). Pro účely takovýchto podnětů je jako počátek definován moment, kdy se objekt stává pro řidiče identifikovatelným, tedy dochází k překročení detekčního prahu (relevantní zejména při jízdě v noci). Viditelností chodce v noci se zabíral předchozí výzkumný projekt TAČR Ústavu soudního inženýrství, v němž se autorka spolupodílela na vyhodnocení dílčích výstupů. Pro účely výzkumů je nejčastěji počátek reakční doby analyzován při současné eliminaci vizuální složky s využitím první optické reakce řidiče na objekt.

S ohledem na skutečnost, že primárním cílem této práce je analýza lidského faktoru, do celkové reakční doby není započítána latence brzdového systému. Jako konec reakce je tedy označen moment dotyku brzdového pedálu, popř. jiný okamžik počátku provedení manévru za účelem odvrácení hrozícího nebezpečí.



Obr. 15 Autorkou navržená resp. modifikovaná definice reakční doby [261]

6 NÁVRH VHODNÝCH METOD PRO ANALÝZU REAKČNÍ DOBY ŘIDIČE

Pro analýzu vybraných vlivů rušivých vlivů na pozornost řidiče je primárně nezbytné nalézt vhodné moderní metody pro analýzu reakční doby jako základní veličiny charakterizující řidiče – nejen míru jeho pozornosti, ale také schopnost odvrátit kritickou situaci (sekundární problém 2). Pro účely nalezení relevantních metod a ověření jejich využitelnosti byla autorkou ve spolupráci s ÚBMI FEKT a CEITEC realizována série experimentů v laboratorních podmínkách s využitím jízdního simulátoru. Zkoušky na jízdním simulátoru byly následovány testováním na zkušebním úseku s cílem zejména verifikovat použitelnost navržené metodiky v reálném provozu.

6.1 NÁVRH METOD PRO ANALÝZU JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK REAKČNÍ DOBY

Základní veličinou, která v soudně-znalecké praxi charakterizuje chování řidiče jako experimentálního objektu a úroveň jeho pozornosti je reakční doba na vnější podněty. S reakční dobou se pak pojí rovněž časová náročnost vnímání rušivých podnětů během řízení. Navržené metody by měly umožnit analýzu jednotlivých složek reakční doby a zejména dobu jejich trvání. Pomocí navržených metod by mělo být možné ověřit, které složky reakční doby (resp. procesu zpracování informace) jsou vybranými rušivými vlivy ovlivněny. Současně by navržená metodika měření měla umožnit rovněž analýzu časové náročnosti vnímání těchto rušivých vlivů v kontextu dopravní situace.

Nejmodernější metodou, která umožňuje analýzu vizuálního vnímání, je metoda eyetrackingu. Eyetrackingové metody ale neumožňují analýzu celého procesu zpracování informace řidičem a následné reakce. Aby bylo možné ověřit, které složky jsou vybranými rušivými vlivy ovlivněny, je nutné data o vizuálním vnímání kombinovat s dalšími fyziologickými projevy řidiče. Aktuální psychofyziologický stav člověka lze analyzovat prostřednictvím somatické odezvy (např. svalové nebo mozkové aktivity, odezvy kardiovaskulárního systému). Testovány proto byly metody eyetrackingu v kombinaci s vybranými metodami akvizice biosignálů (zejména EEG a EMG, ale také např. EOG nebo EKG), popř. daty z vozidla (zejména údaje o sešlápnutí brzdového pedálu, ale také údaje o sešlápnutí pedálu akcelérátoru, rychlost vozidla, vzdálenost mezi vozidly, poloha vozidla a další).

S ohledem na navržené členění reakční doby se zaměřením na nezbytnost analýzy ovlivnění jednotlivých složek reakční doby vybranými distraktory byla jako nejvhodnější vybrána kombinace eyetrackingu a elektromyografie. Právě využití elektromyografie by mělo umožnit stanovení počátku aktivace svalu, a tedy oddělení složky svalové odezvy od percepční složky, resp. percepčně - kognitivní složky.

6.2 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ

Počátek percepčně – kognitivní složky je možné stanovit s využitím metody eyetrackingu, jehož využitelnost pro analýzu vizuálního vnímání řidičů dokládá provedená literární rešerše.

Pro detailnější analýzu svalové odezvy řidiče, zejména stanovení počátku svalové a motorické odezvy, byla zvolena metoda snímání elektrické aktivity povrchových EMG signálů. Kosterní svaly využívané pro analýzu svalové odezvy řidičů se napříč jednotlivými studiemi liší, ve většině výzkumů rovněž není odůvodněn výběr konkrétních svalů. Pro další analýzu svalové odezvy pomocí EMG proto bylo nutné vybrat relevantní svaly, které

poskytnou informaci o reakci řidiče během krizové situace, a analyzovat zapojení těchto vybraných svalových skupin během reakce řidiče.

6.2.1 Kosterní svalstvo

Fyzioterapeutkou Mgr. Olgou Gruberovou bylo vybráno celkem 18 kosterních svalů, a to 12 společných pro levou i pravou stranu trupu, 4 svaly pro pravou dolní končetinu a 2 svaly pro horní končetinu. Zvolené svalové skupiny měly přinést informace o posturální reakci řidiče před, během a po krizové situaci. Přehled funkcí a odůvodnění výběru svalových skupin je uveden v tab. 5.

Tab. 5 Svalové skupiny vybrané pro sledování aktivity pravé i levé poloviny trupu [290]

Sval	Sledovaná funkce	Odůvodnění
Svalové skupiny vybrané pro sledování aktivity trupu		
m. masseter	zavření úst a zatnutí čelistí	obranná posturální reakce
m. pectoralis major	opora horních končetin	odtlačení trupu od volantu
m. rectus abdominis	flexe trupu a zpevnění oblasti solaru	obranná posturální reakce
m. iliopsoas	flexe v kyčelním kloubu	nadzvednutí nohy od akcelérátoru
m. gluteus maximus	extenze v kyčelním kloubu	sešlápnutí brzdového pedálu
m. semitendinosus	flexe kolenního kloubu	pokrčení kolene v letové fázi
Svalové skupiny vybrané pro sledování aktivity pravé dolní končetiny		
m. gracilis	addukce v kyčelním kloubu	fáze posunu nohy vlevo
m. triceps surae	plantární flexe, postavení na špičku	sešlápnutí brzdového pedálu
m. tibialis anterior	dorsální flexe, přitažení špičky k tělu	první fáze opouštění akcelérátoru
m. peroneus longus	plantární flexe s pronací přednoží	stabilizace hlezna v opoře
Svalové skupiny vybrané pro sledování aktivity horní končetiny		
m. pronator teres	pronace (rotace)	otočení volantu
m. flexores digitorum longus	flexe	pevný úchop volantu

V rámci série experimentů na jízdním simulátoru následovaných jízdními zkouškami na testovacím úseku byla analyzována činnost vybraných svalů při reakci na různé podněty. Rozmístění elektrod bylo provedeno podle standardu SENIAM. [88]

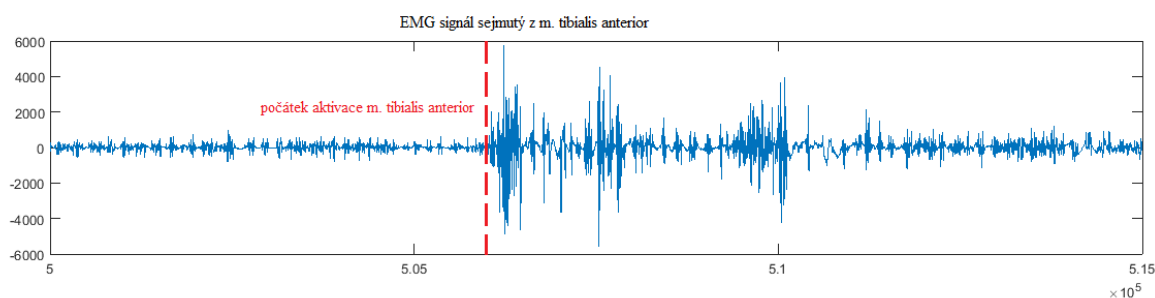
6.3 REALIZACE EXPERIMENTŮ

Pro ověření metodiky měření a jednotlivých typů metod měření byla realizována validace měřicího protokolu a navržených metod na jízdním simulátoru následovaná měřením na testovacím úseku. Probandi reagovali na předem definovaný podnět kombinací brzdění a vyhýbání. V laboratorním prostředí se jednalo buď o náhlé vběhnutí zvěře, chodce nebo cyklisty do jízdního koridoru nebo o reakci na červené světlo. Na testovacím úseku pak o reakci na brzdění vpředu jedoucího vozidla.

V průběhu realizovaných experimentů byla snímána svalová aktivita probandů s cílem analyzovat počátek aktivace vybraných svalových skupin při reakci na náhlý podnět.

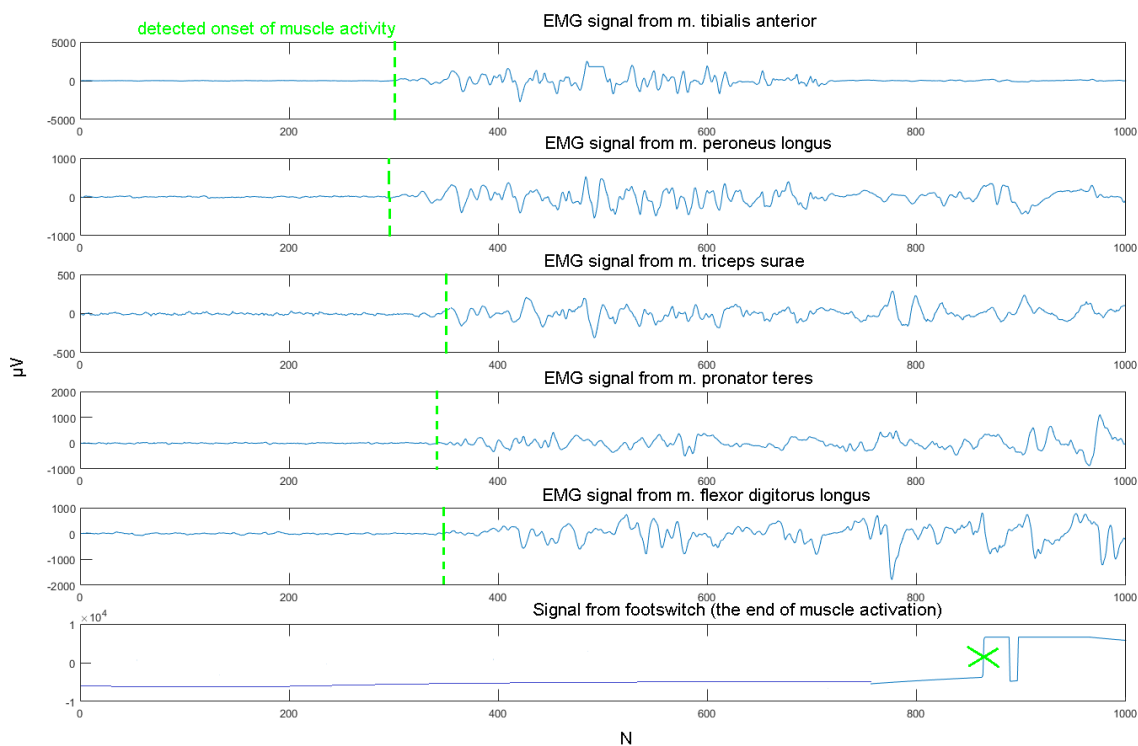
6.4 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

Pro účely stanovení počátku svalové složky byl Ing. Veronikou Svozilovou navržen a otestován algoritmus pro automatickou detekci počátků svalového vřeten. Signálové zpracování dat z EMG je podrobně popsáno v práci Ing. Svozilové [213], [214]. Příklad detekce počátku svalové aktivace jednoho ze snímaných svalů (zde konkrétně m.tibialis anterior) ilustruje obr. 16.



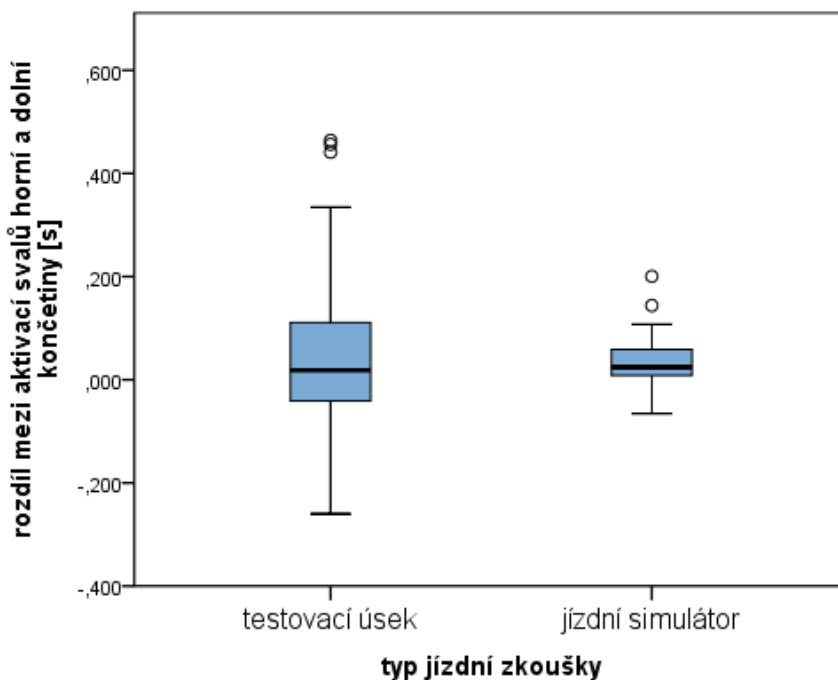
Obr. 16 EMG signál sejmутý z musculus tibialis anterior [301]

Na základě provedené analýzy získaných signálů bylo zjištěno, že na přesunu pravé dolní končetiny z pedálu akcelérátoru na pedál brzdy během reakce brzděním se nejvíce podílejí 3 svaly pravé dolní končetiny - m. tibialis anterior, m. peroneus longus a m. triceps surae. Pro porovnání rozdílů mezi aktivací svalů horní a dolní končetiny byla využita aktivace každého ze svalů horní a dolní končetiny, resp. svaly horní a dolní končetiny, k jejichž aktivaci došlo nejdříve. Příklad detekce počátku svalové aktivace vybraných svalů horní a dolní končetiny zobrazuje obr. 17.



Obr. 17 Svalová odezva vybraných svalů dolní a horní končetiny [268]

Následně byly analyzovány rozdíly mezi rychlostí aktivace svalů dolní a horní končetiny. Výsledky dokládají, že aktivace svalů horní a dolní končetiny může být simultánní. Shapiro – Wilksův test dokládá, že rozdíly mezi aktivací horní a dolní končetiny nemají normální (Gaussovo) rozložení ($p = 0,002$). Jednovýběrový Wilcoxonův test potvrzuje nulovou hypotézu, že se rozdíly mezi aktivací končetin se významně neliší od nuly ($p = 0,081$), tedy k aktivaci horní a dolní končetiny může docházet současně. Strategie reakce je ale ovlivněna naučeným chováním řidiče. Jak dokládají výsledné box – ploty (obr. 18), většina řidičů začíná reagovat aktivací dolní končetiny, tedy přesunem dolní končetiny z pedálu akceleračního na pedál brzdový, před aktivací horních končetin, které realizují vyhýbací manévr.



Obr. 18 Rozdíly v aktivaci svalů horní a dolní končetiny na testovacím úseku ($n = 4$) a na jízdním simulátoru ($n = 4$) [261]

Získané výsledky byly analyzovány nejen z hlediska doby trvání svalové odezvy, resp. jejího počátku, ale díky spolupráci s fyzioterapeutkou Mgr. Olgou Gruberovou (CEITEC) i z hlediska fyziologie a funkčního mechanismu. Aktivita svalů kyčelního kloubu měla ve výsledku menší výpovědní hodnotu o chování dolní končetiny během brzdění oproti svalovým skupinám zajišťujícím pohyb hlezenního kloubu. V první fázi krizové reakce, kdy noha opouští akcelerační, byla zaznamenána reakce nadzvednutí přednoží (tedy dorsální flexe) zajištěná aktivitou m. tibialis anterior s následnou pozdější aktivací flexorů kyčle. Ukončení fáze brzdění, tedy sešlápnutí brzdy, bylo primárně doprovázeno plantární flexí s pronací chodidla, kdy kvalita opory chodidla byla závislá na časovém sledu aktivace m. triceps surae a m. peroneus longus. Pro účely reakce horní končetiny byly analyzovány svaly předloktí. Detailně byly analyzovány svaly, které vyvolávají pevný úchop volantů a následný vyhýbací manévr. Ohyb prstů během sevření volantů je vyvolán primárně aktivitou musculus flexor digitorum longus, otočení volantů iniciuje pronace předloktí spojená s aktivitou musculus pronator teres. [301]

6.5 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Provedená měření na jízdním simulátoru i testovacím úseku potvrdila využitelnost elektromyografie pro stanovení počátku svalové odezvy řidiče při reakci brzděním i vyhýbáním. Navrženy a verifikovány byly rovněž svalové skupiny využitelné pro analýzu svalové odezvy.

Při následné analýze získaných signálů bylo zjištěno, že na zkoumaném pohybu (přesun pravé dolní končetiny z pedálu akcelérátoru na pedál brzdy během reakce brzděním) se nejvíce podílejí 3 svaly pravé dolní končetiny - m. tibialis anterior, m. peroneus longus a m. triceps surae. Pro další analýzu reakce řidičů brzděním případně jejich ovlivnění během řízení budou proto využívány tyto tři svaly. Jako počátek svalové reakce při brzdění je často uvažován počátek aktivace musculus tibialis anterior např. [39], [40], [194]. Většina realizovaných výzkumů nicméně probíhala v simulovaných podmínkách. Jak dokládá [12] strategie brzdění a s tím související svalová aktivita se v simulovaných podmínkách a při kritické situaci s reálným vozidlem liší.

Provedená měření potvrzují, že tibialis anterior je ve většině případů primárním aktivovaným svalem, v některých případech ale nemusí být tento předpoklad splněn a tibialis anterior nemusí být sval ohraničující počátek svalové odezvy. V případě kritického brzdění jsou nicméně odchylky mezi aktivací vybraných svalových skupin minimální nebo nulové.

Na základě získaných výsledků lze předpokládat, že k aktivaci svalů horní a dolní končetiny může docházet současně. Strategie způsobu reakce je ovlivněna chováním řidiče, jízdními návyky a řidičskou zkušeností. Při většině reakcí došlo primárně k aktivaci svalů dolní končetiny následované aktivací svalů horní končetiny.

Výstupy z ověřování metodiky výzkumu a vybrané výsledky byly autorským kolektivem publikovány např. v [301], [303], [290]. Realizovaná detailní analýza svalové odezvy rovněž nabízí širokou škálu aplikací pro analýzu reakčních časů konkrétních skupin řidičů s onemocněním nervosvalového systému. V rámci dalších studií realizovaných uvedeným autorským kolektivem (Svozilová, Gruberová, Bucsuházy) byli zkoumáni např. pacienti trpící Parkinsonovou chorobou [273], [275].

7 ANALÝZA VLIVU VYBRANÝCH DISTRAKTORŮ NA ZÁKLADNÍ KOMPONENTY REAKČNÍ DOBY – SVALOVOU A PERCEPČNÍ SLOŽKU

Pro účely forenzní praxe je jednou z nejdůležitějších veličin reakční doba ve smyslu percepčně – reakční doby, tedy doby od vzniku potenciální kritické situace, detekce vjemu následovaným rozhodnutím a činností k odvrácení nebezpečí. Pro účely analýzy nepozornosti řidiče je nezbytné oddělit primárně dvě základní složky – složku percepční a svalovou, tedy dobu aktivace svalu následovanou viditelným pohybem.

Ovlivnění jednotlivých složek se může lišit v závislosti na typu rozptylujícího podnětu. Většina distraktorů ale obsahuje více typů distrakce, nikoliv pouze jeden. Většina informací v silničním provozu je vnímána vizuálně, stejně tak většina distraktorů v silničním provozu obsahuje vizuální distrakci. Kognitivní distrakce je pak součástí každého z distraktorů. Kognitivní a vizuální složka proto nelze vždy zcela striktně oddělit.

Primárním cílem autorkou navrženého a realizovaného experimentu je ověřit možnost separátní analýzy základních složek reakční doby (percepce a svalové odezvy), ovlivnění těchto složek vybranými rušivými podněty a nalezení metod, které tuto analýzu umožňují. Cílem kapitoly je tedy nalézt řešení sekundárního problému 3 (nalezení vhodných metod umožňujících kvantifikovat vliv jednotlivých skupin rozptylujících podnětů na reakční dobu řidiče, resp. její složky). Pro účely této analýzy byla využita reakce brzděním, která je nejčtetnější reakcí na kritickou situaci.

7.1 PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

Pro analýzu vlivu vybraných distraktorů na základní komponenty reakční doby (svalovou a percepční složku) tvoří experimentální soustavu experimentální objekt, aktivační objekt a způsob ovlivnění experimentálního objektu. Experimentálním objektem bude vždy člověk – řidič, jehož reakční doba bude analyzována. Aby byla zajištěna vzájemná porovnatelnost získaných výsledků, budou vymezeny standardizované aktivační objekty.

Získání vzájemně porovnatelných výsledků vyžaduje také srovnatelnost podmínek (např. povětrnostní podmínky, ale také srovnatelné vozidlo a jeho okolí) za kterých je experiment realizován. Všechny experimenty budou realizovány ve dne, za nesnížené viditelnosti, na shodném úseku a se shodným měřicím vozidlem.

7.1.1 Účastníci měření

Experimentálními objekty jsou osoby - řidiči, jejichž reakční doba bude analyzována. Měření se celkově účastnilo 18 řidičů. Výsledky experimentu jsou závislé na vlastnostech experimentálního objektu. Z tohoto důvodu bylo snahou zajistit homogenní skupinu probandů zejména s ohledem na pohlaví, věk a zaměstnání, jako jedny z hlavních faktorů ovlivňujících reakční dobu. Probandy byli muži ve věku 25 – 44 let. Jednalo se o příslušníky PČR a AČR, u nichž lze předpokládat, že jejich kognitivní úroveň dosahuje minimálně průměru v populaci.

Stroopův test

Vzhledem k tomu, že cílem studie je analyzovat ovlivnění pozornosti probandů rozptylujícími podněty, byla ověřena rovněž jejich odolnost vůči rozptýlení. Pro analýzu byl využit Stroopův psychologický test, který patří ke klasickým výzkumným a diagnostickým nástrojům. Stroopův test je základním nástrojem pro analýzu

exekutivních funkcí frontálního laloku. Test umožňuje hodnocení kognitivního zpracování konfliktu, efektivity zaměřené pozornosti a funkce selektivní pozornosti a rychlost zpracování informace. Je považován za vhodný nástroj pro zjištění odolnosti vůči percepční resp. psychické zátěži. Provedený test dokládá, že kognitivní úroveň jednotlivých probandů se výrazně neodlišovala.

7.1.2 Měřící úsek

S ohledem na bezpečnostní rizika a rovněž nezbytnost zajištění standardizovaného náhlého podnětu nebyla měření realizována v běžném silničním provozu. Aby bylo maximálně eliminováno zkreslení výsledků, k němuž může docházet při simulátorových studiích, byla měření provedena s reálným vozidlem na testovacím úseku. Jako testovací úsek byla stanovena trasa na příjezdové komunikaci k letišti ve Vyškově s vyloučeným provozem ostatních vozidel.

7.1.3 Aktivační objekty

Jako aktivační objekty byly využity objekty, které aktivují zrakový orgán experimentálního objektu a vyvolají jeho reakci. Jako aktivační objekt bylo využito zejména náhlé brzdění vedoucího vozidla. Brzdění vedoucího vozidla zajišťuje rovněž navození podmínek obdobných reálnému provozu, neboť je řidič vystaven riziku ve formě možného nárazu do tohoto vedoucího vozidla. S ohledem na eliminaci předvídatelnosti podnětů, byli řidiči rovněž vystaveni dalším kritickým situacím (např. vhození krabice bezprostředně před vozidlo do koridoru jeho pohybu, vhození figuríny do jízdního koridoru vozidla, ale také vjetí jiného vozidla zleva z oblasti zakrytého výhledu přímo do jízdního koridoru testovacího vozidla). Jednalo se tedy o situace, ke kterým může běžně dojít v reálném provozu.

Vedoucí vozidlo

Jako hlavní aktivační objekt - zařízení pro analýzu chování řidičů byl ve spolupráci s Velitelstvím výcviku - Vojenské akademie ve Vyškově využit výcvikový simulátor nesený na upraveném vozidle Škoda Yeti (obr. 19). Tento simulátor je tvořen speciální pružnou nárazovou bariérou osazenou koncovými světly, která jsou propojena s brzdovými světly vedoucího vozidla. Simulátor je umístěn ve vzdálenosti 2 m za vedoucím vozidlem, díky čemuž je minimalizována možnost srážky vozidla vedoucího a testovacího.



Obr. 19 Realizace měření na zkušebním úseku s využitím simulátoru jízdy v koloně [261]

7.1.4 Ovlivnění pozornosti řidiče

Hlavním cílem tohoto experimentu je analyzovat ovlivnění jednotlivých složek reakční doby v závislosti na typu rozptylujícího podnětu. Ovlivnění experimentálního objektu bude vycházet z okolí experimentálního objektu – z interiéru i exteriéru vozidla.

- a) Interiér vozidla – pozornost řidičů byla rozptylována úkoly spojenými s manipulací s mobilním telefonem (napsat a vytočit telefonní číslo, napsat textovou zprávu) a úkony spojenými s manipulací se systémy ve vozidle (např. nastavení teploty ve vozidle, naladění rádia apod.). Řízení ovlivnění probíhalo prostřednictvím pokynů osoby řídící experiment (autorky práce). Ovlivnění experimentálního objektu bylo zajištěno vybranými distraktory.
- b) Okolí vozidla – v okolí testovací dráhy rozmístěny reklamní panely, figuríny chodců a další objekty, které měly za cíl odpoutat pozornost řidiče od situace před vozidlem.

Se způsobem ovlivnění nebyli probandi dopředu seznámeni. Současně rovněž s ohledem na minimalizaci předvídatelnosti měření nebyl ve všech případech, kdy byla řidičova pozornost ovlivněna, aktivován objekt, na nějž měl řidič reagovat.

7.1.5 Použité metody

Pro analýzu vizuálního vnímání řidiče v konkrétní jízdní situaci byla využita metoda eyetrackingu. S využitím eyetrackingu bylo možné ze získaného videozáznamu analyzovat okamžik vzniku potenciálního nebezpečí, resp. moment, kdy má řidič možnost vznikající kritickou situaci vnímat. Současně bylo možné analyzovat jednání řidiče před vznikem kritické situace, zejména stanovit situace, kdy byla řidičova pozornost před vznikem kritické situace ovlivněna.

Pro stanovení počátku svalové odezvy a oddělení svalové a motorické složky od percepce, resp. percepčně – kognitivní složky reakční doby byla využita metoda snímání elektrické aktivity svalu s využitím elektromyografie.

Smímána byla rovněž vybraná data z vozidla (zejména rychlost vozidla, poloha brzdového pedálu a pedálu akcelérátoru v %) a polohová data (GPS souřadnice vozidla). Pro zjištění údajů o vozidle byl využit VBOX Video HD2, pomocí něhož lze v reálném čase zaznamenávat video, data z CAN sběrnice vozidla a signál GPS. Pro určení pozice v lokálním souřadnicovém systému byly ve spolupráci s Fakultou elektrotechniky a komunikačních technologií použity 3 GNSS přijímače Trimble BD982. Kombinace těchto technik umožňuje analyzovat rovněž, zda řidiči při těchto úkonech využívají kompenzační techniky chování (snížení rychlosti, zvětšení podélné vzdálenosti mezi vedoucím a testovacím vozidlem apod.).

7.1.6 Měřené veličiny

Základní měřenou veličinou byl čas – resp. doba trvání jednotlivých složek reakční doby. Počátek vzniku potenciálně kritické situace byl označen jako počátek možné percepce řidiče. Percepční složka je ukončena počátkem aktivace svalu (překročením prahové hodnoty elektrické aktivity snímaných svalů). Svalová odezva je pak ohraničena počátkem aktivace svalu a dotykem brzdového pedálu.

Jako doplněk byla analyzována rovněž vzdálenost mezi testovacím vozidlem a aktivačním objektem. Ta byla využita pro analýzu přítomnosti kompenzačního chování při distrakci pozornosti řidiče. Analyzována byla hodnota vzdálenosti mezi vozidly v okamžiku vzniku potenciálně kritické situace, tedy v okamžiku počátku možné percepce.

7.2 NÁVRH NA PROVEDENÍ EXPERIMENTU

7.2.1 Metodika měření

Úkolem řidičů v testovacím vozidle byla jízda za vedoucím vozidlem. Řidiči měli dodržovat takovou vzdálenost za vedoucím vozidlem, kterou subjektivně hodnotili jako bezpečnou, tedy takovou vzdálenost, aby byli schopni včas bezpečně zastavit za vedoucím vozidlem. Řidič v rámci tohoto experimentu uplatňuje řadu kognitivních funkcí – zejména odhad vzdálenosti od vozidla, vnímání rychlosti a vzdálenosti, zrychlení a zpomalení, schopnost reakce a zhodnocení situace před vozidlem. Z bezpečnostních důvodů byla měření realizována při nízkých rychlostech - přibližně 30 km/h.

