



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

ZJIŠTĚNÍ DOBY POTŘEBNÉ PRO ŘIDIČE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA VOZIDLEM PŘI ODBOČOVÁNÍ A PŘEDJÍŽDĚNÍ

DETERMINATION OF DURATION THAT DRIVER NEEDS TO ASSESS THE SITUATION BEHIND
THE VEHICLE IN COURSE OF TURNING OR OVERTAKING MANOEUVRES

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Michal Belák

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání dizertační práce

Student:	Ing. Michal Belák
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:

Zjištění doby potřebné pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Selhání lidského faktoru je primární příčinou silničních nehod. Znalost chování řidiče ve vztahu k dopravní situaci na základě vnějších podnětů je nutnou podmínkou pro korektní provedení analýzy silniční nehody s užitím výpočtového modelování. Pro potřeby provádění analýz je též dobrá znalost chování řidiče při řešení charakteristických dopravních situací, které vedou ke vzniku nehod. Jedná se například o manévry typu odbočování a předjíždění, kdy je nutné aby řidič prováděl kontrolu situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek.

Úkolem studenta je nalézt možnosti, které umožní věrohodně popsat chování řidiče při provádění kontroly za vozidlem pro potřeby výpočetního modelování silničních nehod.

Díličmi úkoly studenta bude:

- analyzovat současný stav poznání zaměřený na řidiče a nepřímý výhled z vozidla,
- jasně vymezit dobu potřebnou ke kontrole situace za vozidlem,
- představit faktory ovlivňující vnímání řidiče a mající vliv na délku této doby,
- kvantifikovat délku doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem pomocí zpětných zrcátek,
- učinit závěry a doporučení na základě provedených zjištění.

Cíle dizertační práce:

Cílem práce je získat především kvantitativní údaje pro řešení dopravní nehod, u kterých je nutné se zabývat chováním řidiče při kontrole situace za vozidlem prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Konkrétně pak definovat dobu potřebnou pro kontrolu situace za vozidlem prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Na základě návrhu definice analyzovat vlivy na tuto dobu a pro účely soudně inženýrské analýzy silničních nehod tuto dobu kvantifikovat.

Seznam doporučené literatury:

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

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.

KRAUSS, David A. Forensic aspects of driver perception and response. Fourth edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2015]. ISBN 978-1-936360-33-8.

CASTRO, Cándida. Human factors of visual and cognitive performance in driving. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 978-1-4200-5530-6.

SHINAR, David. Traffic safety and human behavior. Bingley: Emerald, 2007. ISBN 978-0-08-045-29-2.

Články a sborníky vědeckých databází, další literatura a získané podklady k tématu práce.

Papers, proceedings, abstracts in scientific database sources, other literature sources and gained materials.

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 zabývá zjištěním doby, kterou potřebuje řidič k vyhodnocení situace za vozidlem při jízdách manévrech odbočování a předjíždění, a to na základě provedených měření v reálném silničním provozu. Jedná se o běžné a časté jízdny manévry, které řidič vykonává při řízení vozidla v silničním provozu a pro jejich bezpečné provedení potřebuje znát situaci kolem vozidla a zejména pak za ním, k čemuž slouží zařízení pro nepřímý výhled, nejčastěji zpětná zrcátka. Takto definovaná doba, vhodná např. pro potřeby soudně inženýrské aplikace pro analýzu silničních nehod, dosud nebyla podrobně zkoumána. Za účelem jejího stanovení byla proto provedena rozsáhlá analýza současného stavu problematiky související s nepřímým výhledem z vozidla, byly formulovány vlivy na délku doby a s tím související charakteristiky člověka jako součástí soustavy řidič – vozidlo - okolí. V práci byly zkoumány vlastnosti lidského vnímání a pojednáno o problematice reakční doby. Byly analyzovány dosavadní výzkumy zabývající se dobou věnovanou pohledům do zrcátek a představeny možné metody jejího měření. Na základě toho pak byl navržen a realizován experiment, pomocí kterého byla tato doba autorem definována. Byla získána potřebná data, jejichž analýzou bylo možné kvantifikovat dobu, kterou řidič potřebuje ke kontrole situace za vozidlem, při odbočování a předjíždění a dalších jízdnych manévrech při kterých je potřeba změnit směr, resp. jízdny koridor vozidla. Závěry ukázaly, že doba potřebná pro vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek obvykle nepřesahuje dobu *1 sekundy*.

Abstract

The dissertation thesis deals mainly with determining of the duration that driver needs to assess the situation behind his vehicle at manoeuvres of turning and overtaking, based on the measurements made in real road traffic. These are common and frequent driving manoeuvres, which the driver performs while driving the vehicle in regular road traffic. For their safe execution the driver needs to have sufficient amount of information about the situation around the vehicle and especially behind the vehicle. This information can driver usually gain from devices for indirect vision, most often rearview mirrors. The time thus defined, suitable e.g for the needs of forensic engineering applications for the analysis of road accidents, has not been studied in detail yet. For the purpose of its determination, therefore, an extensive analysis of the current state of problematics related to the indirect vision from the vehicle was carried out. There were formulated influences on the time duration and with this, related characteristics of humans as a part of the driver-vehicle-environment system in the thesis. The characteristics of human perception were investigated and the problematics of reaction time was discussed. Existing

research focused on the duration of rearview mirrors glances was analyzed and possible methods of its measurement in detail were presented by author. Based on this, an experiment was designed and realized, the time necessary for rear view mirror glances was defined by the author. The results enable to quantify the time that the driver needs for assessing the situation behind the vehicle in connection of turning, overtaking and other driving maneuvers when the driver needs to change the driving direction. The conclusions showed that the time needed to evaluate the situation behind the vehicle by means of the rear-view mirrors does not normally exceed duration 1 second.

Klíčová slova

Vyhodnocení situace za vozidlem, kontrola, řidič, eyetracking, pohled, reakce řidiče, odbočování, předjíždění, vozidlo, reálný silniční provoz, čas potřebný pro jízdní manévry, analýza dopravních nehod, zpětná zrcátka, nepřímý výhled z vozidla, soudní inženýrství.

Keywords

Assessing of situation behind vehicle, checking, driver, eye tracking, gaze, reaction time, turning, overtaking, vehicle, traffic accident analysis, real road traffic, time duration necessary for driving manoeuvres, rear view mirrors, indirect visibility from the vehicle, forensic engineering.

Bibliografická citace

BELÁK, Michal. *Zjištění doby potřebné pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/122595>. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Marek Semela.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem dizertační práci na téma *Zjištění doby potřebné pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Ing. Michal Belák

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé dizertační práce doc. Ing. Bc. Markovi Semelovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady připomínky a konzultace v průběhu celého studia. Za pomoc při plánování, realizaci měření, zpracování dat a za cenné konzultace děkuji kolegům Ing. et Ing. Kateřině Bucsuházy a Ing. Pavlovi Maxerovi. Za podporu v průběhu celého studia děkuji také své rodině a Ing. et Ing. Bc. Martinovi Bilíkovi, Ph.D.

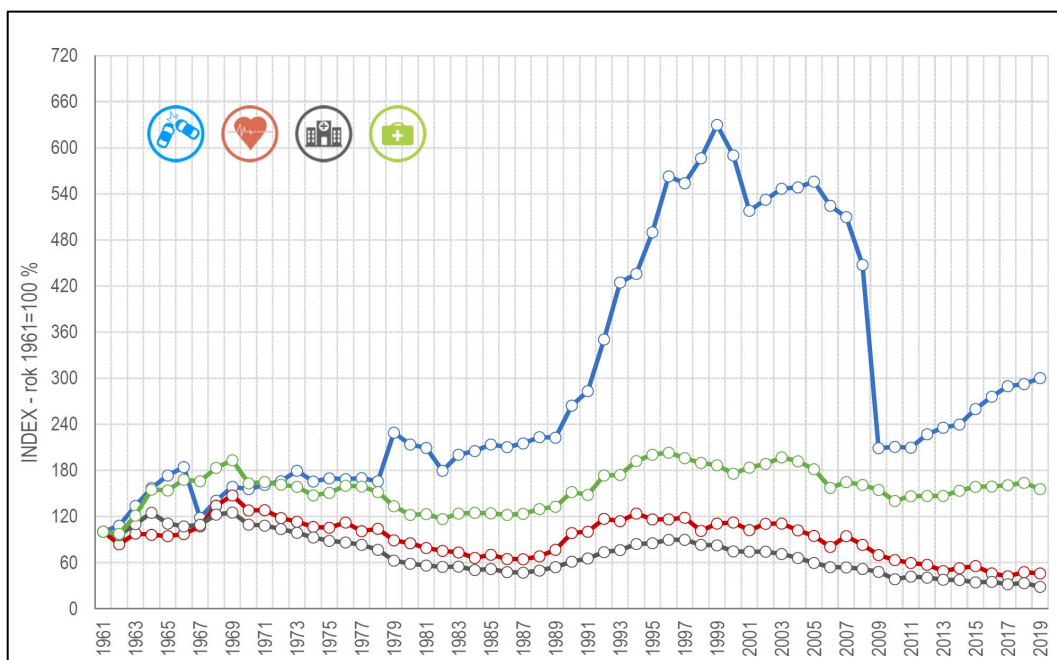
OBSAH

OBSAH.....	11
1 ÚVOD A MOTIVACE	13
1.1 Formulace problémové situace.....	15
1.2 Formulace problému	20
2 SOUČASNÝ STAV	23
2.1 Problematika odbočování a předjíždění v právní úpravě.....	23
2.2 Nepřímý výhled z vozidla	25
2.2.1 Předpisy týkající se nepřímého výhledu z vozidla	25
2.2.2 Zařízení pro nepřímý výhled z vozidla	28
2.3 Člověk jako prvek soustavy.....	30
2.3.1 Rozhodování	32
2.3.2 Zrakové vnímání.....	33
2.3.3 Oční pohyby	36
2.3.4 Zrakem řízené chování	38
2.4 Reakční doba	39
2.4.1 Definice reakční doby.....	40
2.4.2 Složky reakční doby.....	41
2.5 Doba věnována pohledům do zpětných zrcátek	46
2.6 Možnosti analýzy chování řidiče	50
2.6.1 Měření na jízdních simulátorech	50
2.6.2 Naturalistické studie	52
2.6.3 Jízdní zkoušky.....	53
2.6.4 Sledování směru pohledu řidiče a pohybu hlavy	54
2.6.5 Měření vozidlových a dalších dat	59
2.6.6 Konstrukce vlastního zařízení pro eyetracking a záznam vozidlových dat	60
2.7 Faktory ovlivňující vnímání a reakce.....	62
2.8 Shrnutí analýzy současného stavu.....	67
2.8.1 Komplexní analýza problému	69
3 NÁVRH PROVEDENÍ EXPERIMENTU	72
3.1 Návrh experimentu z hlediska systémové metodologie	72
3.2 Návrh experimentu v reálném silničním provozu	72
3.2.1 Procesní část struktury experimentu	72
3.2.2 Technická část struktury experimentu.....	75

3.2.3	<i>Programová (softwarová) část struktury experimentu</i>	75
3.2.4	<i>Teoretická část struktury experimentu</i>	75
4	REALIZACE EXPERIMENTŮ	76
4.1	Měření I	77
4.2	Měření II	79
4.3	Měření III	80
5	ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT	83
5.1	Předpoklady a požadavky kladené na analýzu	83
5.2	Prostá kontrola situace za vozidlem	85
5.2.1	<i>Levé zpětné zrcátko</i>	85
5.2.2	<i>Středové (interiérové) zpětné zrcátko</i>	87
5.2.3	<i>Pravé zpětné zrcátko</i>	88
5.2.4	<i>Srovnání prosté kontroly na základě situace za vozidlem</i>	89
5.3	Předjíždění	90
5.4	Odbočování	92
5.5	Změna jízdního pruhu	93
5.6	Objetí chodce a předjetí cyklistu	95
5.7	Objetí překážky	96
5.8	Zastavování a rozjetí	98
6	VÝSLEDKY, JEJICH LIMITACE A DISKUZE	100
7	ZÁVĚR, NÁVRHY NA DALŠÍ VÝZKUM A PŘÍNOS PRÁCE	104
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	108
	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	113
	SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ A ZKRATEK	116
	SEZNAM OBRÁZKŮ	117
	SEZNAM TABULEK	119
	CURRICULUM VITAE	120

1 ÚVOD A MOTIVACE

Automobilová doprava se stala nedílnou součástí lidského života a člověku umožňuje naplňovat množství potřeb od základních, kdy cílem je např. převoz osob a zboží potřebného k denní existenci, po zprostředkování zábavy či relaxace, kdy je cílem samotná cesta. Od dob, z počátku automobilismu, kdy jedno vozidlo připadalo na několik stovek až tisícovek lidí se s nárůstem ekonomiky a životních standardů dostala společnost do situace, kdy ve vyspělých ekonomikách připadá na jednu domácnost i několik vozidel, nepočítaje vozidla komerční. S nárůstem počtu vozidel na pozemních komunikacích zejména ve městech a městských aglomeracích a jejich okolí souvisí logicky zvýšené riziko vzniku dopravních nehod. Že se nejedná pouze o riziko, vypovídají i absolutní čísla ze statistik dopravní nehodovosti. Vývoj nehodovosti v ČR je znázorněn na **obr. 1**, modrá křivka znázorňuje celkový počet nehod, zelená počet lehkých a černá těžkých zranění. Červenou je znázorněn počet usmrcených osob. V roce 2009 je zřejmý výrazný pokles počtu dopravních nehod, který je dán změnou právní úpravy, kterou se změnila povinnost účastníků nehod z hlediska jejich povinnosti hlášení. Statistika níže od roku 2009 zahrnuje tedy pouze dopravní nehody šetřené policií, nikoliv všechny škodné události šetřené pojišťovnami.



Obr. 1: Vývoj počtu nehod a jejich následků za rok v ČR v letech 1961 až 2019 [2]

V současné době jsou vyvíjeny snahy o celkovou, nebo alespoň částečnou, autonomizaci vozidel a motorová vozidla jsou vybavována různými asistenčními systémy. Jejich účelem je snížit riziko vzniku dopravní nehody tím, že na sebe přebírají část úkolů řidiče a „hlídají“ situaci kolem

vozidla. Snahou zvyšování autonomního chování a jízdních asistentů obecně je snížit zatížení řidiče, který musí zpracovávat obrovské množství informací. Hustota sbíraných informací může zapříčinit to, že některou důležitou informací řidič přehlédne, což může být důvodem vzniku nebezpečné situace nebo přímo dopravní nehody. Praxe však ukazuje, že systémy ne vždy zcela správně slouží svému účelu. Někdy mohou řidiče zatěžovat dokonce více a tím sami paradoxně mohou přispět ke vzniku nebezpečných situací. Může k tomu dojít např. tehdy, kdy se řidič na tyto systémy spoléhá, ale daný systém nezareaguje tak, jak řidič z různých důvodů předpokládá, což může být způsobeno jednak nesprávně navrženým algoritmem či koncepcí systému, ale např. také řidičovou neznalostí jeho fungování.

Svým zaměřením tato práce spadá do oblasti forenzních věd, konkrétně odvozené vědní disciplíny soudního inženýrství, resp. do jeho specializace orientované na technickou analýzu silničních nehod. Soudní inženýrství tvoří vědeckou, teoretickou, znalostní a metodologickou základnu soudního znalectví. Soudní znalectví je teoreticko – aplikační obor v rámci něhož se realizuje znalecká činnost, v tomto případě v dopravě.

Tato dizertační práce se zabývá zjištěním doby, kterou řidič potřebuje k vyhodnocení situace za svým vozidlem při jízdních manévrech odbočování a předjíždění, tedy popisem chování řidiče při nepřímé viditelnosti objektů. Jedná se o běžné a časté manévry, které řidič vykonává při řízení vozidla v silničním provozu. Pokud má řidič v úmyslu začít odbočovat nebo předjíždět, a tímto úkonem nechce ohrozit či omezit jiné účastníky silničního provozu ani sebe, je pro něj nutné dostatečně znát situaci kolem svého vozidla, zejména pak za ním.

Potřeba znalosti doby, kterou řidič potřebuje ke kontrole situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek, vzniká především v oblasti řešení reálných silničních nehod, a to např. z důvodu, že v době, kdy je pozornost věnována pohledu do zrcátek, může dojít ke vzniku potenciálního nebezpečí před vozidlem. V případě některých situací je zase potřebné zjistit, zda řidič mohl dostatečně vyhodnotit situaci za svým vozidlem a zabránit tím krizové situaci. Dosažené výsledky umožní prohloubení teoretických znalostí a praktických kompetencí v oblasti analýzy dopravních nehod, kde se znalci často setkávají s otázkou, zda mohl řidič zabránit nehodě tím, že by vyhodnotil situaci za vozidlem jinak, zdali vůbec mohl vyhodnotit tuto situaci jako nebezpečnou, zda vozidlo mohl pomocí zpětných zrcátek registrovat, nebo zda kontrola situace za vozidlem před započítím uvažovaného manévru mohla být příčinou dopravní nehody.

Výsledky práce by mohly být rovněž aplikovatelné při vzdělávání řidičů, dále odborníků a znalců v oblasti silniční dopravy na odborných kurzech, výuce v bakalářských i magisterských oborech zaměřených na dopravu a chování řidičů v silničním provozu. Získané znalosti tak mohou

být uplatněny i při koncepci výuky a samotné výuce v autoškolách pro budoucí řidiče připravující se na získání oprávnění, ale např. i pro přeškolení řidičů, aby prohloubili své vědomosti, které mohou zlepšit jejich chování v reálném silničním provozu. Tím může být zvýšena bezpečnost silničního provozu.

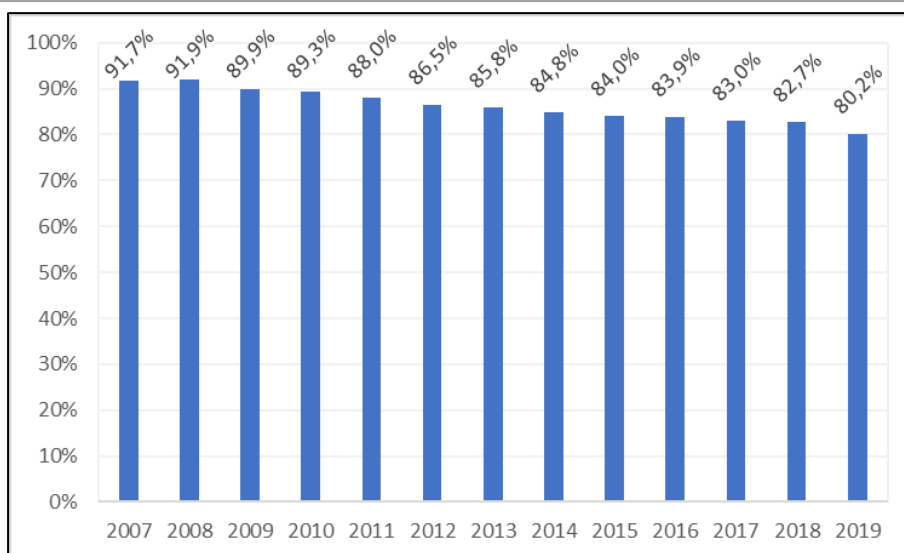
K dosažení výsledků, je potřebné zvolit vhodný postup. Zde se lze inspirovat např. u doc. Semely [4], který uvádí jako jednu z možností řešení problému rozdělení na jednotlivé fáze řešení:

- A. **„Přípravná fáze:** *V rámci přípravné fáze je nutné vymezit problémové situace, vstupní podklady a cíle řešení. K tomu je zásadní analyzovat objekty, na kterých se řeší problém, zpravidla různé dopravní prostředky, osoby a okolí. Na základě analýzy problémové situace je možné nadefinovat problém (např. analýza střetu vozidla a chodce) a strukturovat dílčí problémy (např. okamžik první optické reakce řidiče na chodce). Každý dílčí podproblém vyžaduje rešerši dostupných podkladů k jeho řešení. V rámci přípravné fáze je nutný příjem prvotních a získání dalších informací, transformace informací do použitelné podoby, tedy jejich zpracování.“*
- B. **„Realizační fáze:** *V rámci řešitelské fáze je nutné vytvořit systém podstatných charakteristik a veličin, vybrat vhodné metody a zrealizovat algoritmy. Získané výsledky je ve znaleckém inženýrství potřeba analyzovat z hlediska přesnosti, správnosti a věrohodnosti a odpovídajícím způsobem a formou pochopitelnou pro neodborníka zhodnotit a prezentovat.“*
- C. **„Aplikační fáze:** *Z důvodu mezioborovosti řešených problémů je nutná důsledná a pochopitelná interpretace odborných výsledků řešení problémů do laické podoby, jelikož rozhodovací orgány nemají potřebné znalosti a vědomosti.“*

Uvedené řešení je sice formulováno v souvislosti s řešením silničních nehod, jako jednotlivých problémových situací a problémů primárně v souvislosti s organizační, potvrzovací či zejména rozhodovací činností zadavatelů znaleckých posudků, nicméně vzhledem k účelu, kterému mohou výsledky této práce sloužit, zde lze najít analogii a pro dosažení cílů práce se tímto řešením inspirovat.

1.1 FORMULACE PROBLÉMOVÉ SITUACE

Jen v posledních dvou letech 2018 a 2019 bylo Policií ČR řešeno cca 210 tisíc dopravních nehod, při kterých bylo usmrceno 1 112 osob, 4 575 osob zraněno těžce a 49 150 osob zraněno lehce. Dle aktuálních statistik přitom řidiči motorových vozidel zavinili 82,7 % dopravních nehod v roce 2018 a 80,2 % dopravních nehod v roce 2019. Statistický přehled dopravních nehod zaviněných řidiči motorových vozidel v letech 2007 až 2019 je zobrazen na **obr. 2**.



Obr. 2: Podíl řidičů motorových vozidel na zavinění dopravních nehod v letech 2007 až 2019 dle statistik Policie České republiky [75]

Ze statistik policie dále plyne, že v roce 2018, v případě nehod zaviněných řidiči motorových vozidel, byl v 66,5 % příčinou nesprávný způsob jízdy a v 1,8 % případů nesprávné předjíždění. Dle podrobnějšího členění nesprávného způsobu jízdy bylo v 19,9 % případů (z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel) příčinou dopravní nehody v roce 2018 nevěnování se řízení vozidla, dále nesprávné otáčení nebo couvání, a to 10,5 % z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel, v 9,9 % případů pak jiný druh nesprávné jízdy [3].

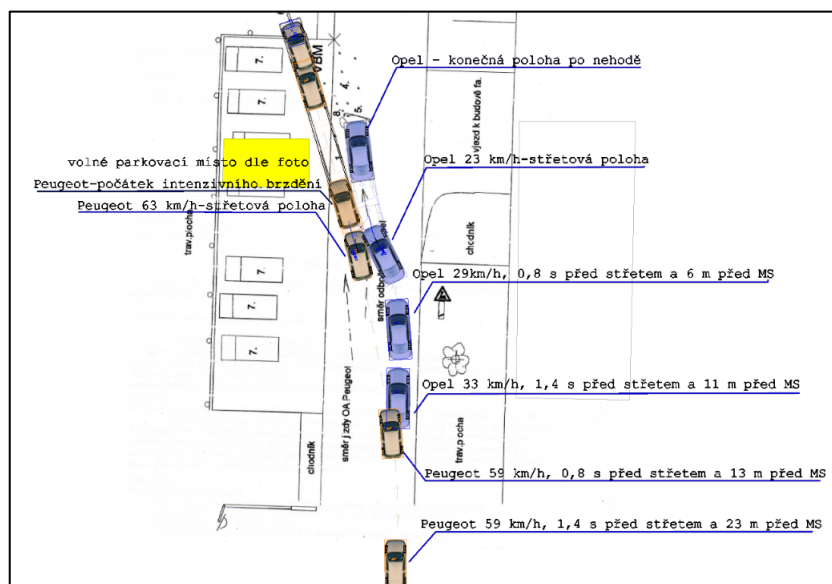
Pro rok 2019 byla zjištěna v případě nehod zaviněných řidiči motorových vozidel podobná statistická data, s 67,7 % podílem nesprávného způsobu jízdy a 1,7 % podílem nesprávného předjíždění. Dle detailnějšího rozdělení nesprávného způsobu jízdy pak v 20,4 % z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel bylo jako nejčastější příčina určeno nevěnování se řízení vozidla, dále nesprávné otáčení nebo couvání v 10,6 % případů z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel a v 10,4 % případů jiný druh nesprávné jízdy [2].

Mezi deset nejčastějších příčin vzniku dopravních nehod dále patřilo v obou letech nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem a vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu [2][3].

Z výše uvedených statistických dat nehodovosti nejsou sice zcela zřejmé konkrétní případy, kdy nedošlo k dostatečné kontrole situace za vozidlem, resp. kdy tato byla v příčinné souvislosti se vznikem dopravní nehody, je z nich ale možné usuzovat, že k takovým nehodám v mnoha případech při odbočování a předjíždění dochází, což je zřejmé mj. i ze soudně inženýrské praxe. Nehody typu odbočování – předjíždění jsou v ČR velmi často řešeny znalci z oboru dopravy s cílem

posoudit průběh takových nehod, jejich příčiny a také popsat možnosti, jaké měli řidiči k tomu, aby nehodě zabránili.

Jako příklad lze uvést dopravní nehodu vozidel Peugeot a Opel na **obr. 3**, kdy vozidlo Opel odbočovalo doleva na místo ležící mimo pozemní komunikaci a současně bylo předjížděno vozidlem Peugeot.



Obr. 3: Příklad dopravní nehody při odbočování [76]

Při technické analýze takové nehody má znalec nejčastěji k dispozici stopy z místa dopravní nehody (plánek místa DN, protokol o nehodě v silničním provozu, fotodokumentaci) např. blokovácí stopy, dřecí stopy, střepiny, vyteklé provozní kapaliny, konečné polohy vozidel a je dále zřejmé poškození vozidel (korespondence), zranění účastníků a výpovědi apod. Na základě těchto informací pak dokáže odvodit průběh nehodového děje. V mnoha případech je potřebné stanovit vzájemnou polohu vozidel v průběhu nehodového děje a vyjádřit se dále také k možnostem odvrácení střetu řidiči vozidel, jak je to provedeno v časoprostorové analýze na **obr. 3**. V případě řidiče prvního z vozidel, v tomto případě vozidla Opel, je jednou z variant analýzy posouzení, zda a kdy mohl řidič odbočujícího vozidla Opel vidět pohyb předjíždějícího vozidla Peugeot, zda mohl jeho pohyb správně vyhodnotit a střetu zabránit např. tím, že by manévr odbočení nezapočal, resp. přerušil.

Chmelík [8] k problematice znaleckého zkoumání dopravních nehod, jejichž příčinou bylo nesprávné předjíždění nebo odbočování, uvádí, že znalec může z technického hlediska stanovit zda:

- odbočující vozidlo již bylo na počátku odbočování předjížděno,
- ze směru a způsobu jízdy odbočujícího vozidla mohlo být zřejmé, že odbočuje,
- a za jakých podmínek mohlo odbočující nebo předjíždějící vozidlo zabránit nehodě.

V souvislosti s touto otázkou dále uvádí, že rozdíly rychlostí mezi předjíždějícím a odbočujícím vozidlem jsou značné a ve většině případů má větší šanci zabránit střetu odbočující řidič.

Největší rozdíly v rychlostech objektů nastávají v případech odbočujících pomalu jedoucích strojů, např. zemědělské techniky a jejich předjíždění v extravilánu vozidly osobními.

Cook a kol. v [5] uvádějí výsledky výzkumu, ve kterém se autoři pokusili identifikovat vztah mezi špatnou viditelností vyplývající z různých konstrukčních charakteristik vozidla a kritickými incidenty. Průzkum, kterého se účastnilo 10 000 řidičů, byl proveden pomocí vysoce strukturované dotazníkové techniky zahrnující kritické situace nebo nehody, které respondenti skutečně zažili, a které souvisely s 52 možnými konstrukčními vlastnostmi vozidla. Celkem 3 500 z těchto respondentů v průzkumu uvedlo, zda určitá charakteristika způsobila: nepříjemnost, potenciální nebezpečí, vysoké riziko nehody případně nehodu nebo naopak nezpůsobila žádné problémy. Níže uvedená tabulka shrnuje procento respondentů, kteří uvedli zkušenost s vysokým rizikem nehody nebo nehodou, kde výskyt špatné viditelnosti byl přispívajícím příčinným faktorem.

Tab. 1: Procento respondentů, kteří uvedli riziko vzniku nehody nebo vznik nehody z důvodu různých konstrukčních vlastností vozidla majících vliv na výhled[5](úprava autor)

Příslušná konstrukční charakteristika vozidla	Procento respondentů
Výhled omezený z důvodu:	
Děšť, sníh nebo mlha na bočních oknech	2,51
Děšť, sníh nebo mlha na zadních oknech	3,33
Stěrače neočistili čelní okno rychle nebo úplně	1,43
Odmližení neočistilo čelní okno rychle nebo úplně	1,46
Výhled blokový z důvodu:	
Jeden z předních, bočních nebo zadních sloupků	4,13
Linie střech, víka motoru nebo zavazadlového prostoru	0,33
Vnitřní, levé nebo pravé zpětné zrcátko	0,99
Pasažér na předních nebo zadních sedadlech	0,63
Přední sedadla nebo opěrky hlavy předních sedadel	0,50
Mezisoučet omezení přímé viditelnosti:	15,31
Výhled omezený z důvodu:	
Vnitřní zpětné zrcátko neposkytlo potřebné informace	3,22
Levé zpětné zrcátko neposkytlo potřebné informace	3,35
Pravé zpětné zrcátko neposkytlo potřebné informace	4,55
Užití zpětných zrcátek rozptylovalo pozornost směrem vpřed	1,05
Mezisoučet omezení nepřímé viditelnosti:	12,17
Celkem respondentů (%)	27,48

Když byli respondenti výzkumu požádáni, aby navrhli vylepšení konstrukce vozidel, které by snížilo riziko jejich účasti na takových kritických situacích a nehodách, dominujícím doporučením byla lepší viditelnost. Nejvíc respondentů požadovalo lepší zpětné zrcátko, následovalo lepší odmlžování oken, snížení oslnění čelního skla a lepší výhled z vozidla.

Janíček [1] vymezuje problémovou situaci na obecné úrovni takto: „*Problémová situace je takový nestandardní stav entity (objektu nebo člověka), který z objektivního nebo subjektivního důvodu vyžaduje řešení s určitým vymezeným cílem, přičemž proces řešení není rutinní, takže řešitel musí využívat informační, hodnotící, tvůrčí a rozhodovací činnosti a hledat řešení.*“ Zjednodušeně ji pak v [50] formuluje takto: „*Problémová situace je nestandardní situace, odlišná od běžné situace v tom, že její vyřešení vyžaduje použití i jiné než rutinní, tj. známé, resp. i algoritmizované činnosti.*“

Dle [4] platí, že: „*V systémovém pojetí soudního inženýrství je problémovou situací taková silniční nehoda, která vyžaduje ze subjektivních nebo objektivních důvodů řešení. Problémovou situací tedy není obecně každá dopravní nehoda.*“

V našem případě je tedy na základě výše uvedených skutečností zřejmé, že dochází k dopravním nehodám při odbočování a předjíždění, tedy jízdách manévrech, které vyžadují od řidiče přesvědčení se o situaci za vozidlem. To se nejčastěji realizuje nepřímým výhledem z vozidla, tedy za použití zpětných zrcátek. V situacích, kdy dochází k takovým dopravním nehodám, je z objektivních důvodů, kterými jsou požadavky zadavatelů, vyžadováno řešení předstřetového pohybu a posouzení možností odvrácení střetu (MOS) účastníky. Jedná se tedy o časoprostorovou analýzu dané kritické situace a její časový průběh vycházející z dříve provedené komplexní analýzy nehodového děje. V praxi ale neexistuje dostatečný soubor kvantifikovaných údajů týkající se informací o době potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem zejména pomocí zpětných zrcátek, o které se mohou při svých analýzách znalci z oboru analýzy dopravních nehod opřít.

Obecně je možné se v literatuře setkat zejména s pojmem reakční doba, kterou Bradáč [6] definuje ze soudně inženýrského hlediska jako čas od vjemu do uvedení zařízení v činnost naučeným způsobem. Dle této definice se pak dále reakční doba skládá z optické reakce, psychologické reakce a svalové reakce. Tato práce se bude primárně zabývat optickou a psychologickou reakcí řidiče, který mění směr jízdy vozidla. Jedná se o dobu, během které dojde ke zpracování vizuální informace a k rozhodnutí o následném konání. Na konci této složky reakční doby řidiče je motorická odezva neboli svalová reakce.

Problémovou situací je neznalost doby (zejména její definice a délky) potřebné pro kontrolu situace za vozidlem řidičem, v případech, kdy chtěl např. odbočovat či předjíždět, a to u dopravních

nehod, které je nutné z objektivních příčin soudně inženýrsky analyzovat. Tato doba nebyla prozatím systematicky posuzována. V uvedených případech není důležitá pouze kontrola před započítáním manévru, ale také v jeho průběhu a při jeho ukončení, tzn. zařazování zpět do původního jízdního koridoru, resp. jízdního pruhu. Analogii k těmto situacím lze nalézt i u objíždění překážek nebo chodců, rozjíždění vozidla od okraje vozovky apod. Dále také v případech, kdy řidič zastavuje před křižovatkou nebo překážkou a řidič kontroluje situaci nejčastěji ve středovém zrcátku. K problémové situaci dochází z důvodu, že reakční doby jsou stanoveny především na základě měření skutečných při nouzovém brzdění. Především v zahraniční literatuře je možné se pak setkat i s údaji o době, kterou vyžadují pohledy do zrcátek při různých jízdních manévrech, na tuto dobu je ale ve většině případů nahlíženo pouze jako na tzv. distrakci neboli rozptylující prvek. Jedná se o dobu, kdy řidič nevěnuje pozornost dění před vozidlem, nejedná se však o operaci potřebnou k bezpečnému uskutečnění jízdního manévru.

Tato práce se bude primárně zabývat stanovením dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění. Jako základní vzorek dat ke komparaci bude pro účely této práce brána v úvahu doba potřebná k prosté kontrole. Výsledkem této kontroly není provedení žádného jízdního manévru, pouze ověření situace v okolí vozidla. Analýzy budou vztahovány k jednotlivým zpětným zrcátkům tedy k levému, pravému a interiérovému (středovému).

1.2 FORMULACE PROBLÉMU

Při analyzování nehodového děje v soudně inženýrském pojetí se znalec obvykle zaměřuje na zkoumání střetu a postřetového pohybu, což není účelem této práce. Tato práce je orientována do problematiky chování řidiče před vznikem kritické situace, která potenciálně vede obvykle k dopravní nehodě, tedy dílčím aspektům popisu předstřetového pohybu vozidel, resp. chování řidičů při kontrole situace za vozidlem s užitím zpětných zrcátek.

Při analýze předstřetového pohybu v případě, kdy vozidlo předjíždělo, odbočovalo, nebo jiným způsobem měnilo směr jízdy a existuje předpoklad o tom, že řidič musel při této změně užít zpětných zrcátek ke kontrole situace za vozidlem, je nutné uvažovat s dobou, kterou řidič potřeboval před zahájením jmenovaných manévru. Jedná se tedy o dobu potřebnou ke zjištění, zda situace za jeho vozidlem vůbec dovolovala bezpečné provedení manévru, resp. zda bylo možné chování jiného účastníka na základě nepřímého pohledu dostatečně dobře vyhodnotit pro výpočet variant a časových možností, k popisu předstřetového pohybu a MOS, které měl řidič vpředu jedoucího vozidla. Takto definovaná doba zatím nebyla systematicky zjišťována a v praxi je obvykle určována na základě subjektivních pohledů znalce, který jako prvek soustavy znalectví,

řeší na základě požadavku zadavatele konkrétní případ. Znalec přitom vychází ze svých zkušeností, či znalosti lidského faktoru. Na dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem je tak často nahlíženo jako na „běžnou“ reakční dobu. Odhady, které jsou důsledkem této situace, vedou pak k nepřesnostem ve zpracování analýzy dopravní nehody a následně pak mohou způsobovat difference v závěrech jednotlivých znalců řešících stejnou nehodu, případně k rozdílům v interpretaci závěrů znaleckých zkoumání, které se týkají popisu technické příčiny nehodového děje.

Janiček v [1] uvádí, že: *„Problém je člověkem naformulovaný výrok o nestandardním stavu subjektu, reálného či abstraktního objektu, který ze subjektivních, resp. objektivních důvodů vyžaduje řešení s určitým vymezeným cílem, resp. subjektivní či objektivní potřeba poznávat a tvořit, přičemž procesy řešení nejsou rutinní, takže vyžadují realizaci informačních tvůrčích, hodnotících, rozhodovacích a výkonných činností řešitele a hledání metod řešení.“* Obdobně jako u problémové situace i v případě definice problému uvádí pak v [50] zjednodušenou formulaci: *„Problém jsou subjektem naformulované podstatné skutečnosti z problémové situace, které vyžadují řešení.“*

Základním problémem, který vychází z naformulované problémové situace, a který je potřebné řešit, je výhradně popis pohybu vozidla a chování řidiče před případným vznikem dopravní nehody, resp. před střetem vozidel a popis reálných možností odvrácení střetu. Z toho primárního problému vychází další dílčí problém na straně zrakového vnímání a případné reakce řidiče, který odbočuje nebo předjíždí, resp. hodlá započít jeden z uvedených manévru.

Pro zjištění dob, které řidiči potřebují k vyhodnocení situace za vozidlem pro vybrané jízdní manévry a také a jejich dílčích částí bude po provedení rozsáhlé rešerše zřejmě zapotřebí zrealizovat praktické a reálné konkretizační experimenty. Tyto experimenty bude nutné navrhnout, připravit vhodným způsobem podrobně zaznamenat a analyzovat tak, aby bylo možné definovat a odlišit dílčí složky doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem, a to pro vybrané kategorie řidičů a podmínek okolního prostředí. Snahou práce tedy bude v závislosti na vybraných podmínkách, určených na základě rešerše současného stavu, zjistit dobu nezbytnou pro analýzu situace za vozidlem a stanovit příslušné rozmezí hodnot pro jednotlivé podmínky pro účely soudního inženýrství a potažmo do praktické aplikace soudního znalectví v oboru doprava.

Podstatnou částí této práce tedy bude důkladná rešerše současného stavu dané problematiky, formulace definice doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem a její zjištění s využitím nejmodernějších ověřených dostupných metod a zařízení, tj. poznatků na nejvyšší známé úrovni poznání s cílem vytvoření určité databáze dob, které jednotlivé kategorie řidičů potřebují ke kontrole situace za vozidlem před provedením daného manévru.

Na základě naformulované problémové situace a problému byly vymezeny tyto dílčí problémy, resp. cíle práce:

- 1.** Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“.
- 2.** Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.
- 3.** Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.

Pořadí řešení těchto problémů a jejich případné upřesnění či reformulace vyplynou z analýzy současného stavu.

2 SOUČASNÝ STAV

Pro splnění cílů této práce je potřebné provést důkladnou analýzu současného stavu poznání související s kontrolou situace za vozidlem. Povinnost mít přehled o situaci kolem vozidla ukládá zákon o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. (viz **kap 2.1**), výrobcům vozidel jsou také stanovovány podmínky, jaké musí zařízení pro nepřímý výhled z vozidla splňovat. Z těchto důvodů bude také nahlédnuto na právní a normativní úpravy související s nepřímým výhledem z vozidla. Vzhledem k tomu, že nejnebezpečnějším prvkem dopravní soustavy je člověk, bude pro potřeby této práce nahlédnuto na schopnosti jeho vnímání a reakce ve vztahu k bezpečnému silničnímu provozu. Důležité pro potřeby této práce jsou především dosavadní studie, které se zabývaly kontrolou situace kolem vozidla, hlavně ve vztahu k situaci za vozidlem a možnosti provádění měření chování řidičů v těchto situacích. Vnímání řidiče, které přímo souvisí s možností kontroly situace za vozidlem, může být ovlivněno mnoha faktory, které mohou mít různý vliv na délku kontroly, kterou provádí nepřímým výhledem. Proto bude také těm věnována v práci pozornost.

2.1 PROBLEMATIKA ODBOČOVÁNÍ A PŘEDJÍŽDĚNÍ V PRÁVNÍ ÚPRAVĚ

Pravidla provozu na pozemních komunikacích v ČR upravuje Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů č. 361/2000 Sb. v aktuálním znění k 01.01.2019 [11]. Souvislost s kontrolou situace za a kolem vozidla pro účely této práce mají následující paragrafy a jejich odstavce:

§ 12 Jízda v jízdních pruzích

- (5) *Přejíždět z jednoho jízdního pruhu do druhého smí řidič jen tehdy, neohrozí-li a neomezí-li řidiče jedoucího v jízdním pruhu, do kterého přejíždí; přitom musí dávat znamení o změně směru jízdy. Při souběžné jízdě umožní řidiči vozidel jedoucích v průběžném pruhu řidičům vozidel do tohoto pruhu přejíždějících z pruhu, který přestal být průběžným, vjet tak, aby se vozidla jedoucí v průběžném pruhu a vozidla do něho přejíždějící mohla řadit střídavě po jednom do jízdního proudu průběžného pruhu. Tam, kde se dva jízdní pruhy sbíhají v jeden, aniž by bylo zřejmé, který z nich je průběžný, nesmí řidič jedoucí v levém jízdním pruhu ohrozit řidiče jedoucího v pravém jízdním pruhu.*
- (6) *Na pozemní komunikaci o třech jízdních pruzích vyznačených na vozovce v jednom směru jízdy smí řidič přejíždět z levého jízdního pruhu do středního jízdního pruhu jen tehdy, neohrozí-li řidiče přejíždějícího do středního jízdního pruhu z pravého jízdního pruhu; obdobně se postupuje při přejíždění z levých jízdních pruhů do středních jízdních pruhů na pozemní komunikaci o čtyřech a více jízdních pruzích vyznačených na vozovce.*

(7) Je-li pro zařazování do průběžného jízdního pruhu zřízen připojovací pruh, je řidič povinen před zařazením do průběžného pruhu užít připojovacího pruhu. Při zařazování z připojovacího pruhu do průběžného pruhu řidič nesmí ohrozit řidiče jedoucí v průběžném pruhu. Není-li připojovací pruh zřízen, je řidič povinen dát přednost v jízdě vozidlům jedoucím v průběžném pruhu.

§ 16 Objíždění

Řidič, který při objíždění vozidla, jež zastavilo nebo stojí, nebo při objíždění překážky provozu na pozemních komunikacích anebo chodce vybočuje ze směru své jízdy, nesmí ohrozit ani omezit protijedoucí řidiče a ohrozit ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích. Přitom musí dávat znamení o změně směru jízdy.

§ 17 Předjíždění

(1) Předjíždí se vlevo. Vpravo se předjíždí vozidlo, které mění směr jízdy vlevo a není-li již pochybnosti o dalším směru jeho jízdy. Při jízdě v připojovacím nebo odbočovacím pruhu se smí vpravo předjíždět též vozidlo jedoucí v průběžném pruhu. Odbočovací pruh je přídatný jízdní pruh určený pro odbočování (vyřazování) vozidel z průběžného jízdního pruhu.

(2) Řidič, který při předjíždění vybočuje ze směru své jízdy, musí dávat znamení o změně směru jízdy a nesmí ohrozit řidiče jedoucí za ním. Řidič musí dát znamení o změně směru jízdy při předjíždění cyklisty.

(3) Řidič, který se po předjetí zařazuje před vozidlo, které předjel, musí dávat znamení o změně směru jízdy a nesmí ohrozit ani omezit řidiče vozidla, které předjel.

(4) Řidič předjížděného vozidla nesmí zvyšovat rychlost jízdy ani jinak bránit předjíždění.

(5) Řidič nesmí předjíždět

a) nemá-li před sebe rozhled na takovou vzdálenost, která je nutná k bezpečnému předjetí,

b) jestliže by se nemohl bezpečně zařadit před vozidlo nebo vozidla, která hodlá předjet,

c) jestliže by ohrozil nebo omezil protijedoucí řidiče nebo ohrozil jiné účastníky provozu na pozemních komunikacích,

d) na přechodu pro chodce nebo na přejezdu pro cyklisty a bezprostředně před nimi,

e) dává-li řidič vpředu jedoucího vozidla znamení o změně směru jízdy vlevo a není-li možné předjetí vpravo podle odstavce 1 nebo předjetí v dalším volném jízdním pruhu vyznačeném na vozovce v tomtéž směru jízdy,

f) na křižovatce a v těsné blízkosti před ní; tento zákaz neplatí

1. jde-li o předjíždění vpravo podle odstavce 1,

2. jde-li o předjíždění jízdních kol, mopedů a motocyklů bez postranního vozíku,

3. na hlavní pozemní komunikaci,

4. na křižovatce s řízeným provozem.

g) na železničním přejezdu a v těsné blízkosti před ním.

§ 21 Odbočování

- (1) Při odbočování na křižovatce nebo na místo ležící mimo pozemní komunikaci musí řidič dávat znamení o změně směru jízdy; při odbočování nesmí ohrozit řidiče jedoucí za ním a musí dbát zvýšené opatrnosti.
- (6) Řidič odbočující vpravo musí dát přednost v jízdě vozidlům jedoucím ve vyhrazeném jízdním pruhu, pro něž je tento jízdni pruh vyhrazen, a cyklistům jedoucím v jízdni pruhu pro cyklisty. Tam, kde je povolena jízda podél tramvaje vlevo, musí dát přednost v jízdě i tramvaji.

K problematice předjíždění a odbočování lze pak na základě úvah Chmelíka [8] z pohledu přímé nebo nepřímé příčiny vzniku dopravní nehody označit dvě okolnosti:

- 1) řidič nesmí předjíždět, pokud před ním jedoucí řidič dává znamení o změně směru jízdy vlevo,
- 2) řidič nesmí odbočit, pokud by ohrozil řidiče či jiného účastníka jedoucí za ním.

K tomu dále uvádí, že: „Obě uvedené okolnosti se přímo nebo v případě předjíždějícího řidiče nepřímo vážou k signalizaci o změně směru jízdy tím, že oba účastníci provozu jsou povinni včas informovat řidiče jedoucí před nimi nebo za nimi o úmyslu změnit směr jízdy“.

Dále jednoznačně z předmětných statí zákona plyne pro odbočujícího nebo předjíždějícího řidiče také povinnost se před započítím manévru přesvědčit o situaci za jeho vozidlem, zda už např. není předjížděn jiným vozidlem.

2.2 NEPŘÍMÝ VÝHLED Z VOZIDLA

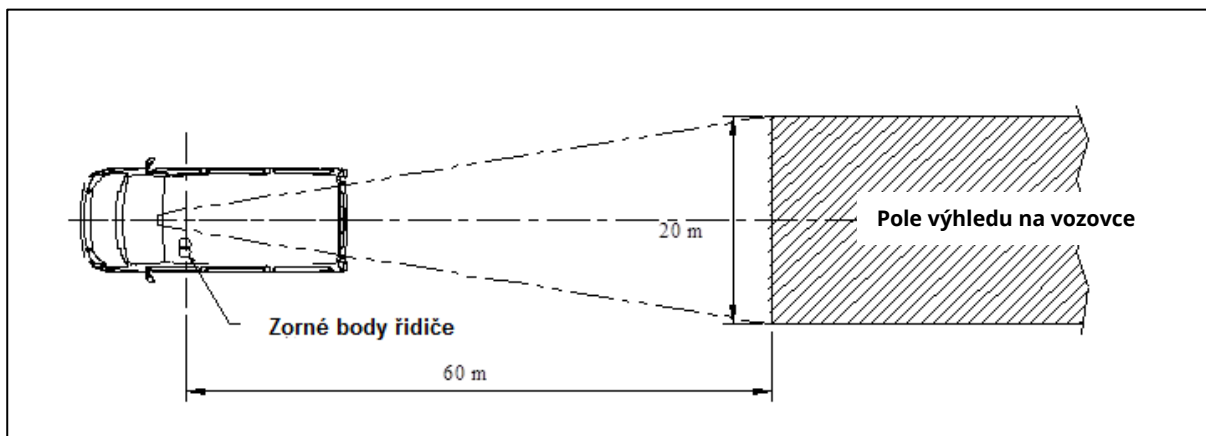
Ke kontrole situace za vozidlem je ve většině případů užíváno nepřímého výhledu prostřednictvím zpětných zrcátek, nebo jiných k tomu určených zařízení.

2.2.1 Předpisy týkající se nepřímého výhledu z vozidla

Problematikou výhledu z vozidla se zabývají standardy SAE J941[12] (poloha očí řidiče) a SAE J1050 (zorné pole) a předpis EHK č. 125 - Dopředný výhled řidiče [14]. Nepřímému výhledu z vozidla se věnuje Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 46 – Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení pro nepřímý výhled a motorových vozidel z hlediska montáže těchto zařízení [15]. Předpis EHK č. 46 stanovuje konstrukční požadavky, které musí zařízení (nejen zrcátka, ale i kamerové systémy) pro nepřímý výhled splňovat, a to z hlediska geometrického tvaru, upevnění, rozměrů, optických vlastností, plochy aj. Předpis dále také mj. dělí zařízení pro zpětný výhled do tříd pro jednotlivé kategorie vozidel a definuje parametry, které musí splňovat.

Zařízení zpětného výhledu Třídy I

Jedná se o vnitřní zpětné zrcátko povinné dle předpisu pro kategorie vozidel M1 a N1, v předpisu [15] se dále uvádí: „Pole výhledu musí být takové, aby řidič viděl přinejmenším 20 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která má střed na střední podélné svislé rovině vozidla a sahá od místa vzdáleného 60 m za zornými body řidiče k obzoru.“



Obr. 4: Pole výhledu u Třídy I [15]

Hlavní zařízení zpětného výhledu Třídy II

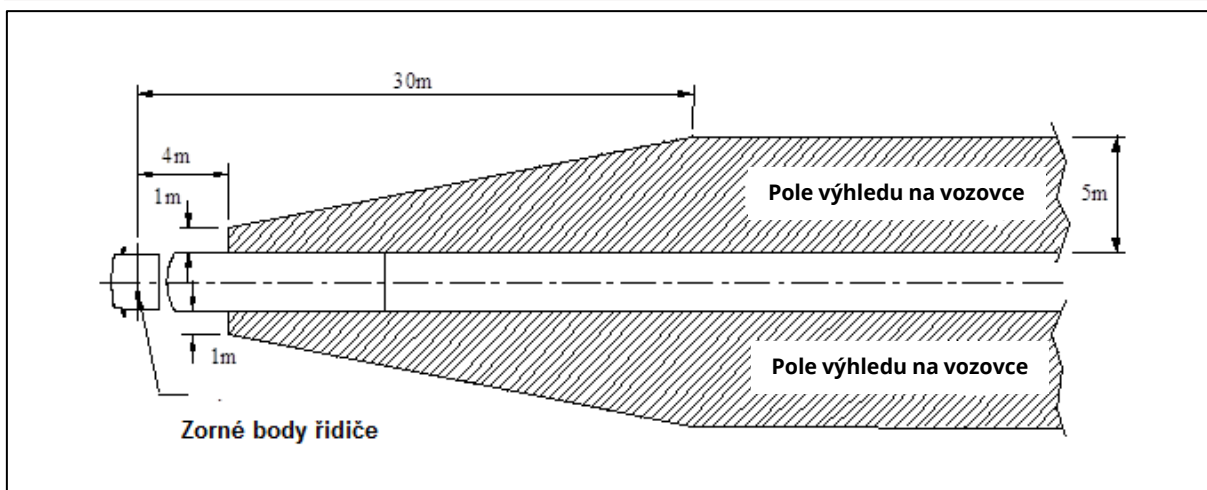
Jedná se o vnější zpětná zrcátka, která jsou dle předpisu povinná pro kategorie vozidel M2, M3, N2 a N3, předpis [15] k tomu dále uvádí:

„Hlavní zařízení zpětného výhledu na straně řidiče: Pole výhledu musí být takové, aby řidič viděl přinejmenším 5 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla na straně řidiče a která sahá od místa vzdáleného 30 m za zornými body řidiče k obzoru.

Kromě toho musí řidič vidět pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla a který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče.

Hlavní zařízení zpětného výhledu na straně spolujezdce: Pole výhledu musí být takové, aby řidič viděl přinejmenším 5 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla na straně spolujezdce, a která sahá od místa vzdáleného 30 m za zornými body řidiče k obzoru.

Kromě toho musí řidič vidět pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla, a který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče.“



Obr. 5: Pole výhledu u Třídy II [15]

Hlavní zařízení zpětného výhledu Třídy III

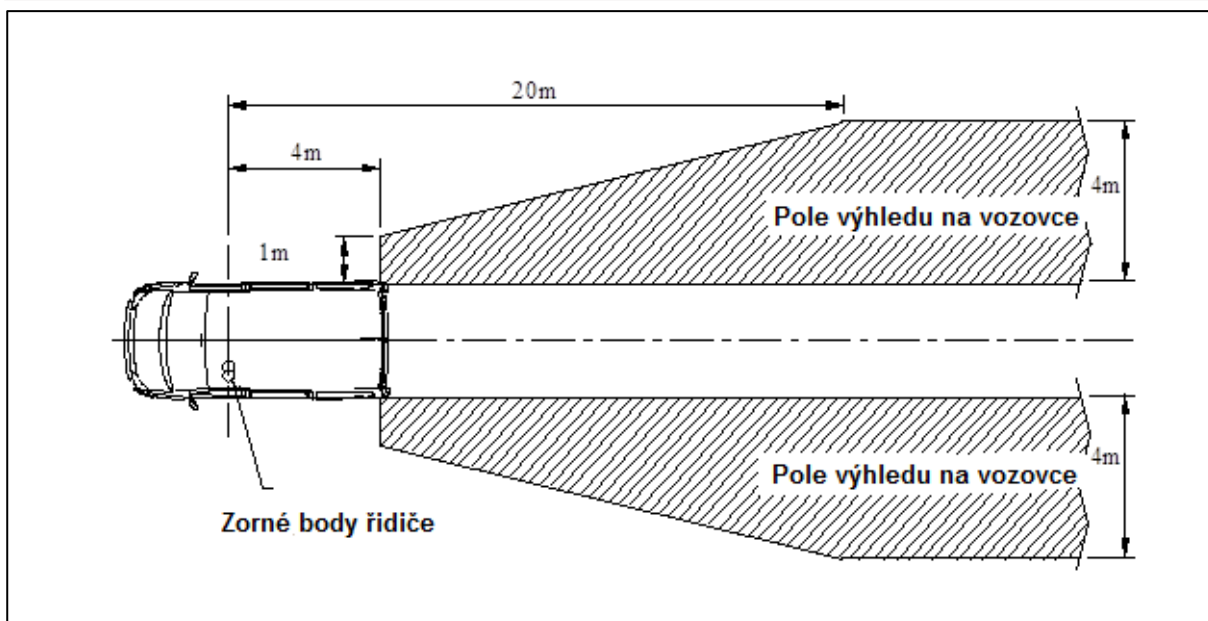
Jedná se o vnější zpětná zrcátka, která jsou dle předpisu povinná pro kategorie vozidel M1 a N1, předpis [15] k tomu dále uvádí:

„Hlavní zařízení zpětného výhledu na straně řidiče: Pole výhledu musí být takové, aby řidič viděl přinejmenším 4 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla na straně řidiče a která sahá od místa vzdáleného 20 m za zornými body řidiče k obzoru.

Kromě toho musí řidič vidět pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla, a který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče.

Hlavní zařízení zpětného výhledu na straně spolujezdce: Pole výhledu musí být takové, aby řidič viděl přinejmenším 4 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla na straně spolujezdce a která sahá od místa vzdáleného 20 m za zornými body řidiče k obzoru.

Kromě toho musí řidič vidět pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla a který začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče.“



Obr. 6: Pole výhledu u Třídy III [15]

2.2.2 Zařízení pro nepřímý výhled z vozidla

Interiérové zpětné zrcátko

Povinnost být vybavena tímto typem zrcátka mají osobní a lehká užitková vozidla. Zrcátko je obvykle umístěno v oblasti středu horní hrany čelního skla vozidla a umožňuje kontrolovat oblast přímo za vozidlem. V zásadě v současnosti rozlišujeme dva druhy.

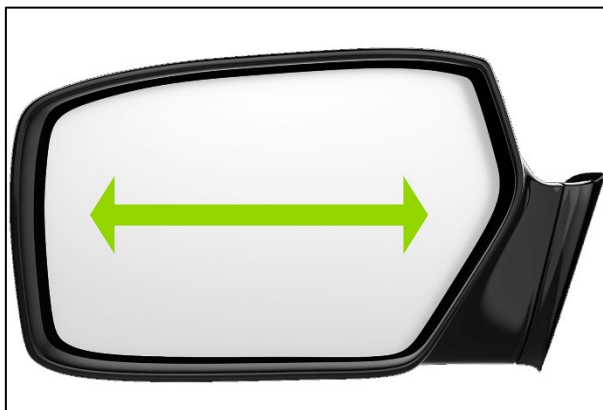
Prizmatické – tvořené sklem s klínovým průřezem, tudíž přední a zadní plocha nejsou rovnoběžné. To umožňuje v podstatě dva režimy, resp. polohy tohoto zrcátka – denní a noční. V poloze pro den je přední plocha zrcátka skloněná a vysoce reflexní zadní plocha odráží jasný obraz. V noci, resp. za tmy je možné zrcátko překloupat, takže vysoce reflexní plocha odráží světlo vzadu jedoucího vozidla mimo zorné pole řidiče, a k řidiči se dostává ztlumený obraz z nízkoreflexní plochy. Jak je z popisu zřejmé jedná o manuálně ovládané zrcátko [17].

Elektrochromatické – jedná se o tzv. samozatmavovací zrcadlo. Tento typ zrcátka se objevil ve vozidlech už na konci 50. let, nijak významně se ale nerozšířil a přestal být nabízen. Opět se do vozidel začal montovat až počátkem 80. let a výrazněji se do vozidel montuje především v posledních desetiletích. Jde o konstrukci skládající se ze zrcadla a krycího skla, mezi kterými se nachází médium citlivé na napětí. Stmívání řídí v tomto případě automaticky elektronika [16].