Jako počátek reakční doby byl v souladu s navrženou definicí reakční doby označen moment rozsvícení brzdových světel vedoucího vozidla, příp. okamžik, kdy řidič mohl spatřit objekt, který pro něj byl potenciálně nebezpečný (okamžik, kdy se v jízdním koridoru testovacího vozidla objevil potenciálně nebezpečný aktivační objekt). Konec reakční doby byl ohraničen momentem dotyku brzdového pedálu. Aktivace objektu byla realizována v předem definovaných situacích, resp. časových okamžicích, dle předem stanovené metodiky měření na základě domluvy mezi řidičem vedoucího vozidla a autorkou práce.

Ovlivnění pozornosti řidiče bylo v souladu s navrženou metodikou měření řízeno autorkou práce. Cílem byla analýza reakce řidiče na aktivační objekty brzděním resp. ovlivnění reakční doby vybranými rozptylujícími podněty. K ovlivňování pozornosti docházelo až po dosažení přibližně konstatní rychlosti vozidel.

7.3 REALIZACE EXPERIMENTU

7.3.1 Příprava jízdní zkoušky

V souladu s navrženou metodikou měření byly na počátku každého z realizovaných experimentů na tělo, resp. na vybrané svalové skupiny (m. tibialis anterior, m. peroneus longus a m. triceps surae), fyzioterapeutkou připevněny měřicí elektrody pro snímání EMG signálu. Současně byl proband vybaven brýlemi, umožňujícími analyzovat směr jeho pohledu (eyetracking). Eyetrackingové zařízení bylo nastaveno a zkalibrováno na každého z probandů. Vozidlo bylo nastaveno dle individuálních potřeb každého z probandů.

S metodikou měření nebyli řidiči dopředu obeznámeni. Řidiči se měření účastnili s cílem výcviku, konkrétně nácviku jízdy v koloně. Řidiči byli před jízdou instruováni, aby se během jízdy chovali stejně jako v reálném provozu a následovali vedoucí vozidlo za současného dodržení bezpečné vzdálenosti. Zároveň bylo řidičům sděleno, že budou za jízdy plnit různé úkoly.

Každý z probandů na počátku absolvoval zkušební okruh. Jednalo se o jízdu za vedoucím vozidlem bez současného ovlivnění pozornosti řidiče.

7.3.2 Kategorie distraktorů

Pro účely analýzy vybraných distraktorů na pozornost řidiče byly v souladu s definovanými vybranými rušivými vlivy analyzovány 4 základní kategorie:

- Bez distrakce pozornosti
- Manipulace s mobilním telefonem
- Jiná distrakce ve vozidle
- Distraktory v okolí (ostatní účastníci – chodci, řidič; figuríny; reklamní zařízení).

Distraktory z okolí vozidla nicméně nakonec nebyly do analýzy zařazeny, neboť nebylo získáno dostatečné množství reakcí, před nimiž by probandi sledovali prvky v okolí testovacího úseku, jako např. reklamní zařízení.

Skupina reakcí na potenciálně kritické situace (aktivační objekty) bez distrakce pozornosti byla využita jako referenční kategorie. Do druhé skupiny byly zařazeny distraktory spojené s manipulací s mobilním telefonem – psaní textové zprávy, vytočení telefonního čísla. Třetí skupina obsahuje ostatní libovolné distraktory v interiéru vozidla s výjimkou manipulace s mobilním telefonem, např. ladění rádia, úprava teploty ve vozidle, zapnutí klimatizace, podání předmětu z přihrádky ve vozidle, konzumace potravin, otevření lahve s vodou.

Příklad odklonu pozornosti řidiče v důsledku manipulace s mobilním telefonem během řízení včetně hodnot vzdálenosti mezi vozidly, rychlosti testovacího vozidla a reakční doby řidiče ilustrují následující obrázky - obr. 20, obr. 21. Ve druhém případě na obr. 21 došlo v důsledku distrakce při psaní textové zprávy ke zdvojnásobení reakční doby řidiče testovacího vozidla.



Vzdálenost od vedoucího vozidla [m]	Rychlost [km/h]	Reakční doba [s]	Za reakční dobu ujeté [m]
9,4	28	0,73	5,7

Obr. 20 Analýza rozptýlení pozornosti při manipulaci s mobilním telefonem [261]



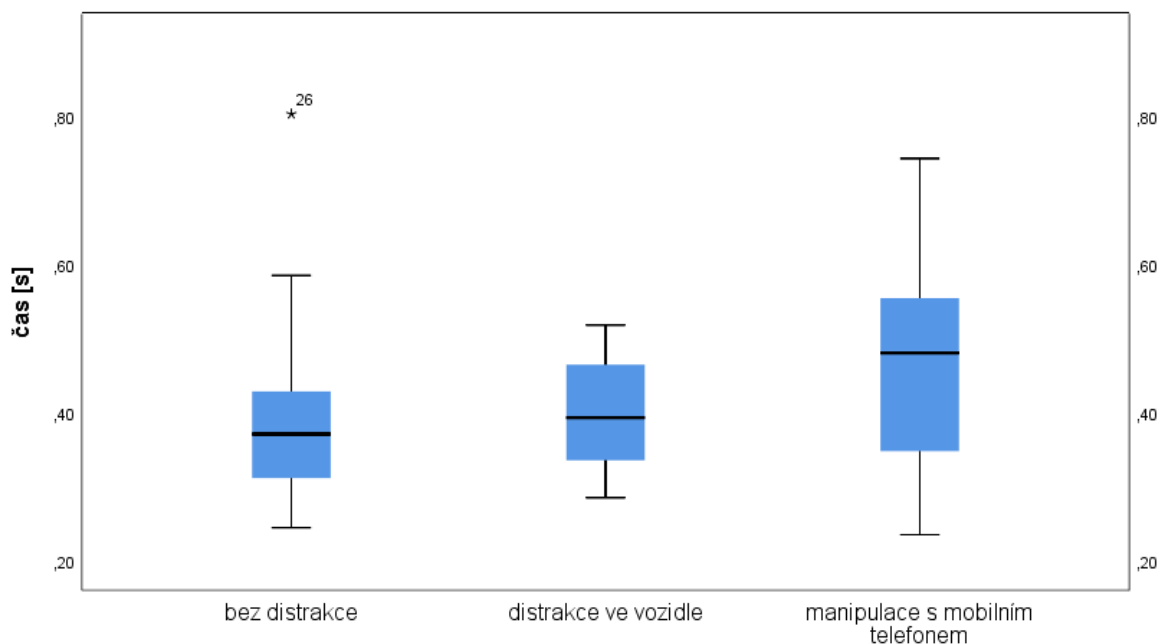
Vzdálenost od vedoucího vozidla [m]	Rychlost [km/h]	Reakční doba [s]	Za reakční dobu ujeto [m]
18,9	23	1,4	9,3

Obr. 21 Analýza rozptýlení pozornosti při manipulaci s mobilním telefonem a současném zdvojnásobení reakční doby [261]

7.4 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

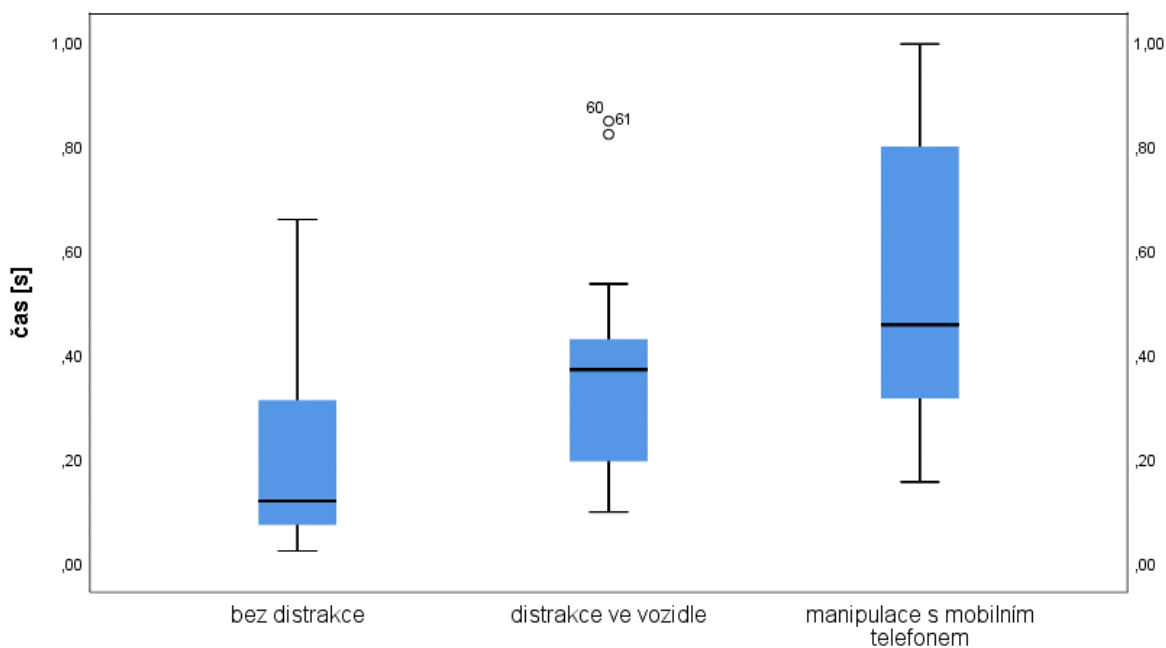
Analyzován byl vliv vybraných rušivých vlivů na reakční dobu řidičů, resp. její základní definované složky. Oproti referenční skupině (bez distrakce pozornosti) byla analyzována percepční a svalová složka zjištěná při reakci probandů při rozptýlení jejich pozornosti. Distribuce dob trvání jednotlivých složek reakční doby není normální (Gaussova), ale na levé straně mírně rostoucí s protáhlou pravou částí v souladu s výsledky uvedenými např. v [117].

Zjištěné doby svalové odezvy byly porovnány s použitím neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Provedený test dokládá, že rozdíly ve svalové odezvě mezi jednotlivými skupinami (skupina 1 - bez distrakce, skupina 2 – distrakce ve vozidle, skupina 3 - manipulace s mobilním telefonem) nejsou statisticky signifikantní. Získané výsledky ilustrují následující box ploty na obr. 22. S využitím dat z vozidla (data o používání pedálu akcelérátoru a brzdového pedálu) bylo možné analyzovat detailněji i jednotlivé složky svalové odezvy. Statisticky analyzovány byly tedy i doby nezbytné pro přesun dolní končetiny a doby mezi počátkem aktivace svalu a počátkem viditelného pohybu (tedy doby nutné pro aktivaci svalu). Ani mezi těmito hodnotami nebyly statisticky významné rozdíly.



Obr. 22 Box plot doby svalové odezvy při rozpýlení vybranými podněty

Kruskal-Wallisův test indikuje statisticky významný rozdíl ($p = 0,00$) v závislosti na typu distrakce u percepční složky. Vícenásobné porovnání s využitím Mann-Whitney testu ukazuje statisticky významné rozdíly mezi všemi třemi skupinami ($p = 0,00$ mezi skupinami 1, 2 a také mezi skupinami 1 a 3, $p = 0,05$ mezi skupinami 2 a 3). Největší prodloužení percepční složky reakční doby je spojeno s manipulací s mobilním telefonem, což mj. dokládají box ploty na obr. 23.



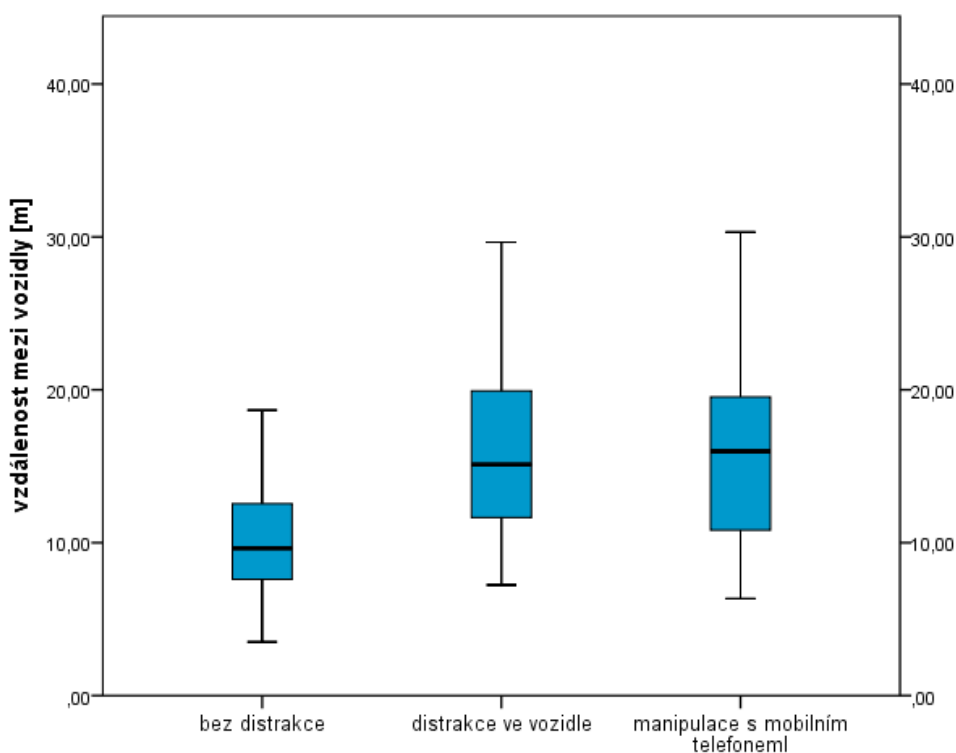
Obr. 23 Box plot dob trvání percepční složky při rozpýlení vybranými podněty [261]

Zjištěné hodnoty jednotlivých složek reakční doby, včetně celkové reakční doby ilustruje tab. 6. Tyto hodnoty byly dosaženy při reakci na brzdění vedoucího vozidla na zkušebním úseku. Lze tedy předpokládat limitace získaných výsledků vzhledem k jisté očekávanosti podnětu a nižší hustotě informací ve srovnání s reálným provozem. Tyto faktory ovlivňují zejména rychlost rozhodnutí probandů.

Tab. 6 Zjištěné hodnoty na zkušebním úseku při reakci brzděním [261]

Zjištěné hodnoty na zkušebním úseku	bez distrakce	manipulace se zařízeními ve vozidle	manipulace s mobilním telefonem
Svalová složka [s]	0,2 – 0,5	0,3 – 0,5	0,2 – 0,7
Percepční složka [s]	0,1 – 0,6	0,1 – 0,9	0,2 – 1,0
Reakční doba [s]	0,3 – 1,1	0,4 – 1,4	0,4 – 1,7

Během testu byla snímána rovněž vzdálenost mezi vozidly a rychlost obou vozidel. Distraktory byly do měření zařazeny až v okamžiku, kdy byla rychlost obou vozidel přibližně konstantní a každý z řidičů udržoval subjektivně vnímanou bezpečnou vzdálenost od vedoucího vozidla. Získané hodnoty vzdáleností nemají homogenní rozptyly. Provedené vícenásobné porovnání dokládá statisticky signifikantní rozdíly při dodržování bezpečné vzdálenosti bez distrakce a vzdálenostmi mezi vozidly v případech, kdy byla pozornost řidičů rozptýlena ($p = 0.00$ v obou případech). Při porovnání vzdáleností mezi vozidly v případech distrakce ve vozidle a manipulaci s mobilním telefonem nejsou rozdíly statisticky signifikantní. Na základě získaných výsledků (obr. 24) lze tedy konstatovat, že v případě vysoké hustoty toku informací využívají řidiči kompenzační techniky - zvýšení vzájemné podélné vzdálenosti mezi vozidly resp. snížení rychlosti vozidla.



Obr. 24 Box plot vzdáleností mezi vozidly při rozptýlení vybranými podněty [261]

7.5 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Jak vyplývá z provedené literární rešerše, přestože se řada studií zabývá vlivem vybraných distraktorů na pozornost řidičů, většinou bývá vybrána pouze jedna ze sledovaných veličin, resp. typu distraktorů. Řada studií, která se zaobírá vlivem distrakce na reakční dobu, pak využívá pro analýzu pouze vybranou složku reakční doby (vizuální rozptýlení a kvantifikaci vlivů rušivých podnětů na tuto složku – studie zaobírající se eyetrackingem; vliv na vizuální a kognitivní složku – PDT), přičemž ovšem není provedena verifikace, zda tyto distraktory ovlivňují rovněž motorickou složku reakční doby.

V rámci řady studií je rovněž analyzován vliv distraktorů na percepčně – detekční složku, na niž navazuje moment pohybu dolní končetiny. Součástí percepčně – detekční složky je ovšem doba nutná pro aktivaci svalu, která předchází viditelnému pohybu a není tak zcela patrná, zda distrakce skutečně ovlivňuje dobu nutnou pro zpozorování podnětu a rozhodnutí nebo rovněž svalovou odezvu. V současné době využívané metody tak dostatečně nereflektují proces zpracování informace, resp. neumožňují oddělit percepčně – kognitivní složku od doby svalové odezvy, tedy doby nezbytné pro aktivaci svalu a následné motorické složky. Provedená studie dokládá využitelnost kombinace metod eyetrackingu a elektromyografie pro komplexní analýzu chování řidiče a ovlivnění jeho pozornosti vybranými rušivými vlivy.

Hlavní limitací provedené studie je realizace mimo běžný provoz. S ohledem na nezbytnost maximální možné standardizace podmínek a s ohledem na bezpečnostní rizika ovšem nebyla realizace této studie v reálném provozu možná. Je ale nutné podotknout, že většina studií, které se zaobírají analýzou reakční doby při ovlivnění pozornosti řidiče, není realizována v reálném provozu. Většinou se jedná o simulátorové studie, které nezahnují ani stres řidiče z případné kolizní situace. Dosažené výsledky dokládají prodloužení reakční doby při manipulaci s mobilním telefonem o cca 70 %, tedy větší navýšení, než bylo prokázáno TRL při simulátorové studii, které dokládá nárůst reakční doby při psaní textové zprávy z 1,2 s na 1,6 s [169]. Obě studie se ale shodují v závěru, že reakční doba řidičů je při psaní textové zprávy nejdelší.

S ohledem na tuto limitaci studie, a tedy realizaci mimo reálný provoz, nebylo primárním cílem studie získání výsledků umožňujících kvantifikaci vybraných skupin distraktorů na reakční dobu, ale zejména ověření, zda vybrané distraktory ovlivňují všechny složky reakční doby. Získané výstupy potvrzují hypotézu, že distrakcí je ovlivněna pouze percepční složka reakční doby.

Jak uvádí Young a kol. na základě provedené literární rešerše [247], neexistuje mnoho studií, které by se zaobíraly kompenzačním chováním řidičů při distrakci pozornosti. Z tohoto důvodu byla součástí provedené studie rovněž analýza rozdílů mezi vzdálenostmi udržovanými probandy od vedoucího vozidla. Dosažené výsledky dokládají přítomnost kompenzačního chování při ovlivnění pozornosti. Snížení rychlosti při psaní textové zprávy dokládá rovněž Redd [169] a Kircher [119]. Obě tyto studie jsou ale realizované na jízdním simulátoru.

Další limitací realizované studie může být případný vliv náhlosti podnětu na rychlost reakcí, tedy za předpokladu, že řidič během distrakce zvýší vzdálenost od vedoucího vozidla, resp. sníží rychlost, podnět – brzdění vedoucího vozidla může vykazovat odlišnou míru kritičnosti. S ohledem na množství realizovaných měření ale není možná takto komplexní analýza získaných výsledků. Současně lze předpokládat, že řidiči dodrželi stanovené pokyny, které zahrnovaly rovněž informaci o nezbytnosti co nejrychlejší reakce. Dílčí výstupy týkající se subjektivní vzdálenosti byly publikovány v [285].

8 OVĚŘENÍ VYUŽITELNOSTI NAVRŽENÝCH METOD V REÁLNÉM PROVOZU A ANALÝZA KOGNITIVNÍ SLOŽKY REAKČNÍ DOBY

Využitelnost navržených metod je nezbytné verifikovat rovněž v reálném provozu, tedy verifikovat řešení sekundárního problému 3 (nalezení vhodných metod umožňujících kvantifikovat vliv jednotlivých skupin rozptylujících podnětů na reakční dobu řidiče, resp. její složky).

Distrakce pozornosti řidiče je nicméně značným bezpečnostním rizikem a přináší tedy významnou limitaci při realizaci měření v reálném provozu. Zákon přímo předepisuje řidičům věnovat pozornost řízení, zejména je řidičům zakázáno při jízdě držet v ruce nebo jiným způsobem telefon nebo jiné hovorové/záznamové zařízení. Vědomá distrakce řidiče při současném zařazení náhlých nečekaných podnětů (zejména reakce na chodce) současně zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody. V rámci další analýzy chování řidiče v reálném provozu a verifikace navržené metodiky měření proto nebude zařazena vědomá distrakce probandů.

8.1 PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

Cílem experimentu je ověřit využitelnost navržených metod měření s využitím kombinace eyetrackingu a snímání biosignálů v reálném provozu. Navržená metodika měření (jak dokládají předchozí realizovaná měření) dovoluje oddělení percepčně – kognitivní složky a svalové odezvy. V rámci tohoto měření bude analyzováno vnímání řidičů při reakci na různé podněty.

8.1.1 Účastníci měření

Experimentálními objekty jsou osoby - řidiči, jejichž reakční doba bude analyzována. Reakční dobu a zejména svalovou odezvu může ovlivňovat zejména věk a řidičská zkušenost. Aby byly navržené metody využitelné pro široké spektrum účastníků, byly analýze podrobeny dvě velmi odlišné skupiny probandů – nezkušení mladí řidiči – studenti ($n = 5$), věkový průměr 26 let, zkušení řidiči – příslušníci PČR ($n = 6$), věkový průměr 45 let. Značné věkové rozpětí probandů a rozdílná řidičská zkušenost by měly zajistit dostatečnou validaci vybraných metod a stanovených svalových skupin.

8.1.2 Aktivační objekty

Aktivačními objekty pro účely tohoto experimentu budou podněty, na které řidič v běžném silničním provozu reaguje. Pro ověření výběru relevantních metod a snímaných veličin bylo nutné zahrnout do měření široké spektrum podnětů, které vyžadují reakci řidiče. Každý řidič byl vystaven třem typům podnětů – podnětům očekávaným a nenáhlým, podnětům očekávaným, ale náhlým a podnětům neočekávaným.

Podněty očekávané a nenáhlé, jsou takové podněty, které řidič v reálném provozu může očekávat, případně vidět na dostatečnou vzdálenost. Příkladem takového podnětu může být např. značka P6 Stůj, dej přednost v jízdě. Na takovéto podněty řidič reaguje postupným, nenáhlým brzděním. Očekávanou situací může být rovněž chodec, který vstupuje na přechod, pokud na něj nevstupuje v bezprostřední vzdálenosti před vozidlem.

Každý z řidičů byl před jízdou instruován, že na předem stanovený signál spolujezdce (mávnutí deskou) má co nejrychleji zastavit. Takovýto podnět lze označit jako očekávaný, nicméně náhlý. Jako neočekávaný podnět

bylo využito vhození míče do trajektorie vozidla. Pro navození nebezpečnosti této situace byl míč vhozen do jízdního koridoru vozidla zpoza řady zaparkovaných vozidel v jednosměrné ulici v blízkosti dětského hřiště. Simulována tedy byla typická situace vyučovaná v autoškole, při níž by řidič měl očekávat vběhnutí dítěte do vozovky. Na neočekávané, náhlé podněty reagují řidiči stejně jako v předchozím případě kritickým brzděním.

Z hlediska charakteru motorické odezvy lze proto podněty rozčlenit na podněty, na něž řidič reaguje postupným brzděním a na kritické brzdění. Členění podnětu z hlediska charakteru motorické odezvy současně koresponduje s uvedenými typy podnětů v reálném provozu, které tak lze zjednodušeně označit jako podněty náhlé (očekávané i neočekávané) a podněty nenáhlé, tedy podněty s postupným náběhem. Podněty s postupným nástupem nejsou, jak dokládá D'Addario [41], příliš často analyzovány.

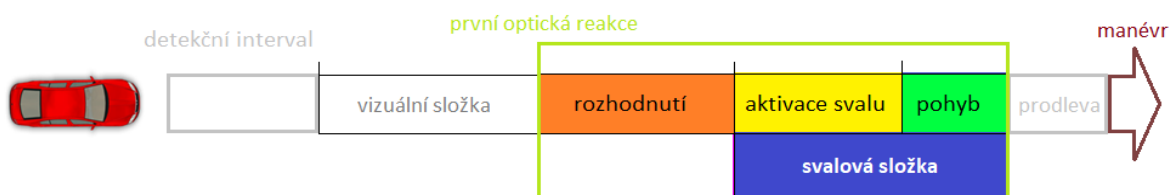
8.1.3 Měřicí úsek

Pro účely validace navržených metod byl stanoven měřicí okruh v intravilánu v centru města Brna, v běžném městském provozu. Řidiči byli vystaveni širokému spektru dopravních situací – křížení tramvajového pásu, přejíždění různě stavebně provedených přechodů pro chodce, jízda jednosměrnou ulicí, křižovatky různých typů, odbočování vlevo apod.

8.1.4 Použité metody a měřené veličiny

Pro komplexní analýzu reakční doby řidiče bylo v souladu s předchozími měřeními využito kombinace metod eyetrackingu a elektromyografie. Analyzována byla doba trvání jednotlivých složek.

S využitím elektromyografie byla analyzována svalová složka reakční doby v reálném provozu při reakci na různé podněty. Využití metody eyetrackingu umožňuje analyzovat tzv. moment první optické reakce, tedy moment, kdy je poprvé podnět fixován řidičem, tedy zobrazen v ostré ose vidění řidiče. S ohledem na limitace eyetrackingu související s vnímáním podnětů, které nevyžadují významnou změnu pohledu, lze využít předpokladu uvedeného Bradáčem [8], že je-li podnět v zorném poli řidiče, je vizuální složka reakční doby nulová. Je-li vizuální složka reakční doby eliminována, lze separátně analyzovat kognitivní složku reakční doby, tedy přibližně stanovit dobu nezbytnou pro rozhodnutí řidiče. Jedním z výstupů této dílčí analýzy tak bude doba nezbytná pro rozhodnutí řidiče v reálném provozu. Analyzované složky reakční doby ilustruje schéma na obr. 25.



Obr. 25 Definice reakční doby [261]

8.2 NÁVRH NA PROVEDENÍ EXPERIMENTU

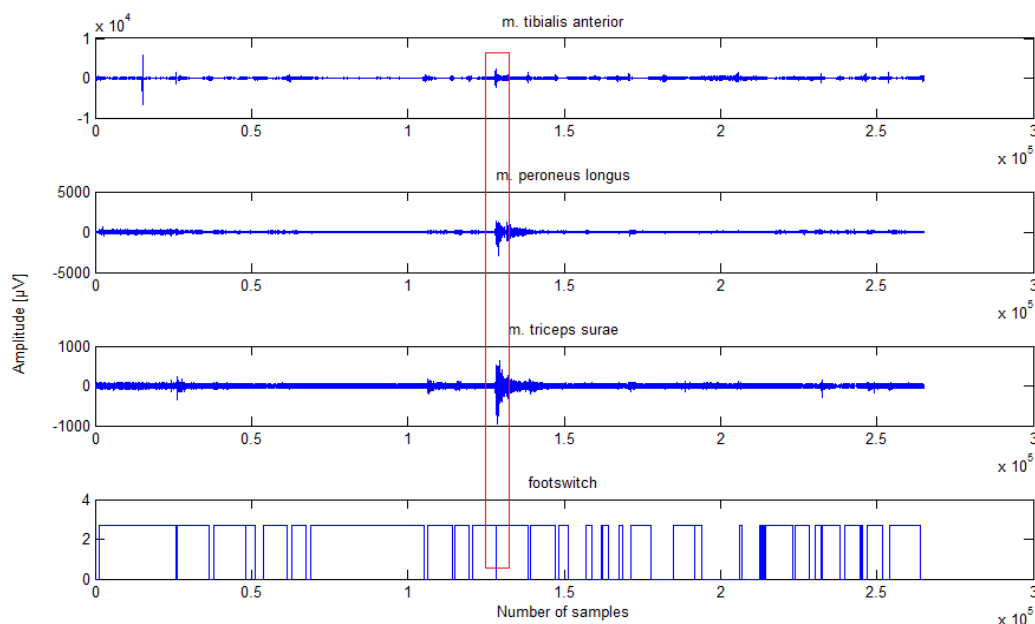
Pro účely verifikace využitelnosti navržených metod v reálném provozu nebylo chování řidičů žádným způsobem ovlivňováno. Cílem je analyzovat chování řidičů v reálném provozu na podněty, které se v městském provozu běžně vyskytují. Pro zajištění standardizovaných podmínek bylo na měřicím úseku vytvořeno několik

modelových potenciálně nebezpečných situací. Řidič v rámci tohoto experimentu uplatňuje řadu kognitivních funkcí – zejména schopnost zhodnotit situaci v silničním provozu, rychlost reakce, odhad vzdálenosti a rychlosti.

8.2.1 Metodika měření

Vzhledem k velmi rozdílnému charakteru podnětů, a především rozdílnému stupni nebezpečnosti těchto podnětů, byl pro účely měření počátek reakce řidiče stanoven jako moment první optické reakce. Jedná se o okamžik, kdy řidič poprvé spatří objekt, resp. jej poprvé zafixuje v ostré oblasti vidění. Shodná definice počátku reakce dovoluje vzájemné porovnání získaných výsledků. Konec kognitivní složky je ohraničen počátkem svalové odezvy, tedy pohybem pravé dolní končetiny korespondujícím s brzděním.