Exteriérové zpětné zrcátko

Dle předpisů musí být všechna vozidla vybavena dvěma exteriérovými zrcátky po stranách vozidla. V současné době je možné se potkat s několika typy vyhotovení odrazné plochy zpětných

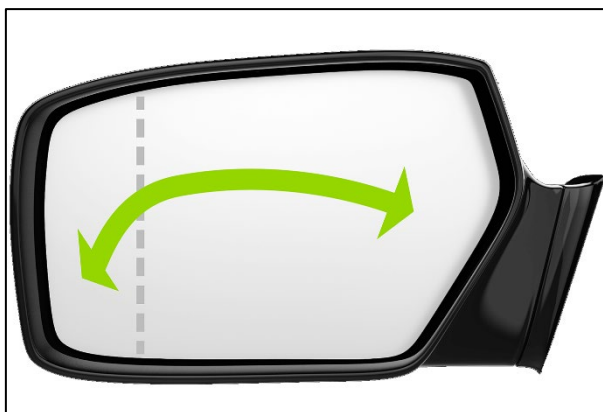
zrcátek. Zejména u starších vozidel nebo v případě pravého zpětného zrcátka se užívají obyčejná plochá zrcátka, viz **obr. 7**. Větší oblast než plochá zrcátka umožňují zobrazit zrcátka s upravenou, resp. tvarovanou odraznou plochou, jedná se o konvexní a asférická zrcátka případně zrcátka s dvojitým zrcadlovým systémem, viz **obr. 8** až **obr. 10**. Tyto typy zrcátek jsou běžně užívány u moderních vozidel.



Obr. 7: Ploché zrcátko [18]



Obr. 8: Konvexní zrcátko [18]



Obr. 9: Asférické zrcátko [18]



Obr. 10: Dvoudílný zrcadlový systém [18]

Kamerové systémy

V současné době se běžná zpětná zrcátka začínají nahrazovat kamerovými systémy. Tyto systémy mají oproti „klasickým“ zrcátkům několik výhod. Zabírají menší plochu vnějšího obrysu vozidla, což se markantně projevuje např. u nákladních vozidel, v důsledku čehož se jednak snižuje koeficient odporu vzduchu a také se zmenšují zakryté plochy výhledu směrem šikmo vpřed. Další výhodou je např. schopnost automaticky změnit zobrazovanou oblast a tím eliminovat slepé oblasti např. při zatáčení. Umístění displejů v oblasti A sloupku zkracuje dráhy potřebné pro přesun zraku. Příklad moderních systémů pro nepřímý výhled z vozidla, viz **obr. 11** až **obr. 14**.



Obr. 11: Displej vozidla Mercedes-Benz Actros [19] **Obr. 12:** Kamera vozidla Mercedes-Benz Actros [20]



Obr. 13: Systém vozidla Lexus ES [19]

Obr. 14: Systém vozidla Audi e-tron [20]

Obdobně jako exteriérová zrcátka může být displejem a kamerou nahrazeno i zrcátko interiérové, výhoda tohoto řešení oproti konvenčnímu je například v tom, že ve výhledu nebrání prvky interiéru, pasažéři či přečnickující náklad v zavazadlovém prostoru. Naopak nevýhodou může být, jak je patrné z **obr. 11** a **obr. 13**, vytváření nových zakrytých oblastí, či neustálá přítomnost jasu displeje v zorném poli řidiče.

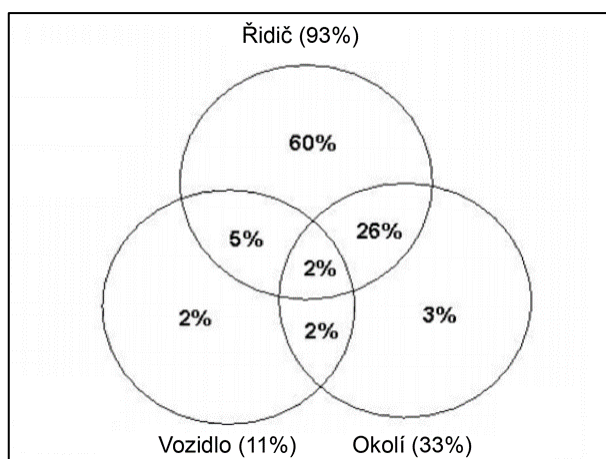
2.3 ČLOVĚK JAKO PRVEK SOUSTAVY

V oblasti analýzy silničních nehod se střetáváme s řešením problémů na soustavě řidič – vozidlo – okolí. Jak vyplývá z **kap. 1.1** a uvádí např. i Kledus [7], člověk je hlavním rizikovým faktorem v dopravě. Řidič musí v průběhu jízdy přijímat a zpracovávat obrovské množství informací, na základě kterých se pak rozhoduje a reaguje (koná či nekoná). Tyto informace mají proměnlivou kvantitu, kvalitu a pro řidiče mají také různou důležitost.

V námi posuzované problematice člověk zastává aktivní funkci, kdy sám svou činností děj ovlivňuje. Jak mj. uvádí Semela [4], cílem analýzy silničních nehod je zkoumání vlastností a chování soustav a z hlediska možností má prioritní roli člověk – řidič jako prvek okolí k soustavě vozidla a také k soustavě okolí. K člověku, resp. řidiči dále např. uvádí Kledus [7], že pokud je objektem experimentálního zkoumání člověk, jedná se o složitou živou soustavu.

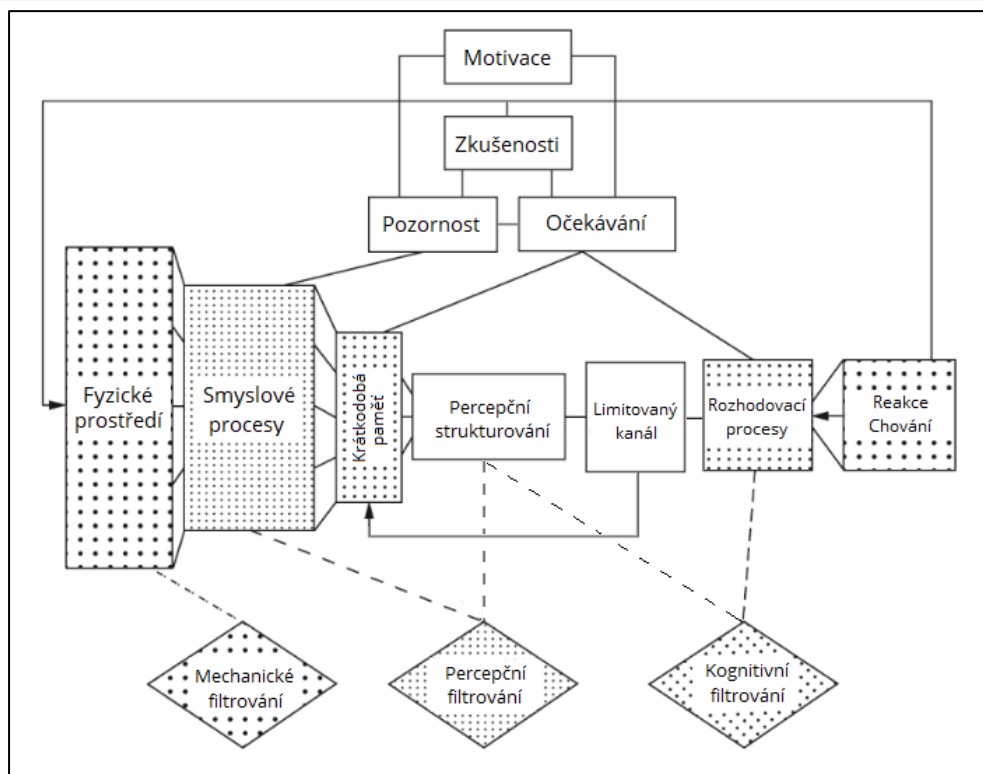
Chmelík v [8] uvádí: „*Statistická zjištění u dopravních nehod ukazují na skutečnost, že v systému – člověk, dopravní prostředek a prostředí – nejvíce selhává lidský faktor. Na základě dlouhodobého statistického sledování lze konstatovat, že z celkového počtu dopravních nehod zaviní např. řidič silničního motorového vozidla přes 90 % všech dopravních nehod, zatímco silniční motorové vozidlo se na těchto nehodách podílí pouze 1 % a závada pozemní komunikace je jako příčina dopravní nehody zaznamenávána dokonce výrazně méně než 0,5 %*“.

Treat a kol. [47] zkoumali vliv jednotlivých prvků soustavy řidič – vozidlo – okolí na vznik více jak 2000 reálných nehod. Studie ukázala, že v cca 60 % případů je za vznik nehody zcela odpovědný řidič. V některých případech mohou ke vzniku nehody přispět i prvky vozidlo a okolí, pak je chováním řidiče, s přispěním ostatních prvků, způsobeno až 93 % nehod, viz **obr. 15**.



Obr. 15: Vliv prvků soustavy na vznik dopravních nehod [47](úprava autor)

Člověk prostřednictvím svých smyslů shromažďuje informace o silnici, dopravních podmínkách, ostatních uživatelích silnice a jeho vlastním vozidle, a to především vizuálně. Tyto informace jsou zpracovávány centrálním nervovým systémem, kde se provádí odhady, predikce a formuje se rozhodnutí. Rozhodnutí jsou prováděna různými svalovými systémy – řidič se může dívat doprava, nasměrovat vozidlo doleva, brzdit, případně nekonat. Tyto akce zase ovlivňují, resp. mění informace získané v příštím okamžiku a tak dále. Systém je uzavřená smyčka, má zpětnou vazbu. Z rozvržení tohoto systému je zcela zřejmé, že správné získávání informací je klíčovým předpokladem pro hladký průběh a bezpečné fungování. Systém řidič – vozidlo – okolí představuje vhodný rámec pro analýzu nehod. Nestačí však mít rámec dopravního systému, potřebný je také model nebo teorie zpracovávání informací řidičem. Řidič kalkuluje (vypočítává) alternativní akce a vybírá a provádí svá rozhodnutí. Na **obr. 16** jsou znázorněny nejdůležitější funkce potřebné pro získávání, výběr a zpracování informací řidičem. Vnímání ovlivňuje nebo je ovlivňováno všemi těmito funkcemi [43][48].



Obr. 16: Model funkcí určujících získávání a zpracování informací [48][43](úprava autor)

Je nezbytné co nejvíce eliminovat fyzickou filtraci, protože účastníci silničního provozu by měli mít možnost situaci vnímat a vyhodnotit. Neměl by být blokován jejich výhled, měli by mít k dispozici přiměřené osvětlení atd. V běžném silničním provozu je však problémem vnímání ze složitého pole podnětů spíše vybrat důležité informace, které podněty nesou. Jak je zřejmé z **obr. 16**, výběr a analýza jsou ovlivněny funkcemi vyššího řádu. Motivace a zkušenosti ovlivňují očekávání a pozornost, které zase do velké míry řídí to, co je vidět a slyšet (percepční filtrování). Stejně tak zkušenosti, znalosti a očekávání ovlivňují dekodování vnímání a rozhodnutí, která jsou vybírána (kognitivní filtrování). Jednoduchou, ale užitečnou definicí informací je tzv. „redukce nejistoty“ (reduction of uncertainty). To znamená, že informace nejsou něčím v prostředí, ale právě v účastníkovi silničního provozu mají vnímání a zkušenosti podobu informací.

Co je informací pro jednoho účastníka silničního provozu, nemusí být informací pro druhého, nebo co je informací pro jednoho účastníka silničního provozu v určitém okamžiku, nemusí být informací pro téhož účastníka silničního provozu v okamžiku jiném. Právě vnímaná situace, nikoliv fyzická realita, je to, co určuje chování [48].

2.3.1 Rozhodování

Řidič se v průběhu řízení vozidla rozhoduje na základě informací o dané dopravní situaci. Toto rozhodování je ovlivněno především jeho znalostmi a ve významné míře i jeho předchozími

zkušenostmi, tedy jeho řídičskou praxí, kterou do daného okamžiku nabyl. Z časových důvodů řidič v mnoha případech nemůže využít veškeré informace, které mu dopravní situace poskytne. V důsledku toho, pak svoje rozhodnutí musí často opírat pouze o několik, dle jeho subjektivního posouzení zásadních a nejdůležitějších informací, které si z celkového množství vybere. Zkušení řidiči si nejvíce podstatné informace pro své správné rozhodnutí ve všeobecnosti vybírají lépe, přesněji a rychleji. Činnosti řidičů ale v mnoha případech obsahují určitý konflikt tendencí při dosahování stanoveného cíle – včasný příjezd na určené místo versus bezpečnost jízdy. U různých řidičů může časová tíseň způsobit větší nebo menší míru podstupovaného rizika za cenu snížení časové ztráty. Míra ochoty riskovat závisí z větší části na osobnosti řidiče. Na proces rozhodování má vliv také náročnost dopravní situace, kterou musí řidič řešit. Podstatně náročnější, než např. rozhodování o správném průjezdu i komplikovanější křižovatky, je řešení náhlé kritické dopravní situace. K nepřesným nebo zcela chybným rozhodnutím, na základě kterých pak vznikají konfliktní a rizikové situace nebo vedou ke vzniku dopravních nehod, dochází, pokud se řidič dostává do časové tísně, nemá dostatek potřebných informací, nachází se v neznámém dopravním prostředí nebo je ve špatné psychofyzilogické kondici [8].

2.3.2 Zrakové vnímání

Dle Robinsona [9] řízení automobilu vyžaduje neustálé a komplexní vizuální vyhledávání. Doprava, chodci, dopravní značky a řada dalších možných objektů poskytují bohatý vizuální vstup, který musí být zpracován rychle a ve správném pořadí, má-li být úkol proveden efektivně a bezpečně. Odhaduje se, že více než 90 % informací použitých při řízení je vizuálních.

Vzhledem k množství a důležitosti vizuálně zpracovávaných informací, je na tomto místě vhodné shrnout některé informace související se zrakovým vnímáním člověka a rovněž uvést některé z pojmů, které souvisí s problematikou, která bude v této práci řešena.

Bradáč [6] k zrakovému vnímání také uvádí, že je nejdůležitějším pro zjištění informací důležitých pro další rozhodování. Proces vidění obecně probíhá v hlavních rysech takto:

- *oko se orientuje v pohledovém poli těkavými mikropohyby,*
- *vnější podnět zaujme pozornost,*
- *zrakový receptor se zaměří a soustředí na zajímavý optický podnět a na základě zjištěných optických parametrů optické situace (vzdálenosti, jasů, úhlového rozměru ap.) se připraví na recepci,*
- *podnět zpracovaný optickým systémem oka zasáhne světločivé elementy sítnice,*

- transformací optických podnětů v nervové vzruchy vzniká odezva v optickém nervu, po kterém je vedena k mozgovým centrům vidění, kde vzniká počitek,
- syntézou počitků vzniká vjem, na jehož základě se rozhoduje o odpovědi organismu na daný podnět, dochází k tzv. diferenciaci,
- vjem může být pomínut nebo uložen v paměti, nebo může být transformován ve vzruch, šířící se pohybovými nervy k nervosvalovým ploténkám,
- v nervosvalových plotěnkách je nervový vzruch transformován ve svalový stah,
- v průběhu tohoto procesu je centrální nervová soustava neustále informována o změnách vlastností pozorovaného objektu a jeho okolí; vysílá povely, řídí plynule adaptační stav.

Šikl [10] uvádí, že zrakové vnímání je komplexním procesem zpracování a interpretace podnětu (podnětové informace) a až 70 % smyslových receptorů člověka je soustředěno v očích. Na zrakové vnímání člověka mají klíčový vliv především dva principy:

1. **Princip úspornosti** (*minimum principle*) – pozorovatel si vybírá co možná nejjednodušší interpretace.
2. **Princip obvyklosti** (*likelihood principle*) – pozorovatel si vybírá takovou interpretaci, která je v souladu s jeho dřívější zkušeností.

Řečeno jinak, člověk jako pozorovatel si interpretuje přirozené podoby světa, které zná ze svých dřívějších zkušeností, nebo které nesou alespoň některé známé charakteristiky.

Lidské oko je vybaveno dvěma druhy fotoreceptorů – tyčinkami a čípkami, které se liší tvarem, počtem, rozmístěním na sítnici a také funkcí, kterou plní v procesu vidění. Za vyšších intenzit světla zajišťují vidění čípky, které umožňují také rozlišování jemných detailů v zorném poli. Existují 3 druhy čípků s rozdílnou citlivostí na různé vlnové délky světla, které umožňují rozeznávání barev. Naproti tomu ve tmě zajišťují vidění tyčinky, které mají vysokou světelnou citlivost, neumožňují rozlišit světlo různých vlnových délek, a tudíž rozeznávání barev [10]. Významné rozdílné parametry tyčinek a čípků jsou uvedeny v **tab. 2**.

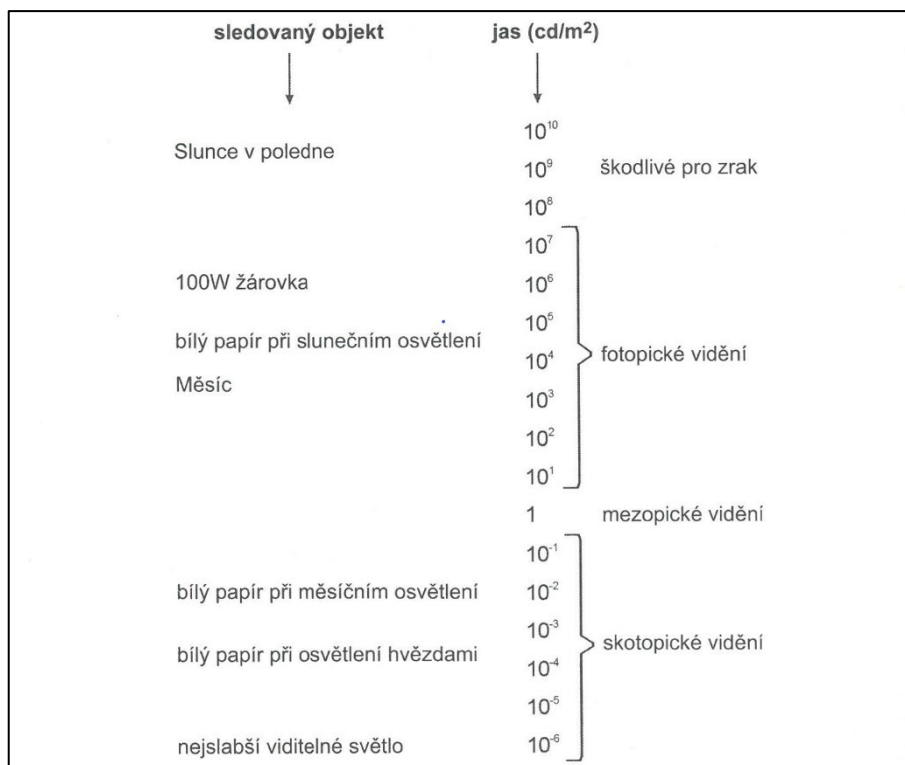
Tab. 2: Vlastnosti tyčinek a čípků [10]

Tyčinky	Čípky
Aktivace při nižší hladině osvětlení	Aktivace při vyšší hladině osvětlení
75 až 150 milionů	7 milionů
Maximální koncentrace 20 °od fovey	Maximální koncentrace ve fovei
Vysoká citlivost na světlo	Vysoká citlivost k detailu
Jeden druh fotoaktivního pigmentu	Tři druhy fotoaktivního pigmentu, možnost rozlišovat barvy
Adaptace na světlo za 30 minut	Adaptace na světlo za 1 minutu
Absorpční maximum 507 nm	Absorpční maximum 555 nm

V závislosti na zapojení receptorů poznáme tři druhy vidění:

- Fotopické – barevné vidění, jako receptor slouží čípky, vnímání za plného světla.
- Mezopické – smíšené vidění, oba receptory, vnímání v šeru a za soumraku.
- Skotopické – noční vidění, jako receptor slouží tyčinky, oko adaptované na tmou.

Na **obr. 17** jsou pro lepší představu vyobrazeny jednotlivé druhy vidění v závislosti na jasu a druhu sledovaného objektu.



Obr. 17: Lidské vidění v závislosti na jasu [10]

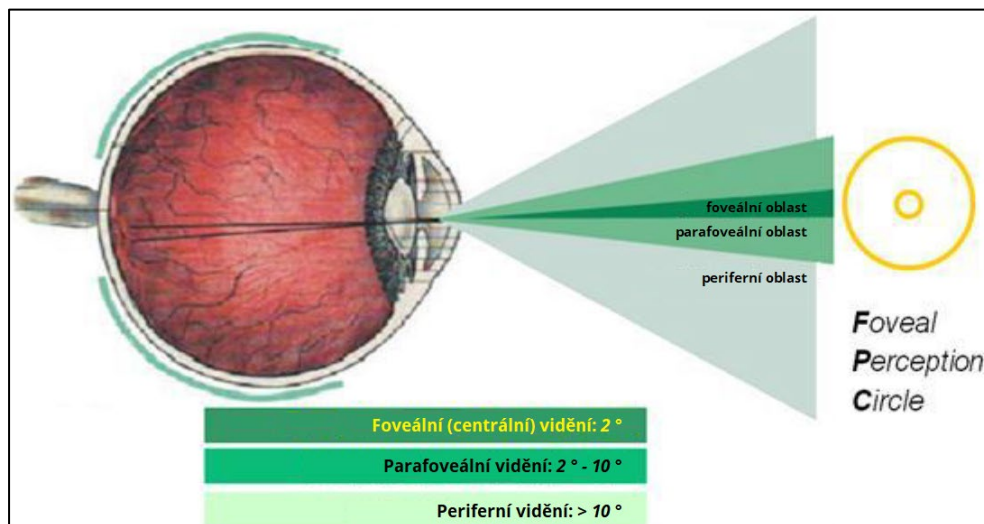
Vnímání barev je psychologická záležitost a liší se u jednotlivých lidí (i bez zrakové vady) s časem nebo různými okolními podmínkami. Pro pozorování barevného světelného signálu, musí být splněny určité podmínky, pozorovatel musí mít k dispozici určitý jas (osvětlení), jehož hodnota spolu se zorným úhlem a vlnovou délkou závisí na adaptačních schopnostech jedince.

Ve třech případech nenastává trichromatické (barevné) vidění [6]:

- Nízká intenzita osvětlení – skotopické (noční) vidění
- Periferním vidění
- Pozorování objektů pod velmi malým zorným úhlem (do 10 až 25 °).

Tato skutečnost je mj. dána tím, že lidské oko má určitá fyziologická omezení a existují u něj tři oblasti vidění: foveální neboli přímé, parafoveální a již uvedené periferní vidění. Foveální vidění

(také centrální nebo ostré) je dáno úhlem do 2° od optické osy, tedy pouze v oblasti, která je velmi úzká. V oblasti do cca 10° nastává parafoveální vidění, zde je lidské oko schopné vnímat barvy, tvary a kontrasty. V periferní oblasti oko vnímá pouze pohyb. Hranice jednotlivých oblastí nejsou ostře vymezeny a závisí na charakteru objektů, které se nachází v zorném poli [36]. Jednotlivé oblasti jsou nejlépe patrné z **obr. 18**.



Obr. 18: Oblasti (ostrého) vidění lidského oka [36] (úprava autor)

Kromě **barvocitu** patří mezi základní fyziologické kvality oka **rozlišení**, které je vyjádřené především zrakovou ostroostí a **citlivost**, která je vyjádřena zejména citlivostí na kontrast. Dynamickým rozměrem vjemu podnětu je mj. vnímání objektů. S objektovým vnímáním souvisí určité operace [10]:

1. **Detekce** – informačně nejprostší operace, určení výskytu objektu v zorném poli.
2. **Diskriminace** – proces rozlišení mezi větším počtem objektů, vyžaduje získání detailnějších informací o vnímaném objektu jako detekce.
3. **Identifikace** – určení identity (přesné zařazení) daného objektu, na nejvyšším stupni komplexnosti.

2.3.3 Oční pohyby

Aby člověk dokázal získat v dynamické interakci s prostředím pro něj ty nejpodstatnější informace a tyto následně i co nejefektivněji zpracovat, je potřebné při vnímání zapojit systém očních pohybů, které umožňují dvě základní funkce:

- 1) dostat obraz vybraného cíle (podnětu) do místa nejostřejšího vidění,
- 2) udržet obraz v tomto místě, a to i přes průběžně se měnící pozici pozorovatele vzhledem k podnětu.

Pohyby očí nejsou při prohlížení scény nahodilé, ale naopak jsou strategické a systematické. Tyto pohyby jsou behaviorálním dokladem lidské pozornosti při vnímání scén a mohou přinášet zajímavé informace. Konvenčně se rozlišuje tři až pět druhů očních pohybů a několik dalších poddruhů [10]:

Sakády – jsou rychlé a krátké oční pohyby, které umožňují posunout obraz objektu, na který se holdá pozorovatel v příštím okamžiku zaměřit, z periferního zorného pole s nízkou ostrostí vidění do jeho centrální části tak, aby obraz dopadl na žlutou skvrnu s nejvyšší ostrostí vidění. Explorace scény probíhá tak, že se oči vždy na chvíli zaměří na jedno místo a po krátké fixaci se provede sakáda k dalšímu místu, kde oči zůstanou znovu na okamžik fixované atd. Doba trvání fixace je v průměru 100 až 600 ms a sakády od 10 do 50 ms. Je však důležité zdůraznit, že délka fixace závisí především na povaze úlohy, a to samé platí i o době trvání sakády, která závisí na délce dráhy očního pohybu. Pohyb očí v průběhu sakády je velmi rychlý, oči se přemísťují rychlostí 600 až 900 %/s. Sakády umožňují určit směr, ve kterém se nachází podnět vzhledem k pozici hlavy pozorovatele [10][32][52].

Hladké sledovací pohyby očí – kompenzují pohyb hlavy. Na rozdíl od sakád umožňují soustředěné, déletrvajícím sledování jednoho objektu. Jejich zapojení zabezpečuje, že obraz podnětu dopadá po celou dobu sledování na žlutou skvrnu, což zrakovému systému umožňuje z promítnutého obrazu extrahovat maximum informací o objektu. Stejně jako sakády umožňují určit směr, ve kterém se nachází podnět vzhledem k pozici hlavy pozorovatele [10][32].

Sbíhavé oční pohyby – slouží k tomu, aby pozorovatel dokázal určit vzdálenost podnětu či objektu. Probíhají v ose pohledu a jejich prostřednictvím je možné sledovat objekty, které se k pozorovateli přímo přibližují, nebo se od něj vzdalují. Zapojené jsou i v případě střídavého pozorování bližšího a vzdálenějšího objektu. V případě pohybu očí nebo přeastřování na menší vzdálenost, dochází k souběhu očních os, a naopak při pohybu očí nebo přeastřování na větší vzdálenost se oční osy rozbíhají [10].

Jednotlivé pohyby nejsou realizovány pouze separátně, pokud sledované objekty mění vůči pozici pozorovatele směr a hloubku, jsou ve stejné chvíli prováděny sledovací i sbíhavé pohyby. Sakadické a sbíhavé pohyby jsou zase prováděny při přesouvání pozornosti mezi ve scéně v různé hloubce ležícími objekty [10].

Z pojmu fixace by se mohlo zdát, že se oči nepohybují, pravdou ale je, že ani v tomto případě nezůstávají úplně bez pohybu, resp. obraz není perfektně stabilizovaný. K drobným mimovolným pohybům dochází neustále. Úkolem těchto fixačních očních pohybů je předcházení

vyhasnutí nervové aktivity, ke kterému by došlo při neměnnosti stimulace. Popsané jsou celkem tři druhy fixačních očních pohybů [10]:

Tremor (třes) – arytmičné oční pohyby, které mají nejmenší rozsah (cca 10 úhlových sekund), ale naopak nejvyšší frekvenci.

Drift – klouzavý pohyb očí zpravidla po zakřivené dráze, který se nejčastěji odehrává mezi dvěma mikrosakádami. Rozsah je podobný jako u mikrosakády, drift je ovšem výrazně pomalejší.

Mikrosakády – sakádám podobné krátké, trhavé pohyby, trvající cca 25 ms v rozsahu jednotek až desítek úhlových minut. Dochází k nim nejčastěji v průběhu cílené déletrvající fixace v průběhu, které napomáhají udržet sledovaný předmět v centru nejostřejšího vidění. Jinak řečeno mikrosakády průběžně korigují „ujíždění“ očí způsobené driftem.

2.3.4 Zrakem řízené chování

Zrakové vnímání je prostředníkem při interakci s okolním prostředím a je s ním velmi silně spojena i aktivita pozorovatele. Existuje mnoho situací, kdy proces vnímání ústí do určitého druhu pohybové činnosti, bez ohledu na to, zda činnost vyžaduje přímo pohyb pozorovatele v prostředí, nebo pouze obracení sledovaného objektu v ruce pozorovatele. Pohybová činnost je v mnoha situacích bezprostředně vystavená na zrakových informacích. Výstupem zrakového vnímání je tedy v mnoha případech nejen obraz v mysli, ale i konkrétní aktivita. Naskýtá se otázka, zda je tento výstup až nadstavbou tradičně chápaného vnímání, při kterém pozorovatel vždy nejprve zpracuje v plném rozsahu podnětovou informaci, aby vzápětí cíleně naplánoval průběh interakce s podnětem, který sleduje. Taková podoba vztahu mezi vnímáním a jednáním je sice v každodenních situacích běžná, současně lze ale najít celou řadu příkladů činností řízených zrakem, jejichž provádění žádný vjem ve smyslu obrazu podnětu v mysli nevyžaduje. Činnosti jako braní předmětů do rukou, házení nebo chytání míče, chůze, běh, jízda na kole, jízda autem a další aktivity bezesporu využívají zrakovou informaci, těžko lze ale v těchto případech tvrdit, že se pozorovatel o svém jednání a vztahování k podnětu rozhoduje až na základě komplexního percepčního zhodnocení. V mnoha dynamických situacích zahrnujících pohyb pozorovatele, by člověk vůbec nemohl obstát, pokud by bylo uvažováno, že obrazová informace musí být nejdříve zpracována jako obrazový vjem. Výzkumy prováděné v předešlých letech zejména v oblasti experimentální psychologie, neurověd a neuropsychologie dospěly k názoru, že existují dva moduly vnímání, které operují rozdílně. Jedna z teorií tvrdí, že za úrovní primárního zrakového kortexu se zpracování podnětu rozděluje do ventrálního a dorzálního proudu, přičemž na zpracování informace o podobě podnětu se specializuje ventrální proud a v dorzálním

proudu jsou zpracovávány informace o jeho prostorovém umístění. Redefinice této teorie pak říká, že ve ventrálním proudu probíhá rozpoznávání objektů a v dorzálnímu přislouchají vizuomotorické aktivity. Poslední výzkumy ukazují, že oba moduly pracují současně a vzájemně se doplňují. Bylo zjištěno, že i do pohybově nejjednodušších a plně neuvědomovaných vizuomotorických aktivit se promítá zpracování ve ventrálním proudu, a naopak při pasivním odhadu prostorového uspořádání může při vykonávání pohybové aktivity být nápomocné rozpoznání v dorzálním proudu [10].

2.4 REAKČNÍ DOBA

S pojmem reakční doba je možné se potkat nejen v oblasti dopravy a analýzy dopravních nehod, ale také u jiných lidských činností, např. je velmi důležitá v některých sportech, můžeme se s ní také potkat v medicíně či psychologii. Znalost trvání reakční doby je v aplikaci dopravních nehod důležitá zejména v případě předstřetového děje, a proto bylo problematice zkoumání reakční doby řidiče pro účely soudního inženýrství věnováno značné úsilí. Dle [22] byl již v roce 1931 v Německu realizován výzkum, který se zabýval problematikou reakčních dob řidičů. Muttart [23] v roce 2003 publikoval studii, ve které se věnoval 130 předešlým studiím, které se zabývaly reakční dobou řidiče.

V literatuře se pak můžeme setkat s různými hodnotami reakční doby. Jante [22] uvádí, že zkoumání z roku 1931 dopřelo k rozsahu reakční doby v rozmezí 0,3 až 2,5 s a střední hodnota reakční doby činila cca 1 s. Johanson [24] v roce 1971 uváděl dobu brzdné reakce 0,9 s nebo delší v 50 % všech náhlých situací a v 10 % zkoumaných případů 1,5 s nebo delší. Důležité je podotknout, že v obou případech byl jako podnět pro reakci akustický signál, v prvním případě to byl povel „STOP“ a v případě Johansona zvuk bzučáku, což není běžný podnět k reakci v případě silničních nehod.

Hartmann [28] uvádí rozdílné reakční doby v denní a noční době, a to v rozmezí 0,35 až 1,4 s pro denní dobu a 0,4 až 1,8 s pro noční dobu. Sivak [26] v roce 1981 publikoval výsledky výzkumu zaměřeného na reakci řidičů na různé systémy brzdového osvětlení vozidel, které řidiči následovali. Jejich reakční doby se nacházely v rozsahu 0,3 až 2,7 s. Dle Hoopera a McGeeho [27] padesátý percentil řidičů má reakční dobu včetně náběhu brzdného účinku do 2,3 s. Dle [23] Americká Asociace státních úřadů pro dopravu (AASHTO) uvádí, že v případě jednoduchého a neočekávaného rozhodnutí mohou někteří řidiči reagovat až 2,7 s.

Dle Výsledků Olsonova [25] výzkumu z roku 1986 až 95 % řidičů mělo percepční reakční dobu cca 1,6 s, a to od prvního zpozorování překážky po aktivaci brzdového pedálu. I např. Bradáč [6] v roce 1997 uvádí rozsah reakční doby od cca 0,5 až do 2 s.

Délka reakce může např. záležet i na druhu nebo očekávání podnětu, jak naznačují [29][30][31]. Běžné signály, jako jsou např. brzdová světla, jsou spojeny s dobami odezvy 1,25 s a překvapivé podněty jsou spojeny s dobami odezvy cca 1,5 s. Obdobně se zabýval reakční dobou i Olson, který zjišťoval reakční doby ve třech různých situacích a zjištěné hodnoty času reakcí se pohybovaly v rozmezí 0,7 až 0,9 s na prostý signál, 1,0 až 1,2 s na očekávanou situaci a 1,3 až 1,5 s na neočekávanou situaci [32].

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že v případech uváděných hodnot existuje značný rozptyl, a to od 0,3 do 2,7 s. Dále je zřejmé, že reakční doba závisí na mnoha parametrech, jako je např. očekávání situace, známost situace, typ podnětu apod. Faktorům ovlivňujícím mj. i reakční dobu je věnována samostatná kapitola této práce, viz **kap. 2.7**. Důležitým faktorem je ale také např. skutečnost, jak je na reakční dobu nahlíženo, resp. její samotná definice.

2.4.1 Definice reakční doby

Bradáč [6] definuje reakční dobu takto: „*Reakční dobou ze soudně inženýrského hlediska nazýváme čas od vjemu do uvedení (zabezpečovacího) zařízení v činnost naučeným způsobem. V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu, bude potřebná doba individuálně delší.*“

Klebensberg formuloval její základní definici takto: „*pod pojmem doba reakce se nadále rozumí časový interval mezi výskytem rozpoznatelného reakčního podnětu a počátkem prvního poté prováděného usměrněného jednání.*“ V rámci tzv. „Kölnerova modelu“ byla tato definice později označena za fyziologickou reakci. Tedy popsany časový interval v sobě zahrnuje pozorování, postřehnutí a rozpoznání [33].

V anglicky psané literatuře a studiích se setkáváme s pojmy „*perception – reaction time*“ příp. „*perception – response time*“ (PRT) jedná se tedy o jakousi percepčně reakční dobu. Počátek PRT je definován v okamžiku, kdy objekt, např. překážka, je pro řidiče poprvé viditelná, nebo začne představovat riziko a konec této doby je definován v momentě zřetelné reakce řidiče, typicky při doteku nohy s brzdovým pedálem [25][34]. Jak ale např. uvádí Krauss [32], v řadě případů je pro účely analýzy silničních nehod nutné definovat počátek tohoto intervalu již v momentě, ve kterém se objekt začíná pohybovat směrem do jízdního koridoru řidiče.

Z výše popsaného je tedy zřejmý určitý rozkol mezi tím, kdy dle jednotlivých úvah dochází k počátku trvání reakční doby. V tomto smyslu je zajímavý také např. koncept tzv. **rizikové doby**

(angl. Time to collision – TTC), která odpovídá době, kterou má řidič k dispozici od okamžiku, kdy uvidí překážku, až k možnému střetu s ní. Závisí na ní také to, jaký způsob řidič využije k provedení obranného manévru. Reakční doba závisí na rizikové době znatelně, a to jak při měření na silnici, tak i na simulátoru. V situaci, kdy řidič vyhodnocuje vzniklou situaci, nesleduje odděleně rychlost vozidla ani vzdálenost k překážce. Aby se rozhodl a reagoval adekvátně, orientuje se převážně právě na zbývající dobu. V případech, pokud má řidič čas, nebo věří tomu, že má čas, vyhodnocuje danou situaci déle a s jistotou reaguje po delší době [35][46].

2.4.2 Složky reakční doby

Jak je už z výše uvedeného zřejmé, reakční doba jako celek sestává z menších dílčích segmentů. Dle Bradáče [6] je pro účely technické analýzy dopravních nehod, typicky v případě nouzového brzdění, využíváno členění reakční doby na subsystemy řidič + vozidlo a tato doba sestává z pěti dílčích úseků: **optická reakce – psychická reakce – svalová reakce – prodleva brzd – náběh brzd**, kdy v případě prvních tří pojmů se jedná o reakční dobu řidiče a u dvou dalších jde o odezvu vozidla. Přehledně znázorněno viz **tab. 3**.

Tab. 3: Členění reakční doby dle Bradáče [6]

Hranice časového úseku		Název časového úseku	
1	Počátek optického vnímání nebezpečného objektu	optická reakce	reakční doba řidiče
2	Počátek ostrého optického vnímání objektu	psychická reakce	
3	Začátek svalové reakce	svalová reakce	
4	Dotyk brzdového pedálu	prodleva brzd	odezva vozidla
5	První dotyk třecích ploch brzd	náběh brzd	
6	Začátek zanechávání stop pneumatik na vozovce		

Pro účely této práce jsou podle výše uvedené definice podstatné zejména první dvě složky reakční doby, a to optická a psychická reakce, ke kterým Bradáč [6] mj. uvádí: „*Při splnění požadavku bezpečné jízdy musí řidič jet stále „v budoucnu“, mít rozhled alespoň na takovou vzdálenost před vozidlo, na jakou je schopen z dané rychlosti zastavit (včetně dráhy ujeté za reakční dobu). Přitom musí průběžně sledovat všechny objekty v zorném poli a vyhodnocovat jejich eventuální nebezpečnost vzhledem ke své jízdě. Pokud se objekt nejeví nebezpečným, řidič jej vyřadí z pozornosti, přestane se o něj zajímat a sleduje další. Pokud se objekt stane znovu nebezpečným, řidič musí nejprve jeho pohyb zpozorovat, a potom jej musí vyhodnotit. Přitom je nutno mít na zřeteli, že rozsah ostrého vidění je kolem osy oka jen asi jeden úhlový stupeň; pokud je objekt mimo tuto oblast a je zpozorován pomocí periferního vidění (které je vnímavější na pohyb), pak se musí oko natočit k objektu. Vzhledem k tomu, že se přitom pohybuje objekt*

i vozidlo, ve kterém je řidič, není zafixování oka tak jednoduché; při pohybu větším než asi 5° se bude jednat o jakési tlumené kmitání s rychlým útlumem. Pokud řidič kritický objekt přímo sledoval, pak čas optické reakce nepřichází v úvahu.

Časem psychické reakce se rozumí doba od optického zafixování kritického objektu do začátku svalové reakce (začátek snímání nohy z pedálu akceleraace).“

Přehledně jsou výše uvedené hodnoty seřazeny v **tab. 4**.

Tab. 4: Přehled doby trvání optické a psychické reakce [6]

	Doba trvání (s)		
	spodní mez (2 %)	průměr	horní mez (98 %)
Optická reakce (varianty)			
řidič předem přímo pozoruje kritický objekt a)	0,00	0,00	0,00
řidič sledoval jiný objekt:			
v rozsahu do 5° b)	0,32	0,48	0,55
v rozsahu nad 5° c)	0,41	0,61	0,70
Psychická reakce (rozhodování)	0,22	0,45	0,21

McGee dle [32] dělí reakční dobu na 3 hlavní složky **vnímání – rozhodnutí – reakci brzd**, přičemž první složka se dělí na další 4: **latence – pohyb očí – fixace – rozpoznávání**, viz **tab. 5**. Hodnoty komponent jsou uvedeny v sekundách.

Tab. 5: Reakční doby řidičů stanovené na základě součtu předpokládaných složek [32](úprava autor)

Element	Percentil řidičů					
	50	75	85	90	95	99
1. Vnímání	(s)					
a. Latence	0,24	0,27	0,31	0,33	0,35	0,45
b. Pohyb očí	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
c. Fixace	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d. Rozpoznávání	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
2. Rozhodnutí	0,50	0,75	0,85	0,90	0,95	1,00
3. Reakce brzd	0,85	1,11	1,24	1,42	1,63	2,16
Celkem A (1a-d+2+3)	2,3	2,9	3,2	3,5	3,8	4,6
Celkem B (1c-d+2+3)	2,0	2,5	2,8	3,1	3,4	4,1
Celkem C (1a-d+3)	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,6

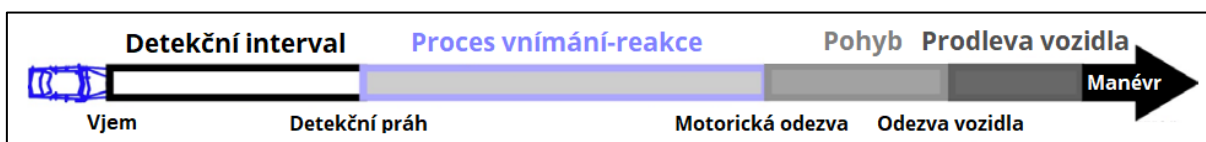
Dle [23] se jedná o tzv. metodu předpokládané komponenty a výsledná reakční doba se stanovuje součtem. Tato metoda odhadu doby reakční doby řidiče dělá přesně to, co z jejího názvu vyplývá a tedy „předpokládá“, že zahrnuté proměnné jsou komponenty, které mají na reakci největší vliv a ostatní komponenty nikoliv. Komponentová metoda odhadu reakční doby také

předpokládá, že každá úloha je vykonávaná sériově a nezávisle od ostatních komponent, což se ale ukázalo být nesprávné.

Stańczyk a kol. v [35] použili následující dělení složek:

- **psychomotorická reakční doba u brzdění** – od okamžiku vynoření překážky k prvnímu tlaku na brzdový pedál,
- **mentální reakční doba brzdění** – od okamžiku vynoření překážky až k začátku pohybu nohy z plynového pedálu (v jiných zdrojích také označovaná jako doba zjištění + doba rozhodnutí nebo interval rozpoznání + reakce detekce,
- **zahajovací reakční doba** – od okamžiku uvolnění plynového pedálu po působení tlaku na brzdový pedál,
- **psychomotorická reakční doba při řízení** – od okamžiku kdy se vynoří překážka do počátku působení tlaku na volant.

Pro lepší pochopení vzájemných vztahů jednotlivých složek reakční doby je ideální grafické znázornění např. podle Muttarta [23], viz **obr. 19**, které definuje tzv. detekční interval. Tento probíhá od vjemu po dosažení detekčního prahu. K tomuto Muttart zdůrazňuje, že řada studií považuje za počátek reakční doby moment, kdy je překážka, resp. objekt viditelný. V momentě, kdy dojde k dosažení detekčního prahu, počíná běžet proces vnímání-reakce, po které následuje motorická odezva a ta je následována pohybem řidiče. V tomto momentě počíná odezva vozidla, kdy po prodlevě vozidla (prodleva brzd, řízení...) dojde k manévru (brzdění, vyhýbání...).



Obr. 19: Složky reakční doby dle Muttarta [23](úprava autor)

Jednotlivé fáze reakce řidiče znázorňuje a shrnuje podrobně také Dettinger [33][44], viz **obr. 20**, který uvádí: „Pro podnět k reakci řidiče musí být nejdříve nebezpečný objekt hrozící vznikem kolize s vozidlem viditelným (chodec, vozidlo, překážky různého druhu). Podle toho, kde se tento nebezpečný objekt ve výhledu řidiče nachází a jak se tento pohybuje vzhledem ke zdánlivému budoucímu místu střetu, probíhá proces rozpoznání a proces reakce „s“ anebo „bez“ doby vyhledání objektu.

Pokud se nebezpečný objekt vynoří v poli ostrého vidění (fovea centralis, kužel s vrcholovým úhlem cca 1,5° kolem centrální osy vidění), tak ihned začíná fixace na objekt, a tím také současně začíná běžet základní reakční doba. Tedy neuplatní se zde vůbec doba pro vyhledání objektu.

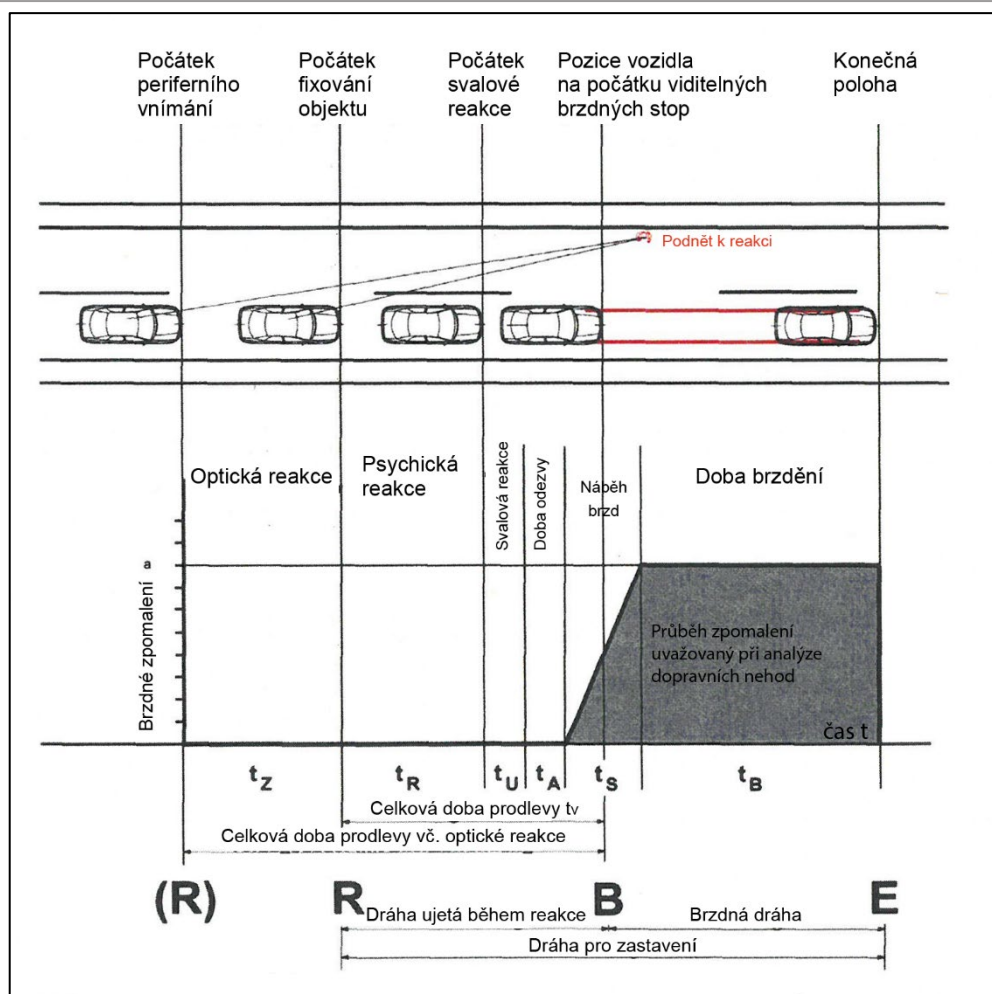
Prvním úsekem reakční doby je doba pro postřehnutí (resp. vnímání) objektu. Vnímání rozdílů jasů na sítnici oka může nastat jen tehdy, když jsou současně splněny 3 předpoklady a to: viditelnost, nadprahový rozdíl jasů a nápadnost objektu (objekt je na optickém pozadí něčím zajímavý). Minimální doba pro postřehnutí objektu lidským zrakem činí 1/18 sekundy, tedy cca 50 ms (nejkratší doba pro zpracování optické události).

Na dobu pro postřehnutí navazuje doba potřebná k rozpoznání (včetně doby pro rozhodnutí). Během této fáze jsou opticky vnímané informace porovnávány a ztotožňovány s obrazy objektů uloženými v lidské paměti. Z toho vyplývá, že doba rozpoznání se může znatelně lišit mezi případy identifikace častěji se vyskytujících objektů a zřídka se vyskytujících objektů. Také při sdružování vjemů se může znatelně lišit doba rozpoznání vzhledem k jednoduchým (dopravním) situacím.

Po rozpoznání objektu počíná probíhat svalová reakce. Při procesu plného (nouzového) brzdění následuje doba přemístění, která počíná sejmutím nohy z plynového pedálu a končí dotykem této nohy s pedálem brzdovým.“

„Na dobu přemístění navazuje doba odezvy. Přitom se jedná o nejkratší časový úsek reakční doby. Tato vyplývá z nutnosti překonání neúčinné (volné) dráhy chodu brzdového pedálu až do okamžiku uvedení do chodu pístu v hlavním brzdovém válci, kdy právě tento zabezpečuje nárůst tlaku v brzděném systému.

S počátkem nárůstu tlaku v hydraulickém okruhu, resp. s počátkem zpomalení vozidla v podélném směru navazuje fáze náběhu brzd. V rámci idealizovaného modelu procesu brzdění tato fáze končí v okamžiku dosažení maximálního brzděného tlaku v hydraulickém brzděném systému, nebo při dosažení maximálního zpomalení vozidla v podélném směru. V automobilovém průmyslu je často považován za konec fáze náběhu brzd stav, kdy naměřený vzestup brzděného tlaku dosahuje právě 90 % jeho maximální hodnoty. V oboru analýzy dopravních nehod nás však spíše zajímá podélné zpomalení vozidla a nikoli tlak v brzdové soustavě.“



Obr. 20: Schematické znázornění procesu reakce podle Dettingera [33][44](úprava autor)

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro účely této práce jsou podstatné především dvě složky reakční doby, a to optická a psychická složka reakce. V průběhu optické reakce musí řidič před uvažovaným manévrem vyhledat a zpracovat obraz, resp. objekt (ne vždy se musí v obrazu zpětného zrcátka potenciálně nebezpečný objekt nacházet), v některém ze zpětných zrcátek. Vzhledem ke skutečnosti, že zrcátka zobrazují relativně malou scénu, a faktu popsanému výše, že pokud se objekt, na který řidič reaguje, nachází v ostrém poli vidění, což je např. u zrcátek osobních vozidel vzhledem k jejich velikosti možné uvažovat, je zřejmé, že optická složka reakční doby bude minimální, nebo žádná, resp. že se bude skládat v podstatě pouze z času potřebného k přesunu pohledu z dříve sledované scény (objektu) do vybraného zpětného zrcátka a následné detekce či diskriminace v závislosti na typu podnětu. Zde už ale dochází k přesahu s psychickou složkou reakční doby (jak bylo výše popsáno, tyto složky mohou následovat po sobě nebo se vzájemně překrývat). V průběhu psychické reakce musí řidič danou situaci analyzovat, vyhodnotit její případnou nebezpečnost a rozhodnout, jakým způsobem bude na situaci, kterou ve zpětném zrcátku vidí, reagovat.

2.5 DOBA VĚNOVÁNA POHLEDŮM DO ZPĚTNÝCH ZRCÁTEK

Ke kontrole situace za vozidlem, a v určitém rozsahu i vedle vozidla, slouží řidiči primárně zpětná zrcátka, nebo je nahrazující kamerové systémy, souhrnně nazývána zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Těmi je v současné době povinně vybaveno každé motorové vozidlo, viz **kap. 2.2**.

V některých případech řidiči kontrolují situaci za vozidlem tak, že otočí celou hlavu, a tedy částečně i tělo, a situaci za svým vozidlem sledují přes zadní okno automobilu. Takový úkon ale některá vozidla konstrukčně neumožňují, a to např. většina dodávkových a nákladních vozidel. Tento úkon je i časově náročný a je využíván zejména při couvání, řešení této problematiky si ale tato práce neklade za cíl, zabývá se pouze jízdou vpřed u běžných situací v případech změny směru jízdy.

Jak bylo uvedeno již na začátku této práce: kontrola situace za vozidlem a její vyhodnocení má velký vliv na samotnou bezpečnost silničního provozu. O situaci za vozidlem by se měl řidič přesvědčit vždy, když má v úmyslu provést manévry, zejména odbočit, předjíždět jiná vozidla, změnit jízdní pruh na vícepruhových komunikacích, couvat, podélně parkovat aj. Nedostatečná, nebo v mnoha případech žádná, kontrola stavu situace za vozidlem přispívá ke vzniku nebezpečných situací v silničním provozu. Často vede přímo i ke vzniku dopravních nehod, kdy vozidlo vjede do dráhy jinému vozidlu, které ho již začalo předjíždět, objíždět případně jelo souběžně s ním atd. I proto je zcela pochopitelné, že vznikla na straně vyšetřovatelů dopravních nehod a v našem pojetí dokazování především znalců se zaměřením na analýzu dopravních nehod, ale i výzkumníků, potřeba se této problematice věnovat. Době, kterou věnují řidiči pohledu do zrcátek, se již věnovalo v minulosti několik autorů. Z dostupné literatury je zřejmé, že tuto dobu posuzovali především ve vztahu k odpoutání pozornosti od pohledu před vozidlo, spolu s jinými distrakčními prvky, jakými jsou například zařízení ve vozidle (navigace, rádio), ovládací prvky vozidla, mobilní telefony, reklamní zařízení a jiné. Dobu věnovanou pohledům do zrcátek zkoumali také ve vztahu k prováděným jízdním manévřům, či velikosti zpětných zrcátek aj.

Pohledům do zpětných zrcátek se vědci věnují již od 60. let 20. století [32]. Jak ale bude uvedeno níže, jejich přístupy se liší a různé výzkumy dospěly k značnému spektru hodnot trvání doby pohledů, v závislosti na rozličných aspektech.

Mourant a Donohue [60] se ve své, v reálném provozu realizované, studii prováděné na třech začínajících, třech zkušených a třech velmi zkušených řidičích, věnovali srovnání době pohledu do levého a interiérového zpětného zrcátka v závislosti na jejich velikosti (levé o cca 5 cm širší, interiérové o cca 10 cm širší). Dle jejich zjištění byla délka pohledů v případě levého zpětného

zrcátka o něco delší (v rámci desítek *ms*) v prospěch širšího zrcátka, u interiérového se velikost v zásadě neprojevila. Doba pohledů byla v rozsahu od cca 0,8 do 1,0 s. Významný rozdíl byl v počtu pohledů, kdy na zkušebním okruhu začínající (nezkušení) řidiči kontrolovali obraz v zpětných zrcátkách o cca 75 % častěji než jejich zkušenější kolegové. Dále byla u všech 3 skupin řidičů analyzována délka pohledu při změně jízdního pruhu (přejezd do levého, přejezd do pravého). Doba pohledu se pohybovala kolem 1,0 s bez významných rozdílů mezi jednotlivými skupinami. Srovnatelné hodnoty doby pohledů do zrcátek, tedy 1,0 s, dosahovali řidiči i při zařazování vpravo a o něco vyšší v průměru cca 1,1 s při zařazování vlevo.

Pfleger v [36] zkoumal trvání pohledů u 30leté ženy, v případě levého vnějšího zrcátka byly hodnoty doby pohledu od 0,6 do 1,1 s, pohledy do pravého vnějšího zpětného zrcátka trvaly od 1,1 do 1,4 s a pohled do interiérového 0,6 s. V jiném případě [37] stejný autor analyzoval komplexně jednu konkrétní operaci předjíždění, kdy první kontrolní pohled do levého zrcátka trval 0,6 s, další kontrolní pohled 0,64 s a pohled před započítáním změny pruhu do levého zrcátka spolu s pohledem přes levé rameno trval 1,16 s.

Tijerina a kol. v [38] shrnují výsledky 5 pilotních studií, které byly věnovány měření chování řidičů nákladních vozidel. Tyto studie se mj. zabývaly také délkou trvání pohledů do zpětných zrcátek. Studie dále autoři rozdělili na ty, u kterých došlo k detekci nebo diskriminaci (viz **kap. 2.3.2**). V případě detekce uvádějí průměrný čas délky pohledu do levého zpětného zrcátka 1,38 s ($SD = 0,39$ s) a 1,22 s ($SD = 0,27$ s) v případě pravého. V případech, kdy došlo k diskriminaci, uvádějí pro levé zpětné zrcátko průměrnou dobu pohledu 1,52 s ($SD = 0,41$ s) a pro pravé zpětné zrcátko 1,45 s ($SD = 0,38$ s).

Kieger a kol. [39] prováděli výzkum s profesionálními řidiči nákladních vozidel. U 27 řidičů ve věku od 32 do 60 let se zaměřili mj. na dva typy pohledů do zpětných zrcátek: přirozené a vyžádané (kdy byl řidič o úkon požádán z důvodu potřeby kalibrace měřicího systému). Střední doba trvání přirozených pohledů do levého zpětného zrcátka byla 1,01 s ($SD=0,43$ s) a do pravého 1,02 s ($SD=0,41$ s). V případě vyžádaných pohledů 1,25 s ($SD=0,51$ s) u levého zpětného zrcátka a 1,37 s ($SD=0,57$ s) u pravého zpětného zrcátka. Studie byla prováděná v reálném provozu na 3 typech silnic (dálnice, městská dálnice a silnice s protisměrným provozem) za denních i nočních podmínek. Dále byly porovnávány pohledy ve vztahu k silnici, tzn. zda byla před vozidlem volná silnice, nebo se před měřicím vozidlem pohybovalo jiné vozidlo. Bylo zjištěno, že žádný z parametrů neměl významný vliv na délku trvání pohledů.

Podobně jako v předešlých případech i Hanowski a kol. [51] realizovali naturalistickou studii na řidičích nákladních vozidel. Analyzovali data naměřená u více jak 200 řidičů a zabývali se

situacemi, kdy došlo k nehodě, nebo se jednalo o situace, kdy nehoda bezprostředně hrozila, případně kdy řidič neúmyslně opustil svůj jízdní pruh. Výzkum byl zaměřen na rozptylující (distrakční) prvky a ve výsledcích se mj. uvádí, že řidiči se pohledům do zrcátek v uvedených situacích věnovali po dobu od 1,01 do 1,17 s v případě levého zpětného zrcátka a v případě pravého zpětného zrcátka po dobu 0,86 až 1,05 s (jedná se o 95. percentil).