Svalová odezva byla signálově ohraničena počátkem svalové aktivity a hranou signálu sejmutého z tlakového senzoru umístěného při akvizici EMG signálu na pravém chodidle řidiče. Hrana signálu reprezentuje okamžik prvního kontaktu mezi pravou dolní končetinou a brzdovým pedálem (viz obr. 26). Používání brzdového pedálu bylo kromě analýzy dat z tlakového senzoru na chodidle analyzováno také s využitím dat z vozidla.



Obr. 26 Aktivace vybraných svalových skupin dolní končetiny [301]

8.3 REALIZACE EXPERIMENTU

8.3.1 Příprava jízdní zkoušky

V souladu s navrženou metodikou měření byl na počátku každého z měření proband vybaven eyetrackingovými brýlemi a na jeho tělo, resp. předem stanovené svalové skupiny (m. tibialis anterior, m. peroneus longus a m. triceps surae), umístěny elektrody umožňující snímání EMG signálu. Eyetrackingové zařízení bylo nastaveno a zkalibrováno na každého z probandů. Prvky vozidla (zpětná zrcátka, sedačka, volant) byly nastaveny dle individuálních potřeb každého z probandů.

Řidiči nebyli seznámeni s průběhem ani cílem experimentu. Úkolem probandů byla jízda v běžném městském provozu na předem stanovené trase při současném dodržování pravidel silničního provozu. Řidiči byli instruováni, aby se chovali stejně jako při běžné jízdě. O počátku každého z měření byli informováni figuranti, kteří na stanovené trase zabezpečovali vybrané modelové situace – vhození míče do jízdního koridoru vozidla, vstup chodce do vozovky apod. Všichni účastníci měření byli poučeni o bezpečnostních rizicích.

8.3.2 Realizace jízdní zkoušky

V průběhu realizace měření byl každý z probandů vystaven modelovým situacím, které byly součástí plánovaného experimentu (např. vstoupení figuranta do vozovky, vhození míče to trajektorie vozidla). Současně byl ovšem každý z probandů vystaven také dalším situacím v reálném silničním provozu (vběhnutí dítěte do vozovky, vjetí jiného vozidla do jízdního koridoru, brzdění vpředu jedoucího vozidla, apod.). Rovněž tyto situace byly zařazeny do výsledné analýzy výsledků. Takovéto situace byly přiřazeny do jednotlivých stanovených skupin aktivačních veličin v závislosti na charakteru motorické odezvy.

Do analýzy byly zařazeny pouze objekty, na které řidič reagoval brzděním. Objekty, na které řidič fyzicky nereagoval (např. z důvodu nedostatku času pro reakci) nebyly do analýzy zahrnuty. Pro účely této studie nebyly analyzovány rozdíly mezi vnímáním jednotlivých řidičů, např. s ohledem na řidičskou zkušenost.

Příklady z realizace jízdních zkoušek ilustruje obr. 27. Zobrazeny jsou dvě z modelových situací, na které měl řidič reagovat brzděním. Zobrazené situace jsou pořízeny z videozáznamu z eyetrackingu, přičemž růžový kruh ilustruje fixace a růžová čára přesun mezi fixacemi. Levý obrázek ilustruje pohled řidiče na chodce přecházejícího po přechodu včetně reakce brzděním (indikováno mj. diodou na palubní desce). Pravý obrázek pak zobrazuje optickou reakci řidiče na náhlé vhození míče do jízdní trajektorie vozidla.



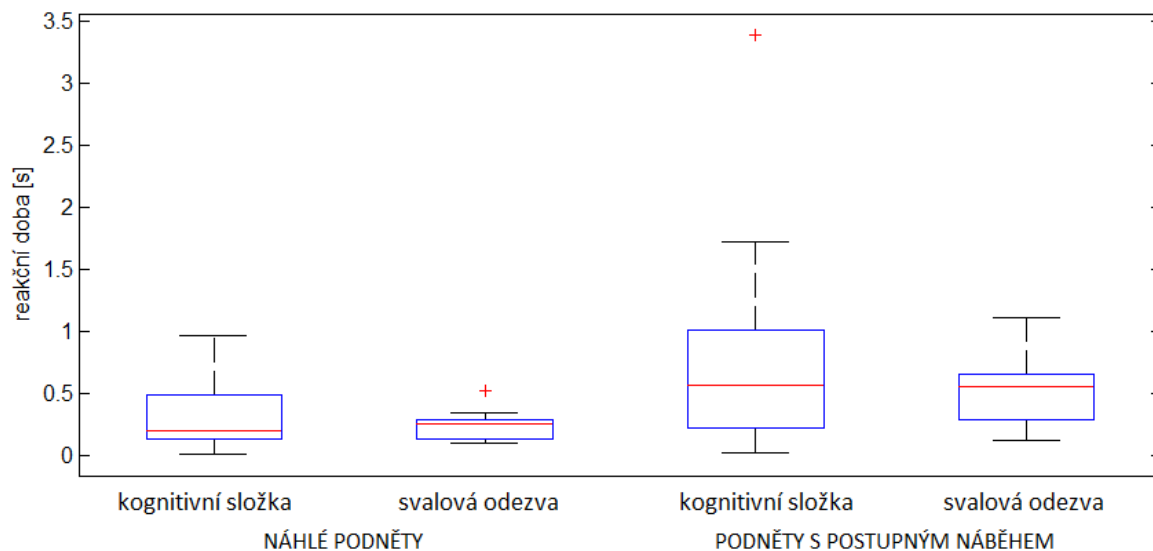
Obr. 27 Vnímání podnětů v reálném provozu [261]

8.4 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

Získané doby jednotlivých složek reakční doby v závislosti na typu brzděné reakce ilustruje následující box plot na obr. 28. První typ podnětu (podnět s postupným náběhem) byl reprezentován postupným brzděním (např. očekávané vstoupení chodce do vozovky na přechodu pro chodce, červené světlo na semaforu), druhým typem reakce bylo kritické brzdění, a to na podněty náhlé. Průměrná doba potřebná pro rozhodnutí při kritickém brzdění byla 0,27 s. Průměrná hodnota doby svalové odezvy činila 0,21 s.

Podněty s postupným náběhem se vyznačují vyšším rozptylem hodnot, což je v souladu s vyšší variabilitou procesu rozhodování řidičů. Nižší hodnoty korespondují se situacím, kdy řidič podnět vnímal jako

neočekávaný, resp. náhlý. Oproti tomu vyšší hodnoty korespondují s defenzivním způsobem jízdy, kdy řidič předvídal potenciální kritickou situaci, která v reálném provozu může nastat. Reagoval tedy např. již na skutečnost, že se může na přechodu pro chodce vyskytnout chodec, tedy na samotnou značku přechodu pro chodce, nikoliv až na chodce přecházejícího na přechodu pro chodce.



Obr. 28 Box plot dob trvání jednotlivých složek reakční doby [301], [261]

8.4.1 Diskuse výsledků

Jak je uvedeno v [112], hlavní limitací eyetrackingu je stanovení doby vizuální reakce způsobené situací, která nevyžaduje významné změny v pohledu. V souladu s Bradáčem [8] je využit předpoklad, že je-li objekt přímo v zorném poli řidiče, je doba vizuální složky nulová. Navržená metodika měření, která definuje počátek na základě první optické reakce na podnět, umožňuje analyzovat dobu nezbytnou pro rozhodnutí a dobu celkové svalové odezvy zahrnující aktivaci svalu předcházející viditelnému pohybu dolní končetiny. Doba pro rozhodnutí byla stanovena jako moment mezi počátkem fixace objektu, na který řidič reagoval, a počátkem svalové odezvy svalů dolní končetiny. Doba potřebná pro rozhodnutí nebývá v publikovaných studiích definována, přičemž se jedná o složku reakční doby, která může být využitelná při řešení střetů různých typů v oblasti analýzy silničních nehod.

Definice počátku fixace objektu, na nějž řidič reagoval, byla realizována s využitím metod eyetrackingu. Analyzované výstupy dokládají v případě některých reakcí také defenzivní chování řidičů, kdy se řidiči snažili předvídat potenciálně kritické situace v reálném provozu. V případě reakce řidičů na chodce přecházejícího po přechodu pro chodce většina řidičů nereagovala na okamžik spatření chodce, ale již na existenci samotného přechodu pro chodce. Kognitivní proces může být ovlivněn nikoliv pouze situací v provozu, ale také osobnostními predispozicemi nebo zkušeností řidiče.

Provedená studie potvrdila využitelnost navržených metod (kombinace elektromyografie a eyetrackingu) pro analýzu reakční doby řidiče, resp. jejích složek. Analýza svalové odezvy s využitím elektromyografie umožňuje přesnější oddělení kognitivní složky a svalové odezvy, neboť umožňuje oproti době přesunutí nohy z pedálu plynu na pedál akcelérátoru analyzovat i dobu potřebnou k aktivaci svalu, která předchází viditelnému pohybu.

9 ANALÝZA VLIVU VYBRANÝCH DISTRAKTORŮ NA VIZUÁLNÍ POZORNOST ŘIDIČŮ

Cílem kapitoly je nalézt řešení sekundárního problému 4 (Ověření vlivu vybraných rozptylujících podnětů na pozornost řidiče zejména s ohledem na analýzu časové náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče).

Provedená měření na testovacím úseku potvrdila navrženou hypotézu, že distrakce pozornosti řidiče neovlivňuje významně svalovou složku reakční doby, ale pouze složku percepční. S ohledem na bezpečnostní rizika nelze do měření v reálném provozu při současné analýze distrakce pozornosti zařadit reálné podněty, na něž řidič reaguje.

Jak uvádí Klauer [111] i Dingus [42], distrakce vyžadující odvrácení zraku řidiče od vozovky je potenciálně více nebezpečná než pouze kognitivní rozptýlení. Wierwille a Tijerina [242] dokládají značnou korelaci mezi expozicí odpoutání zraku od vozovky (průměrná doba pohledu x počet pohledů x frekvence) a četností nehod.

Na základě získaných výsledků byla proto pozornost věnována primárně podnětům, které vyžadují odpoutání pohledu řidiče od vozovky. Tyto podněty lze obecně dělit na podněty ve vozidle (navigační systémy, manipulace s telefonem, radiem nebo dalšími systémy ve vozidle, konzumace potravin a pití apod.) a v okolí vozidla (zejména reklamní zařízení). S cílem získat pro účely soudně inženýrské praxe kvantifikované údaje týkající se časového náročnosti vnímání podnětů odpoutávajících pozornost řidiče bude analyzováno široké spektrum těchto podnětů s využitím shodné metody měření – metody eyetrackingu.

9.1 DISTRAKTORY V OKOLÍ VOZIDLA - REKLAMNÍ ZAŘÍZENÍ

Přestože ke vzniku většiny dopravních nehod vede především selhání lidského faktoru, v řadě případů je spolupůsobícím vlivem rovněž provedení dopravní infrastruktury. Nevhodné provedení dopravního prostoru může vést k přetížení mentální kapacity řidiče. Na řidiče z okolí vozidla působí řada podnětů. V některých případech se jedná o podněty podstatné pro řízení – např. dopravní značení. V okolí pozemních komunikací se ale vyskytují rovněž prvky, jejichž primárním účelem je zaujmout pozornost řidiče – reklamní zařízení.

V České republice se v současné době jedná o poměrně aktuální problematiku. V roce 2012 vešel v platnost zákon zakazující umístění reklamních zařízení v ochranném pásmu dálnic a silnic prvních tříd, po uplynutí pětileté ochranné lhůty pak měla být všechna existující zařízení v tomto prostoru odstraněna. S ohledem na tuto právní úpravu lze oprávněně očekávat, že reklamní zařízení budou přesunuta do okolí místních komunikací zejména do městských částí. I přes tuto zákonnou úpravu se ale doposud v ochranném pásmu silnic prvních tříd a dálnic stále vyskytuje značné množství reklamních zařízení. Cílem pilotní studie proto bylo analyzovat vliv reklamních zařízení s ohledem na časovou náročnost vnímání reklam v okolí komunikací.

Jak je uvedeno v ADVERT [237], je jasně prokázáno, že čím blíže je billboard umístěn standardnímu směru pohledu řidiče, tím více přitahuje pozornost řidičů. Jak vyplývá z provedené literární rešerše, problematikou reklamních zařízení se zabírala řada studií. Analyzovány byly zejména různé typy reklam – světelné, statické, dynamické apod. Pouze okrajově je analyzován vliv velikosti reklamních zařízení na pozornost řidičů – např. jedna

ze studií se zaobírá vlivem velikosti LED billboardů. Z tohoto důvodu bylo hlavním cílem analyzovat časovou náročnost v závislosti na velikosti reklamních zařízení.

9.1.1 Analýza ovlivnění pozornosti reklamních zařízení v závislosti na velikosti reklamních zařízení

Jak vyplývá z provedené literární rešerše, jednou z nepříliš zkoumaných oblastí vlivu reklamních zařízení na pozornost řidiče je časová náročnost vnímání reklamního zařízení v závislosti na jeho rozměrech. Existuje pouze omezené množství údajů o této problematice, zejména v reálném provozu. Z tohoto důvodu byly autorkou realizovány rovněž experimenty s cílem kvantifikovat vliv reklamních zařízení v závislosti na jejich velikosti.

Příprava experimentu

Účastníci měření

Experimentálními objekty jsou řidiči, u nichž bude analyzováno vnímání reklamních zařízení. Studie se zúčastnili řidiči (muži) ve věku 24 až 55 let ($n = 30$, průměrný věk = 32) s minimálním ročním nájezdem vyšším než 20 000 km. Všichni účastníci této studie byli bez zdravotního a kognitivního postižení.

Vymezení typu reklamních zařízení

Pro účely této studie byla analyzována jakákoliv venkovní reklama umístěná v okolí silnice. Vzhledem k frekvenční reprezentaci každého typu reklamy na trasách byla reklamní zařízení v závislosti na velikosti rozdělena do tří skupin – billboardy, bigboardy a megaboardy, malá reklamní zařízení.

Nejčastějšími typy reklamy jsou billboardy, standardní velikost billboardu je 5,1 x 2,4 m. Tento typ reklamy byl analyzován odděleně. Celkem bylo analyzováno 120 billboardů. Častým typem reklamy jsou také bigboardy (9,6 x 3,6 m) nebo megaboardy (12 x 6 m, 16 x 9 m, 24 x 8 m). Na těchto třech trasách bylo 63 bigboardů a megaboardů. Ve městě jsou také reklamní zařízení na sloupech, reklamní tabule a další menší reklamní zařízení. Vzhledem k různorodosti typů reklamy byla tato reklamní zařízení analyzována v jedné skupině. Celkem bylo analyzováno 160 menších reklam.

Měřicí úsek

Většina realizovaných studií analyzovala odpoutání pozornosti s využitím jízdního simulátoru. Cílem této studie byla oproti tomu analýza v reálném provozu. Experimenty byly realizovány na třech různých trasách ve městě. Analyzované měřicí úseky byly dlouhé 9, 12 a 16 km. Měření byla prováděna v reálném silničním provozu za obdobných povětrnostních podmínek.

Metodika měření

V průběhu experimentu byl každý řidič vystaven různým situacím v běžném městském provozu - chodcům (včetně chodců/figurantů) na přechodech pro chodce, křižovatkám (včetně odbočování vlevo), křižovatkce s tramvajovou cestou atd. V průběhu analýzy vizuálního odpoutání pozornosti reklamními zařízeními nebyla pozornost řidičů dále cíleně zatěžována jinými rušivými podněty. Pro účely analýzy vizuálního vnímání bylo využito metody eyetrackingu.

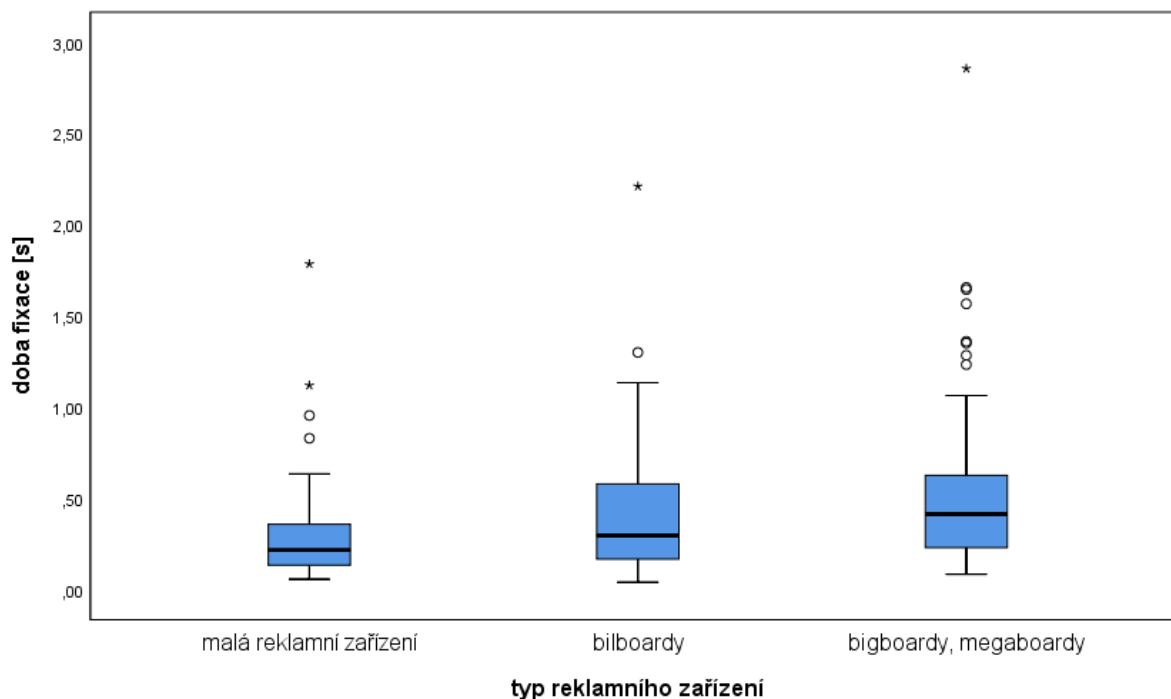
Realizace experimentu

Na počátku každého z realizovaných experimentů byli řidiči vybaveni eyetrackingovými brýlemi, které umožňují analyzovat dobu odpoutání pohledu od vozovky. Analyzována byla celková doba fixace na reklamní zařízení, ale také doby přesunu pohledu od vozovky směrem k reklamnímu zařízení. Eyetrackingové zařízení bylo nastaveno a zkalibrováno na každého z probandů. Chování řidičů v průběhu experimentu nebylo žádným způsobem regulováno. Řidiči nebyli seznámeni s účelem experimentů, byli instruováni, aby se chovali stejně jako při běžné jízdě.

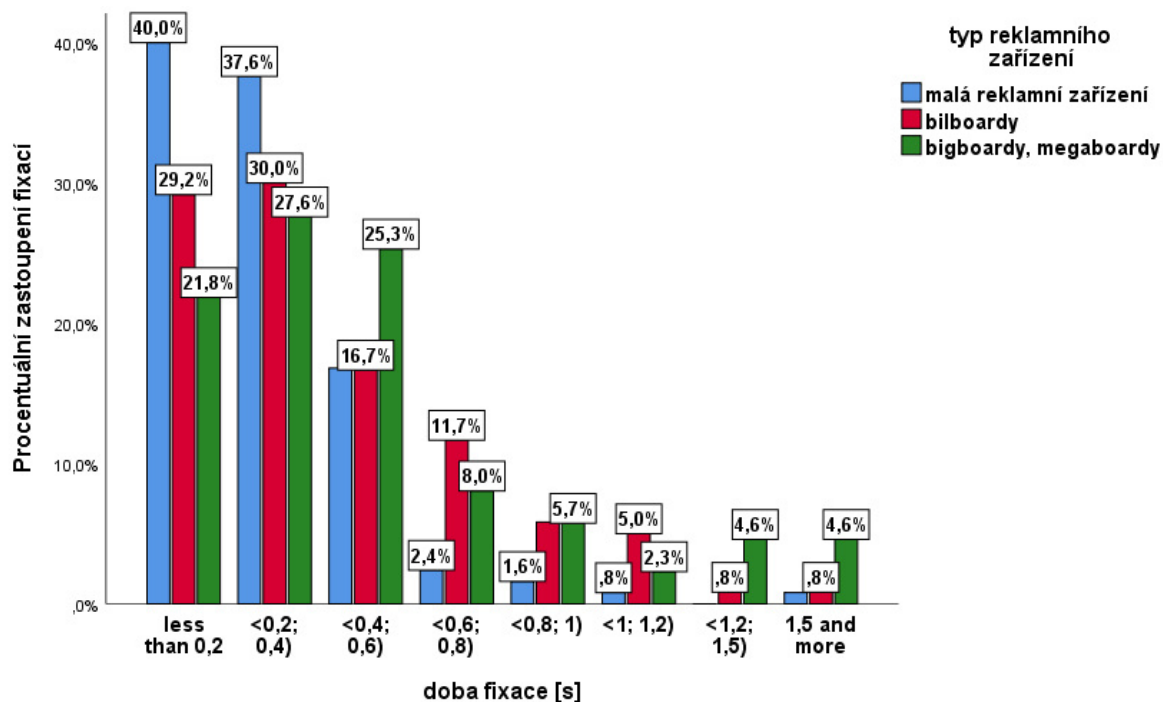
Analýza výsledků

Cílem provedených měření byla analýza doby fixace i doby přesunu pohledu v závislosti na typu (resp. velikosti) reklamního zařízení. Distribuce doby fixace není normální (Gaussova), ale na levé straně mírně rostoucí s protáhlou pravou částí (viz obr. 30). Výsledky získané na jednotlivých testovacích trasách byly porovnány s použitím neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Tento test neukázal statisticky významné rozdíly mezi délkou fixace na stejný typ reklamy na různých testovacích trasách. Doby fixace pro jednotlivé typy reklamy proto mohou být analyzovány společně nezávisle na zkušebním úseku. Výsledky této analýzy také naznačují, že délka pohledu na reklamu závisí nejen na osobě a obsahu reklamy, ale také na typu (velikosti) zařízení.

Kruskal-Wallisův test indikuje statisticky významný rozdíl ($p = 0,00$) v závislosti na typu reklamy. Na základě vícenásobného porovnávání lze říci, že rozdíl mezi billboardy a bigboardy s megaboardsy není statisticky významný. Rozdíl mezi těmito skupinami a menšími reklamními zařízeními je však statisticky významný. Získané hodnoty dob fixace v závislosti na velikosti resp. typu reklamního zařízení ilustruje box plot na obr. 29.



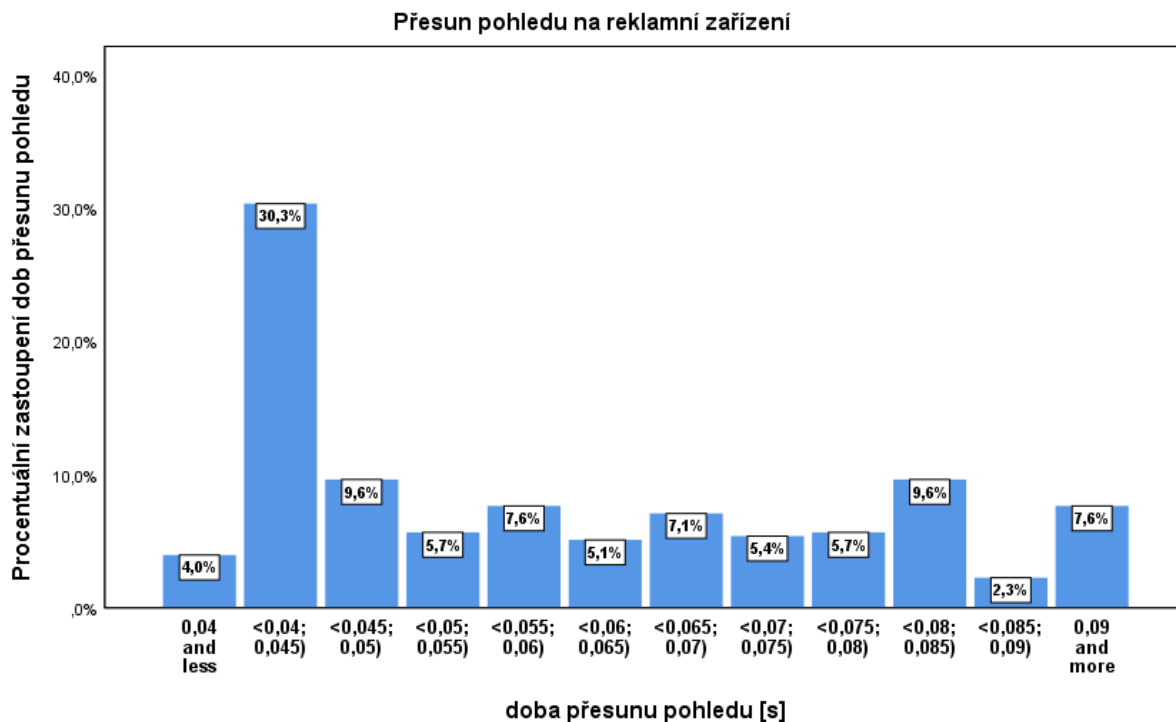
Obr. 29 Box plot dob fixace na reklamní zařízení v závislosti na jejich velikosti [261]



Obr. 30 Distribuce dob fixace na reklamní zařízení v závislosti na jejich velikosti [261]

Distribuce dob fixace na reklamní zařízení v závislosti na jejich velikosti resp. typu (obr. 30) ukazuje, že drtivá většina fixací na malá reklamní zařízení (téměř 80 %) je kratší než 0,4 s, 94 % pohledů na malá reklamní zařízení je kratší než 0,6 s. Delší doby fixace na malá reklamní zařízení jsou spíše ojedinělé. V případě billboardů, bigboardů a megaboardsů je však procento pohledů delší než 1 s výrazně vyšší - cca 7 % v případě billboardů a cca 12 % v případě bigboardů a megaboardsů.

Celková doba odpoutání pohledu zahrnuje nejenom dobu fixace, ale také dobu přesunu pohledu z vozovky na reklamní zařízení. Analyzované doby přesunu pohledu se statisticky významně neliší v závislosti na typu (resp. velikosti) reklamního zařízení. Získané hodnoty proto byly analyzovány dohromady. Distribuci dob nezbytných pro přesun pohledu z vozovky na reklamní zařízení ilustruje následující graf na obr. 31.



Obr. 31 Distribuce dob přesunu pohledu na reklamní zařízení [261]

Diskuse výsledků

Vliv reklamních zařízení na pozornost řidičů během řízení byl analyzován řadou studií. Přestože nebyl jednoznačně prokázán vztah mezi přítomností reklamních zařízení a nehodovostí, dokládají realizované dopravně – psychologické studie vliv těchto zařízení na pozornost řidiče. Průměrná doba odpoutání pohledu reklamními zařízeními se v zahraničních studiích pohybuje v rozmezí od 0,4 do 0,8 s.

V rámci provedené literární rešerše byla nalezena pouze jedna studie, která se zabývá vlivem velikosti reklamy na vnímání řidičů. Zalesinska [251] uvádí, že čím větší byl statický billboard, tím delší byla reakční doba. Studie je ovšem zaměřena pouze na analýzu LED billboardů. Cílem této studie proto bylo analyzovat vliv různých typů reklamy z hlediska velikosti. Získané výsledky byly publikovány na mezinárodní vědecké konferenci CETRA [276].

Získané výsledky dokládají, že všechny typy reklamy (bez ohledu na velikost) ovlivnily pozornost řidiče. Průměrná doba pohledu na reklamní zařízení byla 0,4 s. Souhrnná analýza různých typů reklamy vykazuje statisticky významné rozdíly. Zatímco mezi dobami fixací na billboardy, bigboardy a megaboardy nebyly statisticky významné rozdíly, doba pozorování na malých reklamních zařízeních byla oproti ostatním typům výrazně menší. Úprava právních předpisů týkajících se provedení dopravního prostoru by tedy měla být primárně zaměřena na odstraňování větších reklamních zařízení.

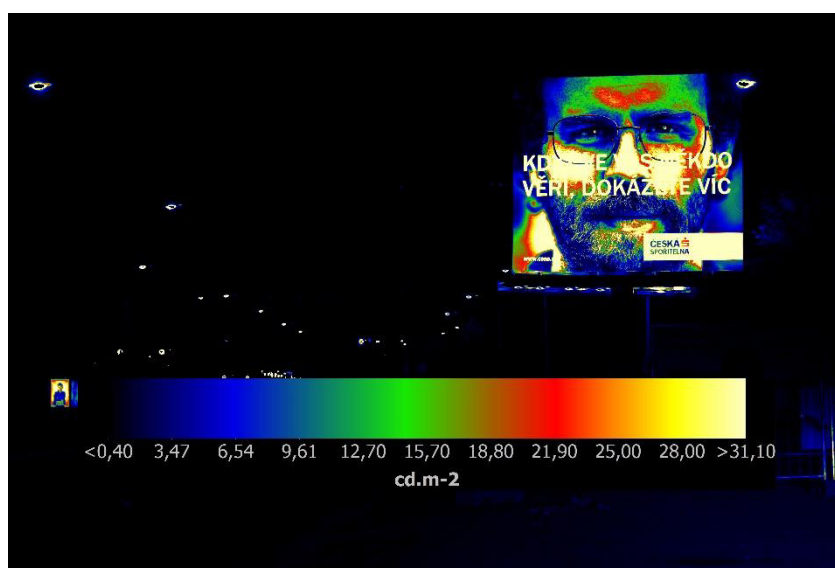
Další výzkum v této oblasti

V rámci dalších analýz odpoutání pozornosti řidiče by měla velikost reklamních zařízení být vztažena rovněž k dalším charakteristikám, zejména světelně – technickým parametrům. Světelně – technické parametry a charakteristiky nasvícení reklamních zařízení nejsou dle názoru autorky v současné době dostatečně prozkoumány.