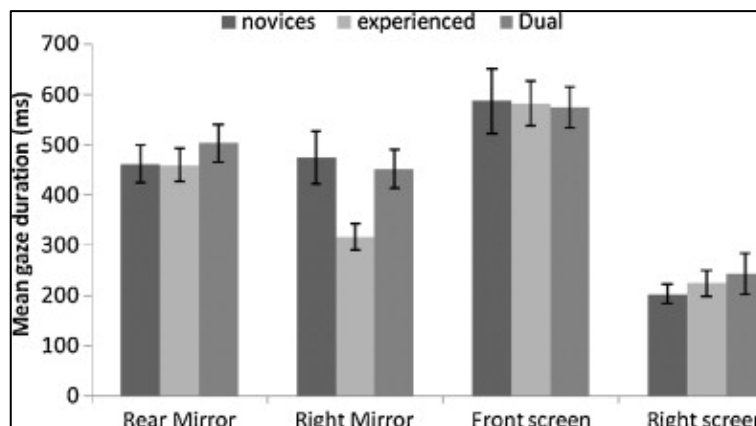
Bhise a kol. [40] uvádí, že dle jejich zjištění je průměrná délka pohledu do levého zrcátka provedená v souvislosti se změnou pruhu v případě blízkého provozu za vozidlem v přilehlém pruhu 1,5 s, bez takového provozu pak 1,25 s.

Robinson a kol. [9] realizovali jízdy v reálném městském provozu s osmi řidiči ve věku od 20 do 25 let na vícepruhé komunikaci a při jednom z experimentů se zaměřili na délku doby pohledů při změně jízdního pruhu a jimi zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozsahu od 0,8 do 1,6 sekundy.

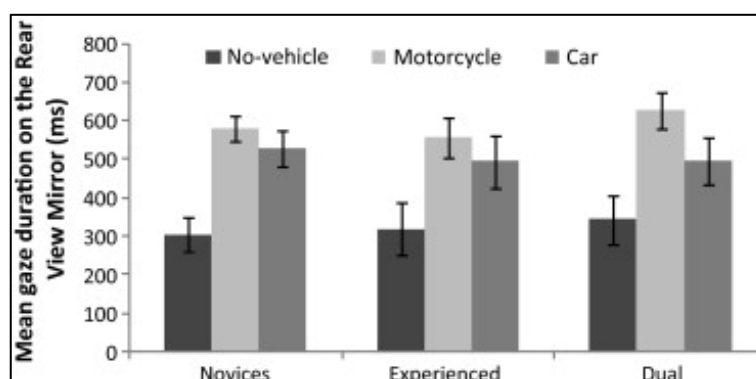
Kraus [32] uvádí, že z výzkumů zabývajících se chováním řidičů ve vztahu k zpětným zrcátkům mj. plyne, že průměrná doba pohledů interiérovým a levým vnějším zrcátkem se obvykle pohybuje v rozmezí od 0,5 do 1,5 s, a to v závislosti na detailech úkolu. Pohled do zrcátek je o něco delší u nákladních automobilů než u osobních automobilů. Asi o 15 % delší je pohled do zrcátka v případě, že řidič hledá nějakou konkrétní informaci (diskriminace), například barvu vozidla. Obvyklé průměrné doby trvání pohledů do zpětných zrcátek jsou řádově okolo 1 s.

Na vnímání situace a frekvenci pohledů či délku, po kterou řidič sleduje dění ve zpětném zrcátku, má vliv i zkušenost řidiče. Délka fixace objektu záleží jednak na tom, jak dlouho řidič řídí, ale i na tom, jaká motorová vozidla běžně užívá. Na tento fakt se zaměřili Shahar a kol. [58]. Cílem výzkumu bylo porovnání délky doby, kterou věnují řidiči objektům ve zpětném zrcátku, v závislosti na svých zkušenostech a typu objektu. Pro výzkum byly vybrány tři skupiny řidičů: nezkušení (*novices*), zkušení (*experienced*) řidiči (obojí bez zkušenosti s řízením motocyklu) a tzv. duální řidiči (*dual*), kteří měli zkušenost jak s řízením automobilu, tak i motocyklu. Tato kombinace řidičů byla zvolena proto, aby se prokázalo, že řidiči motocyklů vnímají motocykl ve zpětném zrcátku jinak než řidiči, kteří na motocyklu nejezdí. Střední doba trvání pohledů (uvedená v milisekundách) na jednotlivé zóny dle zkušenosti řidiče viz **obr. 21**, (rear mirror – interiérové zpětné zrcátko, right mirror – pravé zpětné zrcátko /levostranný provoz, front screen – scéna před vozidlem, right screen – scéna vpravo od vozidla/levostranný provoz). Na **obr. 22** je dále uvedena střední doba trvání pohledu v závislosti na zkušenosti řidiče a současně na typu vozidla pohybujícího se za referenčním vozidlem. Dle závěrů uvedeného autorského kolektivu je důležitým prokázaným faktem, že řidiči věnují větší pozornost motocyklům, resp. menším objektům ve svém zorném poli, a tato skutečnost je markantní zejména u duálních řidičů. Je dána jednak větším zájmem

o motocykly jako takové, ale také vlastní zkušeností s řízením motocyklu, která zároveň zvyšuje faktor bezpečnosti.



Obr. 21: Střední doba pohledu na zónu dle zkušenosti řidiče [58]



Obr. 22: Střední doba pohledu do interiérového zpětného zrcátka řidiče dle typu objektu [58]

V případech uvedených na **obr. 21** a **obr. 22** se pod pojem „gaze“ (pohled, upřený pohled) rozumí pouze fixace očí na zrcátko, bez doby přesunu pohledu k zrcátko a zpět ze zrcátka.

Mortimer a Jorgenson se v [55] věnovali porovnání vlastností konvexních a rovinných zpětných zrcátek využívaných v automobilové technice. Měřením při nočních jízdách se pokusili ověřit výsledky laboratorních měření, tedy že detekování vozidel za sítání, resp. soumraku, se v závislosti na druhu zrcadla neliší. Noční měření ukázala, že při oslnění reflektory byla pro pozorování vozidla jedoucího za vozidlem testovacího řidiče lepší rovinná zrcátka. Vliv na výkonnost řidiče a bezpečnost při předjíždění a změně jízdního pruhu při použití rovinných anebo konvexních zrcadel nebyla zjištěna a hodnoty v noci a ve dne se nelišily. Když byla rychlost vozidla, které předjíždělo referenční vozidlo vyšší o 15 mph (24 km/h), řidiči výrazně podcenili relativní rychlost tohoto vozidla, což naznačuje potenciální příčinu kolizí při předjíždění a změně jízdního pruhu.

Zde je také dále vhodné uvést skutečnost, kterou uvádějí v [59] Leser a Icke, kteří pomocí eyetrackeru (zařízení pro sledování směru pohledu člověka) zkoumali pohledy řidičů tahače

s návěsem při odbočování vpravo, přičemž vedle jízdní soupravy se vpravo nacházel cyklista. Jmenovaní autoři ve svých závěrech mj. uvádějí, že každý z probandů měl svoji vlastní strategii pohledů. A jednotlivé strategie se od sebe v určitých aspektech značně lišily a naproti tomu byl pozorován nepatrný rozdíl v chování konkrétního probanda na různých křižovatkách, přičemž typologie křižovatek byla rozdílná.

Jak je z výše uvedeného zřejmé, v závislosti na typu situace a dalších podmínkách se doba věnovaná pohledu do zpětných zrcátek pohybuje v rozpětí od cca 0,5 až do 2 s.

2.6 MOŽNOSTI ANALÝZY CHOVÁNÍ ŘIDIČE

V předešlé kapitole již bylo v několika případech naznačeno několik způsobů, kterými je možné více či méně komplexně pozorovat (vyhodnocovat), resp. analyzovat chování řidičů. Jak je zřejmé, volba způsobu (metody) tedy může záviset jednak na výzkumníkovi, či výzkumném týmu, ale důležitým faktorem je i konkrétní typ situace, na kterou se daný experiment zaměřuje. Podstatným faktorem je také účel dat a s ním také související přesnost měření. Nejen pro potřeby zjištění doby věnované pohledům do zpětných zrcátek je potřebné měřit směr pohledu řidiče, jeho změnu a polohu, resp. pohyb hlavy řidiče. Pro některé experimenty jsou kromě směru pohledů důležité také jiné parametry jako rychlost a poloha vozidla, poloha řídicích prvků (volant, pedály), které mohou být důležité pro vyhodnocení reakce na konkrétní situaci potažmo reakční doby atd. Z tohoto důvodu budou níže uvedeny vhodné způsoby analýzy chování řidičů ve spojitosti s používáním zpětných zrcátek.

2.6.1 Měření na jízdních simulátorech

Měření pomocí simulátoru jízdy použili např. Lavallière a kol. [56][57] při měřeních vizuální kontroly mladších a starších řidičů při změně jízdního pruhu. V oblasti zpětných zrcátek byla umístěna červená a zelená dioda (zelená znamenala, že je možná změna jízdního pruhu, červená informovala probanda, že má pokračovat v původním směru jízdy, pokud nezavítí zelená) informace o pohledu řidiče a pohybu hlavy byly zaznamenávány pomocí 3 kamer a snímače pohybu na hlavě probanda a byly synchronizovány se záznamem scény.

Simulované podmínky využili dále také Shahar a kol. [58] při zkoumání věnování pozornosti předjíždějícím automobilům a motocyklům ve zpětných zrcátkách. Výzkum byl realizován pomocí reálných záběrů ze silničního provozu nasnímaných pomocí soustavy kamer, které byly poté promítány na několika obrazovkách simulujících běžný výhled z vozidla. Pro měření směru pohledu a pohybu hlavy byl použit bezkontaktní eyetrackingový systém Smart Eye Pro (Smart Eye®).

Měření na jízdních simulátorech osobních nebo nákladních vozidel simulujících běžný provoz se jeví být vhodnou metodou pro analýzu chování řidičů. Lze na nich navozovat různé scénáře a rozličné vizuální podněty. Proband při experimentu ovládá v podstatě stejné prvky jako při skutečné jízdě s reálným vozidlem v reálném provozu, tj. akcelerační, brzdový a případně i spojkový pedál (při variantě s manuální převodovkou) a volant, na moderních simulátorech s odpovídající odezvou. K dispozici jsou také simulátory s pohyblivými sedadly, resp. špičková zařízení s pohyblivými plošinami, kdy se pohybuje celý kokpit. Odezva řídicích prvků a pohyb působící na probanda mají navodit u probanda stav co nejvíce připomínající skutečnou jízdu v reálném vozidle. Velmi významnou výhodou měření na simulátorech je zejména bezpečnost, opakovatelnost, již zmíněná možnost navozování vhodných situací nebo široká využitelnost výpočetní techniky a také komfort probanda či obsluhy zařízení [61]. Na **obr. 23** je zobrazen špičkový simulátor Sim IV švédské společnosti VTI, která je světovou špičkou v oblasti provádění experimentů v této oblasti a ve vývoji technologie nejen jízdních simulátorů.



Obr. 23: Jízdní simulátor s pohyblivou základnou VTI Sim IV [62]

Nicméně ve výzkumné obci vzniká určitý rozkol, co se týče věrohodnosti, resp. srovnatelnosti dat, zjištěných za pomoci trenažerů a jejich aplikace např. při analýze reálných silničních nehod, jak mj. potvrzují např. Lavallière a kol. [56][57], kteří v diskuzi výsledků poukazují na skutečnost, že výsledky zjištěné na simulátoru se mohou lišit od těch zjištěných v reálném provozu. Tuto skutečnost např. potvrzují Stańczyk a kol. [35], kteří analyzovali reakční doby řidičů, přičemž použili stejný scénář experimentu na simulátoru a v reálném vozidle. V analýze výsledků poukazují na skutečnost, že reakční doby na simulátoru byly kratší než reakční doby řidičů naměřené při experimentu s reálným vozidlem. Také Green v [64] uvádí, že při studiích prováděných na simulátorech jízdy mohou být hodnoty reakčních dob zkresleny, a to z důvodu, že analyzované podněty mohou být probandy částečně očekávané.

Tedy jako limitující faktor simulátorů jízdy se pro účely cílů této práce jeví především ta skutečnost, že naměřené hodnoty nemusí odpovídat hodnotám dob, které jsou dosahovány řidiči ve skutečných podmínkách v reálném silničním provozu.

2.6.2 Naturalistické studie

Velmi vhodným nástrojem pro zkoumání chování řidičů v reálném silničním provozu jsou naturalistické studie. Jedná se o sledování činnosti řidičů převážně v delších časových intervalech a případně i na velkých vzdálenostech, v mnoha případech jsou sledováni řidiči komerčních vozidel. Jak např. uvádí Tijerina a kol. v [38], pro měření (záznam) scény kolem vozidla, měření pohledů (trvání, frekvence, směr) a dalších se používají kamery a je možné různými způsoby snímat i polohu prvků řízení (potenciometry, senzory úhlu natočení, tlačítka on/off). V současné době je možno také využít data z GPS či jiných lokalizačních systémů, z palubní diagnostiky OBD anebo ze sběrnic vozidla CAN aj.

Příkladem naturalistické studie zabývající se mj. i pohledy do zpětných zrcátek je studie prováděná Hanowskim a kol. [51]. Jak již bylo uvedeno, studie zkoumala chování víc jak 200 řidičů užitkových vozidel mj. i v nebezpečných situacích (nehoda, blížká nehoda, kritická situace). Ve vozidle bylo umístěno 5 kamer, namířených směrem dopředu, na levé a pravé zrcátko, na řidiče a poslední kamera distribuovala tzv. pohled „přes rameno“ (over-the-shoulder), přičemž se jednalo o pohled shora na řidičovo pracoviště – volant, řídicí a ovládací prvky. Obrazy oblastí sledovaných jednotlivými videokamerami multiplexované do jednoho obrazu jsou zobrazeny na **obr. 24**.



Obr. 24: Obraz z pěti videokamer multiplexovaný do jednoho obrazu [63]

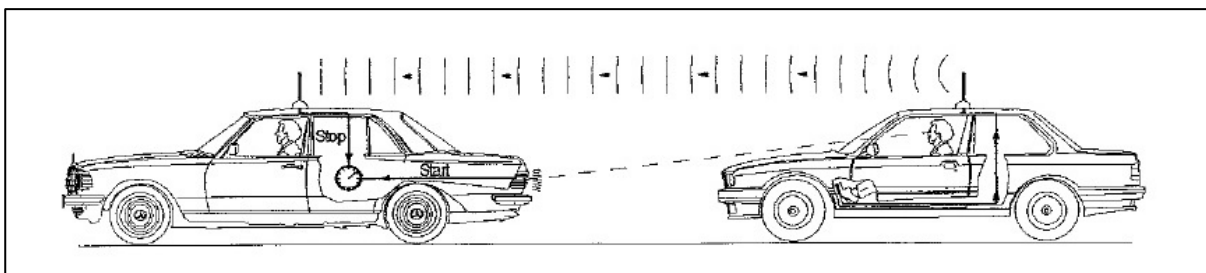
Další podobnou naturalistickou studii prováděli Kieger a kol. [39]. Tahač byl vybaven záznamovým videosystémem skládajícím se mj. ze čtyř videokamer a infračerveného iluminátoru (pro záznam za zhoršených světelných podmínek). Jedna kamera byla namontována na strop kabiny a směřovala k obličeji měřeného subjektu (řidiče), k záznamu vizuálních pohledů subjektu během jízdy. Dvě přední kamery pro záznam scény před vozidlem byly namontovány na přední blatníky vozidla (na každé straně jedna). Tyto kamery byly určeny k monitorování provozu a podmínek na silnici a také k záznamu výběru jízdního pruhu subjektem během jízdy. Čtvrtá kamera byla namontována uvnitř kabiny a zaznamenávala informace z pracoviště řidiče. Ve studii byla použita stanovená trasa o délce 459 km. Trasa zahrnovala tři typy silnic (městská dálnice, dálnice a venkovská dvoupruhá silnice – rural road) a dvoje světelné podmínky (den a noc).

Jak je z výše uvedeného zřejmé, značnou výhodou naturalistických studií je sběr značného množství dat z reálného silničního provozu. Na druhou stranu má metoda i určité limitace, mj. například tu skutečnost, že pohyby očí nejsou snímány přesným kalibrovaným systémem, ale jejich poloha je vyhodnocována pouze z videozáznamu, což může do vyhodnocených dat vnášet nepřesnosti.

2.6.3 Jízdní zkoušky

Obdobné nebo v podstatě stejné způsoby snímání a měření, jako v případě naturalistických studií, lze použít i v případě jízdních zkoušek. V případě jízdních zkoušek mohou být pro potřeby analýzy chování řidičů simulovány různé (nebezpečné) situace. Zkoušky mohou být prováděny na zkušebních drahách. Jejich výhodou je značná opakovatelnost experimentů a také bezpečnost jejich účastníků, přičemž na rozdíl od simulátorů jízdy na řidiče působí aspekty běžné jízdy. Dále mohou být jízdní zkoušky realizovány také v podmínkách běžného silničního provozu, kde je rovněž možné navodit určité situace. Ty však mohou být pro účastníky více nebezpečné, a také je zde mnohem komplikovanější, vlivem přirozeného vnějšího provozu, zajistit opakovatelnost situací.

Jízdní zkoušky využili např. Leser a Icke [59]. Pro ověření toho, jak kontroluje řidič nákladní soupravy situaci kolem vozidla při odbočování vpravo, když se současně vpravo od vozidla nachází cyklista, použili eyetracker iView-X od společnosti SMI. Také Robinson a kol. [9], Mortimer s Jorgensonem [55] a další využili jízdních zkoušek při měřeních zaměřených na analýzu chování řidičů ve vztahu k zpětným zrcátkům. Jízdních zkoušek v reálném provozu využil pro měření reakčních dob také Hugemann [65]. Příklad jednoduché jízdní zkoušky, kdy je simulováno brzdění vozidla jedoucího před vozidlem řízeným sledovaným řidičem, u kterého je analyzována jeho reakce, resp. reakční doba, je zobrazeno na **obr. 25** [65].



Obr. 25: Měření reakce na rozsvícení brzdových světel [65]

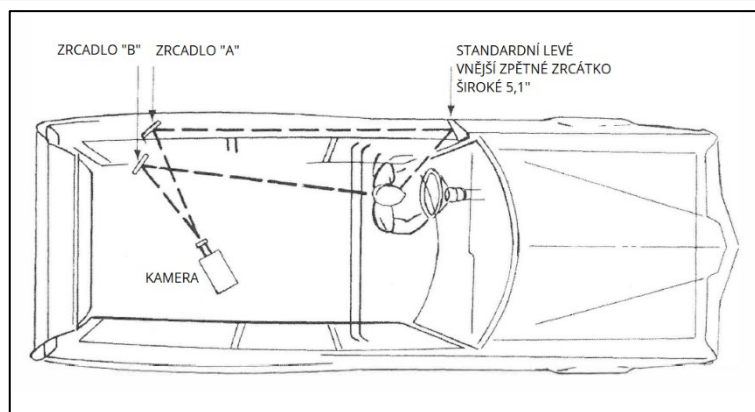
V případě jízdních zkoušek sledování řidiči, podobně jako v případě simulátorů jízdy, mohou předpokládat, že jsou pozorováni. To může vést k jejich zvýšené ostražitosti. Jak už ale bylo uvedeno v případě simulátorových měření, může docházet (mj. z důvodu očekávání určitých situací) ke zkreslování výsledků a z tohoto důvodu mj. Green [64] klade důraz na provádění měření v reálném provozu a následnou analýzu takových dat.

2.6.4 Sledování směru pohledu řidiče a pohybu hlavy

Jak je zřejmé z výše uvedených kapitol, důležitým faktorem při sledování chování řidiče, především ve vztahu k pohledům do zpětných zrcátek, je znalost směru pohledu řidiče a s tím souvisejícího natočení hlavy. Sledování vizuálních vjemů řidiče je perspektivním a vhodným způsobem pro analýzu jeho chování jak na simulátorech, tak v reálném provozu.

Robinson a kol. [9] v roce 1972 při analýze pohledů řidiče zaznamenávali pohyb hlavy potenciometrem, který byl umístěn mezi přilbu na hlavě řidiče a kloubové rameno umožňujícím volnost pohybu hlavy dopředu. Směr pohledu byl vyvozován z natočení hlavy, pohledy směrem dozadu byly definovány při otočení hlavy nad 100° , pohledy směrem do strany mezi 45° a 90° a pohledy do zrcátek jako otočení (pohyb) hlavy menší než 45° . Jak ale výzkumný tým záhy zjistil, pohled do interiérového zpětného zrcátka byl možný i bez pohybu hlavy. Z toho důvodu se ve vozidle musel při měření nacházet pozorovatel, který pohledy předmětného zrcátka zaznamenával.

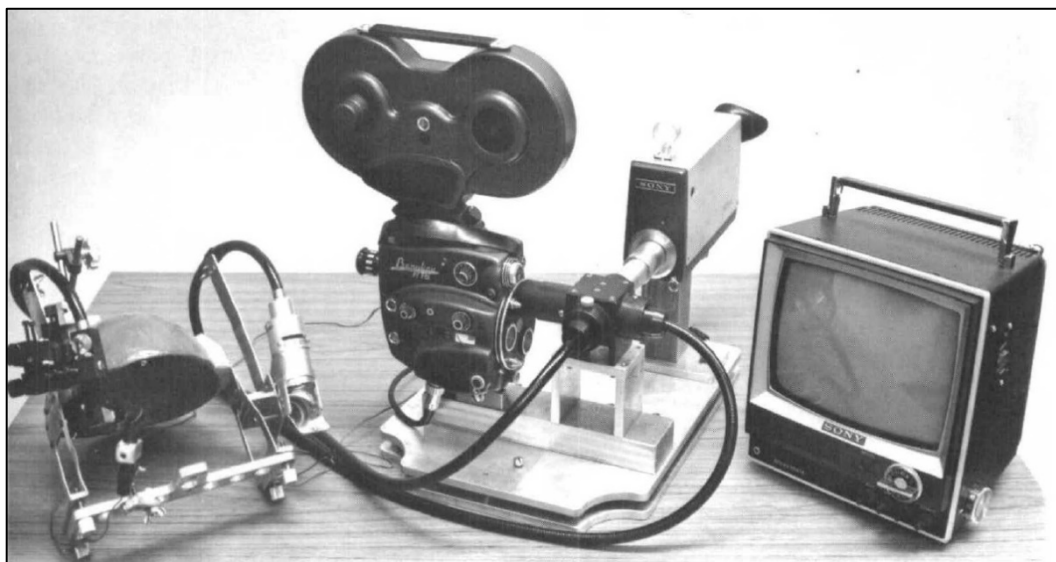
Bhise a kol. [40] zaznamenávali směr pohledu a pohyby hlavy řidiče prostřednictvím dvou zrcadel, které soustředily obraz do optiky jedné videokamery, viz **obr. 26**.



Obr. 26: Aparatura použitá Bhisem při analýze pohledů do levého zpětného zrcátka [40]

Také Mortimer s Jorgensonem [55] sledovali při jízdách zkoušek pohyb a fixaci zraku na objekty pomocí pevně umístěných kamer na vozidle.

Zkoumání fixace a pohybu očí v průběhu jízdy vozidlem má počátky už v 60. letech 20. století. Průkopníky těchto studií byli Mourant a Rockwell [43], kteří pro tyto účely vyvinuli, zkonstruovali a následně i používali speciální zařízení nazvané „Eye marker system“, viz **obr. 27**. Toto zařízení sestávalo z přilby, která se umístila na hlavu probanda, optiky, světlovodných kabelů, kamer a kontrolní obrazovky. Jak uvádějí konstruktéři zařízení, konstrukce byla navržena s ohledem na pohodlí probanda tak, aby ho nijak neomezovala.



Obr. 27: Eye marker system [41]

Technologický vývoj, zejména v posledních dvou desetiletích, v oblasti digitálního video záznamu, počítačů, minimalizace a vývoje softwaru pro analýzu videa umožnil zmenšení, zpřesnění a především také rozšíření obdobných zařízení, jako byl Eye marker system a tyto jsou souhrnně nazývány eyetrackery.

Eyetracking pro měření směru pohledů řidičů při experimentech na simulátorech využil např. Shahaar a kol. [58], Wernekeová a Vollrath [11] a také Lavallière a kol. [56] [57] a další.

V posledních letech jsou v oblasti výzkumu analýzy dopravních nehod eyetrackery také hojně využívány při jízdách zkouškách. Kromě výše uvedených výzkumných prací je velmi významný v oblasti sledování chování řidičů pomocí eyetrackingu přínos prof. Pflögera, který využití eyetrackingu ve prospěch analýzy dopravních nehod a bezpečnosti silničního provozu věnoval značné úsilí. V roce 2009 publikoval článek zaměřený na pozorování koncentrace řidičů [67]. V roce 2010 publikoval výsledky výzkumu zaměřeného na rozdíly navigace pohledů řidiče za denního světla a v noci [68]. Další výzkum se zaměřil na analýzu střetů jezdců na elektrokolech a zařízeních Segway s cyklisty, chodci a jinými účastníky silničního provozu [69]. Ve své práci se dále zaměřil také na rozpoznávání nebezpečí a reakcí v praxi [36], kdy zkoumání bylo zaměřeno na schopnost řidiče rozeznávat překážky a případné hrozby a na přesný čas, po který toto pozorování trvalo. V práci [70] se zaměřil na rozdíly mezi zkušenými a nezkušenými motocyklisty ve vztahu k bezpečnosti silničního provozu. Společným jmenovatelem všech provedených výzkumů bylo užití eyetrackeru pro sběr dat.

Společně s prof. Pflögerem a jeho týmem byl realizován v roce 2009 výzkum Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně pod vedením doc. Kleduse zaměřený na problematiku stanovení vzdálenosti, na kterou může řidič za snížené viditelnosti poprvé rozpoznat chodce na vozovce a na problematiku zjištění rozdílů takové vzdálenosti z jedoucího a stojícího vozidla. Tohoto výzkumu se účastnil i autor této práce. Následně pak byla data naměřená dynamicky za pomoci eyetrackeru z jedoucího vozidla porovnána s údaji získanými ze stojícího vozidla za využití metodiky běžného vyšetřovacího pokusu užívaného při vyšetřování nehod s chodci za snížené viditelnosti [26]. Spolupráce na obdobném výzkumu pokračovala i v letech 2014 a 2015 v podobě projektu TAČR - *Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti*. V rámci projektu byl využit systém Viewpointssystem® prof. Pflögera a vlastní zařízení a software [96][102] umožňující mj. záznam vozidlových dat vyvinutý mj. i v rámci specifického výzkumu na ÚSI VUT v Brně, viz **kap. 2.6.6**. I na tomto projektu autor této práce aktivně participoval.

Jak je z výše uvedeného patrné, využití metody eyetrackingu má v problematice výzkumu bezpečnosti silničního provozu již značné postavení a pro zjištění zejména trvání specifických jízdých manévru, situací a reakčních dob se jeví jako velmi vhodná metoda sběru dat jak po stránce měření manévru jako celku, tak z pohledu určení dílčích částí této operace mj. i z pohledu doby trvání vizuální stránky.

Konstrukce eyetrackerů

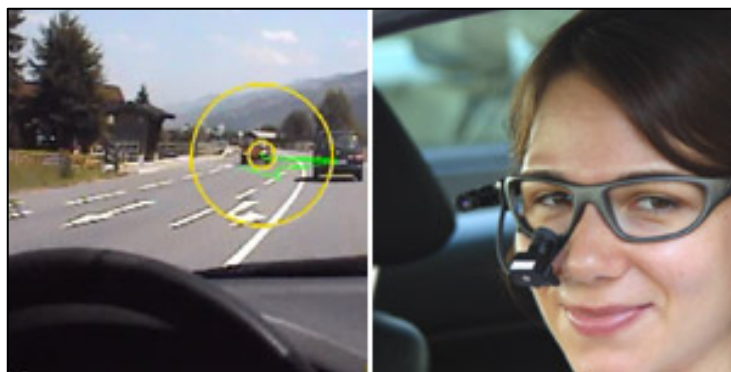
V praxi je možné se v současné době setkat se dvěma základními typy eyetrackerů. V první řadě se jedná o eyetracker, který má proband v průběhu měření umístěný na hlavě. Druhým typem jsou vzdálené (remote) eyetrackery využívající pro sledování očí probanda vzdáleně umístěné kamery.

Základním principem činnosti eyetrackeru je, jak vyplývá už ze samotného názvu, sledování pohybu oka nebo očí pozorovatele, resp. pohybu jeho zorničky. K této základní funkci, ke které stačí v podstatě jedna sledovací kamera (nejjednodušší zařízení pro sledování pohledu uživatele na monitor) se v závislosti na požadavcích, které vznikají na základě náročnosti a typu pozorované činnosti či objektu, přidávají další kamery. Nejsofistikovanější řešení používají pro sledování očí např. 4 kamery, nebo se celý systém skládá až z 8 kamer a umožňuje tzv. 3D eye and head tracking a k datům o pohybu očí lze případně připojit i sběr dalších dat.

Hlavové eyetrackery – náhlavní sady

Jedná se o v současné době hojně rozšířený typ eyetrackerů. Běžně pozůstávají z jedné kamery pro snímání scény a jedné až čtyř kamer pro snímání očí. Obvykle mají konstrukci brýlí (starší a DIY řešení např. i formu helmy, čepice apod.). Tato konstrukce je zejména vhodná pro studie vyžadující pohyb probanda mnohem univerzálnější než pevný eyetracker využívající jednu kameru, protože zároveň se záznamem a vyhodnocením polohy zorničky oka je zaznamenáváno i celé zorné pole uživatele (scéna) a směr pohledu je v něm vizualizován.

Mezi nejznámější zastupitele tohoto typu patří např. řešení společností Tobii, Ergoneers (Dikablis Glasses), Viewpointsystem známý ze studií prof. Pflegra, nebo v minulosti hodně užívané systémy společnosti SMI. Na **obr. 28** je znázorněn záznam směru pohledu probanda a starší konstrukce Viewpointsystem, použitá například i v případě spolupráce prof. Pflegera a ÚSI VUT v Brně.