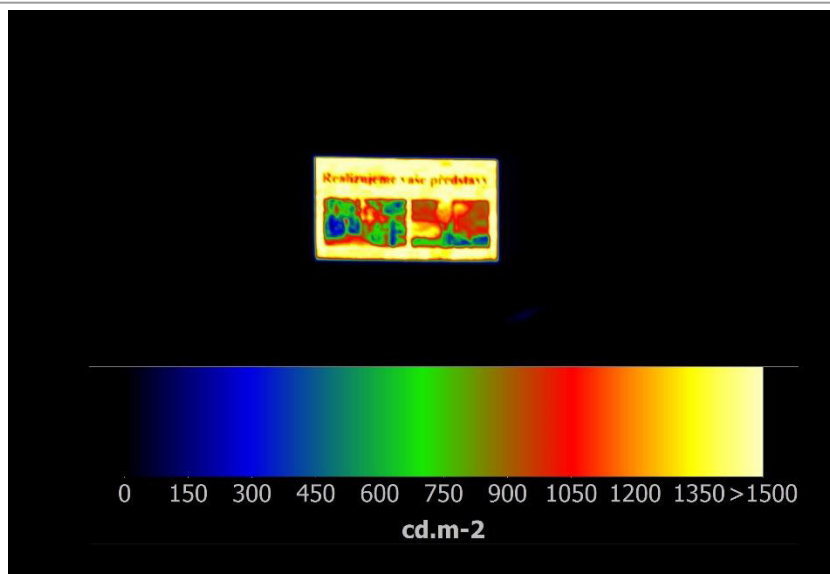
Tendenci organizovat vjemy na základě určitých pravidel vysvětlují zákony percepce. V případě vnímání světelných reklamních zařízení je pak relevantní zejména princip centrace, který vychází z přesvědčení, že člověk má tendenci zaměřit svou pozornost na určitý dominantní, charakteristický rys. Tento nazýváme figurou, přičemž zbytek je označován jako pozadí a je mu věnována menší pozornost. Princip centrace je nejen u vizuálního vnímání, ale i u všech dalších. Jedním z principů působení reklamy na spotřebitele je právě salience neboli vyčnívání. Tento funguje za předpokladu, že reklama vyčnívá, je něčím výjimečná. [215] Světelné reklamy zejména při jízdě v noci tvoří dominantní, salientní objekt, tedy objekt, který upoutá smysly a proniká do vědomí.

Světelná nebo nasvícená reklamní zařízení vyzařují rušivé, neúčelné světlo. Rušivé světlo je definováno normou ČSN EN 12464-2 [258] jako neúčelné světlo, které rozptyluje nebo omezuje schopnost vidět důležité informace. Světelné zdroje využívané pro nasvětlení reklamních zařízení jsou zpravidla obdobné jako zdroje pro veřejné osvětlení. Problematikou regulace osvětlení zákonnou úpravou se zabíral v prostředí České republiky výzkumný projekt ČVUT: Vliv reklamních zařízení na bezpečnost silničního provozu. [38]

Měření vizuálního odpoutání by pak mělo probíhat rovněž v závislosti na různých podmínkách (např. viditelnost snižovaná tmou nebo mlhou, déšť apod.). V současné době jsou dílčí části této problematiky řešeny autorkou v rámci juniorského specifického výzkumu Analýza vybraných rušivých podnětů ovlivňujících pozornost řidiče při různých světelných podmínkách. V rámci analýzy by doba vizuálního odpoutání měla být vztažena rovněž k umístění reklamního zařízení, lokalitě a jeho charakteristikám (statická/dynamická, svítivost apod.). Pro účely analýzy jasových charakteristik pak byla navržena kombinace metod eyetrackingu s jasovým analyzátozem LDA - LumiDISP vyvinutým FEKT VUT v Brně a zapůjčeným Centrem dopravního výzkumu. Dílčí ukázky z analýzy distribuce jasu na vybraných reklamních zařízeních ilustrují následující obrázky (obr. 32, obr. 33).



Obr. 32 Nasvětlené reklamní zařízení [261]



Obr. 33 Světelná dynamická reklama [261]

9.1.2 Vidět nemusí znamenat vnímat

Navazující výzkumné aktivity by měly zohlednit také obsah reklamních zařízení (navození falešného pocitu bezpečí nebo sexuálního náboje) nebo stylu jejich provedení (rovněž např. ve vztahu k umístění, ale také charakteristikám řidičů – pohlaví, zájmy apod.).

Některé studie (např. Crundall v [181] nebo Havlík [82]) upozorňují také na rozdíl mezi viděním/spatřením objektu a jeho vnímáním. Upozorňují tedy na limitaci metody eyetrackingu, neboť skutečnost, že účastník objekt – reklamní zařízení sledoval, nemusí nutně znamenat, že jej vnímal. Neoddiskutovatelná je ale skutečnost, že při odpoutání pohledu směrem k reklamnímu zařízení řidič nesleduje situaci před vozidlem.

Pro orientační analýzu a objektivizaci zjištěných výsledků byla nicméně realizována pilotní studie pro ověření rozdílu mezi viděním a vnímáním. Studie se zúčastnila šestice řidičů. Měření bylo realizováno na čtyřicetiminutové trase v běžném městském provozu. Součástí provedené zkoušky bylo průběžné dotazování účastníků na situaci v provozu, vnímání různých podnětů a další otázky. Rozhovor zahrnoval rovněž dotazování na obsah 10 vybraných reklamních zařízení, na které se řidič dle záznamu z eyetrackingu podíval. V 75 % případů, pokud se řidič podíval na reklamu, byl schopen obsah správně reprodukovat.

Limitaci eyetrackingu lze tedy do jisté míry kompenzovat rozhovorem s řidičem. Zjistit tak lze např. zda řidiči věnovali takové množství pozornosti a mentální kapacity, že budou schopni interpretovat informace z reklamních zařízení. Dosažené výstupy ale mohou být ovlivněny charakterem paměti účastníků. Cílené dotazování během jízdy pouze na podněty analyzované během studie pak může zapříčinit zkreslení získaných výsledků, neboť probandům odhalí cíl studie.

9.2 DISTRAKTORY VE VOZIDLE

V rámci provedené literární rešerše byla představena řada studií zabírajících se analýzou vnímání vybraných rušivých podnětů, resp. časovou náročností vnímání těchto podnětů. Ve většině případů je analyzováno pouze limitované množství rušivých podnětů, většina výzkumů je rovněž realizována na jízdním simulátoru.

Rozdílnost metodiky měření umožňuje pouze omezenou srovnatelnost získaných výsledků. Cílem tohoto měření bylo analyzovat široké spektrum rušivých podnětů s využitím moderních vozidel v reálném provozu s využitím jednotné metodiky měření.

9.2.1 Příprava experimentu

Účastníci měření

Experimentálními objekty jsou řidiči, u nichž bude analyzována časová náročnost vnímání vybraných rušivých podnětů. Studie se účastnili řidiči – muži ($n = 27$) ve věku 25 až 52 let. Prvního měření se účastnili řidiči ve věku 25 - 35 let ($n = 9$). Druhé měření absolvovali zkušenější řidiči vyššího věkového průměru 45 let ($n = 6$, věkové rozmezí 38 – 52 let). Třetího měření se účastnili řidiči ve věku 22 až 37 let ($n = 12$, průměrný věk = 28).

Jednalo se o aktivní řidiče s průměrným ročním nájzdem minimálně 20 000 km (průměr 35 000 km). Všichni řidiči, kteří se účastnili studií, řídí vozidlo denně nebo alespoň několikrát týdně. Všichni účastníci této studie byli bez zdravotního a kognitivního postižení.

Měřicí úsek

Cílem této studie byla analýza v reálném provozu. Experimenty byly realizovány na předem stanovené trase v intravilánu, v běžném městském provozu. V průběhu experimentu byl každý řidič vystaven různým situacím - chodcům (včetně chodců/figurantů) na přechodech pro chodce, křižovatkách křižovatek, křižovatkách tramvajovou cestou atd. Využity byly 3 různé měřicí okruhy. První měření bylo prováděno na trase (10 km) při průměrné době jízdy za běžného provozu 25 min, třetí měřicí okruh byl dlouhý 16 km, třetí trasa 23 km.

Rušivé podněty ve vozidle

Cílem studie bylo analyzovat co možná nejširší spektrum rušivých podnětů, které při běžném řízení ovlivňují pozornost řidiče.

První skupinou byly úkony spojené s manipulací se zařízeními ve vozidle. Jednalo se o interakci s dotykovou obrazovkou ve vozidle (např. zadání trasy do navigace, přepnutí režimu navigace, ladění rádia, resp. nalezení konkrétní stanice). Dále byla analyzována distrakce pozornosti spojená s konzumací potravin a pití ve vozidle (otevření lahve, pití v průběhu jízdy, hledání jídla v přihrádkách ve vozidle, rozbalení bonbonu, konzumace jídla apod.). Řidiči během jízdy také interagovali s nejběžnějšími systémy – klimatizace a vyhřívání. Analyzována byla také doba odpoutání pohledu spojená s pohledem na přístrojovou desku (kontrola rychlosti a otáček vozidla apod.).

Řidiči byli také požádáni o použití mobilního telefonu během jízdy – ať už se jednalo o pouhé vytažení mobilního telefonu z kapsy nebo přihrádky, odemčení klávesnice, napsání telefonního čísla, krátké textové zprávy nebo vytočení telefonního čísla.

V rámci jízdních zkoušek byli řidiči navigováni s využitím navigačního zařízení různých typů. Využívána byla fixní navigace umístěná ve vozidle a rovněž navigace, kterou lze umístit libovolně ve vozidle. S ohledem na srovnatelnost výsledků byla umístěna ve shodné úrovni jako fixní navigace. Analyzována byla nejčastěji navigace v režimu vizuálně – zvukovém, kterou řidiči udávají jako nejčastěji využívanou. Jak je uvedeno v [47] z 1002

respondentů, 79 % nejčastěji využívá kombinaci obou módů. V rámci jedné z dílčích studií (měření 3) byl ale ověřen rovněž rozdíl mezi rozptýlením pozornosti při používání pouze obrazového režimu navigace a vizuálně – zvukového režimu.

S ohledem na specifičnost jednotlivých skupin distraktorů nebylo možné vždy u každého řidiče zanalyzovat všechny rušivé podněty. Z tohoto důvodu nebyly rušivé podněty analyzovány zcela separátně, ale v rámci četnostního zastoupení byly zařazeny do několika skupin:

- Navigační zařízení – jízda dle navigace (bez manuální interakce s navigací)
- Interakce s dotykovou obrazovkou (ladění radiové stanice, manuální interakce s navigací – přepnutí mezi rádiem a navigací, zadání trasy apod.)
- Systémy ve vozidle (klimatizace, úprava teploty ve vozidle apod.)
- Manipulace s mobilním telefonem (psaní telefonního čísla, textové zprávy)
- Konzumace potravin (jídlo a pití, hledání v přihrádkách vozidla)
- Přístrojová deska (kontrola otáček, rychlosti)

9.2.2 Metodika měření

Pro účely této studie byly analyzovány vybrané rušivé podněty ve vozidle. Úkolem řidičů byla jízda na předem stanovené trase v intravilánu s využitím navigačního zařízení. V průběhu realizace dostávali řidiči různé pokyny spojené s distrakcí pozornosti během řízení. Z důvodu minimalizace zkreslení získaných výsledků nebylo krom pokynů souvisejících s vybranými distraktory chování řidičů žádným způsobem regulováno. Pro účely analýzy vizuálního vnímání bylo využito metody eyetrackingu.

9.2.3 Realizace experimentu

Na počátku každého z realizovaných experimentů byli řidiči vybaveni eyetrackingovými brýlemi, které umožňují analyzovat dobu vizuálního vnímání řidiče. Analyzovány byly fixace na vybrané rušivé podněty, ale také doby přesunu pohledu od vozovky směrem k vybranému rušivému podnětu. Eyetrackingové zařízení bylo nastaveno a zkalibrováno na každého z probandů.

Řidiči nebyli seznámeni s cílem experimentu. Každý z řidičů byl pouze obeznámen s bezpečnostními pokyny. Řidič byli instruováni, aby se během jízdy chovali stejně jako při běžné jízdě a současně byli připraveni plnit úkoly, které mu budou během jízdy sdělovány. S ohledem na bezpečnost silničního provozu mohou řidiči jakýkoliv z úkolů zcela odmítnout, případně jej odložit, bude-li jim situace v provozu připadat pro realizaci tohoto úkolu nebezpečná. Zajímavá je skutečnost, že při studii zaměřené na analýzu využívání mobilního telefonu, pouze jeden z řidičů odmítl využívat při jízdě mobilní telefon. Ostatní úkoly byly vždy řidiči provedeny.

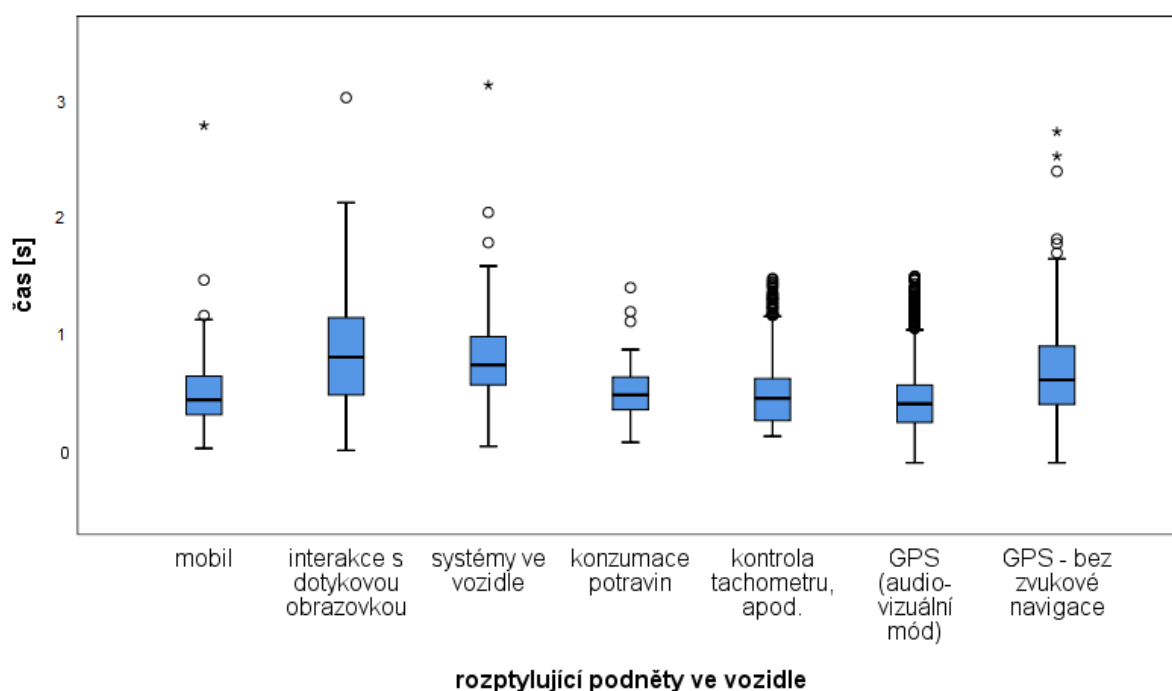
Celkově bylo analyzováno 2460 pohledů spojených s kontrolou rychlosti a dalších provozních parametrů, 3 923 pohledů na navigaci v audio – vizuálním módu, 235 pohledů na navigaci ve vizuálním módu, 113 pohledů spojených s manipulací s mobilním telefonem, 151 pohledů na dotykovou obrazovku, 112 interakcí s klimatizací a dalšími systémy ve vozidle a 47 odpoutání pohledu od vozovky v souvislosti s konzumací potravin.

9.2.4 Analýza výsledků

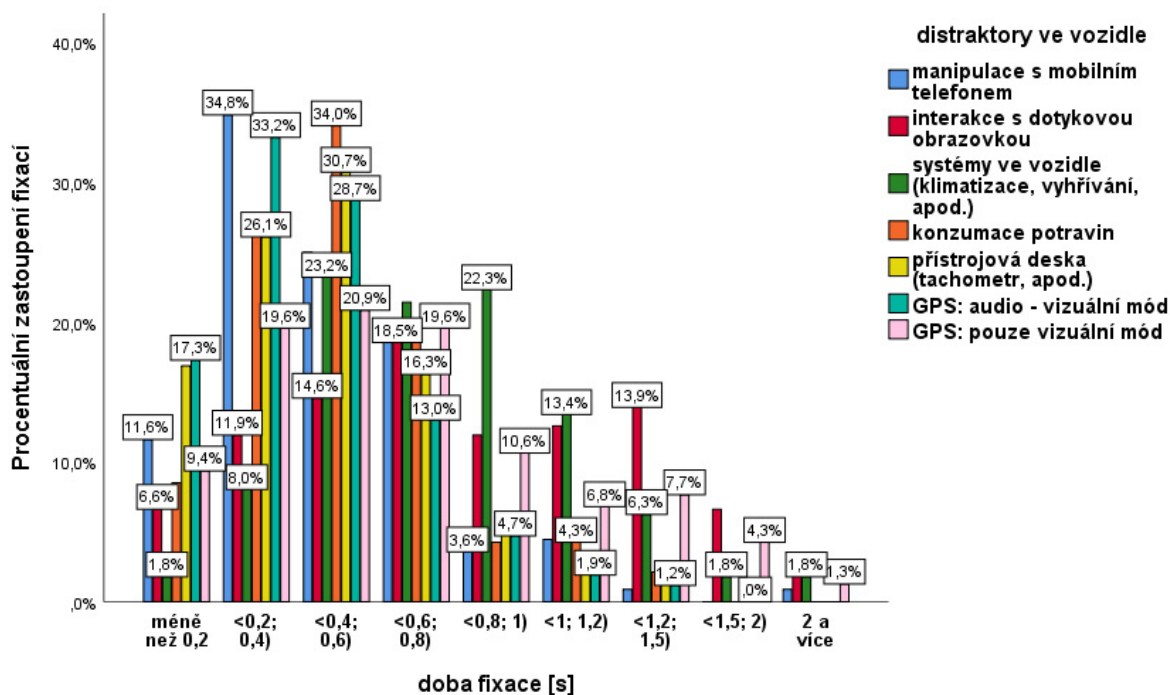
Analyzována byla celková doba fixace na podnět nesouvisející s řízením ve vozidla a současně také přesun pohledu z vozovky směrem k tomuto podnětu. Distribuce doby fixace není normální (Gaussova), ale na levé straně mírně rostoucí s protáhlou pravou částí. Získané výsledky byly porovnávány s použitím neparametrického Kruskal-Wallisova testu.

Získané hodnoty délek individuálních fixací spjatých s vybranými distraktory ilustrují následující box ploty na obr. 34. Největší vizuální odpoutání pozornosti, resp. nejvyšší doba fixace pohledu je spojena s interakcí s dotykovou obrazovkou a systémy ve vozidle, jako je zejména klimatizace následované využíváním GPS bez zvukové informace. Rozdíly v době fixace při interakci s dotykovou obrazovkou a systémy ve vozidle nejsou statisticky signifikantní.

Histogram procentuálního zastoupení dob fixací v jednotlivých časových intervalech (obr. 35) dokládá, že odpoutání pozornosti všech analyzovaných distraktorů je v některých případech vyšší než 1,2 s. Současně v případě manipulace s mobilním telefonem, interakce s dotykovou obrazovkou a systémy ve vozidle včetně GPS bez zvukové informace je v některých případech dokonce vyšší než 2 s.



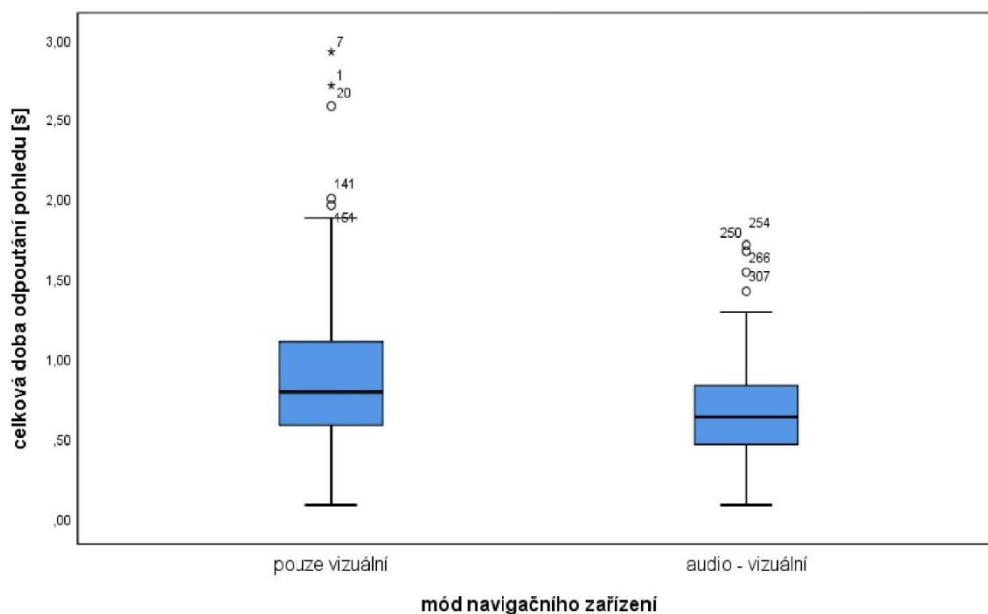
Obr. 34 Krabicový diagram dob fixace v závislosti na typu distraktoru ve vozidle [261]



Obr. 35 Distribuce dob fixace na vybrané distraktory ve vozidle [261]

Při jedné z testovacích jízd byla porovnávána rovněž jízda s navigací s vypnutým zvukovým módem, tedy pouze navigace prostřednictvím obrazu oproti využívání navigačního zařízení v audio – vizuálním módu. Řidiči absolvovali polovinu předem neznámé trasy s vypnutým zvukem navigace a druhou polovinu předem pro ně neznámé trasy s navigací s audio – vizuálním módem. Jak dokládají získané výsledky, celková doba pohledu a rovněž celková doba fixace se statisticky významně liší.

Kruskal Wallisův test ukazuje statisticky významné rozdíly ($p = 0,00$) v závislosti na módu navigace. Získané hodnoty celkové doby odpoutání pohledu (tedy přesun pohledu směrem k navigaci, fixace na navigaci a následný přesun pohledu zpět na vozovku) na navigační zařízení v závislosti na využitém módu zobrazují následující box ploty na obr. 36. Celková doba pohledu je vyšší, pokud řidič nepoužívá kombinaci audio – vizuální informace. Průměrná hodnota celkové doby odpoutání pohledu spojené s využíváním navigace bez zvukové informace je 0,9 s. Průměrná hodnota celkového odpoutání pohledu při audio – vizuálním módu je 0,6 s.



Obr. 36 Doba odpoutání pohledu v závislosti na typu módu navigačního zařízení [261]

Celková doba odpoutání pohledu tedy zahrnuje nejenom dobu fixace, ale také dobu přesunu pohledu z vozovky směrem k rozptylujícímu podnětu a rovněž následný přesun pohledu zpět na vozovku. Doba přesunu pohledu souvisí zejména s polohou předmětu, který odpoutává pozornost řidiče. Na základě statistické analýzy proto byly sloučeny kategorie, které se statisticky signifikantně nelišily. Stanoveny byly 3 kategorie, mezi kterými se již výsledky statisticky významně lišily, jak dokládá Mann Whitney test. Přesun pohledu byl tedy analyzován pro tři kategorie:

1. Interakce s dotykovou obrazovkou, GPS, kontrola tachometru
2. Mobilní telefon a systémy ve vozidle (zejména klimatizace)
3. Konzumace jídla a pití, hledání předmětu v přihrádkách vozidla apod.

Výsledky samozřejmě korespondují s umístěním těchto distraktorů ve vozidle.

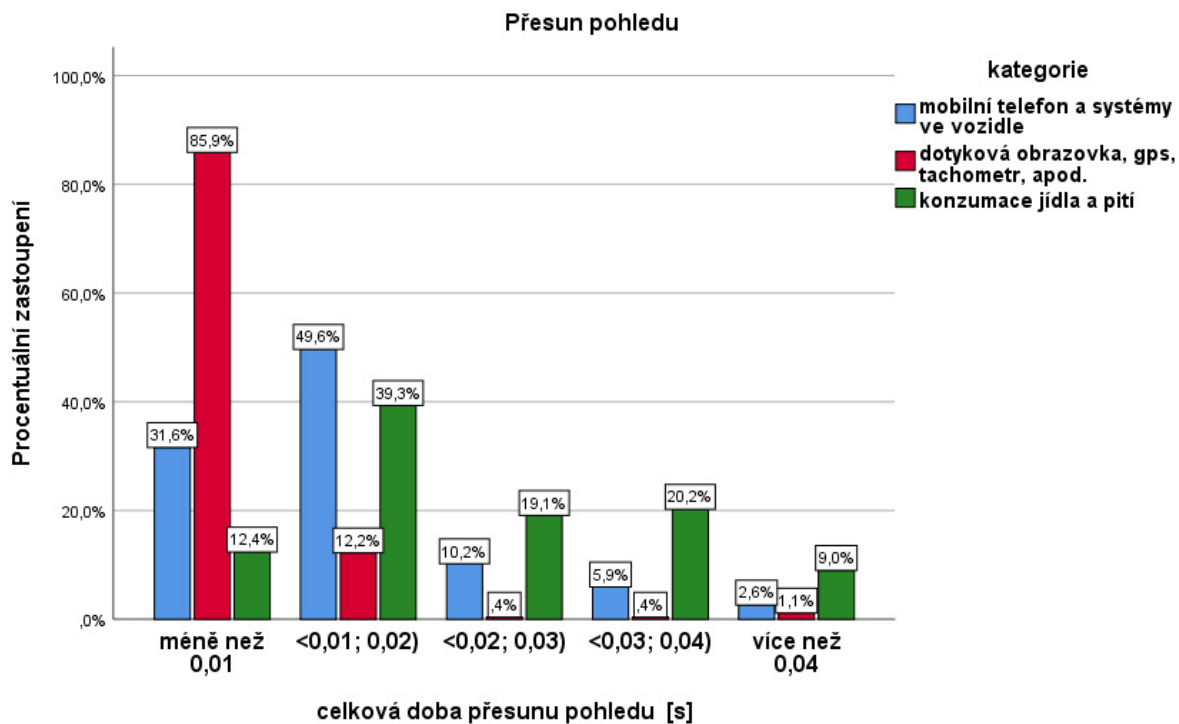


Obr. 37 Zobrazení přibližného rozdělení sektorů ve vozidle v závislosti na poloze distraktorů ve vozidle [261]

Je ovšem nezbytné si uvědomit, že v průběhu sakády je lidské oko necitlivé k detekci podnětu, tedy celková doba odpoutání pohledu zahrnuje nejenom dobu fixace na rozptylující prvek, ale také dobu nezbytnou k přesunu pohledu na tento prvek. Analyzován byl přesun pohledu směrem k rozptylujícímu prvku a rovněž

následný přesun pohledu zpět na vozovku. Jak dokládá provedená statistická analýza, výsledné doby přesunu pohledu tam a zpět se statisticky významně neliší a je tedy možné je analyzovat souhrnně.

Distribuci dob přesunu pohledu v závislosti na stanovených kategoriích distraktorů ilustruje následující obr. 38. Nejkratší doba přesunu pohledu je spojena s interakcí s dotykovou obrazovkou, GPS a kontrolou rychlosti/otáček apod. Tyto prvky jsou umístěny v zorném poli řidiče. Nejdelší doby přesunu pohledu jsou pak spojeny s konzumací jídla a pití a hledáním předmětu.



Obr. 38 Doba přesunu pohledu na rozptylující podněty ve vozidle [261]

9.2.5 Diskuse výsledků

Konzumace jídla a pití, hledání předmětů v přihrádkách

Konzumace jídla ve vozidle rozptyluje pozornost obdobným způsobem jako manipulace s mobilním telefonem. Obdobné výsledky byly také získány analýzou pohledů na přístrojovou desku. V tomto případě je ale ve srovnání s předchozími dvěma typy distrakce významně kratší doba přesunu pohledu. Příklad odklonu pozornosti řidiče v souvislosti s hledáním lahve ve vozidle ilustruje obr. 39. Levý obrázek zobrazuje pouze jednotlivou fixaci na lahev ve vozidle. Na pravém obrázku je zobrazena heat mapa pohledů řidiče v celém časovém úseku, v němž započalo hledání lahve následované pitím, i směr přesunu pohledu a fixací před počátkem hledání lahve.

Při analýze dob odpoutání pohledu souvisejících s konzumací potravin, zejména pití při jízdě byly vyloučeny případy, kdy pohled řidiče nebyl od vozovky odpoután. Pití i nalezení lahve bez současného odpoutání pohledu zvládli 2 z testovaných řidičů. Jeden z testovaných řidičů pak neodvrátil zrak při žádném z úkonů souvisejících s hledáním předmětů nebo konzumací jídla a pití při řízení.



Obr. 39 Fixace do interiéru vozidla při hledání lahve [261]

Přístrojová deska

Doba odpoutání pohledu související s kontrolou přístrojové desky je jedním z nejčtetnějších distraktorů ve vozidle. Jedná se o podnět, který může být do jisté míry vnímán jako informace nezbytná pro bezpečnou jízdu. Odhad rychlosti může být ovlivněn charakterem dopravního prostoru, jak dokládá jeden z článků, na němž se autorka spolupodílela [274]. Odhad subjektivní rychlosti může být do jisté míry ovlivněn také např. typem nebo stářím vozidla.

Četnost pohledů na přístrojovou desku i délka pohledu může být ovlivněna skutečností, že probandi řídili v průběhu jízdní zkoušky cizí vozidlo. Většina pohledů byla kratší než 0,6 s, což koresponduje s výsledky uvedenými v [24]. Současně s ohledem na skutečnost, že se jedná o jednoduchou úlohu, vyžaduje kontrola přístrojové desky nejčastěji pouze jeden pohled. Oproti tomu složitější úkony vyžadují více pohledů, často rovněž delších, což rovněž koresponduje se závěry uvedenými mj. v [24], [123].

S ohledem na snížení odpoutání pohledu spojené s kontrolou provozních parametrů jsou v současné době vozidla vybavována head – up displeji, které by měly snížit riziko odpoutání pozornosti řidiče od situace v provozu. Důležité jízdní parametry se promítají přímo do bezprostředního pole řidiče. Pro účely navazujících studií by proto bylo zajímavé detailněji prozkoumat, jakým způsobem ovlivňuje pozornost řidiče právě využívání head – up displeje.

Systémy ve vozidle a dotyková obrazovka

S rozvojem v oblasti automobilového průmyslu jsou obecně vozidla stále častěji vybavována nejrůznějšími elektronickými systémy. Interakce s těmito systémy a způsob, jakým tyto systémy ovlivňují pozornost řidiče, ale rovněž nejsou příliš detailně prozkoumány. Drtivá většina moderních vozidel je rovněž vybavena dotykovou obrazovkou. Jak ale dokládají výsledky této studie, interakce s dotykovou obrazovkou, klimatizací apod. se ukázala jako nejvíce rozptylující prvek z hlediska doby odpoutání pohledu.

Výsledky mohou být do jisté míry ovlivněny skutečností, že řidiči řídili vozidla zapůjčená pro účely jízdních zkoušek, tedy jiná vozidla, než která jsou zvyklí ovládat. Samotný úkon tak může trvat více času než ve vlastním vozidle. Tento předpoklad také dokládá skutečnost, že někteří řidiči byli schopni ovládat klimatizaci i bez odpoutání pohledu od vozovky (viz obr. 40). Jak je uvedeno např. v [161], i přestože řidič neodpoutá pohled od vozovky, může docházet k ovlivnění pozornosti, které zvyšuje riziko nehody.



Obr. 40 Ovládání klimatizace bez současného odpoutání pohledu řidiče od vozovky [261]

Jízda dle navigace

Jak dokazují získané výsledky, celkový čas sledování trasy v navigačním systému závisí na typu využitého navigačního módu. Lze konstatovat, že s ohledem na bezpečnost silničního provozu je použití navigačního systému s audio-vizuální informací méně rušivé, neboť použití audio-vizuální navigace vyžaduje kratší dobu odpoutání pohledu od vozovky. Oproti tomu využívání navigace pouze s obrazovou informací (bez zvukové navigace) se řadí k distraktorům, které vyžadují nejdelší odpoutání pohledu řidiče od vozovky.

V rámci této studie nebyl analyzován vliv doby odpoutání pohledu v závislosti na poloze navigačního zařízení, neboť na toto téma již existuje celá řada studií. Současně ale byla separátně analyzována doba nezbytná pro přesun pohledu. Doby přesunu pohledu byly na základě statistické analýzy seskupeny do 3 skupin. Výsledky statistické analýzy korespondují s umístěním rušivých podnětů ve vozidle. V případě rozdílného umístění navigace lze tedy využít získané doby fixace a dobu přesunu pohledu odpovídající přibližně tomuto umístění.

Manipulace s mobilním telefonem

Z hlediska doby vizuálního odpoutání dosahovaly doby pohledu na mobilní telefon ve srovnání s interakcí s dotykovou obrazovkou a dalšími systémy ve vozidle včetně např. navigačního zařízení bez zvukové informace nižších hodnot. Současně ale distribuce dob pohledů souvisejících s jednotlivými rozptylujícími vlivy dokládá, že mobilní telefon se řadí do podnětů, které v některých případech odvedou pozornost řidiče na dobu delší než 2 s.

Lze také vycházet z premisy, že mobilní telefon je obecně vnímán jako rizikový a je na interakci s ním upozorňováno v rámci bezpečnostních kampaní. V řadě studií (např. Sagberg [183]) je uváděno, že se jedná o faktor, který se podílí na zvýšení rizika vzniku dopravní nehody (pravděpodobnost vzniku nehody je přibližně dvojnásobná). Současně řidičům hrozí bodový postih za držení komunikačního zařízení během řízení. Oproti tomu interakce s ostatními systémy nemusí řidiči vnímána jako nebezpečná, ale naopak jako běžná, i proto že za ni nehrozí finanční ani bodový postih. Z tohoto důvodu tedy řidiči mohou úkonu věnovat více pozornosti.

Odpoutání pozornosti je nicméně nezbytné vnímat nejenom v kontextu vizuálního odpoutání pozornosti, ale také přetížení mentální kapacity. Jak dokládají výstupy z měření na testovacím úseku, reakční doba řidičů byla v případě interakce s mobilním telefonem nejvyšší. Výsledky tedy naznačují, že přestože v reálném provozu byly doby odpoutání pohledu vyšší u interakce se systémy ve vozidle a dotykovou obrazovkou oproti manipulaci s mobilním telefonem, celková reakční doba zahrnuje i kognitivní složku, která je více zatížena při manipulaci s mobilním zařízením. Z tohoto důvodu je nezbytné poukázat rovněž na nebezpečnost využívání hands-free, které

je obecně vnímáno jako bezpečný způsob vedení hovoru. Obecně platí, že čím komplexnější je obsah hovoru a činnost s mobilním zařízením v kontextu nároků prostředí, tím vyšší je zátěž.

Výsledky projektu INTERACTION [105] rovněž dokládají, že manipulace s mobilním telefonem je nejčtenějším způsobem distrakce pozornosti řidiče. Přibližně 4 % jízdy jsou vyhrazeny manuální manipulaci s mobilním telefonem, další 4 % připadají hovorům s využitím mobilního telefonu.

9.3 SOUHRNNÁ ANALÝZA A DISKUSE VÝSLEDKŮ

Jedním z cílů této dizertační práce byla analýza časové náročnosti vnímání vybraných rušivých podnětů. Většina podnětů v silničním provozu je vnímána zrakem řidiče, odpoutání vizuální pozornosti řidiče je tak klíčovým problémem nejenom z hlediska bezpečnosti silničního provozu, ale také v oblasti analýzy dopravních nehod. Pozornost řidiče musí být z hlediska bezpečnosti distribuována optimálně, a to zejména na nezbytně nutné úkony související s bezpečnou jízdou. K dopravní nehodě ale může dojít i v případě, kdy je pozornost řidiče zaměřena na úkon související s bezpečnou jízdou, ale v kontextu aktuální situace zaměřena nevhodně na úkon, který není pro bezpečné řízení kritický. Pravděpodobnost vzniku dopravní nehody ale zvyšuje nepozornost řidiče, resp. distrakce pozornosti. Tato skutečnost proto musela být brána v potaz při designu jízdních zkoušek.

S ohledem na bezpečnostní rizika tedy byla analýza reakční doby na náhlé podněty při současné cílené distrakci subjektu realizována pouze na testovacím úseku (viz kapitola 7). Na testovací dráze nicméně není relevantní analyzovat některé rozptylující podněty – např. využívání navigačního zařízení, kontrola přístrojové desky apod. S ohledem na tuto skutečnost byly rozptylující podněty na testovacím úseku seskupeny pouze do dvou kategorií. V reálném provozu pak sice byla limitována možnost analyzovat reakční dobu při současné distrakci pozornosti, realizovaná analýza časové náročnosti vnímání vybraných rušivých podnětů ale poskytuje výsledky širšího spektra vybraných distraktorů.

Jednou z hlavních výhod realizované analýzy je široké spektrum analyzovaných podnětů s využitím shodné metody (metody eyetrackingu). Většina publikovaných studií se zaměřuje buď separátně na jeden typ distraktoru (např. různé typy reklamních zařízení) nebo na kombinaci pouze několika vybraných distraktorů. Využívání různých metod napříč studii pak limituje vzájemnou srovnatelnost získaných výsledků.

Jedním z výsledků této dizertační práce jsou tedy doby fixace pohledu na vcelku široké spektrum rušivých podnětů, které lze vzájemně srovnat, případně v závislosti na umístění ve vozidle kombinovat rovněž s příslušnou dobou nezbytnou pro přesun pohledu. Získané výsledky časové náročnosti vnímání vybraných distraktorů ilustruje následující tab. 7:

Tab. 7 Zjištěné hodnoty fixace na vybrané rušivé podněty ve vozidle i jeho okolí [261]

	95% konfidenční interval průměru [s]		Průměr [s]	Medián [s]
manipulace s mobilním telefonem	0,43	0,56	0,50	0,43
interakce s dotykovou obrazovkou	0,78	0,95	0,87	0,80
systemy ve vozidle	0,72	0,87	0,79	0,73
konzumace potravin	0,44	0,60	0,52	0,48
přístrojová deska	0,48	0,50	0,49	0,45
GPS (audio-vizuální mód)	0,44	0,46	0,45	0,40
GPS (vizuální mód)	0,62	0,74	0,68	0,60
malá reklamní zařízení	0,25	0,33	0,29	0,22
billboardy	0,35	0,47	0,41	0,30
bigboardy, megaboardy	0,42	0,62	0,52	0,41

Směrnice NHTSA zaměřená na distrakci pozornosti a doporučení pro eliminaci distrakce mj. uvádí, že by měla být snížena zejména složitost rozptylujících úkolů s cílem omezit pohledy řidiče mimo vozovku. Dle těchto doporučení by doba pohledu na zařízení neměla překročit 2 s. Pohled mimo vozovku delší než 2 s zvyšuje dvojnásobně riziko nehody. [147], [152] Jak dokládají získané výsledky, pohledy vyšší než 2 s byly zjištěny při manipulaci s mobilním telefonem, interakcí s dotykovou obrazovkou a systémy ve vozidle včetně GPS bez zvukové informace.

Provedená rozsáhlá literární rešerše i testování vybraných kombinací metod eyetrackingu a akvizice biosignálů dokládá, že eyetracking je jednou z nejvhodnějších metod pro analýzu vizuálního vnímání. Současně je nicméně pro získání validních dat všech složek reakční doby nezbytná rovněž analýza kognitivní distrakce, což dokládá porovnání výsledků měření reakční doby na testovacím úseku s výsledky analýz dob odpoutání pohledu od vozovky směrem k vybraným rozptylujícím podnětům.

10 NEPOZORNOST V KONTEXTU DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI

Pro účely vymezení vlivu rušivých podnětů na pozornost řidiče v kontextu dopravní nehodovosti byla využita datová základna hloubkové analýzy dopravních nehod, která umožňuje realizaci detailnějších analýz specifických okolností než oficiální statistické přehledy o dopravní nehodovosti. Databáze hloubkové analýzy dopravních nehod (HADN) v současné době obsahuje detailní údaje o více než 1900 nehodách (ve 20 % došlo k vážnému zranění některého z účastníků). V rámci tohoto projektu jsou detailně zkoumány vybrané dopravní nehody se zraněním. Šetření probíhá přímo na místě nehody. Dopravní nehoda je detailně analyzována z hlediska dopravní infrastruktury, vozidla i lidského faktoru. Zjišťováno je co nejvíce informací týkajících se dopravní nehody a jejích účastníků, s cílem získat komplexní obraz o dané nehodě a o tom, co přesně k ní vedlo. Dopravní nehody jsou vybrány podle statistického výběru s cílem pokrytí jejich reprezentativního vzorku.

Většina systémů klasifikace příčin nehod se zaměřuje pouze na chyby a konání účastníka, které bezprostředně vedly ke konfliktu (například nedání přednosti v jízdě). Skutečné důvody, kvůli kterým k selhání došlo, nebývají zohledněny. Závěry, které vyplývají z analýz, pak nejsou dostatečně efektivní a není tak možné poskytovat dostatečně efektivní způsoby pro jejich eliminaci. V rámci činnosti HADN jsou s účastníky dopravních nehod psychology realizovány rozhovory. Tyto pak napomáhají dokreslit pozadí skrytých faktorů a příčin dopravních konfliktů. Detailně je analyzováno řidičovo prožívání a vnímání, duševní rozpoložení, osobnostní charakteristiky a důvod jeho reakce, ale i to, čemu se řidič před nehodou věnoval, co viděl a jak si danou situaci vysvětloval, příp. co od ní očekával. V celém tomto procesu lze lépe identifikovat kritická místa a lépe pochopit proces přednehodového děje.

10.1 METODY

10.1.1 Kvalitativní analýza

Příčiny a faktory dopravních nehod jsou identifikovány nejenom na základě technické analýzy dopravní nehody, ale rovněž prostřednictvím detailnějšího poznání pozadí lidského faktoru v rámci rozhovoru psychologa s účastníky nehod. Jako metoda zpracování záznamů z rozhovorů s účastníky nehod byla použita kvalitativní obsahová analýza. V záznamech rozhovorů jsou vyhledávána a identifikována jednotlivá rizika, zejména jsou kvalitativně zkoumány nehody, k jejichž vzniku přispěla nepozornost, příčiny nepozornosti a pozadí jejich vzniku. V rámci činnosti HADN byla dopravním psychologem v rámci kvalitativní analýzy nepozornost v rámci výzkumu spojena s následujícími faktory:

- přetížení pozornosti v kontextu nepřehledné dopravní situace, resp. množstvím vjemů v provozu, v důsledku zběžného, unáhleného zpracování informace, nevhodně zaměřené pozornosti na jiné podněty související s řízením nebo zanedbané pozornosti.
- distrakce pozornosti – odklon pozornosti k sekundárním činnostem nesouvisejícím s řízením,
- nepozornost v důsledku rutinní automatizované jízdy,
- únava,
- nepozornost v důsledku časové tísně,
- nepozornost v důsledku emocionálního rozladění,

- nepozornost v důsledku neznalosti trasy a hledání správné trasy,
- v důsledku nepříznivého zdravotního stavu (např. krátkodobé onemocnění) nebo v důsledku vlivu léků (např. anestetika).
- zkoumané případy potvrdily i přítomnost syndromu konce jízdy, který se vyskytuje u řidičů v poslední fázi řízení. Specifická byla také nepozornost v brzkých ranních hodinách, která byla přirozeně ovlivněna ranním poklesem bdělosti.

10.1.2 Kvantitativní analýza

Pro účely detailní analýzy byly využity rovněž statistické metody. Pro účely statistické analýzy byl využit Pearsonův chí-kvadrát test. Pearsonův chí-kvadrát test je základním a nejpoužívanějším testem nezávislosti v kontingenční tabulce. Chí kvadrát test je založen na srovnání empirických (napozorovaných) a teoretických (očekávaných) četností. Ze získaných dat se vypočte hodnota testovaného kritéria Pearsonova chí-kvadrát testu. Pro porovnání jednotlivých skupin mezi sebou bylo využito adjustované residuum. Adjustované residuum je založeno na rozdílu mezi empirickou a teoretickou četností. Tento rozdíl je pak standardizován dělením směrodatnou odchylkou reziduí. Adjustovaná rezidua lze testovat z hlediska statistické významnosti použitím znaménkového schématu.

Adjustované residuum je založeno na rozdílu mezi empirickou a teoretickou četností. Tento rozdíl je pak standardizován dělením směrodatnou odchylkou reziduí. Adjustovaná rezidua lze testovat z hlediska statistické významnosti použitím znaménkového schématu, a to tak, že určíme, zda hodnoty statistik překračují kritické hodnoty a každému poli přiřadíme znaménko plus nebo minus podle toho, jak silně je odchylka významná a zda je rozdíl empirické a teoretické četnosti kladný nebo záporný. To provádíme podle zvolených hladin významnosti (5 %, 1 %, 0,1 %) čemuž odpovídá příslušný počet znamének.

- Empirická četnost se významně neliší od teoretické. Typ znaménka o.
- Empirická četnost je oproti teoretické vyšší. Typ znaménka „+“.
- Empirická četnost je oproti teoretické nižší. Typ znaménka „-“.

V každé buňce tabulky se mohou vyskytnout až tři znaménka plus nebo minus podle statistické významnosti odchylky. Hodnoty 3.29, 2.58 a 1.96 odpovídají hodnotám kvantilu normovaného normálního rozdělení.

- 'kde $\text{abs}(z) \geq 3.29$ nahradí +++ resp. ---,
- 'kde $\text{abs}(z) \geq 2.58$ nahradí ++ resp. --,
- 'kde $\text{abs}(z) \geq 1.96$ nahradí + resp. -.

Znaménkové schéma ukazuje, kde jsou statisticky významné rozdíly mezi empirickými a teoretickými četnostmi.

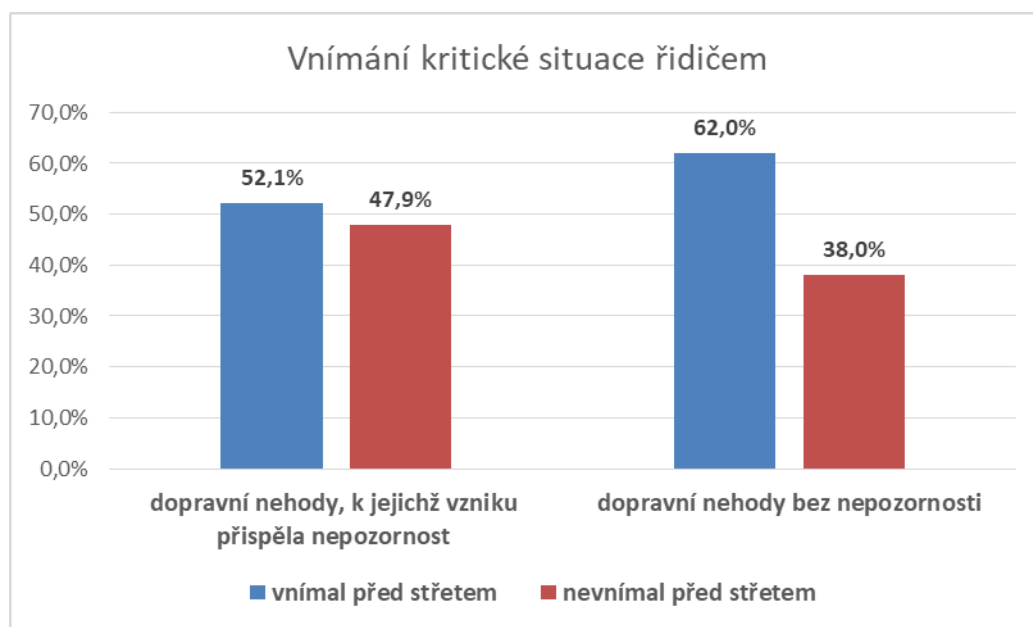
10.2 ANALÝZA VNÍMÁNÍ A REAKCE ŘIDIČŮ PŘED NEHODOU

Pozornost hraje klíčovou roli v tom, zda je řidič schopný včas zaregistrovat blížící se nebezpečí a učinit kroky ve snaze nebezpečí odvrátit. Analyzováno bylo vnímání kritické situace řidičem, tedy detekce nebezpečí a schopnost na něj následně reagovat. Jak ilustrují získané výsledky (viz obr. 41 a tab. 8), vnímání hrozící kritické

situace nebo kolizního oponenta řidičem se statisticky významně liší v závislosti na tom, zda spolupůsobícím faktorem vzniku dopravní nehody byla nepozornost.

Analýza vnímání zahrnovala 1060 účastníků dopravních nehod. Statisticky signifikantní rozdíly mezi jednotlivými nehodami, u nichž byla spolupůsobícím faktorem nepozornost, dokládá provedený Pearsonův test. Pokud tedy byla spolupůsobícím faktorem vzniku nehody nepozornost, řidič často oponenta nehody před střetem vůbec nevnímá (Hodnota Pearsonova Chi-Square testu je 0,002), tedy na něj rovněž nereaguje (Hodnota Pearsonova Chi-Square testu je 0,01).

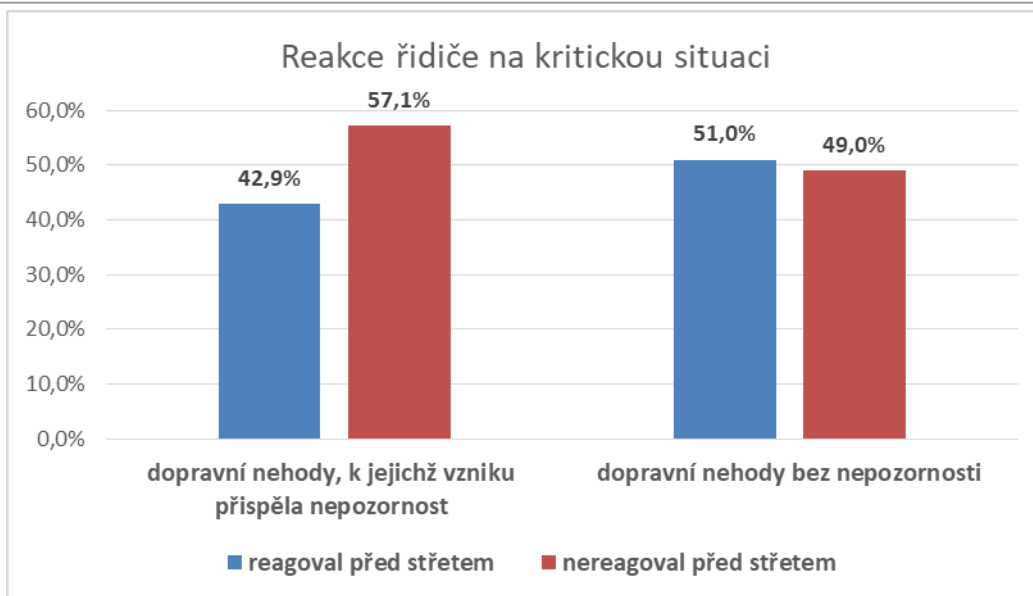
Obdobné závěry dokládá rovněž analýza schopnosti řidiče reagovat na nadcházející kritickou situaci v závislosti na tom, zda spolupůsobícím faktorem vzniku dopravní nehody byla nepozornost (viz obr. 42 a tab. 9). Je-li přispívajícím faktorem vzniku nehody nepozornost, procento případů, v nichž byl řidič schopen reagovat, je signifikantně nižší. Vliv na skutečnost, zda řidič bude schopen reagovat má nicméně i řada dalších faktorů – mechanismus vzniku nehodového děje, světelné podmínky apod.



Obr. 41 Vnímání kritické situace (zdroj dat [259])

Tab. 8 Vnímání kritické situace (zdroj dat [259])

	Nehoda bez nepozornosti jako přispívajícího faktoru	Nehoda s nepozorností řidiče
Vnímá nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta	--	++
Nevnímá nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta	++	--



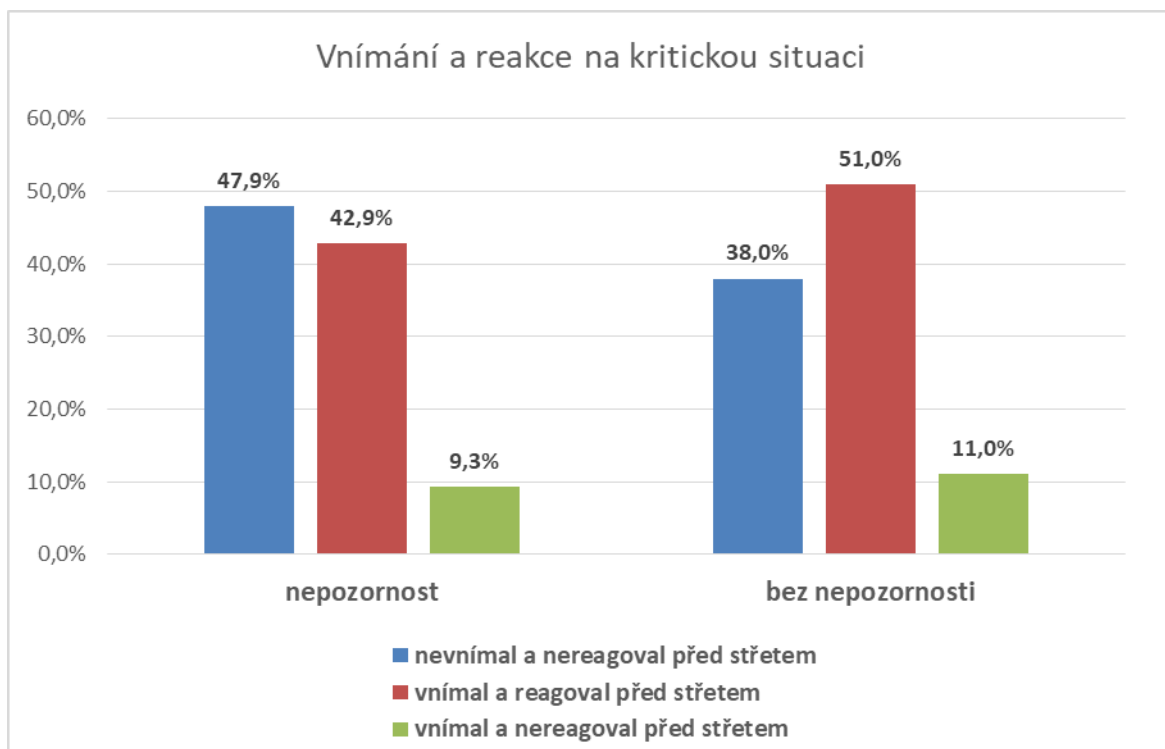
Obr. 42 Reakce kritickou situaci (zdroj dat [259])

Tab. 9 Reakce na kritickou situaci (zdroj dat [259])

	Nehoda bez nepozornosti jako přispívajícího faktoru	Nehoda s nepozorností řidiče
Nereagoval na nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta	-	+
Reagoval na nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta	+	-

Detailně analyzována byla i souvislost mezi případy, kdy řidič nadcházející kritickou situaci vnímá a stihne dostatečně včas zareagovat, tedy zpracovat informaci o hrozícím nebezpečí, rozhodnout se o způsobu reakce a následně zareagovat na její vznik. Jak dokládá Pearsonův Chi-Square test, rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi jsou statisticky významné (hodnota testu 0,01).

V případech, kdy řidič kritickou situaci vnímá, ale nereaguje na ní, nejsou statisticky významné rozdíly. Oproti tomu v situacích, kdy řidič vnímá kritickou situaci a reaguje na ní, již znaménková schémata indikují statisticky významné rozdíly. Získané výsledky ilustrují obr. 43 a tab. 10. S ohledem na získané výsledky, které dokládají, že doba svalové odezvy se při nepozornosti řidičů významně neliší, pak tato analýza dokládá vyšší míru kognitivní zátěže v rozhodovacím procesu v případech, kdy je řidičova pozornost jakýmkoliv způsobem ovlivněna.



Obr. 43 Vnímání a reakce na kritickou situaci (zdroj dat [259])

Tab. 10 Vnímání a reakce na kritickou situaci (zdroj dat [259])

	Nehoda bez nepozornosti jako přispívajícího faktoru	Nehoda s nepozorností řidiče
Nevnímal nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta	--	++
Vnímal nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta, ale nereagoval	0	0
Vnímal nadcházející kritickou situaci/kolizního oponenta a reagoval na ni	+	-

10.3 KVANTITATIVNÍ ANALÝZA NEPOZORNOSTI ŘIDIČŮ OSOBNÍCH VOZIDEL

Z dosavadních výsledků projektu HADN vyplývá, že nepozornost je jedním z nejčtetnějších faktorů, který se spolupodílí na vzniku dopravních nehod. Analýza příčin nepozornosti byla provedena v rámci řešení projektu pro Ministerstvo dopravy - Příčiny a následky dopravních nehod zapříčiněných nepozorností. [286]

Na zkoumaném souboru řidičů osobních vozidel, kteří se účastnili dopravní nehody se zraněním, nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl mezi příčinami a faktory přispívajícími ke vzniku nepozornosti v závislosti na věku účastníků ani v závislosti na pohlaví účastníků ani zkušenosti řidičů vyjádřené ročním nájedzem kilometrů.

Příčiny nepozornosti se na zkoumaném vzorku statisticky signifikantně liší např. v závislosti na tom, jak známá je trasa pro řidiče. Na základě znaménkových schémat (tab. 11) lze konstatovat, že na známé trase, kterou řidiči absolvují téměř každý den nebo několikrát týdně dochází statisticky významně častěji k nepozornosti v

důsledku monotónnosti. Naopak trasa, kterou řidič nezná, nebo ji absolvuje zřídka, je riziková právě svou novostí a absencí informací o vedení trasy. V důsledku toho dochází na nových trasách statisticky významně častěji k nepozornosti a vzniku nehod v důsledku hledání správné trasy.

Tab. 11 Příčiny a faktory přispívající ke vzniku nepozornosti řidičů osobních vozidel v závislosti na frekvenci jízdy v místě nehody (zpracováno autorkou s využitím dat z Hlubkové analýzy nehod [259])

	téměř každý den/několikrát týdně	zřídka/nikdy zde nebyl
neznalost trasy, hledání správné trasy	---	+++
rutinní jízda	++	--
ostatní faktory (nesignifikantní rozdíly ve stanovených kategoriích)	0	0

Příčiny nepozornosti se liší také v závislosti na jízdním stylu řidiče (viz tab. 12). U defenzivních řidičů dochází statisticky významně častěji k nepozornosti v důsledku únavy, případně také únavy z jízdy (bez mikrosnánku). Rizikovní řidiči oproti řidičům neutrálním a defenzivním více tendují k nepozornosti v důsledku časové tísně a emocionálního rozladění.