Obr. 28: Vlevo směr pohledu řidiče, vpravo řidička s eyetrackerem Viewpointsystem [72]

Na **obr. 29** je zobrazen proband s eyetrackerem Dikablis Glasses 3, kterým disponuje ÚSI VUT v Brně a je součástí měřicího kompletu Vehicle Testing Kit, viz **kap. 2.6.5**.



Obr. 29: Proband s eyetrackerem Dikablis Glasses 3 [77]

Vzdálené (dálkové) eyetrackery

Systemy, které používají vzdáleně namontované kamery pro sledování polohy očí, nabízejí určité výhody oproti metodám, které vyžadují použití náhlavního setu. Neomezují mj. probanda v pohybu, nejsou tak náchylné na ztrátu kalibrace vlivem pohybu probanda, nezatěžují probanda fyzicky (u některých konstrukcí náhlavních sad dochází k působení tlaku na hlavu probanda, který může vést až k bolesti hlavy) atd. Vývojem „bezkontaktního“ eyetrackingového systému se zabýval již v roce 1987 Demasco [73]. Primární nevýhodou vzdálených systémů, které byly v dané době k dispozici, bylo, že vyžadovaly stabilní pozici hlavy pozorovatele.

Postupný vývoj bezkontaktních systémů, minimalizace a vývoj softwaru umožnil zdokonalení těchto přístrojů od nejjednodušších, využívajících jednu kameru a monitor, popsaných už výše, až po současné systémy využívající až 8 kamer, umožňujících tzv. 3D eye and head tracking. Zástupcem takového systému je např. Smart Eye Pro 5.10, viz **obr. 30**. Jedná se o systém, který poskytuje prostorové informace o směru pohledu probanda, pozici a pohybu hlavy, otevření víček, velikosti zornice aj. v reálném čase.



Obr. 30: Instalace systému Smart Eye Pro 5.10 ve vozidle [75]

Jak již bylo uvedeno v **kap. 2.6.1**, tento systém byl použit např. při analýze chování řidiče prováděné Shaharem a kol. [58]. Instalace nejmodernějšího provedení Smart Eye Pro Dx ve vozidle je zobrazena na **obr. 31**. Toto provedení je mj. menších rozměrů, kamery už nepoužívají externí objektivy a mají větší rozlišení.



Obr. 31: Instalace systému Smart Eye Pro dx ve vozidle [75]

2.6.5 Měření vozidlových a dalších dat

Jak již bylo naznačeno v případech některých experimentů, vzniká potřeba záznamu většího množství dat souvisejících s řízením vozidla či simulátoru. Pro komplexní měření chování je potřebné kromě změny směru pohledu a fixace zraku zaznamenávat i další informace např. o stavu vozidla a jeho řídicích prvků. Může se jednat např. o rychlost vozidla, stav či polohu ovládacích pedálů, natočení volantu, brzdné zpomalení, akceleraci atd. Jak uvádí Tijerina a kol. v [38], pro měření těchto hodnot lze použít různých externích senzorů či měřících zařízení. Informace o rychlosti a poloze vozidla lze např. získat pomocí zařízení GPS či jiných lokalizačních systémů. Pro zjištění uvedených vozidlových dat lze ale např. použít i palubní diagnostiku OBD, nebo případně i informací ze sběrnice vozidla CAN aj.

Synchronní měření dat z vozidla (z CAN), eyetrackeru, případně jiných zařízení (kamery, mikrofony, GPS, Mobileye – kamerový senzor umožňující snímání situace před vozidlem) při jízdách umožňuje například systém společnosti Ergoneers – Vehicle Testing Kit (VTK) zobrazený na **obr. 32**, kterým ÚSI VUT v Brně disponuje od srpna roku 2018. Jedná se o modulární řešení, které umožňuje také například měření fyziologických dat (EMG, EKG, vodivost kůže, dýchání, teplota atd.) případně i jiných, uživatelem požadovaných dat.



Obr. 32: Možná instalace systému VTK ve vozidle [77]

2.6.6 Konstrukce vlastního zařízení pro eyetracking a záznam vozidlových dat

V rámci specifického vysokoškolského výzkumu Ing. Schejbala a autora této dizertační práce, probíhajícího v roce 2013, bylo na ÚSI VUT v Brně zkonstruováno vlastní zařízení, které umožňuje současné měření směru pohledu a záznam dalších potřebných dat např. souřadnic GPS a údajů z palubní diagnostiky OBD. Vznik vlastní konstrukce byl dán zejména požadavkem na záznam, synchronní sběr a kontinuální zpracování dat a specifickými potřebami pro využití ve vozidle při měření chování řidičů. Tyto funkcionality se standardně v době vzniku této vlastní konstrukce zařízení pro eyetracking nenabízely, případně taková řešení byla velmi drahá.

Soustava pro vyhodnocení doby pozorování objektu řidičem sestává z kamerového systému, polopropustného infra zrcadla a fixačního zařízení. Pomocí kamerového systému je snímáno jak zorné pole před řidičem, tak přes polopropustné zrcadlo v IR spektru i zornička oka. Součástí soustavy je i Bluetooth bezdrátový OBD2 modul, který po připojení na diagnostické rozhraní vozidla umožní přijímat informace o dynamických parametrech vozidla. Eyetracker a OBD2 modul je možné připojit k přenosnému počítači, kde v reálném čase probíhá s pomocí open source software Haytham vyhodnocení pohledu oka. Prostřednictvím modulu Haytham.Obd, vyvinutého v rámci projektu, je možné zaznamenávat současně i volitelná vozidlová data, která jsou implementována přímo do pořízeného videozáznamu. Výstupem pro další zkoumání a vyhodnocování je tedy videozáznam, kde je v každém snímku vidět jak směr pohledu řidiče, tak vybraná vozidlová data v daném okamžiku [96].

Na základě požadavků na kvalitu záznamu a průzkumu trhu s dostupnými komponenty byly při konstrukci přístroje použity kamery německé firmy IDS imaging systems a optické filtry Tiffen [96]. Rozlišení použitých kamer je 1280 x 1024 pixelů, snímkovací frekvence 60 fps a komunikační rozhraní USB 3.0. Vlastní konstrukce eyetrackeru je znázorněna na **obr. 33**.



Obr. 33: Vlastní konstrukce eyetrackeru [75]

Na **obr. 34** je tabulka systému Haytham.Obd pro specifikaci požadovaných dat z OBD. Obraz scény s vyznačeným směrem pohledu (červený kříž) a se záznamem dat z OBD (čas, rychlost, otáčky motoru, venkovní teplota) viz **obr. 35**.

HAYTHAM OBD					
Nastavení PID					Komunikácia
PID	NÁZOV	SKR	VZOREC	ŠÍRKA	HODNOTA
010D	Rychlost	v	A	100	107
015E	Spotreba	s	$((A*256)+B)*0.05$	100	?
010C	Otacky	rpm	$((A*256)+B)/4$	100	3583
010F	Teplota	t	A-40	100	67

Komunikácia: Server, COM6, Meraj data, Súbory PID: Nový, Otvor, Ulož, domaTest.csv, VW.csv

Obr. 34: Tabulka pro nastavení požadovaných dat z OBD [75]



Obr. 35: Grafický výstup z programu s vloženými vozidlovými daty [75]

Při testování a užívání vlastní konstrukce se ukázalo použití průmyslových kamer jako ne zcela vhodné řešení. Požadavek na jejich použití vzešel z potřeby co nejkvalitnějšího záznamu

např. i v noci. V době vzniku konstrukce byly kamery splňující požadovaná kritéria jednak značných rozměrů a také značné hmotnosti. Celá konstrukce tím pádem zatěžuje probanda a po již krátké době dochází k ztrátě kalibrace. Z těchto důvodů nebylo zařízení dále používáno pro svůj primární účel, tj. eyetracking. Po úpravách je ale možné vybrané komponenty používat pro sběr vozidlových dat.

2.7 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VNÍMÁNÍ A REAKCE

V předešlých kapitolách byly popsány způsoby měření chování řidiče a naznačené i některé ovlivňující faktory, kterým se jednotliví autoři věnovali. Pro potřeby této práce a vyřešení 2. problému, je ale důležité definovat a na jednom místě shrnout limitující faktory, které mohou mít především na vizuální vnímání a následnou reakci vliv. Faktory ovlivňující vnímání lze nalézt u všech tří prvků soustavy řidič – vozidlo – okolí a také u jejich vzájemných kombinací. Vnímání situace kolem vozidla a také reakční doba je u různých řidičů odlišná a může se měnit i u jednoho konkrétního řidiče. Níže budou popsány ovlivňující prvky tak, jak je shrnují jednotliví autoři mj. i ve vztahu k zpětným zrcátkům. Jak např. uvádí Bradáč [6], vliv na řidiče může mít např. únava, připravenost k určité činnosti a možnosti předvídání určité situace, denní doba, četnost úkonů v určité době (při monotónní činnosti se vnímání a reakční doba prodlužuje). Podstatný vliv může mít také snížená viditelnost (noc, mlha, sněžení), kontrast vnímaného objektu a jeho okolí. Únavu, ale také např. i psychické choroby, jako důležitý ovlivňující faktor uvádí také Regan [42].

Mnoho autorů [49] [32] [6] se také zabývalo vlivem alkoholu, který ovlivňuje schopnost vidění, kognitivní schopnosti, vnímání rizika, motoriku atd. a tím významně ovlivňuje výsledné chování řidiče v konkrétní situaci.

Shinar v [52] uvádí, že ovlivňujícími faktory mohou být věk, pohlaví, zkušenosti, vzdělávání a trénink, požívané jídlo a pití, užívání zařízení, kterými je vybaveno vozidlo, hovor s pasažéry, používání mobilní zařízení, psychická i fyzická únava. Vliv věku je např. patrný ze skutečnosti, že staří řidiči (57 až 73) mají oproti mladým (20 až 24) a středně starým (26 až 44) déle trvající pohledy. A naopak dle zjištění Lavalliera a kol. [56] [57] staří řidiči (65 až 75 let), kontrolují situaci v zpětných zrcátkách méně často než mladí řidiči (20 až 31 let).

Jak uvádí Shahr a kol. [58], ovlivňujícím faktorem je také zkušenost řidičů.

Dle zjištění Tijerinu a kol. [38] jsou nejvýznamnějšími prvky, majícími vliv na vnímání, věk a pohlaví a dále prvky v tomto pořadí: viditelnost, hustota provozu, typ silnice a světelné podmínky.

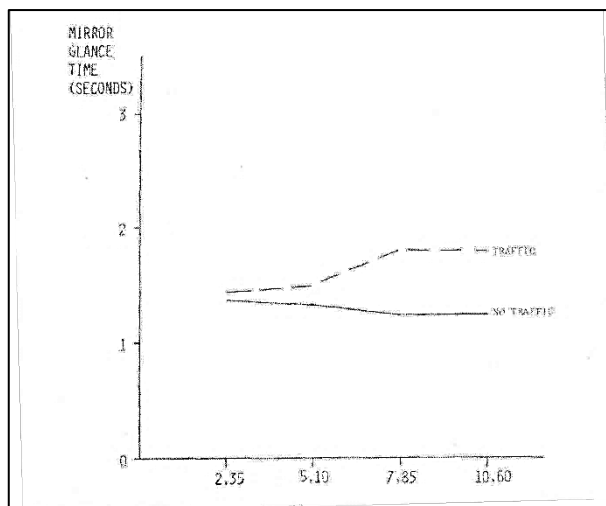
Jak například uvádí Meyer [45], starší řidiči mají o 0,2 sekundy delší reakční doby, o 0,2 sekundy delší dobu mají dle Lambale a kol. [74] také např. řidiči s poruchami zraku.

Jak uvádí Rumar [48], důležitým faktorem je i zrak řidiče. K tomu mj. uvádí, že více než 25 % populace má sníženou zrakovou ostrost a asi 8 % mužů má vadné barevné vidění. Citlivost na oslnění se zvyšuje a citlivost na kontrast při nízkých úrovních osvětlení významně klesá s rostoucím věkem – zejména ve věku nad 50 let. Opět se tedy jako důležitý ovlivňující faktor projevuje věk řidiče.

Důležitost a vliv zraku řidiče na vnímání situace je zřejmý také z **kap. 2.3** této práce.

Na vnímání situace kolem vozidla má vliv mj. i samotná konstrukce vozidla, sloupky vozidla, tvar a umístění zpětných zrcátek. Touto problematikou se zabývali např. Mauer a Fawcett [53]. Dále také Jack [54], který se zaměřil na řešení problematiky dostatečného pole pohledu, které řidič potřebuje, aby objekt (vozidlo) pohybující se ve vzdálenosti 33 až 50 ft. (cca 10 až 15 m) za jeho vozidlem dostatečně viděl. Konstrukčním prvkům vozidel je věnována pozornost ze strany výrobců vozidel tak, aby vozidla splňovala stanovené konstrukční podmínky, viz **kap. 2.2.1**, a řidiči co nejméně komplikovala (resp. spíše usnadňovala) výhled za vozidlo.

Jak např. uvádí Bhise a kol. [40], na délku trvání pohledu do zpětného zrcátka (mirror glance time) může mít vliv i šířka zpětných zrcátek uváděná v palcích, viz **obr. 36**, kde čárkovaná křivka představuje situaci s okolním provozem a plná křivka bez provozu.



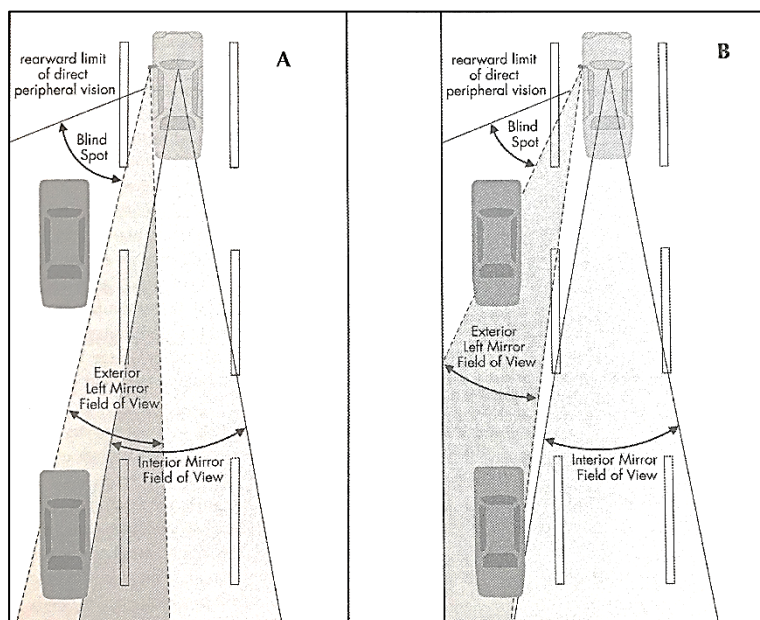
Obr. 36: Vliv šířky zrcátka na délku pohledu [40]

Naproti tomu např. Mourant a Donohue v [60] uvádějí, že velikost zrcátek nemá na délku pohledu významný vliv. Při vzájemném srovnání podmínek experimentů a závěrů dvou výše uvedených publikací lze dospět k názoru, že šířka, resp. velikost zrcátka je nevýznamná, pokud se nejedná o výrazně velký rozdíl rozměrů, např. u osobních vs. nákladních vozidel.

Rozdíl mezi vnímáním řidiče ve dne a v noci ve vztahu k vzdálenosti a četnosti navigace uvádí Pfleger v [68].

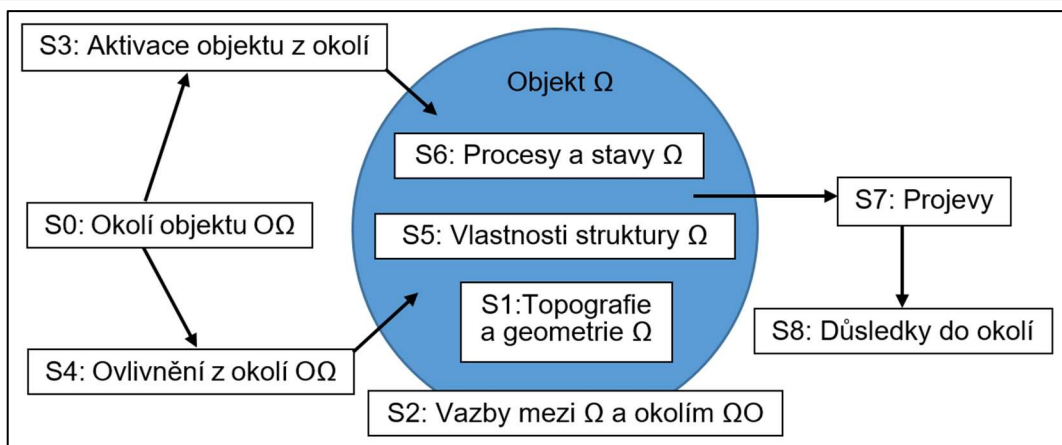
Je potřebné na zřetel vzít také závěry Kiegera a kol. [39], jejichž studie byla prováděna v reálném provozu na 3 typech silnice (dálnice, městská dálnice a silnice s protisměrným provozem) za denních i nočních podmínek a byly při ní porovnávány pohledy ve vztahu, zda byla před vozidlem volná silnice nebo se před měřicím vozidlem pohybovalo jiné vozidlo. Bylo zjištěno, že žádný z parametrů neměl významný vliv na délku trvání pohledů.

Vizuální vnímání může být dále omezeno např. znečištěním skel vozidla případně samotných zpětných zrcátek. Na to, jak řidič může vnímat situaci za vozidlem, má vliv také zorné pole zpětných zrcátek, závislé na nastavení zrcátek, viz **obr. 37**, či poloha řidiče za volantem, tedy nastavení sedadla.



Obr. 37: Nastavení zrcátek, A – nesprávně, B – správně [32](úprava autor)

Z výše uvedeného je zřejmé, že existuje významné množství faktorů, které mohou mít vliv jak na vnímání řidiče, tak i na jeho případnou reakci na vzniklou situaci, a tedy i na vyhodnocení situace za vozidlem. Tyto skutečnosti je nutné mít na zřeteli při plánování a analýze experimentu. V rámci přípravy experimentu je potřeba definovat, které z faktorů jsou podstatné, které nepodstatné, které budou pro potřeby této práce zohledněny, a které je potřebné eliminovat. Je tedy vhodné jednotlivé faktory přehledně shrnout. Jako odrazový můstek pro stanovení zohledněných a eliminovaných faktorů může sloužit systém podstatných veličin, definovaný doc. Semelou v [4] a zobrazený na **obr. 38**.



Obr. 38: Systém veličin [4]

Objektem je v našem případě řidič (resp. entita řidič-vozdlo). Vozdlo lze také charakterizovat pro účely této práce jako blízké okolí řidiče a entita je v interakci s okolím (vzdálenější okolí – vnější prostředí). Řidič je aktivován vnějšími a vnitřními podněty (podrobněji viz **kap. 3.2**). Vnější aktivace je přenášena k objektu pomocí prvků konstrukce vozidla. Pro potřeby této práce lze definovat:

S1 – Objektové veličiny popisující objekt, jeho strukturu, rozmístění a geometrii – v našem případě se jedná o pozici řidiče ve vozidle, úroveň jeho očí ve vztahu k pozici a výšce, držení volantu, nastavení sedadla, zpětných zrcátek a ostatních nastavení ovládacích prvků ve vozidle.

Pro potřeby této práce je nutné ponechat osoby řidičů, aby si při experimentech mohli nastavit tyto prvky tak, jak jsou zvyklí, tedy reflektovat jejich obvyklé chování. Správné nastavení především sedadla a zpětných zrcátek by mohlo přispět k dosahování lepších výsledků. Řidiči by ale museli být na toto nastavení zvyklí. Nucená změna nastavení jízdní pozice a nastavení zrcátek a ovládacích prvků před provedením experimentu z pozice, na kterou jsou řidiči zvyklí, na pozici „správnou“ by mohla mít spíše záporný vliv na dosahované výsledky.

S2 – Vazbové veličiny popisující podstatné vazby objektu s jeho okolím – vazby uvnitř soustavy řidič-vozdlo, řidič sedí na sedadle, drží volant a ovládá pedály a další potřebné řídicí prvky (mechanická vazba), se kterými současně vizuálně interaguje (vizuální vazba) a zároveň probíhá vizuální (vnější) interakce řidiče s okolím prostřednictvím jeho očí, která je v případě problematiky řešené touto prací realizována pomocí zařízení pro nepřímý výhled (zpětných zrcátek).

S3 – Aktivační veličiny popisující aktivaci objektu – pro potřeby této práce jsou dány přímým a nepřímým výhledem z vozidla prostřednictvím obrazu ve zpětném zrcátku.

Aktivační veličiny vyplynou se zvolené analýzy chování řidičů viz **kap. 2.8** a **kap 3.1**.

S4 – Ovlivňující veličiny působící na objekt z okolí – výskyt objektů v okolí vozidla jak statických (budovy, silniční infrastruktura, typ silnice atd.), tak dynamických, kterými jsou ostatní účastníci silničního provozu (jejich poloha, hustota provozu, odstupy, velikost, rychlost pohybu, trajektorie pohybu apod.). Dalšími ovlivňujícími veličinami jsou zejména vnější viditelnost z okolního prostředí (den, noc, mlha, oslnění sluncem apod.). Ovlivňující, resp. aktivační veličiny vyplynou ze zvolené analýzy chování řidičů, viz **kap. 2.8** a **kap 3.1**. V případě simulátorů je lze simulovat, v případě naturalistických studií jsou dány přirozeným chováním okolí a aktuálním prostředím, při jízdách zkouškách mohou být přirozené vyplývající z přirozeného okolního provozu, trasy apod., případně simulované (připravené) scénáře nebo jejich vzájemná kombinace.

S5 – Strukturně-vlastnostní veličiny popisující vlastnosti prvku řidiče – např. výška, věk, pohlaví, psychofyzilogická kondice řidiče, únava, stres, zrakové vady, řidičské zkušenosti, látky negativně ovlivňující vnímání (alkohol, OPL) apod.

Z hlediska podstatnosti vlivu na návrh, realizaci a výsledky experimentu, a tedy i závěry této práce, se jedná o velmi důležité vlastnosti. Z hlediska věku je zřejmé, jak bylo i výše popsáno, že mladí a nezkušení řidiči a rovněž řidiči senioři vykazují ve vnímání odchylky oproti zkušeným řidičům. Rovněž pohlaví má vliv na vnímání. Samozřejmě že i faktory jako psychofyzilogická kondice řidiče, únava, stres mohou významným způsobem ovlivňovat vnímání řidiče. Tyto skutečnosti je nutné vzít v potaz při plánování experimentu.

Strukturně-vlastnostní veličiny popisující vlastnosti prvku vozidlo – pro potřeby této práce se jedná zejména o konstrukci vozidla (tvar sloupků, velikost, počet a umístění zrcátek, znečištění, příp. poškození, tvar a rozměry skleněných výplní apod.). Tyto skutečnosti je také nutné vzít v potaz při plánování experimentu.

S6 – Procesní a stavové veličiny popisující procesy a stavy řidiče – vnímání (detekce a diskriminace), vyhodnocování a rozhodování řidiče na základě vnějších podnětů – bude zjišťováno na základě S7, mohlo by se jednat i o fyziologické funkce člověka (puls, dýchání, svalová činnost, srdeční činnost, mozková činnost apod.).

- S7 – Projevové veličiny** popisující projevy (chování) na struktuře objektu řidiče – projevy objektu navenek, tj. pozorovatelné změny chování řidiče (směr, změna směru a délka pohledu, poloha ovládacích prvků apod.), které budou experimenty sledovány, resp. analyzovány.
- S8 – Důsledkové veličiny** popisující důsledky projevů objektu (entity řidič-vozidlo) do okolí – např. viditelná změna koridoru vozidla, brzdění, akcelerace apod.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že existuje mnoho podstatných faktorů majících vliv na vnímání řidiče. Tyto faktory mohou být dány samotným řidičem, vozidlem nebo i okolím. Všechny podstatné faktory byly popsány výše, a je nutno je zohlednit při plánování a analýze experimentu. Všechny další faktory budou pro potřeby této práce považovány za nepodstatné.

Analýzou ovlivňujících faktorů byl v teoretické rovině vyřešen druhý problém formulovaný na začátku této práce.

2.8 SHRNUÍ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU

V předešlých kapitolách byl popsán současný stav problematiky týkající se nepřímého výhledu z vozidla prostřednictvím zpětných zrcátek, resp. zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Byla popsána s tím spojená problematika vnímání a chování řidiče včetně možností jejich zjišťování.

Z provedené analýzy je zřejmé, že povinnosti řidiče týkající se problematiky odbočování a přejíždění jsou ošetřeny právní úpravou. Nepřímému výhledu se věnují také předpisy, které stanovují požadavky na zorné pole zobrazované prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled a tím kladou požadavky na konstrukci zařízení pro nepřímý výhled. Na základě provedené analýzy lze dále konstatovat, že v dostupné literatuře nebyl pojem „**doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem**“ definován a může být vykládán různě. Autoři se sice zabývali celkovou délkou pohledů nebo jen samotných fixací v souvislosti s kontrolou situace za vozidlem v rozmanitých jízdních situacích, analyzovali délku pohledu při prosté kontrole, nebo v situacích, kdy řidič měnil jízdní pruh nebo se např. připojoval na dálnici atd. Nezabývali se však posouzením doby, kterou řidiči potřebovali k posouzení a vyhodnocení situace a přijmutí rozhodnutí, o tom, zda mohou zamýšlený manévr započít.

Dále bylo zjištěno, že existují vhodné (i méně vhodné) metody na přesné sledování směru pohledu řidiče a také možnosti sběru vozidlových a jízdních dat a také např. i možnost sběru a záznamu fyziologických dat řidiče. Toto je základem pro možný návrh, přípravu i realizaci experimentu. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že pro problematiku kontroly situace

nepřímým výhledem je možné použít měření na simulátorech jízdy, naturalistických studií a jízdnicích zkoušek.

Dle provedeného šetření, měření na simulátorech jsou sice výhodná především z titulu opakovatelnosti a např. i komfortu obsluhy, jak ale uvádí některé studie [35][64], viz také **kap. 2.6.1**, data získaná na simulátorech nemusí odpovídat skutečným podmínkám reálného silničního provozu.

Někteří autoři používají pro získání dat z reálného provozu naturalistických studií, viz **kap. 2.6.2**. Ty mají tu výhodu, že řidiči jednoduše řídí v reálných podmínkách a dále, že se studie realizují na delších trasách a v delším období. Řidiči si na přítomnost měřicí aparatury zvyknou a toho v zásadě nijak neomezuje. Metoda je tedy vhodná pro získávání velkého souboru dat o přirozeném chování řidičů. Nevýhodou metody je fakt, že skutečný směr pohledu řidiče je z kamerových záznamů spíše odhadován nežli přesně měřen. Tedy i zde je zanesena určitá chyba a data můžou být zkreslena.

Jako poslední byla v **kap. 2.6.3** prozkoumána metoda experimentu pomocí jízdnicích zkoušek, které mohou být realizovány jak na zkušebních drahách, tak i v reálném provozu. Při jízdnicích zkouškách je navíc možné naplánování různých cílených situací a také např. naplánování trasy s ohledem na řešený problém. Právě jízdnicí zkoušky v reálném silničním provozu koncipované tak, aby si zvolená trasa vyžadovala časté využívání nepřímého pohledu, při kterých bude pomocí eyetrackingu (viz **kap. 2.6.4**) přesně sledován směr pohledu řidiče a současně budou pro analýzu jeho chování zaznamenávány odezvy vozidla resp. vozidlová příp. jiná data (viz **kap. 2.6.5**), jsou dle autora této práce nejvhodnějším způsobem jak experimentálně zjišťovat dobu, kterou řidiči potřebují k vyhodnocení situace za vozidlem.

Podstatnou skutečností pro plánování, realizaci a následnou analýzu experimentu, který by umožnil získat data pro vyřešení stanovených problémů, je také existence faktorů ovlivňujících vnímání a reakce řidičů.

Faktorům ovlivňujícím vnímání řidičů byl věnován prostor v **kap. 2.7**. Jak je zřejmé, na vnímání a následnou reakci může mít vliv množství faktorů a také jejich vzájemná kombinace. Vzhledem k tomu, že v případě této práce není možné komplexně vypořádat všechny vlivy a bude se v tomto směru jednat o pilotní studii, bude potřebné při návrhu experimentu vybrat pouze některé z ovlivňujících faktorů s cílem, zjistit minimální hodnoty dob potřebných ke kontrole. Tyto minimální doby pak bude možné v případě zhoršených podmínek na soustavě řidič – vozidlo – okolí variovat, tedy navyšovat, dle konkrétních faktorů posuzované situace.

Mezi přípustné faktory budou pro potřeby této práce brány v potaz vlivy okolí, a to denní doba (den/noc), typ provozu (městský/mimoměstský), a ta skutečnost, zda se za vozidlem nachází jiné vozidlo nebo účastník silničního provozu. Jako poslední z faktorů bude brána v potaz konkrétní jízdní situace, v rámci které je kontrola situace za vozidlem prováděna.

Zbylé podstatné faktory budou eliminovány či zanedbány. Nastavení sedadla a zpětných zrcátek bude ponecháno na zvyklosti probandů. Vnější viditelnost z okolního prostředí bude ovlivněna pouze denní dobou (den/noc), žádné z dalších vlivů (mlha, déšť, sníh, oslnění sluncem apod.) nebudou při provedení experimentu akceptovány. Vzhledem k experimentu v reálném silničním provozu je vyloučeno před experimentem požití alkoholu či jiných omamných látek. Pro účely experimentu budou vybráni muži. Řidiči budou zkušení a v produktivním věku, nebude se jednat o mladé nezkušené řidiče ani řidiče seniory. Co se týče psychofyzilogická kondice řidiče, mělo by se jednat o zdravé řidiče, bez omezení, které by jim bránilo v bezproblémovém řízení. Řidiči by neměli být nad běžný rámec vystaveni únavě ani stresu. V případě zrakových vad, musí mít v průběhu experimentu řidiči adekvátní kompenzační pomůcky. Experimenty bude dále potřebné realizovat na srovnatelném typu vozidla, pro účely této práce se bude jednat o vozidla osobní. Experimenty budou prováděny bez omezení přímého či nepřímého výhledu z vozidla, bude tedy brán důraz na čistotu oken a odrazových ploch zpětných zrcátek.

2.8.1 Komplexní analýza problému

Na tomto místě je tedy na základě analýzy současného stavu vhodné provést komplexní analýzu jednotlivých dílčích problémů.

Na základě naformulované problémové situace a problému, byly v **kap. 1.2** vymezeny tyto dílčí problémy, resp. cíle:

1. Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“.
2. Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.
3. Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.

Ad 1) *Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“*

Jak již bylo uvedeno, dosud neexistuje dostatek relevantního množství údajů, které by dávaly jednoznačnou a dostatečnou informaci o tom, jak dlouho trvá řidiči vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu při dopředné jízdě a tato doba není definována

z hlediska jejího počátku a konce. Z provedené analýzy současného stavu lze pro potřeby této práce vycházet ze složek reakční doby. V případě nepřímého výhledu a reakce na podnět ve zpětném zrcátku budou pro stanovení doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné dvě složky reakční doby, a to optická a psychická. Obvyklé délky těchto úseků byly některými z autorů specifikovány. Bylo to ale ve vztahu k přímému výhledu z vozidla a reakci na nebezpečnou situaci před vozidlem. V našem případě je situace jiná, a to vzhledem ke skutečnosti, že zde vzniká potenciálně nebezpečná situace za vozidlem. Tato situace vyžaduje cílenou kontrolu, nebo kontrolu realizovanou např. na základě periferního vjemu.

První problém tedy není možné na základě provedené rešerše současného stavu vyřešit a je nutné ho řešit až provedením a analýzou výsledků realizovaných vhodných experimentů.

Ad 2) *Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.*

S druhým dílčím problémem se lze na základě provedené analýzy vypořádat částečně.

Faktory ovlivňující vnímání řidičů byly popsány v **kap. 2.7**. Jak je zřejmé, na vnímání a následnou reakci může mít vliv množství faktorů, a jejich vzájemných kombinací. Vzhledem k tomu, že v případě této práce není možné komplexně vypořádat všechny vlivy a bude se v tomto směru jednat o pilotní studii, byly v **kap. 2.8** vybrány některé z ovlivňujících faktorů s cílem, zjistit minimální hodnoty dob potřebných ke kontrole. Tyto minimální doby pak bude možné v případě zhoršených podmínek na soustavě řidič – vozidlo – okolí variovat, tedy navyšovat, dle konkrétních negativních vlivů.

Pro účely této práce budou v potaz brány především vlivy okolí:

- a) experimenty budou prováděné v denní a noční době (světlo/tma – patří mezi významné faktory omezující vnímání), žádné další omezení viditelnosti na straně okolí či vozidla ale není přípustné,
- b) experimenty budou prováděné v městském a mimoměstském provozu,
- c) při analýze dat musí být zohledněn okolní provoz, především ta skutečnost, zda se za vozidlem probanda nachází jiné vozidlo, či jiný účastník silničního provozu,
- d) důležitý vliv může mít na délku vnímání také konkrétní operace, jízdní manévr, v souvislosti se kterým je kontrola nepřímým výhledem realizována.

Pro účely experimentu a analýzy získaných dat jsou tedy stanoveny základní vlivy, které bude nutno posuzovat. A tyto bude na základě experimentů a samotného vyhodnocení možné následně analyzovat.

Druhý dílčí problém byl tedy v teoretické rovině částečně vyřešen. Na základě provedených experimentů je ale potřeba tyto úvahy ověřit.

Ad 3) *Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem a tím kvantifikovat dobu potřebnou ke kontrole situace za vozidlem potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.*

Na základě analýzy současného stavu je zřejmé, že existují vhodné metody pro realizaci experimentu, který umožní zjišťování dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu. Jako nejvhodnější se jeví využití eyetrackingu pro přesné sledování směru pohledu řidiče, sakád, resp. přesunů pohledu a fixací. Tyto mohou být doplněny především o vozidlová data, čímž vznikne ucelený soubor údajů, umožňující vyhodnotit chování řidičů v konkrétních situacích. Jako nejvhodnější se jeví provedení experimentů v reálném silničním provozu, při kterých je možné použít technické vybavení, kterým disponuje ÚSI VUT v Brně. Plánování a vyhodnocení konkrétních experimentů budou věnovány další kapitoly této práce.

Na základě realizace a vyhodnocení samotných experimentů bude pak možné kvantifikovat dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem.

Analýza současného stavu ukázala, že řešení definovaných problémů je možné, je ale vhodné na základě analýzy současného stavu poznání změnit pořadí 3 řešení problémů následovně:

1. Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.
2. Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.
3. Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“.

3 NÁVRH PROVEDENÍ EXPERIMENTU

3.1 NÁVRH EXPERIMENTU Z HLEDISKA SYSTÉMOVÉ METODOLOGIE

V souladu se systémovou metodologií [50] se bude pro účely této práce jednat o experiment:

- 1) Dle typu objektu na němž se experiment realizuje – experiment reálný, experimentálním objektem bude řidič (proband).
- 2) Z hlediska oboru – technický experiment.
- 3) Dle místa realizace experimentu – přírodní.
- 4) Z hlediska způsobu využití experimentu ve výpočtovém modelování – konkretizační.
- 5) Z hlediska způsobu řízení experimentu – aktivní (v některých případech se zřejmě jedná i o pasivní experiment, kdy sice objekt nic neaktivuje, ale ten se rozhodne, že kontrolu provede).
- 6) Hledisko cíle využití experimentu – vědecký.

3.2 NÁVRH EXPERIMENTU V REÁLNÉM SILNIČNÍM PROVOZU

Z hlediska systémové metodologie se experiment dělí na 4 struktury, jedná se o část procesní, technickou, programovou a teoretickou [50]. Návrh experimentu jako součást řešeného problému č. 2 reflektuje veškeré aspekty z provedené analýzy současného stavu poznání včetně formulace podstatných řešených či eliminovaných faktorů (veličin) ovlivňujících délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem (problém č. 1).

3.2.1 Procesní část struktury experimentu

1) Návrh experimentálního objektu

- Experimentálním objektem bude řidič, resp. řidiči vyhodnocující situaci za vozidlem.
- Při výběru experimentálních objektů je nutno přihlížet na různé omezující faktory, viz **kap. 2.7**. Pro účely experimentu budou vybíráni zdraví jedinci bez tělesných či psychických omezení, bez zrakových vad (pokud se bude vyskytovat zrakové omezení, bude kladen důraz na to, aby tito používali předepsané kompenzační pomůcky). Mělo by se jednat o zkušené jedince v produktivním věku, s vyloučením mladých řidičů a řidičů seniorů. Při experimentu bude dále nutno umožnit eliminaci únavy

2) Návrh aktivace objektu – aktivační objekt

- Při návrhu aktivace objektu, resp. při výběru aktivačního objektu je nutno vzít v potaz ten fakt, že člověk je živou entitou a specifická problematika řešené v této práci. Jak uvádí Janíček [50]: „Člověk může být aktivován ze svého okolí stejně jako u neživých objektů, ovšem záleží pouze na jeho rozhodnutí, jak s aktivací „naloží“. Existují tři alternativy:
 - a) Na aktivaci z okolí zareaguje člověk tím, že u něho vzniknou určité psychické procesy (analýza, usuzování, rozhodování). Na základě jejich analýzy se rozhodne, že na aktivaci zvnějšku nebude reagovat, takže do svého okolí „nevyšle“ projevy,
 - b) Na aktivaci z okolí zareaguje tak, že na aktivaci bude aktivně reagovat svým projevem. Stanoví si cíle, které chce dosáhnout v okolí svými projevy. Jedinec je sice aktivován zvnějšku, ovšem aktivace k jednání, na základě stanovení cílů člověkem samým, vychází z jeho vnitřku. Je to vnitřní příčinná aktivace.
 - c) Člověk si stanoví cíle svého jednání na základě svého vnitřního rozhodnutí. Aktivace člověka má zdroj v něm samém, za účelem něco vykonat, je to aktivace účelová. Je nezávislá na aktivaci z okolí.“

Uvedené skutečnosti jsou následně v [50] reformulovány tak, že u člověka se vyskytují tyto 3 typy aktivací:

„Aktivace latentní – člověk je aktivován ze svého okolí, taktéž u něho vznikají psychické procesy, ovšem s takovým výsledkem, že na aktivaci nereaguje žádnými projevy do okolí. Projev je jakoby skrytý, navenek se neprojevuje, odtud i pojem latentní aktivace.

Aktivace kauzální – člověk je aktivován ze svého okolí tak, že u něho vznikají psychické procesy s takovým výsledkem, že na aktivaci reaguje projevy do svého okolí. Aktivace je tedy příčinou jeho projevů, proto označení aktivace příčinná. Tento typ aktivace je charakteristický pro neživé objekty.

Aktivace účelová – aktivace člověka má zdroj v něm samém za účelem něco vykonat. Je to problematika motivace jedince, též zaměřenosti jedince.“

Ve vztahu k řídicově kontrole situace za vozidlem prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled lze uplatnit všechny tři druhy aktivace. Tedy, že řidič reaguje na situaci vznikající v jeho okolí, ale vyhodnotí ji jako bezpečnou, a tedy neprovede zásah do řízení vozidla, tedy nevyšle do prostředí žádné měřitelné projevy – **latentní aktivace**. Nebo naopak, situaci vyhodnotí jako nebezpečnou, a pro odvrácení potenciálního nebezpečí bude reagovat, a tedy jeho motorická odezva bude důkazem jeho vnitřní aktivace – **kauzální aktivace**. A poslední možnost aktivace, souvisí s povinností řidiče mít přehled o situaci kolem vozidla, tedy v rámci

předcházení vzniku nebezpečných situací se rozhoduje vnitřně, tedy jedná se o **účelovou aktivaci**. Prakticky lze pak aktivace ve vztahu k nepřímé kontrole situace definovat takto:

Primární aktivací může být vizuální vjem situace kolem vozidla (situace před vozidlem, po stranách, nebo periferní vjem obrazu v zrcátku), která si vyžaduje řešení, nebo se může jednat o vnitřní rozhodnutí, na základě této primární aktivace řidič přesune svůj pohled do zrcátka nebo na displej a provede vizuální kontrolu prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled.

Sekundární aktivací je pak obraz v zrcátku nebo na zobrazovacím zařízení (podnět tvořený jinými účastníky silničního provozu, kteří mohou, ale také nemusí být pro experimentální objekt potenciálním nebezpečím). Na základě této sekundární aktivace pak řidič může nebo nemusí provést zamýšlený jízdní manévr, tedy v tomto případě se jedná o aktivaci kauzální nebo latentní.

Při analýze chování řidiče, je pro účely této práce nutné brát v potaz jak primární, tak sekundární aktivaci. Pro získání relevantních dat je potřebné, aby řidiči (měřené objekty) nebyli obeznámeni se způsobem aktivace.

3) Návrh měřicí metody

- Pro měření chování řidiče bude použita metoda eyetrackingu a současně snímání vybraných vozidlových dat. Měřicí metoda musí umožňovat především synchronní záznam všech dat nebo možnost jejich dodatečné synchronizace.

4) Návrh měření

- Pro dosažení stanovených cílů, resp. vyřešení dílčích problémů se jeví jako nejvhodnější měření v reálném silničním provozu. Vzhledem k významnosti rozdílů vnímání za světla a za tmy budou měření realizována v denních i v nočních podmínkách, bez dalších viditelnost ovlivňujících faktorů jako déšť, mlha, sněžení atd. Měření budou probíhat na různých typech komunikací s různým typem dopravy. Pro potřeby této práce bude realizováno několik měření tak, aby naměřený soubor dat pokryl výše uvedené podmínky, popis jednotlivých měření bude proveden v samostatné kapitole.

5) Návrh systému veličin

- **Podnětové veličiny** (typ podnětu) – pro sekundární aktivaci je podstatný obraz v zpětném zrcátku, ve kterém se mohou, ale také nemusí, zobrazovat jiní účastníci silničního provozu (vozidla, cyklisti, chodci atd.) podnětovou veličinou proto může být také v zrcátku se pouze zobrazující volný dopravní prostor za vozidlem.

- **Projevové veličiny** (vedoucí k projevu řidiče) – pro analýzu projevů řidiče jsou pro potřeby této práce důležité tyto veličiny: směr pohledu, změna směru pohledu, délka sakády, resp. přesunu pohledu a délka fixací, tedy časová náročnost těchto úkonů. Dále také poloha ovládacích prvků vozidla, především poloha akceleračního a brzdového pedálu, natočení volantu a případně poloha ovladače směrových světel.

6) Návrh vyhodnocení měření

- Pro potřeby vyhodnocení měření a získání dat bude provedena analýza videozáznamů, ve kterých je zaznamenán směr pohledu řidiče. Z tohoto záznamu budou metodou frame-by-frame (po jednotlivých snímcích) získávány údaje o době trvání fixací a změn směru pohledu (přesunech pohledu, sakádách) v souvislosti se zpětnými zrcátky (a s tím související chování objektu - probanda). Z videozáznamů a synchronizovaných vozidlových dat bude analyzována poloha, resp. stav některých ovládacích prvků vozidla. Z uvedených dat, bude statisticky zpracovaný soubor dat, který bude následně graficky znázorněn ve formě statistických krabicových grafů zobrazující výsledky časové náročnosti uvedených úkonů.

3.2.2 Technická část struktury experimentu

Každý z experimentů bude realizován s řidičem, který bude řídit osobní vozidlo. Řidič bude mít nasazený eyetracker a současně budou snímána vybraná vozidlová data. Přesný typ hardwarového vybavení bude uveden v samostatné tabulce v kapitole věnované konkrétnímu měření.

3.2.3 Programová (softwarová) část struktury experimentu

Pro záznam a vyhodnocení potřebných dat je nezbytné také softwarové vybavení. Přesný typ softwarů použitých pro záznam a vyhodnocení dat bude uveden v samostatné tabulce v kapitole věnované měření.

3.2.4 Teoretická část struktury experimentu

Při měření eyetrackingu se vychází z poznání zrakového vnímání, a to ze skutečnosti, že oko reaguje na podněty mimovolně.

4 REALIZACE EXPERIMENTŮ

Jak již bylo výše uvedeno, pro potřeby naplnění cílů této práce bylo potřeba realizovat, z důvodů, které vyplynuly z rešerše současného stavu poznání, měření v reálném silničním provozu. Celkem byly v rámci této práce realizovány a vyhodnoceny 3 rozsáhlé série měření dále označené jako měření I až III.

Pro přehlednost a případné srovnání je v **tab. 6** přehledně uveden soupis měřených veličin a zařízení použitých pro jejich měření, v případě jednotlivých měření. V **tab. 7** je uveden soupis softwarů, které byly použity pro záznam dat a jejich analýzu v případě jednotlivých měření.

Tab. 6: Měřené veličiny a zařízení pro jejich měření

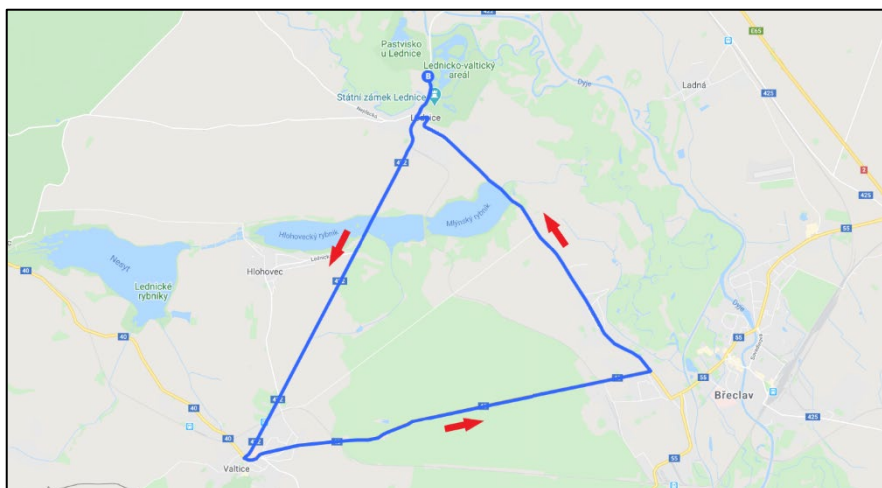
Měřené veličiny	Zařízení pro měření / signalizaci		
	Měření I	Měření II	Měření III
Poloha očí (pro potřeby stanovení směru pohledu a trvání doby jednotlivých sekvencí - přesuny/fixace)	Eyetracker Viewpointssystem®	Eyetracker Pupil Labs	Eyetracker Dikablis
Otáčky motoru	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	-
Rychlost vozidla	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	Mobileye - CAN
Míra sešlápnutí akceleračního pedálu	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	-
Okamžik aktivace brzdového pedálu	Infra LED dioda propojená se snímačem polohy brzdového pedálu	LED dioda propojená se snímačem polohy brzdového pedálu	Mobileye - CAN

Tab. 7: Software využitý pro potřeby experimentu

Software	Měření I	Měření II	Měření III
Eyetracking	Viewpointssystem®	Pupil Capture, Pupil Player	D-Lab
Záznam vozidlových dat	Haytham.Obd	Haytham.Obd	D-Lab
Vyhodnocovací software	VideoEdit (vytvořený přímo pro toto měření)	VirtualDub (pro analýzu videozáznamů)	D-Lab
Software pro zpracování a analýzu dat	MS Excel	MS Excel	MS Excel

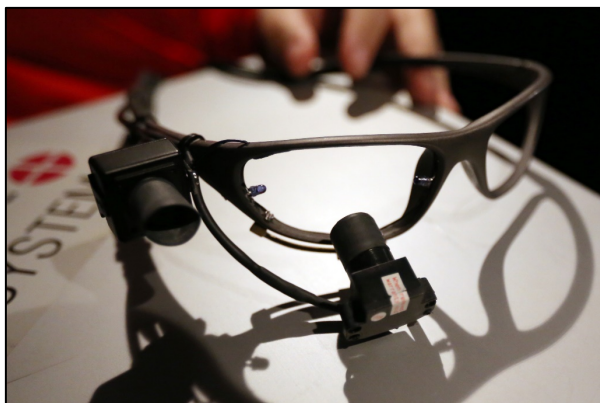
4.1 MĚŘENÍ I

První z měření bylo realizováno v rámci projektu TAČR TD 02239 - *Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti*, formou jízdních zkoušek v běžném silničním provozu za viditelnosti snížené tmou. Trasa v délce cca 23 km se nacházela mezi obcemi Lednice, Břeclav a Valtice. Trasa měření je znázorněna na **obr. 39** a směr pohybu vozidla je vyznačen červenou šipkou.



Obr. 39: Trasa měření I [75]

Pro měření byla použita dvě srovnatelná vozidla Škoda Yeti a jednotlivých měřicích jízd se zúčastnilo celkem 26 řidičů v průběhu tří měřicích dnů. Pro potřeby této práce byla relevantní data z celkem 17 jízd. Eyetracker použitý v tomto měření je znázorněn na **obr. 40**. Na **obr. 41** je zobrazeno jedno z vozidel použitých v rámci měření. Řidiči byli ve věku od 30 do 45 let a jednalo se o zkušené řidiče. Primárním cílem měření byla analýza reakce na chodce a za tímto účelem se na trase nacházeli figuranti. Pro účely této práce bylo možné využít cca 370 situací, převážně spojených s jízdním manévrem objížděním chodce.



Obr. 40: Eyetracker Viewpointsystem [77]



Obr. 41: Vozidlo Škoda Yeti [77]

Na **obr. 42** je znázorněna jedna ze situací, kdy byla řidičem provedena prostřednictvím levého zrcátka kontrola situace za vozidlem před objetím chodce. Z obrázku je zřejmá mj. aktivace znamení o změně směru jízdy.



Obr. 42: Kontrola situace za vozidlem před objetím chodce [75]

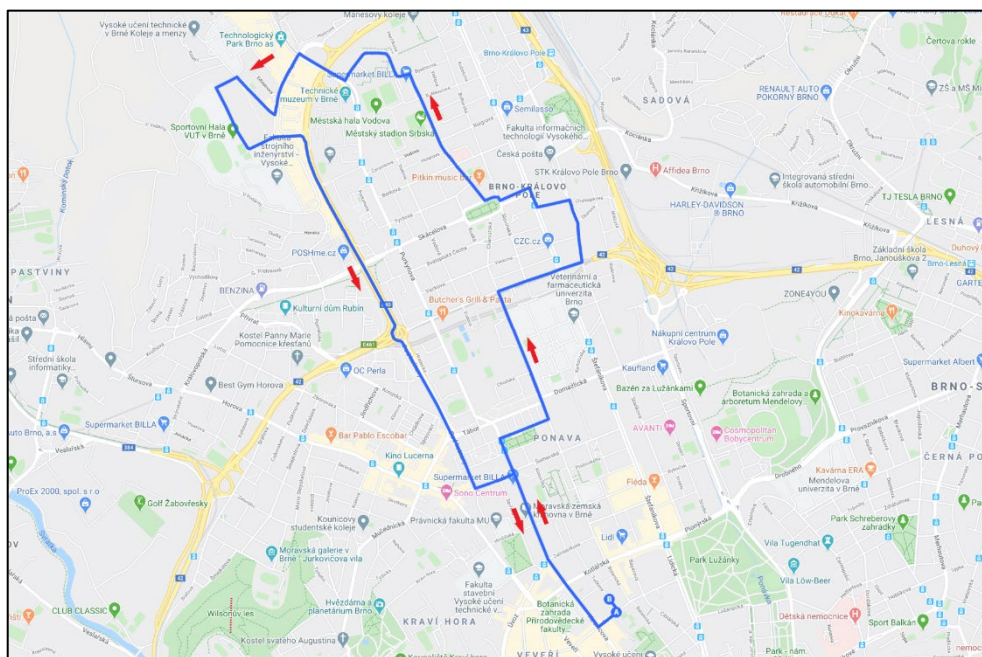
Autor této práce nebyl přímo autorem experimentu, na měření se podílel jako figurant a vedoucí posádky figurantů na úseku Břeclav – Lednice. Podílel se rovněž na přípravě, organizaci a vyhodnocení experimentu pro účely projektu. Vzhledem k tomu, že experiment navržený pro potřeby této práce v **kap. 3** odpovídá svými parametry experimentu prováděnému v rámci projektu, byla naměřená data použita pro verifikaci navrženého experimentu a metody vybrané pro analýzu dat.

Analýza dat prokázala, že navržený experiment je vhodný pro potřeby analýzy doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem (problém č. 2). Současně se ukázalo, že vozidlová data mohou být podpůrným nástrojem pro analýzu chování řidiče v souvislosti s jeho kontrolou situace za vozidlem, ale pouze v minimu případů. Je to dáno především dvojitou aktivací řidiče, např. v případech před objetím chodce řidiči uvolnili pedál akceleračního pedálu, aktivovali znamení o změně směru jízdy, aktivovali brzdový pedál či natočili věnec volantu směrem doleva, nezávisle na kontrole situace za vozidlem, v mnoha případech ještě před nebo souběžně s přesunem zraku do zpětného zrcátka. Ve většině případů nelze tedy na základě vozidlových dat analyzovat konec psychické a počátek motorické reakce v důsledku aktivace obrazem ve zpětném zrcátku. V tomto ohledu byl ve vztahu k aktivaci řidiče (obrazem ve zpětném zrcátku) nejvýznamnějším údajem především úhel natočení volantu, který bylo možné analyzovat i z videozáznamu. Byl nalezen vztah mezi počátkem natáčení věnce volantu a koncem fixace pohledu do zpětného zrcátka. **Z provedené analýzy chování řidičů ve vztahu k řešení problému č. 3, tedy definice doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem vplynula hypotéza, že doba, kterou potřebuje řidič ke kontrole situace za vozidlem, je ve většině případů ohraničená počátkem přesunu pohledu směrem do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj.**

Většina analyzovaných situací souvisela s kontrolou situace za vozidlem před objetím chodce a po jeho objetí. Výsledky provedeného zkoumání byly publikovány na XXV. mezinárodní vědecké konferenci Soudního inženýrství ExFoS 2016 [91] a Junior Forensic Science 2016 [92].

4.2 MĚŘENÍ II

Měření II bylo realizováno v rámci specifických vysokoškolských výzkumů FEKT/ÚSI-J-16-3549 a ÚSI-J-16-3713 v roce 2016 a autor této práce experimenty navrhoval, připravoval, organizoval a v neposlední řadě vyhodnocoval. Trasa měření viz **obr. 43** byla navržena v rámci města Brna s ohledem na rozmanitost jízdních situací – odbočování vlevo, křížení dráhy tramvaje, jízda po víceproudé komunikaci, změna pruhů atd. Měření realizovaného během dne při nesnížené viditelnosti se účastnilo v průběhu dvou měřících dní celkem 11 zkušených řidičů ve věku 24 až 55 let. Pro účely této práce bylo analyzováno cca 390 různých situací.



Obr. 43: Trasa měření II [75]

Na **obr. 44** je zobrazen jeden z probandů s eyetrackerem Pupil Labs. Pro potřeby měření bylo použito vozidlo Škoda Octavia III, viz **obr. 45**.

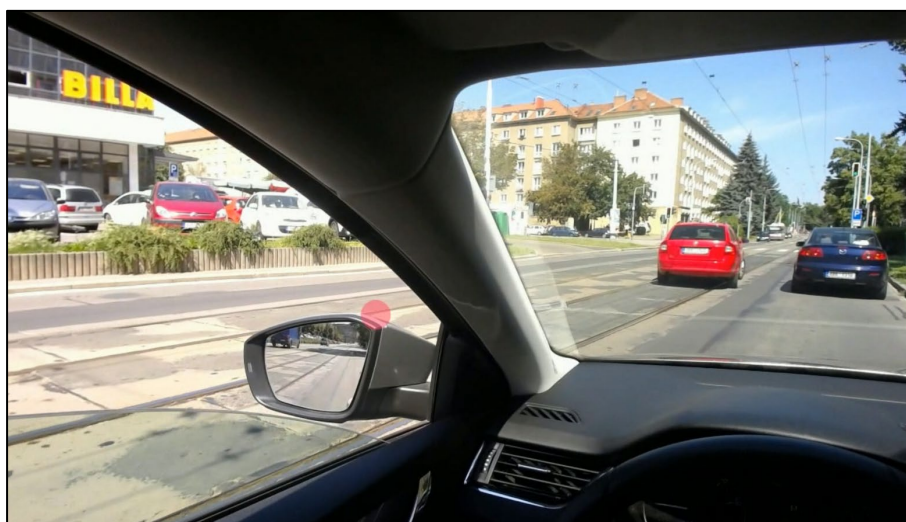


Obr. 44: Proband s eyetrackerem Pupil Labs [77]



Obr. 45: Vozidlo Škoda Octavia III [77]

Na **obr. 46** je znázorněna jedna ze situací, kdy byla řidičem provedena prostřednictvím levého zrcátka kontrola situace za vozidlem před objetím stojícího vozidla.

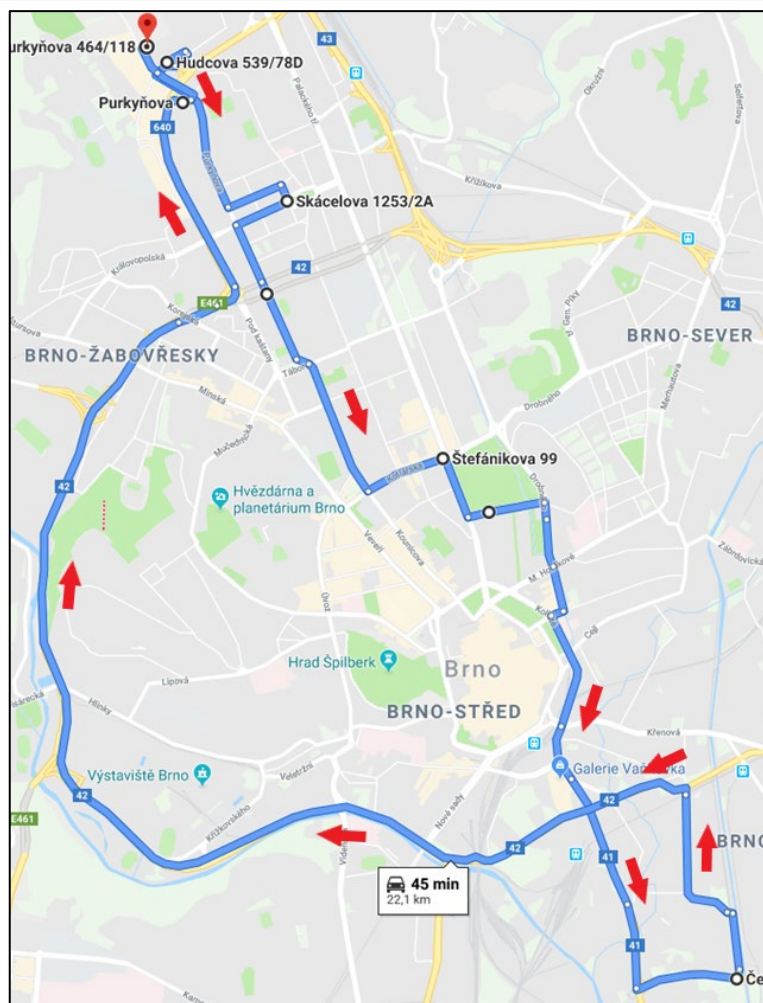


Obr. 46: Kontrola situace za vozidlem před objetím stojícího vozidla [75]

Částečně byly výsledky tohoto měření publikovány na konferenci AIIT 2nd International Congress On Transport Infrastructure And Systems In A Changing World, TIS Roma v roce 2019 [79].