Tab. 12 Příčiny a faktory přispívající ke vzniku nepozornosti řidičů osobních vozidel v závislosti na stylu jízdy (zpracováno autorkou s využitím dat z Hlubkové analýzy nehod [259])

	defenzivní	neutrální	rizikovní
časová tíseň	0	--	+++
emocionální rozladění	0	--	++
únavy, únavy z jízdy (bez mikrosnánku)	++	--	0
zatížení (resp. přetížení) pozornosti	-	+++	--
ostatní faktory (nesignifikantní rozdíly ve stanovených kategoriích)	0	0	0

11 DISKUSE

Jak dokládá provedená rozsáhlá rešerše, problematikou analýzy vybraných vlivů rušivých podnětů se zabývá celá řada studií. Jak uvádí [72] i přes důležitost analýzy této problematiky je počet výzkumných studií v Evropě stále nízký. Variabilita metodiky výzkumu, definice reakční doby i nepozornosti apod. ale neumožňuje vzájemně srovnání získaných výsledků napříč studii, což dokládá nezbytnost terminologického vymezení této problematiky.

V současné době bývá v soudně znalecké praxi nejčastěji využíváno rozmezí reakční doby, které uvádí Bradáč [8]. Získané výstupy ale vycházejí ze studie staršího data a je proto nezbytné tyto hodnoty verifikovat. S ohledem na vývoj v oblasti výroby vozidel lze předpokládat vyšší náročnost na mentální kapacitu řidičů. Stav poznání v době realizace této studie rovněž neumožňoval oddělit jednotlivá stadia procesu zpracování informací a následnou svalovou odezvu.

Většina v současné době publikovaných výzkumů zabírajících se nepozorností řidiče je prováděna na simulátoru, což vyplývá mj. z metaanalýzy provedené Atchleym [6]. I přes výhody jízdniho simulátoru, které spočívají zejména v opakovatelnosti experimentů a možnosti realizovat i scénáře, které jsou v reálném provozu neúměrně nebezpečné nebo zákonem zakázané (např. vliv alkoholu a drog, řízení po odebrání řidičského oprávnění apod.), řada výzkumů potvrzuje, že výstupy z analýzy s využitím simulátoru mohou být zkreslené. Proto jedním z přínosů této práce je analýza výsledků získaných v reálném provozu. Získané doby odpoutání pohledu lze využívat v soudně – inženýrské praxi.

Pro analýzu vnímání řidiče jsou v současné době nejčastěji využívány metody eyetrackingu. Jedná se o moderní metodu, která díky svému provedení umožňuje nejenom analýzu na simulátoru, ale také v reálném provozu. Řada studií dokládá využitelnost eyetrackingu pro analýzu distrakce pozornosti. Jak uvádí např. Verma [235], přestože studie vizuální pozornosti s využitím eyetrackingu vyžadují high – level skills pro analýzu, s ohledem na to, že řízení je zejména vizuálně – manuální úlohou a většinu podnětů řidič získává prostřednictvím zrakového vnímání, právě tento typ studií by měl být primárně podporován a prováděn, a to zejména v reálném provozu.

Analýza vybraných rušivých vlivů byla zaměřena zejména na časovou náročnost vizuálního odpoutání pozornosti. Tento typ distrakce je, jak dokládají studie, jedním z nejnebezpečnějších. Dizertační práce poskytuje kvantifikované výsledky vizuálního odpoutání pozornosti prostřednictvím širokého spektra distraktorů uvnitř vozidla i v jeho okolí.

Současně ale porovnání získaných dob odpoutání pohledu se získanými hodnotami reakčních dob dokládá, že nižší vizuální rozptýlení nemusí korespondovat s nižší hodnotou reakční doby. Naopak, přestože v reálném provozu byly zjištěny relativně nižší hodnoty časové náročnosti vnímání spojené s užíváním mobilního telefonu, manipulace s mobilním telefonem korespondovala s nejvyššími hodnotami percepční složky reakční doby, tedy současně celé reakční doby. Toto porovnání tedy dokládá, že pro potřeby získání relevantních údajů o všech složkách reakční doby je nutné dále zkoumat také kognitivní distrakci. Ta je součástí většiny rušivých vlivů.

Kognitivní distrakce při reakci na podněty běžné v reálném provozu byla prozatím zkoumána pouze velmi limitovaným množstvím studií (např. Pamelou D'Addario [41]). Primárně se většinou jednalo o simulátorové

studie. Za účelem analýzy nepozornosti primárně ovlivňující kognitivní složku byl v rámci výzkumné činnosti ÚSI vypsán projekt TL01000216 Komplexní fyziologické monitorování řidiče s ohledem na psychologické faktory ovlivňující chování při jízdě, jehož je autorka spoluřešitelkou. Návrh tohoto projektu pak vychází z výzkumné činnosti autorského kolektivu Bucsuházy, Svozilová, Gruberová zaměřené právě na návrh a validaci metod pro analýzu chování řidiče v reálném provozu realizované v rámci projektů specifického výzkumu.

Přestože je eyetracking nejvhodnějším a v současné době nejvyužitelnějším a nejpřesnějším zařízením pro analýzu vizuálního vnímání řidiče, neposkytuje dostatečnou informaci o celém procesu zpracování informace. Jak je uvedeno v [230], jednou z limitací využití eyetrackingu pro analýzu vizuálního vnímání je skutečnost, že vizuální pozornost lze v některých situacích přesunout i bez jakéhokoliv pohybu očí. Provedená analýza vnímání reklamních zařízení dokládá premisu, že vidět nemusí nezbytně nutně znamenat vnímat, což koresponduje s dalšími výzkumy např. [82], [181]. Typicky se jedná o nehody typu selhal ve vnímání – tedy nebezpečí včas viděl i rozpoznal, ale nijak na něj nereagoval.

Jak tedy dokládají získané výstupy a provedené analýzy, pro získání kvantifikované a validní informace o vlivu distrakce na pozornost řidiče je nezbytné neomezit se pouze na analýzu vizuální pozornosti, ale zaměřit se také na dobu nezbytnou pro rozhodnutí a ovlivnění mentálních kapacit řidiče, tedy kognitivního zpracování informace.

Hlavním přínosem této práce je proto samotné navržení a otestování metodiky, která umožňuje analýzu jednotlivých složek reakční doby, resp. procesu zpracování informace a následné reakce. Navržené členění reakční doby na složku percepční a svalovou je využitelné nejenom pro analýzu nepozornosti, ale také pro analýzu vnímání a rozhodování řidičů v kritických situacích.

Přestože v současné době existuje celá řada výzkumů, která se zaměřuje na analýzu vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče, ve většině případů je ale analyzována vybraná složka reakční doby bez současného ověření, zda analyzovaný distraktor neovlivňuje rovněž další proces reakce na kritickou situaci. V rámci realizované práce bylo primárně ověřeno, které složky reakční doby jsou ovlivněny. Na základě získaných výsledků byl prokázán předpoklad, že vybranými distraktory je statisticky významně ovlivněna pouze percepční složka.

Série provedených experimentů na jízdním simulátoru, testovacím úseku i v reálném provozu potvrzuje předpoklad využitelnosti navržených metod (kombinace eyetrackingu a elektromyografie) pro analýzu percepční a svalové složky reakční doby. Následně realizovaná měření na testovacím úseku verifikují navržené členění reakční doby vycházející z provedené literární rešerše a modifikované s ohledem na prováděnou studii. Oproti většině publikovaných výzkumů umožňuje navržená a validovaná metoda komplexní analýzu vizuální pozornosti řidiče, doby nezbytné pro rozhodnutí a následné svalové odezvy zahrnující aktivaci svalových skupin a viditelný pohyb končetin.

Získané výstupy této dizertační práce lze využít mj. pro zjednodušení metodiky budoucích výzkumů. Navržené metody umožňují s využitím moderních metod detailní kvantifikaci vlivů vybraných distraktorů na proces zpracování informace řidičem v kritické situaci. Další studie lze již zaměřit pouze na analýzu percepční složky, neboť svalová odezva (i její ovlivnění) již byla detailně prozkoumána v různých podmínkách. Současné bylo také v podmínkách reálného provozu detailně analyzováno vizuální odpoutání pozornosti.

Spolupráce s ÚBMI FEKT VUT a CEITEC obohatila získané výsledky o časové náročnosti aktivace svalů a motorické odezvy rovněž o komplexní analýzu funkce navržených svalů také z hlediska fyziologie a funkčního mechanismu. Další výzkum v této oblasti může přispět např. k validaci numerických modelů lidského těla a zdokonalování bezpečnostních systémů vozidla, jak dokládají např. výzkumy [12], [278].

Součástí získaných výsledku je také unikátní informace o době potřebné pro rozhodnutí řidiče v kritické situaci, ale také při reakci na nenáhlé podněty. Získané hodnoty byly zjištěny v reálném provozu, při reakci na široké spektrum podnětů a nejsou zkrsleny simulovanými podmínkami. Pro získání validních výsledků doby potřebné pro rozhodnutí v dalších situacích relevantních pro využití ve znalecké praxi je tak možné dále využít navrženou metodiku výzkumu (např. rozhodování v křižovatce, doba nezbytné pro rozhodnutí při kontrole situace za vozidlem apod.), případně zjistit rozdíl mezi dobou potřebnou pro rozhodnutí v reálném provozu a simulovaných podmínkách a dále navázat na tento výzkum situací spojených s nepozorností řidiče a reakcí na náhlé podněty, které není možné v reálném provozu realizovat s ohledem na bezpečnost i v simulovaných podmínkách.

11.1 LIMITACE PROVEDENÉ DISERTAČNÍ PRÁCE A NÁVRHY NA DALŠÍ VÝZKUM

V TÉTO OBLASTI:

- Jednou z hlavních limitací provedené studie je množství testovaných probandů. Jedním z hlavních cílů této dizertační práce bylo ale samotné nalezení validních metod pro analýzu vnímání, rozhodování a reakce řidiče, resp. komplexní analýzy vlivu rušivých podnětů na pozornost řidiče. S ohledem na tuto skutečnost tak byla v průběhu řešení realizována celá řada měření v simulovaných podmínkách, ale i v reálném provozu a na testovacích úsecích. Celkové množství probandů, u nichž byl následně testován vliv vybraných rušivých vlivů na pozornost řidiče, bylo proto omezené.
- Další limitace této studie souvisí zejména s bezpečnostními riziky. S ohledem na to, aby nebylo neúměrně navyšováno riziko vzniku dopravní nehody, tak bylo ověření vlivu vybraných rušivých podnětů při reakci řidiče na náhlý podnět – brzdění vedoucího vozidla při jízdě v koloně realizováno pouze na testovacím úseku. Další ověření vlivu vizuální distrakce již ale bylo realizováno v reálném provozu.
- Další limitace této studie souvisí s možnou analýzou vlivu kognitivní zátěže, resp. kognitivní distrakce na pozornost řidiče. Jak dokládají provedená měření, resp. jejich vzájemné porovnání, některé z rozptylujících podnětů významně zatěžují nejenom vizuální pozornost řidiče, ale také mentální kapacity. Jak dokládá analýza nepozornosti v kontextu dopravní nehodovosti s využitím kvalitativní i kvantitativní analýzy rozhovorů s účastníky nehod v rámci činnosti Hlubkové analýzy dopravních nehod, přetížení pozornosti řidiče je obecně jednou z nejčtetnějších příčin nepozornosti. Přetížení je spojeno např. s množstvím vjemů v provozu, což je typické pro nezkušené řidiče, řidiče seniory, ale také řidiče, kteří se ocitnou v neznámém prostředí s jiným druhem provozu. Pozornost řidiče také může být nevhodně zaměřena na jiné podněty související s řízením, tedy např. v důsledku kontroly situace za vozidlem řidič přehlédne brzdění vpředu jedoucího vozidla. Dále se také jedná o nehody typu „díval se, ale neviděl“ nebo „díval se, ale nesprávně vyhodnotil“, kdy řidič situaci zkontroluje, ale nesprávně odhadne fyzikální parametry – vzdálenost, rychlost nebo vyhodnotí situaci v provozu pouze zběžně. K přetížení pozornosti může docházet také v důsledku charakteristik vozidla, kdy je vozidlo vybaveno prvky, které řidiče nezná.

Samotný odklon pozornosti pak zahrnuje nejenom distrakci externí – ať už z okolí vozidla nebo jeho interiéru, ale také distrakci interní, kdy je pozornost řidiče zatížena např. přemýšlením nad osobními problémy. Tuto kognitivní zátěž je pak velice obtížné analyzovat s využitím měřicí techniky, ale vyžaduje psychologické posouzení. Prvky kognitivní distrakce zahrnuje každý z distraktorů. S ohledem na tuto skutečnost nebyla separátně analyzována kognitivní distrakce, ale v průběhu měřících experimentů na testovací dráze byla souhrnně analyzována doba percepční, která zahrnuje nejenom vizuální pozornost, ale i kognitivní složku.

S ohledem na to, že se ale jedná o významnou složku v kontextu dopravní nehodovosti, podílela se autorka rovněž na přípravě návrhu a následném řešení projektu TAČR ÉTA, který je primárně zaměřen právě na limitaci mentální úrovně řidiče, zejména v důsledku stresu a únavy.

- Pro účely této studie byli analyzováni pouze muži v produktivním věku (do 50 let). Vyloučení rovněž byli zcela nezkušení řidiči s čerstvým řidičským oprávněním. Jak dokládá provedená analýza příčin nepozornosti v kontextu dopravní nehodovosti, četnost nehod, k nimž přispěla distrakce pozornosti řidiče, se v závislosti na věkových charakteristikách statisticky významně neliší. V průběhu stárnutí ontogeneze člověka dochází k evolučním a involučním změnám, které se mohou podílet na chybném či správném vyhodnocení dopravní situace. V důsledku stárnutí dochází ke snížení fyzických a změně mentálních kapacit. S rostoucím věkem se snižuje také schopnost vnímání a také se prodlužuje reakční doba. V závislosti na řidičské zkušenosti se pak liší rozhodovací a taktické řídicí schopnosti. V následujících studiích by proto mělo být analyzováno širší věkové spektrum probandů. V navazujících studiích by mohl být také analyzován vliv pohlaví, věku, řidičské zkušenosti a dalších charakteristik řidiče.
- Další výzkum v této oblasti může navázat na zjištěné poznatky a navrženou a ověřenou metodiku. S využitím těchto metod by pak mohl být rozšířen získaný dataset.
- Obecnou limitací nejenom výzkumných projektů, ale zejména řešení znaleckých posudků je obtížnost vymezení počátku podnětu. Zatímco u některých podnětů je vymezení počátku podnětu zcela nezpochybnitelné (rozsvícení brzdových světel vpředu jedoucího vozidla), zejména u podnětů s postupným náběhem je definice počátku obtížná. U takovýchto podnětů je obtížné definovat vznik nebezpečí pro řidiče. Příkladem těchto podnětů je zejména analýza reakce řidičů na chodce. Specifikem je rovněž analýza reakce řidičů na chodce při jízdě v noci, kdy je pro detekci podnětu řidičem nezbytné překročení detekčního prahu. Pro účely výzkumů je nejčastěji reakční doba analyzována při současné eliminaci vizuální složky s využitím první optické reakce řidiče na objekt. V rámci navazujících výzkumů by ale měla být analyzována také latence v sakádách v závislosti na typu podnětu a jeho vzdálenosti od řidiče, tedy v závislosti na stupni nebezpečnosti pro řidiče. Tato analýza by přinesla významné praktické výstupy nejenom při řešení střetů s chodci, ale rovněž při řešení dopravních nehod v křižovatkách. Prodleva v sakádě při detekci nenáhlých podnětů byla v současné době analyzována pouze v práci [41].

12 ZÁVĚR

Řízení je komplexní činnost, která vyžaduje souběžné vykonání kognitivní, fyzické, sensorické a psychomotorické dovednosti. Navzdory této komplexnosti není neobvyklé vidět řidiče interagovat s řadou činností nesouvisejících s řízením. Mentální kapacita řidiče je omezená, resp. řidič zvládne zpracovat pouze omezené množství podnětů. Při přetížení mentální kapacity řidiče tak může být snížena spolehlivost příjmu informací relevantních pro bezpečnou jízdu.

V konkrétních podmínkách působí na řidiče množství faktorů, které ovlivňují pozornost řidiče a mohou současně vést k prodloužení reakční doby v kritické situaci. Zatímco vliv některých faktorů na reakční dobu je věcí obecně známou a prozkoumanou (např. věk), vliv mnohých rušivých elementů na pozornost řidiče bývá opomíjen a řidiči si při jízdě neuvědomují omezení fyzikální i sensorická.

K selhání člověka dochází na různých úrovních, ať už na úrovni percepčně - kognitivního procesu, kdy řidič informace pouze získává a zpracovává, nebo na úrovni rozhodování a jednání. Nejvyšší zastoupení má selhání člověka na úrovni detekce podnětů, kdy je pozornost účastníka silničního provozu nevhodně zaměřená, zběžná nebo absentující, v důsledku čehož není kritická situace registrována účastníkem. Selhání na této úrovni současně nejvíce koresponduje s dopravními nehodami vzniklými v důsledku nepozornosti. [232], [173]

V rámci této dizertační práce byly popsány metody i způsoby analýzy pozornosti, resp. reakční doby řidiče. Provedena byla rozsáhlá rešerše s cílem vymezit základní pojmy – zejména nepozornost a distrakci pozornosti. Současně byly představeny dílčí studie, které se zabírají problematikou analýzy vybraných vlivů rušivých podnětů. Na základě provedené rešerše byly identifikovány limity publikovaných výzkumů. Identifikovaná omezení vedla v definici cílů pro zpracování dizertační práce i navazujících výzkumných studií.

V rámci dizertační práce byla definována reakční doba a vymezeny její základní složky – percepční a svalová složka. Percepční složka obsahuje vizuální část (latenci, pohyb oka, fixaci a rozpoznání) a kognitivní část (dobu potřebnou pro rozhodnutí). Svalová složka obsahuje aktivaci svalu a následnou motorickou odezvu (viditelný pohyb končetiny). Oproti konvenčně využívaným definicím reakční doby a jejích složek je kladen důraz na stanovení složek s ohledem na oddělení percepce včetně doby pro rozhodování od okamžiku aktivace svalové soustavy.

Následně byly hledány moderní metody pro měření reakční doby, které by byly využitelné nejen pro analýzu celkové reakční doby, ale také pro analýzu vlivu vybraných rušivých podnětů na jednotlivé složky reakční doby. Využitelnost navržených metod byla rozsáhle validována v simulátorových studiích, na testovacím úseku i v reálném provozu.

Po ověření vlivu vybraných rušivých vlivů na jednotlivé složky reakční doby byl vliv vybraných rušivých vlivů na pozornost řidiče detailně analyzován zejména ve vztahu ke kvantifikaci časové náročnosti vizuálního vnímání, resp. odpoutání pozornosti od situace v silničním provozu.

Získané výstupy mají aplikační potenciál nejenom v oblasti analýzy dopravních nehod. Současně byla v průběhu realizovaných měření i na základě detailní analýzy existujících výzkumů identifikována omezení využitelnosti eyetrackingu pro analýzu chování řidičů. Definována proto byla kategorizace reakční doby, resp. jejích složek, která je využitelná nejen pro analýzu odklonu pozornosti řidiče, ale také při analýze a řešení ostatních

typů střetů – např. střetů v křižovatce apod. Hlavní přínos této dizertační práce spočívá v návrhu a validaci metodiky výzkumu v této oblasti a metod pro analýzu procesu zpracování informace řidičem v kritické situaci.

13 PŘÍNOSY DIZERTAČNÍ PRÁCE

Jak je uvedeno v [8], prodloužení reakční doby řidiče může nastat z různých příčin. Zatímco některé nepřísluší technickému znalci hodnotit (např. vliv požitého alkoholu nebo jiných látek), jiné je nutné analyzovat. V prvé řadě je nutné zjistit okolnosti, které souvisejí se skutečnou délkou reakční doby (tj. zejména ověřit, kam se řidič v době vzniku kritické situace díval). Nutné je rovněž uvědomit si rozmezí hodnot, jichž může v dané situaci reakční doba nabývat. Následně je na místě provést analýzu, jak by se změnilы podmínky střetu při přijatelných hodnotách reakční doby.

Jak vyplynulo z výše uvedených rešerší, přestože se distraktory zaobírá značné množství výzkumů, v současné době stále neexistuje pro účely analýzy silničních nehod dostatek kvantifikovaných informací o vlivu vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče. Doby odezvy řidiče v závislosti na typu podnětu i ovlivnění pozornosti jsou primárně využitelné pro analytiky dopravních nehod, kteří často v rámci řešení znaleckých posudků musí posuzovat reakce řidiče a jeho možnosti odvrátit kritickou situaci.

Přínos dizertační práce je nejen teoretický, ale i pedagogický i praktický. Teoretický přínos lze spařovat zejména v provedené literární rešerši, terminologickém sjednocení vybraných pojmů důležitých pro analýzu dopravních nehod – zejména reakční doba a její složky.

Přínos pro praktické využití získaných dat lze spatřovat nejen při řešení dopravních nehod. Výstupy mohou být využity rovněž jako podklad pro prevenci odstranění nežádoucích rušivých vlivů z okolí jízdního koridoru vozidla, popř. pro konstruktéry vozidel pro úpravu designu interiéru některých prvků ve vozidle. Získaná data naleznou svoje uplatnění rovněž při pedagogické činnosti v oblasti soudního znalectví. Kvantifikované údaje o časové náročnosti vnímání vybraných podnětů jsou využitelné pro znalce v oboru analýza dopravních nehod.

Získané výstupy jsou využitelné rovněž při vzdělávání a výcviku řidičů, zejména v oboru autoškolení. Pochopení mechanismu zpracování informace a vymezení jednotlivých fází zpracování informací, které jsou vybranými distraktory narušeny, může být využitelné i v segmentu automotive např. pro úpravy prvků v interiéru vozidla nebo návrh nových asistenčních systémů. Příkladem může být Mazda, která na základě svého průzkumu neinstaluje do svých vozidel dotykové displeje.

Navržená a validovaná metodika umožňuje na výstupy dizertační práce navázat a rozšířit dataset získaných výsledků. V rámci značného množství realizovaných měření byla detailně prozkoumána složka svalové odezvy zahrnující nejenom viditelný pohyb, ale také aktivaci svalu. Získané výstupy poskytují náhled na tyto složky při využití různých podnětů a v různých podmínkách včetně reálného provozu. Tyto hodnoty lze proto použít také jako vstupní pro následné analýzy a zjednodušit tak metodiku navazujících výzkumů pouze na zkoumání vizuální a kognitivní složky.

Mezi hlavní přínosy disertační práce patří:

- nalezení vhodných metod pro analýzu chování řidiče (resp. vybraných charakteristik chování řidiče) a jejich ověření nejen v simulovaných podmínkách, ale i na testovacím úseku a následně v reálném provozu
- definice reakční doby využitelná nejenom pro účely analýzy distrakce pozornosti, ale také pro řešení dopravních nehod v rámci znaleckých posudků
- získání kvantifikovaných údajů o vlivu vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče

- získání kvantifikovaných údajů o vybraných složkách reakční doby řidiče v různých podmínkách
- analýza časové náročnosti vnímání vybraných podnětů odpoutávajících pozornost řidiče během řízení
- zpracování výsledků využitelných v soudně inženýrské praxi, ale také v oblasti vzdělávání odborníků v oboru soudní znalectví a v autoškolství
- získání výsledků, na jejichž podkladu by mohlo dojít ke změně právní úpravy – zejména výstupy týkající se reklamních zařízení v okolí pozemních komunikací.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] AAA Foundation for Traffic Safety. Distracted and Risk-Prone Drivers. Select Findings from the 2013 Traffic Safety Culture Index Washington, DC: AAA Foundation for Traffic Safety.
- [2] Alm H, Nilsson L. The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car. Linköping, Švédsko. 1995.
- [3] American Association of State Highway and Transportation Officials (2001). A policy on the geometric design of highways and streets Washington, D.C.
- [4] Alosco M, Spitznagel M, Fischer K, et al. Both texting and eating are associated with impaired simulated driving performance. *Traffic Inj Prev.* 2012;13:468–475.
- [5] Arendt, J. (2010). Shift work: coping with the biological clock. *Occupational Medicine*, 60 (1), 10-20.
- [6] Atchley, P Tran, AV. Salehinejad, MA. Constructing a publically available distracted driving database and research tool. *Accident Analysis & Prevention*, 2017, 99: 306-311.
- [7] Backer-Fron Dahl Agathe; Sagberg, Fridulv. Driving and telephoning: Relative accident risk when using hand-held and hands-free mobile phones. *Safety Science*, 2011, 49.2: 324- 330.
- [8] Bradáč, A.: Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 1999. ISBN 80-7204-057-X
- [9] Beanland, Vanessa, et al. Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: Data from the Australian National Crash In-depth Study. *Accident Analysis & Prevention*, 2013, 54: 99-107.
- [10] Beijer, D., Smiley, A. and Eizenman, M.. Observed driver glance behaviour at roadside advertising signs. *Transport research record.* 1899/2004.
- [11] Beede, Kristen E.; Kass, Steven J. Engrossed in conversation: The impact of cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 2006, 38.2: 415-421.
- [12] Behr, M., Poumarat, G., Serre, T., Arnoux, P. J., Thollon, L., & Brunet, C. (2010). Posture and muscular behaviour in emergency braking: An experimental approach. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 797-801.
- [13] Belyusar, D., Reimer, B., Mehler, B. & Coughlin, J. F. (2016). A field study on the effects of digital billboards on glance behavior during highway driving. *Accident Analysis & Prevention*, 88(Supplement C), 88-96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.12.014>
- [14] Bener, A., Lajunen, T., Özkan, T., Haigney, D. (2006). The effect of mobile phone use on driving style and driving skills. *International Journal of Crashworthiness*, 11(4), 10.1533
- [15] Berthié, G., Lemercier, C., Paubel, P. V., Cour, M., Fort, A., Galéra, C. Maury, B. (2015). The restless mind while driving: drivers' thoughts behind the wheel. *Accident Analysis & Prevention*, 76, 159-165.
- [16] Blaauw, Gerard J. Driving experience and task demands in simulator and instrumented car: a validation study. *Human Factors*, 1982, 24.4: 473-486.
- [17] Blanchard, R. A., Myers, A. M., & Porter, M. M. (2010) Correspondence between selfreported and objective measures of driving exposure and patterns in older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 523-529. doi: 10.106/j.aap.2009.09.018
- [18] Briem, V., & Hedman, L.R. (1995). Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38, 2536-2562.

- [19] Borgini, Gianluca, Astolfi, Laura, Vecchiato, Giovanni, et al. Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2014, vol. 44, p. 58-75. doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.043
- [20] Burns, P. C., et al. How Dangerous is Driving with a Mobile Phone?: Benchmarking the Impairment to Alcohol. TRL, 2002.
- [21] Burg, H.. Handbook of Accident Reconstruction: accident investigation - vehicle dynamics - simulation. Vyd. 1. Editor Heinz Burg, Andreas Moser. Washington: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013, 475 s. ISBN 978-149-2328-421.
- [22] Cacioppo J.T. L. G. Tassinary, "Inferring psychological significance from physiological signals," *Am. Psychol.*, vol. 45, no. 1, pp. 16–28, Jan.1990.
- [23] Caird, J. K., Simmons, S. M., Wiley, K., Johnston, K. A., & Horrey, W. J. (2018). Does Talking on a Cell Phone, With a Passenger, or Dialing Affect Driving Performance? An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Experimental Studies. *Human Factors. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(1), 101–133. doi:10.1177/0018720817748145
- [24] Castro, Candida. Human factors of visual and cognitive performance in driving. CRC Press, 2008.
- [25] Centrum dopravního výzkumu, Vliv reklamních zařízení na bezpečnost dopravy, 2016, Ministerstvo dopravy
- [26] Consoglio, William, et al. Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accident Analysis & Prevention*, 2003, 35.4: 495-500.
- [27] Cooper S, Chakravarthy B, Anderson C, Hata S, Ferrer C, Lotfipour S, Motor Vehicle Collision in Relation to the Proximity of Electronic Billboard in a Large Urban Setting, *Annals of Emergency Medicine*, 2016.
- [28] Cooper, P. J., Zheng, Y., Christian, R., Vavrik, J., Heinrichs, B., & Siegmund, G. (2003). The impact of hands-free message reception/response on driving task performance. *Accident Analysis and Prevention* , 35, 23-35.
- [29] Corbetta, Maurizio; Shulman, Gordon L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature reviews neuroscience*, 2002, 3.3: 201.
- [30] Crundall D., Attraction and distraction of attention with roadside advertisements. UK,2005. *Accident Analysis and Prevention* 38 (2006) 671–677
- [31] Chattington, M., Reed, N., Basacik, D., Flint, A., & Parkes, A. (2009). Investigating driver distraction: The effects of video and static advertising (PPR 409). Retrieved from Wokingham, Berkshire, United Kingdom
- [32] Chen S., J. Pan, and K. Lu, "Driving Behavior Analysis Based on Vehicle OBD Information and AdaBoost Algorithms," in Proc. Intl. MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Vol I 2015, Mar 2015, Hong Kong.
- [33] Chiang, D.P., Brooks, A.M., & Weir, D.H. (2004). An experimental study of destination entry with an example automobile navigation system. Special Publication SP-1593. Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pennsylvania.
- [34] Choi, Minh, Gyogwon Koo, Minseok Seo a Sang Woo Kim. Wearable Device-Based System to Monitor a Driver's Stress, Fatigue, and Drowsiness. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* [online]. 2018, 67(3), 634-645 [cit. 2018-07-23]. DOI: 10.1109/TIM.2017.2779329. ISSN 0018-9456. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8234669/>

- [35] Chong, I. Tannaz, M. Silva, H.I. Strybel T.Z Auditory and visual peripheral detection tasks and the lane change test with high and low cognitive load. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications, 2014. p. 2180-2184.
- [36] CHOWDHURY, Anuva, Rajan SHANKARAN, Manolya KAVAKLI a Md. Mokammel HAQUE. Sensor Applications and Physiological Features in Drivers' Drowsiness Detection: A Review. IEEE Sensors Journal [online]. 2018, **18**(8), 3055-3067 [cit. 2019-01-03]. DOI: 10.1109/JSEN.2018.2807245. ISSN 1530-437X. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8293771/>
- [37] Černochová, D. Rehnová, V. Vliv věku a kognitivní zátěže na vizuální vnímání řidiče. Dopravněpsychologický seminář. Olomouc, 2014.
- [38] České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Výsledky promítnuté do právních předpisů a norem. Výstupy programů bezpečnostního výzkumu České republiky VH 20162017003: Vliv reklamních zařízení na bezpečnost silničního provozu
- [39] D'Addario, P. M. Perception-response time to emergency roadway hazards and the effect of cognitive distraction (Master of Applied Science). University of Toronto. 2014
- [40] D'Addario, P. M.; Donmez B, Ising KW. EMG provides an earlier glimpse into the effects of cognitive distraction on brake motor response. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2014. p. 2200-2204.
- [41] D'Addario, Pamela; DONMEZ, Birsen. The effect of cognitive distraction on perception-response time to unexpected abrupt and gradually onset roadway hazards. Accident Analysis & Prevention, 2019, 127: 177-185.
- [42] Dingus, T. A., Hanowski R. J., Klauer S. G. Estimating Crash Risk. Ergonomics in Design. 2011. 19 (4), 8-12.
- [43] DINGUS, Feng GUO, Suzie LEE, Jonathan F. ANTIN, Miguel PEREZ, Mindy BUCHANAN - KING Buchanan-King, and Jonathan HANKEY: Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113 (10) 2636-2641
- [44] Donders, F. C. On the speed of the mental processes. Acta Psychologica 30, s. 412-431. 1969.
- [45] Deary IJ, Der G. Reaction time, age, and cognitive ability: Longitudinal findings from age 16 to 63 years in representative population samples. Aging, Neuropsychology, and cognition, 2005; 12(2): 187-215.
- [46] Der G. Deary I.J. Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. Psychology and aging, 2006, 21.1: 62.
- [47] Desmet, Ch., Torfs, K. The influence of the position of navigation systems on visual attention while driving, International Conference on Driver Distraction and Inattention, 2018.
- [48] Dula, Ch., Martin, A., B., Leonard, R., L. (2011). Differing types of cellular phone conversations and dangerous driving. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43.1: 187-193
- [49] Dukic, T., Ahlstrom, C., Patten, C., Kettwich, C., & Kircher, K. (2013). Effects of Electronic Billboards on Driver Distraction. Traffic Injury Prevention, 14(5), 469-476. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/15389588.2012.731546>

- [50] Edquist, J., Horberry T., Hosking, S., Johnston, I.; Advertising billboards impair change detection in road scenes, Monash University Accident Research Centre; 2011 Australasian Road Safety Research, Education & Policing Conference, Perth, 2011.
- [51] Edquist, J., a kol, Effects of advertising billboards during simulated driving. *Applied Ergonomics* 42 (2011)
- [52] Eenik, R., Barnadr, Y., Baumann, M. Augros, X. Utesch F. UDRIVE: the European naturalistic driving study. *Transport research Arena* 2014. Paris. 2014
- [53] Engleman, H.M., & Douglas, N.J. (2005). Sleep, driving, and the workplace. *Clinical Medicine*, 5 (2), 113-117.
- [54] Engström, Johan; Johansson, Emma; Östlund, Joakim. Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2005, 8.2: 97-120
- [55] Evarts, E. V.; Teräväinen, H.; Calne, D. B. Reaction time in Parkinson's disease, *Brain: Journal of Neurology*. 1981], [Kutukcu, Y.; Marks J. W. Simple and choice reaction time in Parkinson's disease. *Brain research*. pp 367–372. 1999
- [56] Eoh, H. J., Min, K. CH., Seong-Han, K. Electroencephalographic study of drowsiness in simulated driving with sleep deprivation. In: *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2005, s. 307-320.
- [57] Erso synthesis. *Driver distraction* 2015. European Commission
- [58] ESRA survey <https://www.esranet.eu/en/about-the-project/>
- [59] Fairclough S.H., Graham R. Impairment of driving performance caused by sleep deprivation or alcohol: A comparative study. *J. Hum. Factors Ergon.* 1999;41:118–128. [PubMed]
- [60] Feldman, G., Greeson, J., Renna, M., Robbins-Monteith, K.: 'Mindfulness predicts less texting while driving among [247] adults: Examining attention-and emotion-regulation motives as potential mediators', *Pers. Individual Differ.*, 2011, 51, (7), pp. 856–861
- [61] Filtness, A. J., Reyner, L. A., & Horne, J. A. (2012). Driver Sleepiness-Comparisons between Young and Older Men During a Monotonous Afternoon Simulated Drive. *Biological Psychology*, 89(3), 580-583.
- [62] Fotios, S., et al. Using eye-tracking to identify pedestrians' critical visual tasks, Part 1. Dual task approach. *Lighting Research & Technology*, 2015, 47.2: 133-148.
- [63] Fozard JL et al. Age differences and changes in reaction time: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of gerontology*, 1994; 49(4): 179-P189.
- [64] Gastaldi, M., R. Rossi, and G. Gecchele. Effects of Driver Task-Related Fatigue on Driving Performance. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, Vol. 111, 2014, pp. 955–964.
- [65] Ghosh, S. Nandy, T. Manna, N. Real Time Eye Detection and Tracking Method for Driver Assistance System. In: *Advancements of Medical Electronics*. Springer, New Delhi, 2015. p. 13-25.
- [66] Glier, L. Porovnání reakční doby řidiče při denním a nočním osvětlení. *Soudní inženýrství č. 2*, 1993.
- [67] Godley, Stuart T., Thomas J. Triggs and Brian N. Fildes. "Driving simulator validation for speed research." *Accident; analysis and prevention* 34 5 (2002): 589-600 .
- [68] Green, M. (2000). "How Long Does It Take to Stop?" Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times. In *Forensic Vision With Application to Highway Safety* (3rd ed., pp. 195–216).
- [69] Green, M. *Roadway Human Factors: From Science to Application*. Lawyers & Judges Publishing Company, Incorporated, 2018.

- [70] Grace, Janet, et al. Neuropsychological deficits associated with driving performance in Parkinson's and Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2005, 11.06: 766-775
- [71] Grüner, Markus; Ansorge, Ulrich. Mobile eye tracking during real-world night driving: A selective review of findings and recommendations for future research. *Journal of Eye Movement Research*, 2017, 10.2.
- [72] Guidelines for research on mobile phone use in traffic, Technische Universität Braunschweig, 2018.
- [73] Gundy, C. (1992). The influence of the complexity and modality of driver route information on the detection of visual stimuli during a simulated driving task: a critical evaluation and re-analysis. (NTIS paper No. PB92-202969). Springfield, VA: National Technical Information Service.
- [74] Guo, Fu, et al. Bibliometric analysis of simulated driving research from 1997 to 2016. *Traffic injury prevention*, 2019, 1-8.
- [75] Haigney, D.E., Taylor, R.G., & Westerman, S.J. (2000). Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes. *Transportation Research Part F*, 3, 113-121.
- [76] Haigney, D., & Westerman, S. J. (2001). Mobile phone use and driving: a critical review of research methodology. *Ergonomics*, 44, 132-143.
- [77] Hamerníková, Veronika, et al. Metodika pro výcvik a vzdělávání řidičů v oblasti užívání asistenčních systémů ve vozidlech. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [78] Hancock, P. A. et al. The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. In: *Accident Analysis* [online]. 2003, s. 501-514 [cit. 2014-10-30]. DOI: 10.1016/s0001-4575(02)00028-3.
- [79] Hankins T. C., Wilson G. F., "A comparison of heart rate, eye activity, EEG and subjective measures of pilot mental workload during flight," *Aviat. Space Environ. Med.*, vol. 69, no. 4, pp. 360–367, 1998.
- [80] Harbluk, J. L., Noy, Y. I., Eizenman, M. (2002). The impact of cognitive distraction on driver visual behaviour and vehicle control, TP No. 13889 E. Transport Canada, Canada.
- [81] Harms, L., Patten, C. (2003). Peripheral detection as a measure of driver distraction. A study of memory-based versus system-based navigation in a built-up area. *Transportation Research Part F*, 6, 23-36.
- [82] Havlík, K., *Psychologie pro řidiče: zásady chování za volantem a prevence dopravní nehodovosti*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7178-542-3
- [83] Heikkilä, V. M., et al. Decreased driving ability in people with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 1998, 64.3: 325-330
- [84] Hedlund J, Simpson H, Mayhew D (2006) International conference on distracted driving: summary of proceeding and recommendations, page 6. Ottawa: TIRF and CAA. The Traffic Injury Research Foundation and Canadian Automobile Association, Toronto
- [85] Healey, Jennifer A.; PICARD, Rosalind W. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 2005, 6.2: 156-166
- [86] Helander, "Applicability of drivers' electrodermal response to the design of the traffic environment," *J. Appl. Psychol.*, vol. 63, no. 4, pp. 481–488, 1978.
- [87] Henderson, John M. Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in cognitive sciences*, 2003, 7.11: 498-504

- [88] Hermens, Hermie J., Freriks, Bart, Merletti, Roberto, et al. European recommendations for surface electromyography. Roessingh research and development, 1999, vol. 8, no 2, p. 13-54.
- [89] Herrstedt, L., Greibe, P., & Andersson, P. (2013, 15-17 May). Driver attention is captured by roadside advertising signs. Paper presented at the the 16th International Conference Road Safety on Four Continents, Beijing, China.
- [90] Herrstedt, L., Greibe, P., Andersson, P., & la Cour Lund, B. (2017). Visuel distraction fra lysreklamer langs veje.
- [91] Higgins, Laura L.; Ko, Myunghoon; Chrysler, Susan T. Driver Eye-scanning Behavior at Intersections at Night. Southwest Region University Transportation Center, Texas Transportation Institute, University of Texas at Austin, 2009.
- [92] Hodgkins, J. Reaction Time and Speed of Movement in Males and Females of Various Ages, Research Quarterly. American Association for Health. 1963
- [93] Hooper, Kevin G.; Mcgee, Hugh W. Driver perception-reaction time: Are revisions to current specification values in order?. 1983.
- [94] Horberry, T., Anderson, J., Regan, M.A., Triggs, T.J., & Brown, J. (2003). Driver Distraction: The Effects of Concurrent In-Vehicle Tasks, Road Environment Complexity and Age on Driving Performance. Accident, Analysis and Prevention.
- [95] Horne, J.A., & Reyner, L.A. (1995). Sleep related vehicle accidents. British Medical Journal, 310, 565-567.
- [96] Horne, J., & Reyner, L. (1999). Vehicle accidents related to sleep: A review. Occupational and environmental medicine, 56, 289-294.
- [97] Horswill, M. S., & McKenna, F. P. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. In A cognitive approach to situation awareness: Theory and application (1st ed., pp. 155–175). UK: Ashgate Publishing, Ltd.
- [98] Hosseini, Seyyed Abed et Khalilzadeh, Mohammad Ali. Emotional stress recognition system using EEG and psychophysiological signals: Using new labelling process of EEG signals in emotional stress state. In: 2010 International conference on biomedical engineering and computer science. IEEE, 2010. p. 1-6. doi:10.1109/ICBECS.2010.5462520
- [99] Hsieh, Li, et al. Conversation effects on neural mechanisms underlying reaction time to visual events while viewing a driving scene: fMRI analysis and asynchrony model. Brain Research, 2009, 1251: 162-175.
- [100] Huestegge, L., Skottke, E.-M., Anders, S., Muesseler, J., & Debus, G. (2010). The development of hazard perception: Dissociation of visual orientation and hazard processing. Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour, 13(1), 1–8.
- [101] Hugh Woo, „Simulation of mobile phone use” Impact 2002, No.8;4-9
- [102] Hultsch D.F. Macdonald S. Dixon R.A. Variability in reaction time performance of younger and older adults. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 2002, 57.2: P101-P115.
- [103] Hyman, I.E., Boss, S.M., Wise, B.M., McKenzie, K.E., et al. (2010) Did you see the unicycling clown? Inattentional blindness while walking and talking on a cell phone. In: Applied Cognitive Psychology, 24 (5), pp. 597-607.

- [104] Ige, J., Banstola, A., & Pilkington, P. (2016). Mobile phone use while driving: Underestimation of a global threat. *Journal of Transport & Health*, 3(1), 4–8. doi:10.1016/j.jth.2015.11.003
- [105] INTERACTION - Understanding driver interactions with In-Vehicle Technologies, zadavatel: European Commission, č. zadavatele: 218560
- [106] Irwin, Ch. Monement, S. Desbrow, B. The Influence of Drinking, Texting, and Eating on Simulated Driving Performance. In *Traffic Injury Prevention*, Volume 16, 2015. Pp. 116-123
- [107] Jahn, G. Oehme, A. Krems, J. F. Gelagu, Ch. Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. *Transportation Research Part F*, 8, 2005. 255-275.
- [108] Jahanshahi, M.; Brown, R. G.; Marsden, C. D. A comparative study of simple and choice reaction time in Parkinson's, Huntington's and cerebellar disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1993
- [109] Janíček, Přemysl. Systémová metodologie: brána do řešení problémů. Akademické nakladatelství CERM, 2014.
- [110] Johansson, G., & Rumar, K. (1971). Driver' brake reaction times, *Human Factors*, 13, 23-27.
- [111] Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., Ramsey, D. J. (2006). The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. DOT HS 810 594. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- [112] Kledus, R., Bradac, A., & Semela, M. (2010). Comparative Perception of Objects by Drivers from Stationary and Moving Vehicles in Regular Road Traffic. Presented at the 19th EVU Congress, Prague.
- [113] Klimeš, J. Způsoby sledování pohybu zraku. 2001. Dimar
- [114] Kledus, R.; Semela, M.; Bradáč, A. 2013. Možnosti spatření chodců v extravilánu za snížené viditelnosti. In *Sborník příspěvků z odborné konference Zvýšení bezpečnosti provozu vozidel ozbrojených sí*, 66-79. ISBN 978-80-904625-4-0.
- [115] Kocián, K; Kocourek, J; Nouzovský, L; Radová, Z.; Svatý, Z; Vliv reklamních zařízení na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. *Silniční obzor*. 2017, 78(5), 133-137. ISSN 0322-7154.
- [116] Kassner, M.; Patera, W.; Bulling, A., 2014. Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-based Interaction. In *Proceedings of the 2014 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing: Adjunct publication*. ACM, 1151-1160.
- [117] Kiselev S.E. Kimberly A. Sheffield T. Age-related differences in reaction time task performance in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2009, 102.2: 150-166.
- [118] Kircher, Katja, and Christer Ahlstrom. "Minimum required attention: a human-centered approach to driver inattention." *Human factors* 59.3 (2017): 471-484.
- [119] Kircher, A., Vogel, K., Bolling, A., Nillson, L., Patten, C., Malmstrom, T., & Ceci, R. (2004). Mobile telephone simulator study. Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden.
- [120] Koustana Arnaud (2018) Assessing position of in-car display with Detection Response Task. In *DDI 2018 Book of abstracts*, Gothenburg (Švédsko), 15-17 October 2018.
- [121] Koppa, R. J. Human factors. (1997). Monograph of traffic flow theory
- [122] Krajewski, Jarek, et al. Steering wheel behavior based estimation of fatigue. 2009. In: *Proceedings of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle*

Design, June 22-25, 2009, Big Sky, Montana. Iowa City, IA: Public Policy Center, University of Iowa, 2009: 118-124. <https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1311>

- [123] Krauss, David A. Forensic aspects of driver perception and response. Lawyers & Judges Publishing Company, 2015.
- [124] Lamble, D., Rajalin, S., Summala, H. (2002) Mobile phone use while driving: public opinions on " restrictions. *Transportation*. 29: 223-236.
- [125] Lamble, D. et al. Driving performance of drivers with impaired central visual field acuity. In: *Accident Analysis* [online]. 2002, s. 711-716 [cit. 2014-10-28]. DOI: 10.1016/s0001-4575(01)00071-9.
- [126] Lana M. Tricka, Seneca Brandigampola, James T. Enns, How fleeting emotions affect hazard perception and steering while driving: The impact of image arousal and valence, *Accident Analysis and Prevention* 45, 2012
- [127] Libby, David; Chaparro, Alex; He, Jibo. Distracted while driving: A comparison of the effects of texting and talking on a cell phone. In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2013. p. 1874-1878.
- [128] Lipovac, Krsto, et al. Mobile phone use while driving-literary review. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 2017, 47: 132-142.
- [129] Lee, J. D., Young, K.I. Regan M. A. Defining driver distraction. In: Regan M.A., Lee J.D., Young, K.I. *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*, CRC Press, Boca Raton, pp 31 – 40
- [130] Lee, S. E., Simons-Morton, B. G., Klauer, S. E., Ouimet, M. C., & Dingus, T. A. (2011). Naturalistic assessment of novice teenage crash experience. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1472-1479. doi: 10.1016/j.aap.2011.02.026
- [131] Lenneman, J.; Shelly, J.; Backs, R., 2005. Deciphering psychological-physiological mappings while driving and performing a secondary memory task. In *Proceedings of the Third International Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*.
- [132] Lemke, M. Correlation between eeg and driver's actions during prolonged driving under monotonous conditions. In: *Accident Analysis & Prevention*, 1982 (14.1), s. 7-17. ISSN 00014575.
- [133] Lesch, M.F., Hancock, P.A. . Driving performance during concurrent cellphone use: are drivers aware of their performance decrements? *Accident Analysis and Prevention*.
- [134] Lohani, Monika, Brennan R. PAYNE a David L. STRAYER. A Review of Psychophysiological Measures to Assess Cognitive States in Real-World Driving. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 2019, 13 [cit. 2019-03-25]. DOI: 10.3389/fnhum.2019.00057. ISSN 1662-5161. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2019.00057/full>
- [135] Luo, G., & Peli, E. (2011). Recording and automated analysis of naturalistic bioptic driving. *Ophthalmic and Physiological Optics: The Journal of the College of Optometrists*, 31, 318-325. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00829.x
- [136] Madeley, P., et al. Parkinson's disease and driving ability. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 1990, 53.7: 580-582
- [137] Malathi, D, et al. Electrodermal Activity Based Wearable Device for Drowsy Drivers. In: *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2018, 1000 [cit. 2019-02-22]. DOI: 10.1088/1742-

6596/1000/1/012048. ISSN 1742-6588. Dostupné z: <http://stacks.iop.org/1742-6596/1000/i=1/a=012048?key=crossref.9fd7db9cb9df6a401af7424afc96d842>

- [138] Martens, M. Winsum, W. Measuring distraction: the Peripheral Detection Task. TNO Human Factors, Soesterberg, Netherlands, 2000.
- [139] Matthews, R., Legg, S., & Charlton, S. (2003). The effect of cell phone type on drivers' subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 441-450.
- [140] Maxera, P.; Kledus, R.; Semela, M. Analysis of Drivers' Conduct while Driving over Pedestrian Crossing by Using Eyetracking Method. In Proceedings of International Scientific Conference "MODERN SAFETY TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION - MOSATT 53 2015". Proceedings of International Scientific Conference Modern Safety Technologies in Transportation - MOSATT. 1st edition. Kosice, Slovakia: PERPETIS, s.r.o., 2015. s. 140- 146. ISBN: 978-80-971432-2- 0. ISSN: 1338- 5232.
- [141] McGehee, D. V.; Carsten, O. M. J. 2010. Perception and biodynamics in unaltered precrash response, *Annals of advances in automotive medicine* 54: 315-332.
- [142] McGehee, D., Mazzae, E., Bladwin, G. (2000). Driver reaction time in crash avoidance research: Validation of a driving simulator study on a test track. Proceedings of the International Ergonomics Association 2000 Conference
- [143] Michalski, A.; Błaszczuk, J. 2004. Physiological Measures in Road Safety Studies, *An International Journal* (2): 49-60.
- [144] Misokefalou, E., Papadimitriou, F., Kopelias, P., & Eliou, N. (2016). Evaluating Driver Distraction Factors in Urban Motorways. A Naturalistic Study Conducted in Attica Tollway, Greece. *Transportation Research Procedia*, 15(Supplement C), 771-782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.064>
- [145] Moberly, N. J., & Langham, M. (2000). Pedestrian conspicuity at night: a case for biological motion?
- [146] Mouloua, Mustapha, et al. The effects of text messaging on driver distraction: A bio-behavioral analysis. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2010. p. 1541-1545.
- [147] Morris, Andrew, et al. Distraction effects of navigation and green-driving systems—results from field operational tests (FOTs) in the UK. *European Transport Research Review*, 2015, 7.3: 26.
- [148] Muttart, J. W. (2000). Effects of Retroreflective Material upon Pedestrian Recognition at Night. *Accident Reconstruction Journal*, 11, 51-57.
- [149] Muttart, J. W. (2001). Evaluation of the influence of several variables upon driver perception response times. In Proceedings of the 5th International Conference of the Institute of Traffic Accident Investigators (pp. 116–129). York, England.
- [150] Muttart, J. W. (2003). Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis (2003-01-0885). Warrendale, PA: SAE International.
- [151] Muttart, J. W. (2004). Estimating Driver Response Times. In W. Karwowski & Y. Ian Noy (Eds.), *Handbook of Human Factors in Litigation* (pp. 14–1–14–25). CRC Press. 71
- [152] NHTSA, "Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices," National highway traffic safety administration at US Department of transportation, Washington, DC2013
- [153] Olson, P. L., & Farber, G. (2003). *Forensic Aspects of Driver Perception and Response*. Lawyers & Judges Publishing Company.

- [154] Olson, P. L., & Sivak, M. (1986). Perception-response time to unexpected roadway hazards. *Human Factors*, 28(1), 91–96.
- [155] Olsson, S., & Burns, P. C. (2000). Measuring distraction with a peripheral detection task. On-line paper. Available at <https://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/Human%20Factors/driver-distraction/PDF/6.pdf>
- [156] Olson, P. L. (1989). *Driver Perception Response Time (890731)*. Warrendale, PA: SAE International.
- [157] Olson, P. L., Cleveland, D. E., Fancher, P. S., & Schneider, L. W. (1984). Parameters Affecting Stopping Sight Distance (No. UMTRI-84-15). Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transportation Research Institute.
- [158] Olson, P. L., & Farber, G. (2003). *Forensic Aspects of Driver Perception and Response*. Lawyers & Judges Publishing Company.
- [159] Patten Christopher, Kircher Albert, Stlund Joakim, Nilsson Lena. Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation. *Accident analysis and prevention*. Vol. 36. no. 3. p 341 – 350. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457503000149>
- [160] Perez, W. A., Bertola, M. A., Kennedy, J. F., & Molino, J. A. (2011). Driver visual behavior in the presence of commercial electronic variable message signs (CEVMS).
- [161] Peters, George A.; Peters, Barbara J. *Automotive vehicle safety*. CRC Press, 2002.
- [162] Pflieger, E. Hazard recognition and reaction in practice – exact time proof by visualization analysis. In: *Sborník výroční konference EVU, 2012*. ISBN 978-973-0-13537-4.
- [163] Pflieger, E. Blink Analyses and Driver Attention. In: *Proceedings of the 1st joint ITAI–EVU Conference, 2009*, s. 25-32.
- [164] Pflieger, E., Jechlinger, C. Disclosure of the Differences in the Navigation and Viewing Behaviour at Day and Night with viewpointsystem® ViewingAnalysis based on Real Examples. In: *19th EVU Congress, 2010*, s. 59-66. ISBN 978-80-7399-136-4.
- [165] Pflieger, E., Hohenbüchler, M. Viewing Analyses of Drivers of Electrically Powered Bicycles and SEGWAYS in Conflicts with Bicyclists, Pedestrians and other Road Users. In: *20. EVU ANNUAL MEETING, 2011*, s. 96-103. ISBN 9783851251746.
- [166] Pflieger, E. Viewing analysis of experienced vs. not experienced motorcyclists and conclusions about traffic-safety. In: *22nd annual congress Firenze, 2013*, s. 171-174.
- [167] Pöysti, Leena; Rajalin, Sirpa; Summala, Heikki. Factors influencing the use of cellular (mobile) phone during driving and hazards while using it. *Accident Analysis & Prevention*, 2005, 37.1: 47-51.
- [168] Rábek, V. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu – denní doba*. Properus s.r.o.. Olomouc, 2014.
- [169] Reed, Nick; Robbins, R. *The effect of text messaging on driver behaviour. A simulator study*, 2008.
- [170] Reed, Matthew P.; Green, Paul A. Comparison of driving performance on-road and in a low-cost simulator using a concurrent telephone dialling task. *Ergonomics*, 1999, 42.8: 1015-1037.
- [171] Lee, John D.; Victor, Trent W.; Regan, Michael A. *Driver Distraction and Inattention: Advances in Research and Countermeasures (Human Factors in Road and Rail Transport)*. Ashgate Publishing Group, 2013.
- [172] Regan, Michael A.; Lee, John D.; Young, Kristie. *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation*. CRC Press, 2008.

- [173] Regan, M.A., Hallet C., Gordon C.P. Driver distraction and driver inattention: relationship and taxonomy. *Accident analysis and prevention* 43. 1771 – 1781.
- [174] Regan, M. A., et al. Naturalistic driving studies: literature review and planning for the Australian naturalistic driving study. In: *Australasian college of road safety conference 2012*, Sydney, New South Wales, Australia. 2012.
- [175] Rehnová, V. Reklamní objekty podél silnice a jejich vliv na řidiče [online]. [cit. 2007-03-07]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/reklamni-objekty-podel-silnice-a-jejich-vliv-na-ridice/>
- [176] Rigas, George, et al. A reasoning-based framework for car driver's stress prediction. In: *2008 16th Mediterranean Conference on Control and Automation* [online]. IEEE, 2008, 2008, s. 627-632 [cit. 2018-07-16]. DOI: 10.1109/MED.2008.4602162. ISBN 978-1-4244-2504-4. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4602162/>
- [177] Ronzhina, M., et al, I. Sleep Scoring using Artificial Neural Networks. In: *Sleep Medicine Review*, 2011.
- [178] Ronzhina, M., et al. Use of EEG for Validation of Flicker – Fusion Test. In: *4TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLIED SCIENCES IN BIOMEDICAL AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES – ISABEL*, 2011.
- [179] Rossi, R., M. Gastaldi, and G. Gecchele. Analysis of Driver Task-Related Fatigue Using Driving Simulator Experiments. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, Vol. 20, 2011, pp. 666–675.
- [180] RoSPA (2002) *The Risk of Using a Mobile Phone While Driving*
- [181] Rothengatter, Talib Ed; Vaya, Enrique Carbonell Ed. *Traffic and transport psychology: Theory and application*. In: *International Conference of Traffic and Transport Psychology*, May, 1996, Valencia, Spain. Pergamon/Elsevier Science Inc, 1997.
- [182] Ruijia F., Guangyuan Z., Bo C. An on-Board System for Detecting Driver Drowsiness Based on Multi-Sensor Data Fusion Using Dempster-Shafer Theory. *Proceedings of the International Conference on Networking, Sensing and Control*; Okayama, Japan. 26–29 March 2009; pp. 897–902.
- [183] Sagberg, F. (2001) Accident Risk of Car Drivers During Mobile Telephone Use. *International Journal of Vehicle Design*, Vol. 26, No. 1, pp. 57-69.
- [184] Sanbonmatsu, D. M., Strayer, D. L., Biondi, F., Behrends, A.,A. & Moore, M.S. (2016). Cell-phone use diminishes self-awareness of impaired driving *Psychonomic Bulletin & Review*. 23(2): 617-623.
- [185] Salvucci, Dario D.; Goldberg, Joseph H. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*. ACM, 2000. p. 71-78.
- [186] Saito, H., Ishiwaka, Takuo; Okabayashi, S. Applications of driver's line of sight to automobiles-what can driver's eye tell. In: *Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, 1994. *Proceedings.*, 1994. IEEE, 1994. p. 21-26.
- [187] Salaheddine B., The role of roadside advertising signs in distracting drivers. *South Arabia 2009*, *International Journal of Industrial Ergonomics* 40 (2010) 233–236
- [188] Sano, M. a kol. Simple reaction time as a measure of global attention in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1, pp 56-61. doi:10.1017/S1355617700000102
- [189] Sexton, B.F., Tunbridge, R.J., Board, A., Jackson, P.G., Wright, K., Stark, M.M., and Englehart, K. (2002). *The Influence of Cannabis and Alcohol on Driving*. TRL Report 543. Crowthorne, England: Transport Research Laboratory.

- [190] Silverstein, N. M, Eby, D. W., Molnar, L. J., LeBlanc, D. J., & Adler, G. (2009). Monitoring drivers with dementia: An instrumented vehicle study. *Alzheimer's and Dementia*, 5, 140-140.
- [191] Simmons, S. M., Hicks, A., & Caird, J. K. (2016). Safety-critical event risk associated with cell phone tasks as measured in naturalistic driving studies: A systematic review and metaanalysis. *Accident Analysis & Prevention*, 87, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.11.015>
- [192] Sedlák, Jiří. Pracovní únava. Praha: Československá akademie věd, 1986, 46 s
- [193] Seppelt, B., Seaman, S., Angell, L., Mehler, B., Reimer, B., Victor, T., ... & Fort, A. (2018, October). Assessing the effect of in-vehicle task interactions on attention management in safety-critical events. In 6th Int. Conf. on Driver Distraction and Inattention (pp. 1-11).
- [194] Seto, Y. a kol. Research on detection of braking reactions in emergency situations. *Vehicle System Dynamics*, 2004. 41, 784–790.
- [195] Semela, Marek. Systémové pojetí analýzy silničních nehod: The System Approach to Road Accident Analysis. Habilitační práce. Brno, 2018. 139 s. Vysoké učení technické v Brně.
- [196] Sheridan, M. R.; Flowers, K. A.; Hurrell, J. Programming and execution of movement in Parkinson's disease. *Brain*, 1987, 110.5: 1247-1271
- [197] Shinar, D. (2007). *Traffic Safety and Human Behavior* (1st ed.). UK: Emerald Group Publishing Limited.
- [198] Smiley, A., Persaud, B., Bahar, G., Mollett, C., Lyon, C., Smahel, T., Kelman, W.L., 2005. Traffic safety evaluation of video advertising signs. *Transportation Res. Record: J. Transportation Res. Board* 1937, 105–112.
- [199] Smiley, A., & Caird, J. K. (2007). *The Effects of Cellphone and CD Use on Novice and Experienced Driver Performance*. Insurance Bureau of Canada.
- [200] Snodgrass, J. G.; Luce, D. R. Some experiments on simple and choice reaction time, *Journal of experimental psychology*, Vol. 75, No.1, 1967
- [201] Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction; Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science* , 9, 462-466.
- [202] Strayer, David L., et al. Measuring cognitive distraction in the automobile. *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2013. 10.1177/0018720815575149
- [203] Staczyk, T. L., Jurecki, R.: O przyczynach różnic w publikowanych wartościach czasów reakcji kierowców, *Materiały X. konferencje EVU Problémy rekonstrukce dopravních nehod*, Szczyrk, 2006
- [204] Stavrinou, D., Mosley, P. R., Wittig, S. M., Johnson, H. D., Decker, J. S., Sisiopiku, V. P., & Welburn, S. C. (2016). Visual behavior differences in drivers across the lifespan: A digital billboard simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 41(Part A), 19-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.001>
- [205] Stelling, A., enHagenzieker, M.P. (2012) Afleiding in het verkeer. Report R-2012-4. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam.
- [206] Summala, H. (2000). Brake reaction times and driver behavior analysis. *Transportation Human Factors*, 2(3), 217–226.
- [207] Sulaiman, Norizam, Taib, Mohd Nasir, Aris, Siti Armiza Mohd, et al. Stress features identification from EEG signals using EEG Asymmetry & Spectral Centroids techniques. In: 2010 IEEE EMBS Conference

- on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES). IEEE, 2010. p. 417-421. doi: [10.1109/IECBES.2010.5742273](https://doi.org/10.1109/IECBES.2010.5742273)
- [208] Šťastná, L.; Šucha, M.; Zámečník, P. Vliv návykových látek na kognitivní funkce při řízení, Seminář ADP Praha, 2014, Univerzita Palackého v Olomouci
- [209] Stutts, J., Feaganes, J., Reinfurt, D., Rodgman, E., Hamlett, C., Gish, K., Staplin, L., 2005. Driver's exposure to distractions in their natural driving environment. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 1093-1101.
- [210] Stutts, J. C., Reinfurt, D. W., Staplin, L., & Rodgman, E. A. (2001). The role of driver distraction in traffic crashes. Report prepared for AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC.
- [211] Storie, V. J. Male and female car drivers: differences observed in accidents (TRRL Report, LR761), 1977. Crowthorne: TRL
- [212] Šucha, M.; Rehnová, V.; Kořán, M.; Černochová, D.: Dopravní psychologie pro praxi, Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4113-0
- [213] Svozilová, V. COMPARISON OF MANUAL AND AUTOMATIC DETECTION OF MUSCLE ACTIVATION MOMENTS. In Proceedings of the 25th Conference STUDENT EEICT 2019. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních, 2019. p. 457-462. ISBN: 978-80-214-5735-5.
- [214] Svozilová, V.; Kozumplík, J. Automatická detekce začátků svalové aktivity ke stanovení doby svalové odezvy řidiče. *Elektrorevue - Internetový časopis* (<http://www.elektrorevue.cz>), 2017, vol. 19, no. 4, p. 43-49. ISSN: 1213-1539.
- [215] Světlík, Jaroslav, et al. Reklama. Teorie, koncepce, modely. 2017.
- [216] Tal, O.G., A. Ronen, and D. Shinar. Alertness Maintaining Tasks (AMTs) While Driving. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, No. 3, 2008, pp. 851–860.
- [217] Talbot, R., Fagerlind, H., 2009. Exploring inattention and distraction in the safety net accident causation database. Paper presented at the First International Conference on Driver Distraction and Inattention (28–29 September). Retrieved from <http://document.chalmers.se/doc/589106931>.
- [218] Tantala, M. W., & Tantala, A. M. (2010). A study of the relationship between digital billboards and traffic safety in Henrico county and Richmond, Virginia; A study commissioned by the Foundation for Outdoor Advertising Research and Education (FOARE) 1850 m street, nw, suite 1040 Washington, DC 20036-5821.
- [219] Thiffault, P., and J. Bergeron. Monotony of Road Environment and Driver Fatigue: A Simulator Study. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 3, 2003, pp. 381–391.
- [220] Thomas, Pete, et al. Identifying the causes of road crashes in Europe. *Association for the Advancement of Automotive Medicine*. 2013, 57, 13-22.
- [221] Tijerina, L., Parmer, E., & Goodman, M.J. (1998). Driver workload assessment of route guidance system destination entry while driving: A test track study. Proceedings of the 5th ITS World Congress, Seoul, Korea, CD-ROM.
- [222] Tijerina, L., Johnston, S., Parmer, E., Winterbottom, M. D., & Goodman, M. (2000). Driver distraction with wireless telecommunications and route guidance systems. DOT HS 809-069. NHTSA, Washington, DC.

- [223] Ting, P.H., J.R. Hwang, J.L. Doong. and M.C. Jeng. Driver Fatigue and Highway Driving: A Simulator Study. *Physiology and Behavior*, Vol. 94, No. 3, 2008, pp. 448–453.
- [224] Tison, J., Chaudhary, N., & Cosgrove, L. (2011, December). National phone survey on distracted driving attitudes and behaviors. (Report No. DOT HS 811 555). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- [225] Tornros, Jan EB; Bolling, Anne K. Mobile phone use—effects of handheld and handsfree phones on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 2005, 37.5: 902-909.
- [226] Törnros, J. EFFECT OF DRIVING SPEED ON REACTION TIME DURING MOTORWAY DRIVING. *Accident analysis nad prevention*, vol. 27, No. 4. 1995. pp. 435 – 442.
- [227] Torfs, K., Meesmann, U., Van den Berghe, W., & Trotta, M. (2016). ESRA 2015 – The results. Synthesis of the main findings from the ESRA survey in 17 countries. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Brussels: Belgium: Belgian Road Safety Institute.
- [228] Trigoso, J., Areal, A., & Pires, C. (2016). Distraction and fatigue. ESRA thematic report no. 3. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Lisbon: Portugal: Prevenção Rodoviária Portuguesa.
- [229] Ueho, H, Kaneda M, Tsukino M. Development of drowsiness detection system. In: Proceedings of vehicle navigation and information systems conference, Yokohama, Japan, pp 15–20
- [230] Underwood, Geoffrey. *Traffic and transport psychology: Theory and application*. Elsevier, 2005.
- [231] Valero-Mora, Pedro, et al. Mindfulness, inattention and performance in a driving simulator. *IET intelligent transport systems*, 2015, 9.7: 690-693
- [232] Van Elslande, P., Naing, C. & Engel, R. (2008). Analyzing Human Factors in Road Accidents. TRACE WP5 Summary Report. <http://www.trace-project.org/publication/archives/trace-wp5-d5-5-v2.pdf>.
- [233] Velichkovsky, B. M., Rothert, A., Kopf, M., Dornhöfer, S. M., & Joos, M. (2002). Towards an Express-Diagnostics for Level of Processing and Hazard Perception. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 145–156.
- [234] Veltman J.A., Gaillard W. K., “Physiological indicies of workload in a simulated flight task,” *Biol. Psychol.*, vol. 42, pp. 323–342, 1996.
- [235] Verma, I. K., & Karmakar, S. (2017). Driver Distraction: Methodological Review. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 849–859.doi:10.1007/978-981-10-3518-0_73
- [236] Vollrath, M., Huemer, A.K., Teller, C., Likhacheva, A., Fricke, J. (2016). Do German drivers use their smartphone safely? – Not really! *Accident Analysis and Prevention*, 96, 29-38.
- [237] Vlakveld, W., Helman, S. The safety effects of (digital) roadside advertising: an overview of the literature. Project ADVERTS. 2018.
- [238] Waard, D. de, Schepers, P., Ormel, W., & Brookhuis, K. (2010) Mobile phone use while cycling: Incidence and effects on behaviour and safety. *Ergonomics*, 53(1), pp. 30–42.
- [239] Werneke, J., & Vollrath, M. (2012). What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 610-619. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.048>

- [240] Wickens, C. D., & Horrey, W. J. (2009). Models of Attention, Distraction, and Highway Hazard Avoidance. In M. A. Regan, J. D. Lee, & K. L. Young (Eds.), *Driver distraction : theory, effects, and mitigation* (pp. 57–69). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC.
- [241] Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance* (3rd ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- [242] Wierwille, Walter W.; Tijerina, Louis. Modelling the relationship between driver in-vehicle visual demands and accident occurrence. *Vision in vehicles*, 1998, 6: 233-243.
- [243] Wilson G.F., “An analysis of mental workload in pilots during flight using multiple psychophysiological measures,” *Int. J. Aviat. Psychol.*, vol. 12, no. 1, pp. 3–18, 2001.
- [244] Winter, J.; Fotios, S.; Völker, S. Gaze direction when driving after dark on main and residential roads: Where is the dominant location?. *Lighting Research & Technology*, 2016, 1477153516632867.
- [245] Wundersitz, Lisa. Driver distraction and inattention in fatal and injury crashes: Findings from in-depth road crash data. *Traffic injury prevention*, 2019, 20.7: 696-701.
- [246] Young, K.L., Lenné, M.G. (2010) Driver engagement in distracting activities and the strategies used to minimise risk. In: *Safety Science*, 48 (3), p. 326-332.
- [247] Young, K., Regan, M., Hammer, M. Report No. 206: *Driver distraction: A review of the literature*. Monash University. 2003. ISBN 0 7326. 1715 4
- [248] Young, K.L., Regan, M.A., Lee, J.D. (2008). Factors moderating the impact of distraction on driving performance and safety. In: Regan, M.A., Lee, J.D., Young, K.L. (Eds.), *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, pp. 335–352.
- [249] Young, M. S., Mahfoud, J. M., Walker, G. H., Jenkins, D. P. & Stanton, N. A. (in press). Crash dieting: The effects of eating and drinking on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*.
- [250] Young M., a kol., Conflicts of interest: The implications of roadside advertising for driver attention. *Transport research part F* 12 2009.
- [251] Zalesinska, M. (2018). The impact of the luminance, size and location of LED billboards on drivers' visual performance—Laboratory tests. *Accident Analysis & Prevention*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.005>
- [252] Zaoral, A., a kol. Manuál doporučených psychodiagnostických metod pro vyšetřování a posuzování psychické způsobilosti k řízení motorových vozidel. Ministerstvo dopravy. 2010. [online]. [citováno 2015-01-26] http://www.ff.upol.cz/fileadmin/user_upload/FFkatedry/psychologie/Sborniky_a_monografie/seitl/Manul_final_v6_19_1_2011-1.pdf
- [253] Zhang, Haichao, et al. Research on Driving Distraction Based on Peripheral Detection Task. In: *Computational Intelligence and Design (ISCID), 2015 8th International Symposium on*. IEEE, 2015. p. 30-34.
- [254] Zhang, H., X. Yan, C. Wu, T.Z. Qiu. Effect of Circadian Rhythms and Driving Duration on Fatigue Level and Driving Performance of Professional Drivers. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2402, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2014, pp. 19–27.

- [255] Zhang, Hui, et al. Sensitivity of lane position and steering angle measurements to driver fatigue. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2016, 2585: 67-76.
- [256] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů
- [257] Vyhláška č. 277/2004 Sb. o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel)
- [258] Norma ČSN EN 12464 – 2. Světlo a osvětlení pracovních prostorů – část 2 – venkovní pracovní prostory
- [259] Hloubková analýza dopravních nehod, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
- [260] Statistiky Policejního prezidia České republiky
- [261] Vlastní archiv autorky
- [262] www.ergoneers.com
- [263] <https://imotions.com/hardware/argus-science-eye-tracking-glasses/>
- [264] Archiv ÚSI VUT v Brně

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORKY

2019

- [265] BUCSUHÁZY, K, MATUCHOVÁ, E, ZŮVALA, R, et al. Factors contributing on mobile phone use while driving: In-depth accident analysis. *Transactions on Transport Sciences*, 2019, vol. 10, no. 1, p. 67-75. ISSN 1802-9876.
- [266] MORAVCOVÁ, P, MIKULEC, R, BUCSUHÁZY K, et al. Z badań nad zależnością między energią zderzenia a deformacją pojazdu. *Paragraf na Drodze*, 2019, no. 2, p. 45 - 61. ISSN 1505-3520.
- [267] MORAVCOVÁ, P.; BUCSUHÁZY, K.; BILÍK, M. Případová studie: stanovení EES vozidla. In 11. ODBORNÁ KONFERENCE DOKTORSKÉHO STUDIA. 2019. p. 50-58. ISBN: 978-80-214-5730-0.
- [268] BUCSUHÁZY, K, SVOZILOVA, V, SEMELA, M et al. Analysis of Driver Reaction During Braking and Avoidance Maneuver. In IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.603 042085: 4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS, Prague (Česká republika), 17-21 June 2019
- [269] BUCSUHÁZY, K. a kol. The Comprehensive Analysis of Traffic Accidents Causation. AIIT 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SYSTEMS IN A CHANGING WORLD, TIS ROMA, Řím, Itálie 2019.
- [270] BUCSUHÁZY, K a kol. Analysis of driver behavior in real road traffic, AIIT 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SYSTEMS IN A CHANGING WORLD, TIS ROMA, Řím, Itálie 2019.
- [271] BUCSUHÁZY, K. a kol. Driver behaviour measured by eyetracking, acquisition of biosignals and vehicle data in regular road traffic, In 28th Annual Congress EVU. Barcelona, Španělsko. 2019
- [272] VLKOVSKY, M., BINAR, T., SVARC, J., NEMEC, P., BUCSUHAZY, K. (2019). Impact of Shocks on Cargo Securing During the Road Transport. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 603, No. 3, p. 032045). IOP Publishing.

2018

- [273] SVOZILOVÁ, V.; BUCSUHÁZY, K.; GRUBEROVÁ, O. Electromyography for determination of muscle response: Effects of Parkinson disease. In *Gate and Posture. GAIT & POSTURE*. Elsevier, Gate and Posture, 2018. s. 156-157. ISSN: 0966-6362
- [274] BUCSUHÁZY, Kateřina, Robert ZŮVALA, Sam DOECKE et al. Investigation of pre-crash vehicle speed. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE 2018*, Bělehrad (Srbsko a Černá Hora), 27. - 28. 9. 2018. 2018, p. 773-779. ISBN 978-86-916153-4-5.
- [275] SVOZILOVÁ, V.; BUCSUHÁZY, K.; GRUBEROVÁ, O.; STÁŇA, I.; SEMELA, M. ANALYSIS OF DRIVER REACTION TIME FOR PEOPLE SUFFERING FROM PARKINSON DISEASE. In *International Conference on Traffic and Transport Engineering*. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2018. p. 780-786. ISBN: 978-86-916153-4-5.
- [276] BUCSUHÁZY, K.; STÁŇA, I.; SEMELA, M.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O. Analysis of selected types of advertisement influencing the driver's visual attention in real road traffic. In *Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure - CETRA 2018*. Road and Rail Infrastructure

- V. Zagreb: Department of Transportation University of Zagreb, 2018. p. 1083-1088. ISBN: 978-953-8168-25-3. ISSN: 1848-9850.
- [277] BUCSUHÁZY, K, ZŮVALA R, SEMELA, M. Comprehensive Analysis of Traffic Accidents related to Inattention investigated by the Czech In-depth Accident Study. In DDI 2018 Book of abstracts, Gothenburg (Švédsko), 15-17 October 2018. 2018, p. 214-215.
- [278] SANDOZ, B., BUCSUHÁZY, K. VAN DEN BERG, A. DUTSCHE, J. MACKENZIE, J. Acceleration of a car passenger during automatic emergency braking, 8th World Congress of Biomechanics 2018 Ireland
- [279] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MAXERA, P.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; DVOŘÁKOVÁ, P.; OBRÁTILOVÁ, A.; STÁŇA, I. CRASHDAY 2017. In Expert Forensic Science 2018. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2018. s. 42-71. ISBN: 978-80-214-5600-6.
- [280] RYBKA, J. BUCSUHÁZY, K, STÁŇA, I. et al. Dopravní nehody s chodci. Dopravní úrazy 2018. Brno, 24.05.2018.
- [281] BUCSUHÁZY, K, STÁŇA, I, ZELENÝ, M. et al. The comprehensive analysis of a high risk site: A case study. In Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructures - CETRA 2018, Zadar (Chorvatsko), 17. - 19.5.2018. 2018, p. 1399 - 1408. ISBN 978-953-8168-25-3.
- [282] BUCSUHÁZY, K, ZŮVALA, R, MATUCHOVÁ, E et al. Nepozornost - výsledky hloubkové analýzy dopravních nehod. Zvýšení bezpečnosti provozu vozidel ozbrojených sil. Vyškov, 7.11.2018.
- [283] BUCSUHÁZY, K, MORAVCOVÁ, P, KOSTÍKOVÁ, M. Results from In-depth accident analysis in the Czech republic – Innovative Active Headrest System. 8th World Congress of Biomechanics. Dublin (Irsko), 8-12 July 2018.
- [284] MATUCHOVÁ, E, BUCSUHÁZY, K, HRUBŠOVÁ, M et al. Alkohol, drogy a VRU (Hloubková analýza dopravních nehod, CDV, Česká republika). Alkohol, drogy a dopravní bezpečnost. Praha, 1.9 - 4.9.2018.
- [285] STÁŇA, I.; BUCSUHÁZY, K.; SEMELA, M.; JÍLEK, T.; BURIAN, F.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O. Subjektivní vnímání bezpečnostní vzdálenosti. In Expert Forensic Science 2018. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2018. p. 225-232. ISBN: 978-80-214-5600-6.
- [286] BUCSUHÁZY, K, ZŮVALA, R, MATUCHOVÁ, E, et al. *Příčiny a následky dopravních nehod zapříčiněných nepozorností: Studie*. Brno : Centrum dopravního výzkumu, 2018. Zadavatel: Ministerstvo dopravy.

2017

- [287] BUCSUHÁZY, K.; SEMELA, M. Case Study: Reaction Time of Children According to Age. *Procedia Engineering*, 2017, no. 187C, p. 408-413. ISSN: 1877-7058.
- [288] BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V.; STÁŇA, I.; VALLOVÁ, O.; SEMELA, M.; JÍLEK, T.; BURIAN, F. ANALYSIS OF SELECTED DISTRACTING FACTORS INFLUENCING MOTORIC COMPONENT OF REACTION TIME USING ELECTROMYOGRAPHY. In INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRAFFIC DEVELOPMENT, LOGISTICS & SUSTAINABLE TRANSPORT. Croatia: 2017. p. 41-50. ISBN: 978-953-243-090- 5.
- [289] VALLOVÁ, O.; SVOZILOVÁ, V.; BUCSUHÁZY, K.; STÁŇA, I. Definition of the driver reaction time. *Čeitéc PHD Retreat II*. 2017. p. 28-28. ISBN: 978-80-210-8550- 3.

- [290] BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O. Analýza reakční doby řidiče se zaměřením na motorickou odezvu. In Conference Proceedings of Junior Forensic Science Brno 2017. Brno: 2017. s. 7-12. ISBN: 978-80-214-5486- 6.
- [291] VALLOVÁ, O.; ŽALUD L.; SVOZILOVÁ, V.; BUCSUHÁZY, K. Completing the proces of Foot Posture Index Objectivization Using the Microsoft Kinect: Talar Head Position Assessment. Ceitec PhD Retreat II. 2017. s. 108. ISBN: 978-80-210-8550- 3.
- [292] STÁŇA, I.; BUCSUHÁZY, K. Využití pokročilých metod dokumentace místa dopravní nehody Policií České republiky. In Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2017. 2017. s. 62-70. ISBN: 978-80-214-5486- 6.
- [293] STÁŇA, I., RYBKA, J., NOVÁK, M. BUCSUHÁZY, K. VYUŽITÍ POKROČILÝCH METOD DOKUMENTACE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY POLICIÍ ČR, Exfos 2019. p 214-221. 978-80-214-5708-9
- [294] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; KLEDUS, R.; BELÁK, M.; MAXERA, P.; STÁŇA, I.; BUCSUHÁZY, K.; VÉMOLA, A. Noční nehoda trolejbusu a chodce. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2017.
- [295] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MAXERA, P.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; DVOŘÁKOVÁ, P.; OBRÁTILOVÁ, A.; STÁŇA, I. CRASHDAY 2016 - prezentace výsledků. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2017.
- [296] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; STÁŇA, I.; TOKAŘ, S.; VÉMOLA, A. CRASHDAY 2016 - NÁRAZOVÉ ZKOUŠKY VOZIDEL. Soudní inženýrství, 2017, roč. 2017, č. 1, s. 23-43. ISSN: 1211-443X.
- [297] STÁŇA, I.; TOKAŘ, S.; BUCSUHÁZY, K.; BILÍK, M. Comparison of Utilization of Conventional and Advanced Methods for Traffic Accidents Scene Documentation in the Czech Republic. Procedia Engineering, 2017, no. 187C, p. 471-476. ISSN: 1877-7058.
- [298] BUCSUHÁZY, Kateřina, Roman MIKULEC, Ondřej KOŠTÁL et al. Význam hloubkové analýzy dopravních nehod v ČR a okolních státech. Silniční obzor, 2017, roč. 78, č. 5, s. 138 - 143. ISSN 0322-7154.
- [299] BUCSUHÁZY, Kateřina, Robert ZŮVALA a Ondřej KOCOUREK. Vliv pevných překážek na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Dopravní inženýrství, 2017, č. 1-2, s. 12-16. ISSN 1801-8890.
- [300] BUCSUHÁZY, K., STÁŇA, I., ZELENÝ, M. et al. Analýza kritického místa na dopravní infrastruktuře. Dopravní úrazy 2017. Brno

2016

- [301] BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O.; SEMELA, M.; SEKORA, J.; BELÁK, M.; MAXERA, P.; KLEDUS, R. ANALYSIS OF DRIVER REACTION TIME USING THE ACQUISITION OF BIOSIGNALS. In International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, November 24 - 25, 2016. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2016. p. 68-74. ISBN: 978-86-916153-3- 8.
- [302] MAXERA, P.; BELÁK, M.; KLEDUS, R.; SEMELA, M.; BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V. Analysis of Drivers Conduct while Driving over Three Different Pedestrian Crossings by Using Eyetracking Method.

In International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, Novembre 24 - 25, 2016. 1. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2016. p. 1081-1091. ISBN: 978-86-916153-3-8.

- [303] SVOZILOVÁ, V.; BUCSUHÁZY, K. ANALYSIS OF DRIVER MUSCLE RESPONSE: A SIMULATOR STUDY. In 8. odborná konference doktorského studia Junior Forensic Science Brno 2016. 2016. p. 34-41. ISBN: 978-80-214-5336- 4.
- [304] BUCSUHÁZY, K.; SEMELA, M.; PANÁČEK, V. Analýza reakční doby dětí. In Proceedings of Expert Forensic Science 2016. Brno: 2016. s. 45-53. ISBN: 978-80-214-5321- 0.
- [305] STÁŇA, I.; BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O. Schopnost řidičů určit bezpečnostní vzdálenost. In Sborník příspěvků z odborné konference Zvýšení bezpečnosti provozu vozidel ozbrojených sil. 2016. s. 65-75. ISBN: 978-80-904625-8- 8.

SEZNAM VYBRANÝCH POUŽITÝCH VELIČIN, ZKRATEK A POJMŮ

DN	dopravní nehoda
RT	reakční doba
PRT	perception reaction time, perception response time: percepčně reakční doba
TTC	time to collision: doba do kolize
SSD	safe stopping distance: bezpečná vzdálenost pro zastavení
Simple RT	jednoduchá reakční doba (doba reakce na jeden jednoduchý podnět)
Recognition RT	reakční doba včetně doby nutné pro rozpoznání podnětu
Choice RT	výběrová reakční doba – reakční doba včetně doby nutné pro rozhodnutí
Finger tapping test	(test klikání prstem) byl vyvinut neurology a se využívá pro stanovení rychlosti motorické odezvy
Stroopův test	psychologický test, nástroj pro analýzu exekutivních funkcí frontálního laloku, umožňuje hodnocení kognitivního zpracování, odolnost vůči percepční resp. kognitivní zátěži
PDT	peripheral detection task – periferní detekce úkolu (metoda měření reakční doby na periferní podněty)
DRT	detection response task, detection response time, doba detekce a odezvy (laboratorní metoda měření doby odezvy)
EEG	elektroencefalografie – metoda snímání elektrické aktivity mozku
EKG	elektrokardiografie – metoda snímání elektrické aktivity srdce
EOG	elektrookulografie – metoda snímání pohybu očních bulbů; záznam rozdílu potenciálů mezi zadním pólem oka a rohovky
ERG	elektroretinografie – metoda snímání aktivity sítnice
EMG	elektromyografie – metoda snímání elektrické aktivity svalů
m. masseter	žvýkácké svaly
m. pectoralis major	velký sval prsní
m. rectus abdominis	přímý sval břišní
m. iliopsoas	velký bederní sval
m. gluteus maximus	velký sval hýžděový
m. semitendinosus	pološlašitý sval
m. gracilis	štíhlý sval




m. triceps surae	trojhlavý lýtkový sval
m. tibialis anterior	přední sval holení
m. peroneus longus	dlouhý sval lýtkový
m. pronator teres	pronující sval oblý
m. flexores digitorum longus	ohýbač prstů
Eyetracking	metoda pro analýzu vizuálního vnímání, směru pohledu
Eyetracker	zařízení pro snímání vizuálního vnímání
Fixace	typ pohybu oka, relativní zastavení zraku
Sakády	typ pohybu oka, rychlé skoky oka, kdy se ostré vidění přesouvá mezi fixacemi
Distrakce	odklon pozornosti, rozptýlení pozornosti
Distraktor	rušivý podnět způsobující odklon pozornosti
ANOVA	analysis of variance, analýza rozptylu – statistická metoda
Kruskal-Wallis test	neparametrická alternativa analýzy rozptylu, statistická metoda
Wilcoxonův test	neparametrický test, statistická metoda
Mann-Whitney test	parametrický test, statistická metoda
Box plot	krabicový diagram
TRL	Transport Research Laboratory (UK) www.trl.co.uk
EVU	Evropská společnost pro výzkum a analýzu nehod www.evonline.org
ČVUT	České vysoké učení technické, Praha
CDV	Centrum dopravního výzkumu
HADN	Hloubková analýza dopravních nehod www.vyzkumnehod.cz
PČR	Policie České republiky
AČR	Armáda České republiky
ÚBMI	Ústav biomedicínského inženýrství
FEKT	Fakulta elektrotechnika a komunikačních technologií
CEITEC	Středoevropský technologický institut
t [s]	čas
v [m/s, km/h]	rychlost

CURRICULUM VITAE

KATEŘINA BUCSUHÁZY



Základní informace

-  Senorady 8, 675 75, ČR
 20. června 1991, Třebíč
 katerina.bucsuhazy@vutbr.cz

Vzdělání a akademická kvalifikace

- 2015 – ... **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
obor: Soudní inženýrství: doktorské studium
- 2013 – 2015 **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
obor: Expertní inženýrství v dopravě: *titul Ing.*
- 2013 – 2015 **Vysoké učení technické: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**
obor: Biomedicínské inženýrství a bioinformatika: *titul Ing.*
- 2010 – 2013 **Vysoké učení technické: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**
ve spolupráci s Lékařskou fakultou Masarykovy univerzity
obor: Biomedicínská technika a bioinformatika: *titul Bc.*
- 2002 – 2010 **Gymnázium Jana Blahoslava Ivančice**

Doplňkové vzdělání a kurzy

- 2011 – 2013 **Vysoké učení technické:** Doplnující pedagogické studium

Pracovní zkušenosti

- 02/2018 do současnosti **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
Výzkumný pracovník
- 06/2018 do současnosti **Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.**
Vedoucí oblasti hloubkové analýzy dopravních nehod
- 04/2016 – 06/2018 **Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.**
Výzkumný pracovník
- Od 04/2015 - 09/2016 **Moravian Science Centre Brno**
Vidátor/Edutainer – popularizace vědy, výukové programy

Vybrané odborné stáže a praxe

- 01/2018 **Arts et Métiers ParisTech** - Institut biomechaniky
Paříž, Francie
- 10/2017 – 12/2017 **Centre for Automotive Safety Research**
University of Adelaide, Austrálie
- Analýza dopravních nehod, laboratoř nárazových zkoušek
- 01/2012 - 02/2012 **Nemocnice Ivančice**
Odborná praxe na radiodiagnostickém pracovišti