4.3 MĚŘENÍ III

Měření III bylo realizováno v roce 2019 v Brně. Trasa měření, viz **obr. 47**, byla navržena v rámci města Brna s ohledem na rozmanitost jízdních situací – odbočování vlevo, křížení dráhy tramvaje, jízda po vícepruhové komunikaci, změna pruhů atd. Měření se v průběhu dvou měřících dnů účastnilo celkem 12 zkušených řidičů ve věku od 22 do 37 let. Bylo koncipováno tak, aby každý z řidičů absolvoval jednu jízdu v denní a jednu jízdu v noční době. V případě obou jízd nebyla viditelnost snížena žádným jiným vlivem jako např. mlha, déšť apod. Na **obr. 29** je zobrazen proband s eyetrackerem Dikablis Glasses 3. Pro účely této práce bylo analyzováno cca 2 830 rozličných situací spojených s kontrolou situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu.



Obr. 47: Trasa měření III [75]

Pro potřeby měření bylo použito měřicí vozidlo ÚSI VUT v Brně BMW 530 xD vybavené zařízením pro měření chování řidiče v reálném silničním provozu VTK od společnosti Ergoneers, viz **obr. 49**. Na **obr. 48** je zobrazeno pracoviště obsluhy měřicího systému VTK.



Obr. 48: Kontrolní pracoviště VTK [77]



Obr. 49: Měřicí vozidlo BMW [77]

Na **obr. 50** je znázorněna jedna ze situací, kdy byla řidičem provedena prostřednictvím levého zrcátka kontrola situace za vozidlem při odbočování vlevo.



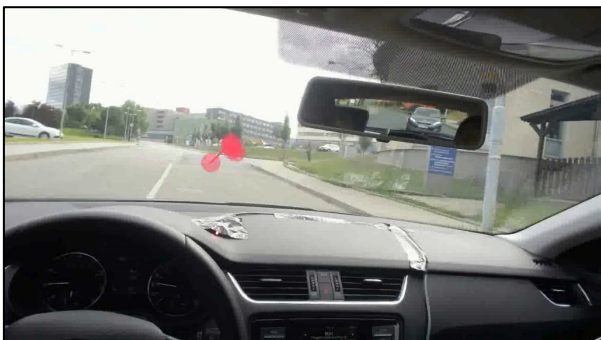
Obr. 50: Kontrola situace za vozidlem před objetím stojícího vozidla [75]

Částečně byly výsledky tohoto měření publikovány na konferenci 28th Annual Congress EVU v Barceloně v roce 2019 [80].

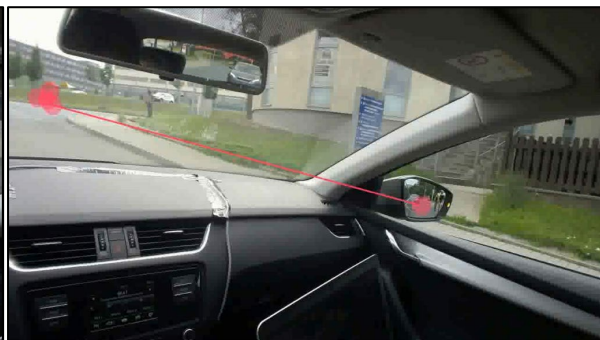
5 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT

5.1 PŘEDPOKLADY A POŽADAVKY KLADE NÉ NA ANALÝZU

Data naměřená v průběhu všech tří měření byla zpracována pomocí softwarových nástrojů uvedených v **tab. 7** viz **kap. 4**. Informace o směru pohledu byly analyzovány metodou frame-by-frame (po jednotlivých obrázcích videa), přičemž byla zaznamenávána délka jednotlivých sekvencí pohledu souvisejících s kontrolou situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek. Počátkem kontroly situace za vozidlem, ke které dochází v důsledku primární aktivace řidiče (latentní, kauzální či účelové), je okamžik ukončení fixace na scénu před přesunem pohledu do zpětného zrcátka, viz **obr. 51**. V tomto okamžiku dochází k počátku přesunu pohledu do zpětného zrcátka, tento přesun je ukončený počátkem fixace obrazu ve zpětném zrcátku, viz **obr. 52**. Fixace, v průběhu které řidič sleduje situaci za vozidlem prostřednictvím zpětného zrcátka, je tedy ohraničena dvěma přesuny zraku, resp. sákadami. Na **obr. 53** je znázorněn konec fixace a současně počátek přesunu pohledu zpět do scény. Konec přesunu pohledu a počátek nové fixace ve scéně je znázorněn na **obr. 54**.



Obr. 51: Počátek přesunu pohledu [75]



Obr. 52: Počátek fixace [75]



Obr. 53: Konec fixace [75]



Obr. 54: Konec přesunu [75]

Celkem bylo tímto způsobem pro potřeby této práce analyzováno cca 3500 rozličných situací, kdy byla řidičem provedena kontrola situace za vozidlem. Informace o směru pohledu řidiče byly i v případě měření II a III srovnávány s vozidlovými daty, přičemž se potvrdila skutečnost zjištěná v průběhu verifikační analýzy provedené na základě měření I (viz **kap. 4.1**), o malé relevanci

většiny vozidlových dat pro analýzu chování, resp. reakcí řidiče ve vztahu ke kontrole situace za vozidlem, viz mj. také **obr. 51**, kde LED dioda signalizuje aktivaci brzdového pedálu ještě před započítáním kontroly.

Z analýzy chování řidičů je zřejmé, že pokud dojde, v důsledku kontroly situace za vozidlem ke kauzální aktivaci řidiče, k motorické odezvě dochází buďto v průběhu fixace pohledu do zpětného zrcátka nebo současně s koncem fixace pohledu do zpětného zrcátka. Současně se tedy potvrdila **hypotéza, že doba, kterou potřebuje řidič ke kontrole situace za vozidlem, je ve většině případů ohraničená počátkem přesunu pohledu směrem do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj.**

Bylo tedy nalezeno řešení 1. problému. V souladu s tím probíhalo vyhodnocení dat a za dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem byl brán součet doby trvání přesunu pohledu ze scény do zrcátka a fixace pohledu do zrcátka.

V **kap. 2.8.1** této práce byly definovány faktory, které mohou ovlivňovat vnímání řidiče při kontrole situace za vozidlem, a tedy mohou mít vliv na celkovou dobu jejího trvání. V potaz byly vzaty především vlivy okolí, experimenty byly tedy prováděny za různých podmínek, a to je potřebné zohlednit i při jejich vyhodnocení.

Analýza tedy zohledňuje tyto faktory:

- a) situace za vozidlem – přítomnost vozidla či jiného účastníka silničního provozu za měřicím vozidlem,
- b) denní a noční doba,
- c) městský a mimoměstský provoz,
- d) druh operace, kterou řidič provádí.
 - Existuje totiž předpoklad, že také typ řidičem prováděné operace, může být také jedním z faktorů, které budou ovlivňovat délku doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem. Tento předpoklad bude možné ověřit na základě provedení podrobné analýzy výsledků.

Druh operace, v souvislosti se kterou řidič provádí kontrolu situace za vozidlem, se jeví pro potřeby této práce jako nejvhodnější způsob dělení zpracovaných výsledků provedených experimentů v reálném silničním provozu (měření I až III). Dle tohoto klíče budou děleny následující podkapitoly. V první řadě bude věnována pozornost prosté kontrole, která se v průběhu jízdy vyskytuje nejčastěji. V dalších kapitolách pak bude analyzovaná kontrola situace za vozidlem související s jízdnými manévry předjíždění, odbočování, změnou jízdního pruhu, objetí chodce a předjetí cyklisty, objetí překážky, zastavování a rozjetí.

5.2 PROSTÁ KONTROLA SITUACE ZA VOZIDLEM

Jedná se o kontrolu, kdy dochází pouze k latentní aktivaci řidiče, tedy z jeho chování nejsou zřejmé do okolí žádné projevy. Jedná se o nejčastěji se vyskytující operaci spojenou s kontrolou situace za vozidlem. V součtu všech 3 měření tvořil tento typ pohledů do zpětných zrcátek cca 50 % všech zaznamenaných pohledů, přičemž cca 1000 kontrolních pohledů směřovalo do levého zpětného zrcátka, 500 do středového (interiérového) zpětného zrcátka a o málo víc než 100 kontrolních pohledů bylo věnováno pravému zpětnému zrcátku. Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že prostou kontrolu situace za vozidlem by nebylo vhodné opomínat, právě naopak: může posloužit k vytvoření základního souboru dat, se kterým pak bude možné srovnávat délku trvání ostatních typů kontrol navázaných na konkrétní jízdní situace jako je předjíždění, odbočování atd.

Prvotní analýza doby pohledů při prosté kontrole byla rozdělena dle druhu zrcátka (levé, středové, pravé) a u každého jednotlivého druhu zrcátka byla analyzována délka kontroly situace za vozidlem ve vztahu ke kombinaci jednotlivých ovlivňujících prvků v následujícím pořadí:

- 1) Situace za vozidlem: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče tím, zda se za měřicím vozidlem nacházelo nebo nenacházelo jiné vozidlo, či účastník silničního provozu.
- 2) Denní doba: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče okolními světelnými podmínkami, denní světlo nebo noční tma.
- 3) Typ silnice: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče okolním prostředím, tedy zda se řidič pohyboval v městském prostředí anebo na silnici v extravilánu, příp. na silnici dálničního typu.

V tomto pořadí jsou uspořádány i jednotlivé zkratky legendy grafů, tedy například N,D,I, viz **obr. 55**, jejichž význam je vysvětlen také v legendě.

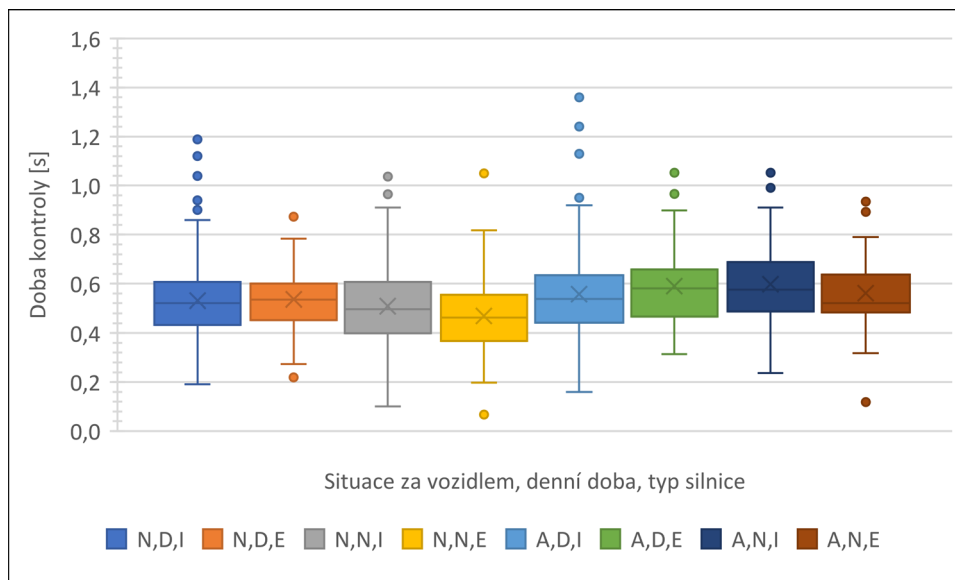
Příklad pro zkratku **N,D,I**:

- N** – za měřicím vozidlem se nenachází v průběhu kontroly jiné vozidlo či účastník silničního provozu.
- D** – měření probíhalo za podmínek denního světla.
- I** – měření probíhalo v městském provozu.

5.2.1 Levé zpětné zrcátko

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem levým zrcátkem, pro kombinace vybraných ovlivňujících prvků jsou zřejmé z **obr. 55** a **tab. 8**. Střední hodnota doby kontroly se pohybuje v rozsahu od cca 0,46 do 0,58 s. Ze získaných dob je zřejmé, že denní podmínky a typ silnice nemají při použití levého zpětného zrcátka významný vliv na délku kontroly situace

za vozidlem. Zjištěné rozdíly jsou v desítkách milisekund, tedy nevýznamné. Nejvýznamnější vliv na délku kontroly má v tomto případě situace za vozidlem. V situacích, kdy se za měřicím vozidlem nachází jiný účastník silničního provozu, je doba kontroly vždy delší (v průměru 0,55 s), oproti situaci, kdy je za měřicím vozidlem prázdná (v průměru 0,50 s).



Obr. 55: Kontrola situace za vozidlem levým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

Legenda: Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Denní doba: (D) den, (N) noc.

Typ silnice: (I) městská silnice, (E) silnice mimo zastavěnou oblast a silnice dálničního typu.

Tab. 8: Doby trvání kontroly levým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

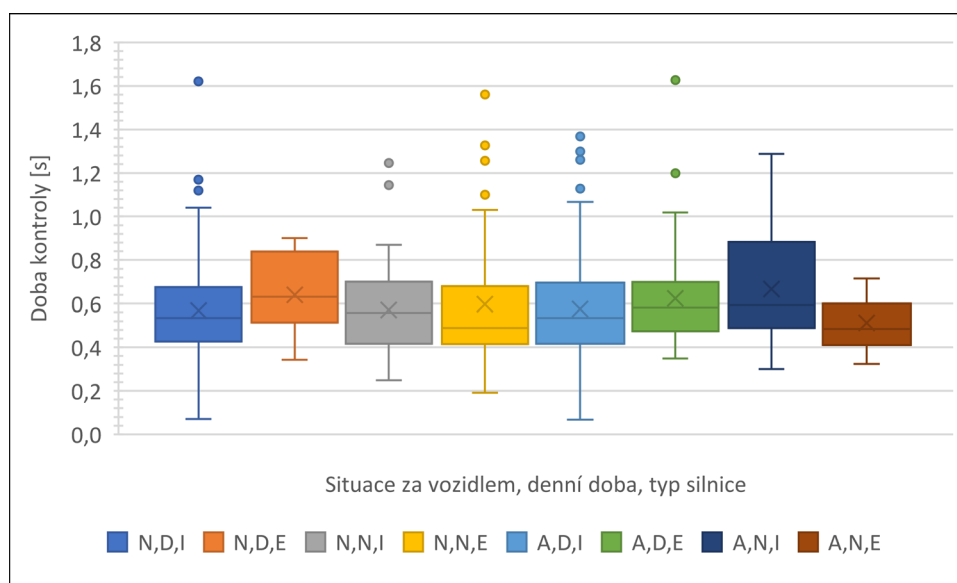
	N,D,I	N,D,E	N,N,I	N,N,E	A,D,I	A,D,E	A,N,I	A,N,E
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,433	0,453	0,399	0,367	0,443	0,468	0,488	0,484
Medián	0,520	0,535	0,498	0,463	0,538	0,581	0,576	0,520
75. percentil	0,607	0,601	0,608	0,554	0,557	0,658	0,688	0,638
Průměr	0,531	0,536	0,508	0,470	0,635	0,590	0,598	0,561

Krátkých dob kontroly, do cca 0,35 s, dosahovali řidiči v případech, kdy předchozí směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A – sloupku (nebyl tedy nutný delší přesun pohledu).

Delší hodnoty nad 0,9 s, ve většině případů nebyly zapříčiněny žádným významným prvkem, ve většině těchto situací se vozidlo pohybovalo osamocně po rovném úseku silnice. V některých z těchto případů řidiči pozorovali v dálce za nimi jedoucí vozidlo, nebo v nočních podmínkách světlo z reflektorů v dálce jedoucího vozidla. V jednom případě řidič v rámci kontroly trvající 1,13 s pozoroval vozidlo, se kterým se chvíli před započítáním kontroly míjel.

5.2.2 Středové (interiérové) zpětné zrcátko

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem pomocí středového zrcátka, pro kombinace vybraných ovlivňujících prvků, jsou zřejmé z **obr. 56** a **tab. 9**. Střední hodnota doby kontroly se pohybuje v rozsahu od cca 0,48 do 0,63 s. Ze získaných dob je zřejmé, že nejkratší doby kontroly dosahovali řidiči v nočních podmínkách (kontrola světlometů a větší kontrast objektů v obrazu, menší vizuální zátěž) v mimoměstském provozu, a v případě denní doby a jízdy v městském provozu byla střední hodnota doby kontroly stejná.



Obr. 56: Kontrola situace za vozidlem středovým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

Legenda: Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Denní doba: (D) den, (N) noc.

Typ silnice: (I) městská silnice, (E) silnice mimo zastavěnou oblast a silnice dálničního typu.

Tab. 9: Doby trvání kontroly středovým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

	N,D,I	N,D,E	N,N,I	N,N,E	A,D,I	A,D,E	A,N,I	A,N,E
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,427	0,513	0,416	0,415	0,416	0,474	0,489	0,410
Medián	0,534	0,632	0,558	0,489	0,534	0,581	0,593	0,484
75. percentil	0,675	0,839	0,701	0,680	0,697	0,699	0,884	0,600
Průměr	0,568	0,641	0,571	0,598	0,575	0,624	0,667	0,512

Krátkých dob kontroly, do cca 0,35 s, dosahovali řidiči v případech, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti středu čelního skla, k přesunu zraku tedy postačovala jen krátká sakáda trvající do 50 ms, příklad takové sakády je zobrazen na **obr. 57**.

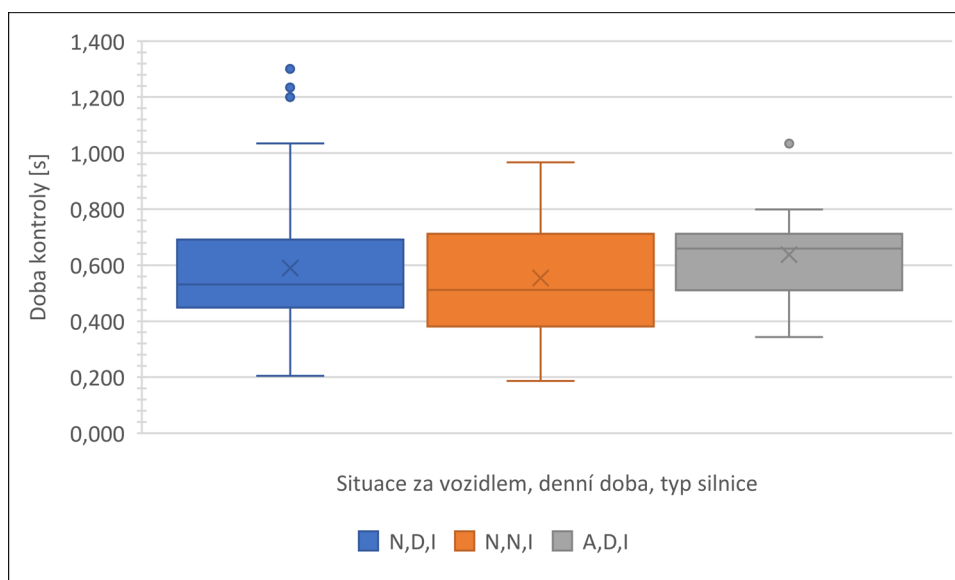


Obr. 57: Krátká sakáda [75]

Odlehle hodnoty nad 1,0 s, se ve většině případů vyskytovaly při jízdě malou rychlostí a stejně jako v předešlém případě v situacích, kdy se vozidlo pohybovalo osamocně po rovném úseku silnice. V některých případech řidiči pozorovali v dálce za nimi jedoucí vozidlo, nebo v nočních podmínkách světlo z reflektorů v dálce jedoucího vozidla.

5.2.3 Pravé zpětné zrcátko

V případě kontroly situace za vozidlem pravým zpětným zrcátkem byl dostatečný statistický soubor shromážděn jen pro tři kombinace ovlivňujících prvků, viz **obr. 58** a **tab. 10**. U pravého zpětného zrcátka je zřejmý nejmarkantnější rozdíl vlivu provozu za vozidlem. Pro denní i noční podmínky bez dopravy byla střední hodnota doby kontroly v rozsahu 0,51 až 0,53 s. V případech, kdy se za měřicím vozidlem nacházel jiný účastník silničního provozu, byla střední doba pohledu cca 0,66 s.



Obr. 58: Kontrola situace za vozidlem pravým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

Legenda: Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.
Denní doba: (D) den, (N) noc.
Typ silnice: (I) městská silnice, (E) silnice mimo zastavěnou oblast a silnice dálničního typu.

Tab. 10: Doby trvání kontroly pravým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách

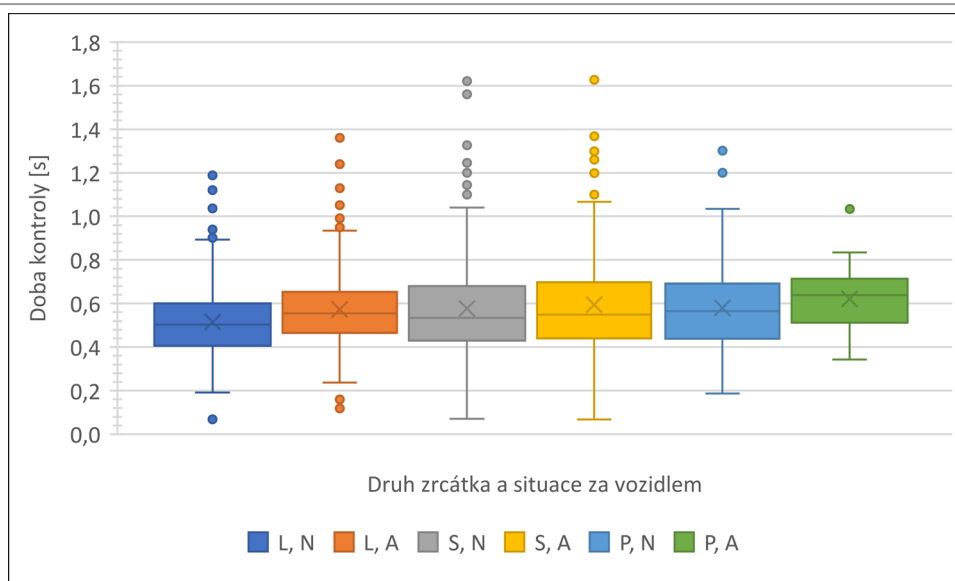
	N,D,I	N,N,I	A,D,I
	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,449	0,382	0,510
Medián	0,532	0,512	0,659
75. percentil	0,691	0,712	0,712
Průměr	0,589	0,553	0,637

Opět jako v předešlých dvou případech platí, že nejkratších dob kontroly dosahovali řidiči v případech, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka mířil do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem pravého A-sloupku, do pravé strany čelního skla, pravého předního bočního okna nebo např. na spolujezdce atd.

Odlehlé, resp. větší hodnoty nad 1,0 s ve většině případů opět nebyly zapříčiněny žádným významným prvkem. Ve většině těchto situací se vozidlo pohybovalo osamoceně po rovném úseku silnice nebo řidiči pozorovali v dálce za nimi jedoucí vozidlo. V jednom případě se řidič v nízké rychlosti chystal na manévr otočení a v rámci najíždění k pravému okraji vozovky vykonal kontrolu trvající 1,2 s, přičemž se za ním nenacházel žádný jiný účastník silničního provozu.

5.2.4 Srovnání prosté kontroly na základě situace za vozidlem

Vzhledem ke skutečnosti, že v předešlých analýzách se ukázalo, že zřejmě nejvýznamnějším faktorem, který ovlivňuje délku kontroly situace za vozidlem, je existence či neexistence provozu za vozidlem, jsou v této podkapitole porovnány doby trvání prosté kontroly v jednotlivých zpětných zrcátkách v závislosti pouze na tomto parametru. Jak je zřejmé z **obr. 59** a **tab. 11**, nejnižších dob kontroly dosahovali řidiči při prosté kontrole levým zpětným zrcátkem v případech bez provozu za vozidlem, střední hodnota doby kontroly byla v těchto případech cca 0,50 s. Ve všech dalších případech bylo dosahováno delší doby kontroly. Zajímavá situace existuje v případě středového zpětného zrcátka, kdy jsou grafy téměř identické, a to i co se týče odlehlých hodnot. V případě pravého zrcátka je vliv provozu za vozidlem nejmarkantnější. Logická je zde i nejdelší střední doba trvání kontroly (v obou případech) daná polohou zrcátka nejvíce vzdálenou od osy přímého pohledu řidiče směrem vpřed před vozidlo.



Obr. 59: Kontrola situace za vozidlem v závislosti na situaci za vozidlem

Legenda: Druh zrcátka: (L) levé, (S) středové – interiérové, (P) pravé.
Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Tab. 11: Doby trvání prosté kontroly v závislosti na druhu zrcátka a situaci za vozidlem

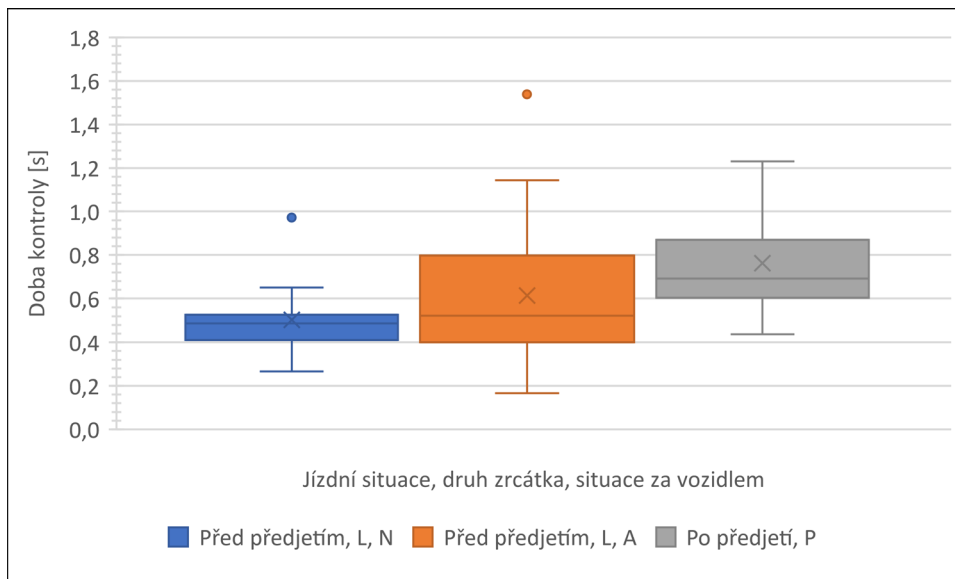
	L,N	L,A	S,N	S,A	P,N	P,A
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,406	0,465	0,429	0,440	0,439	0,512
Medián	0,504	0,555	0,534	0,549	0,565	0,638
75. percentil	0,601	0,654	0,680	0,697	0,692	0,713
Průměr	0,515	0,573	0,577	0,595	0,580	0,622

Při analýze trvání dob kontroly situace za vozidlem v souvislosti s dalšími jízdními operacemi bude přihlíženo k zjištěné skutečnosti, že nejvýznamnějším faktorem na dobu trvání kontroly je situace za vozidlem.

5.3 PŘEDJÍŽDĚNÍ

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdním manévrem předjíždění, jsou zřejmé z **obr. 60** a **tab. 12**. Střední hodnota doby potřebné ke kontrole před započítáním jízdního manévru předjíždění v případech bez provozu za vozidlem činila cca 0,49 s a v případech s provozem za vozidlem cca 0,52 s. Zde je nutné poukázat na značně široký interval dosahovaných hodnot. V obou případech bylo vycházeno z pohledů do levého zpětného zrcátka, zbylá zrcátka řidiči používali před tímto jízdním manévrem pouze sporadicky a jednalo se o jednotky pohledů v rámci celého statistického souboru. Při ukončování jízdního manévru předjíždění použili řidiči v téměř všech případech pravé zpětné zrcátko, přičemž byla zjištěna střední hodnota doby kontroly cca 0,69 s. V jednotkách případů bylo při této operaci použité

středové zpětné zrcátko, nebyl ale dosažen dostatečný statistický soubor pro analýzu využití tohoto zrcátka.



Obr. 60: Kontrola situace za vozidlem při předjíždění

Legenda: Jízdní situace: (Před předjetím) kontrola před započítáním předjíždění, (Po předjetí) – kontrola v rámci ukončování jízdního manévru předjíždění

Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.

Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou, v případě zařazování vozidla po předjetí řidič vždy kontroluje předjeté vozidlo, a tedy je uvažováno ve všech případech, že se za ním jiné vozidlo nachází, z tohoto důvodu není v legendě grafu uvedena zkratka pro situaci za vozidlem.

Tab. 12: Doby trvání kontroly zpětnými zrcátky při předjíždění

	Před předjetím, L, N	Před předjetím, L, A	Po předjetí, p
	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,411	0,401	0,603
Medián	0,488	0,523	0,692
75. percentil	0,527	0,798	0,869
Průměr	0,503	0,614	0,762

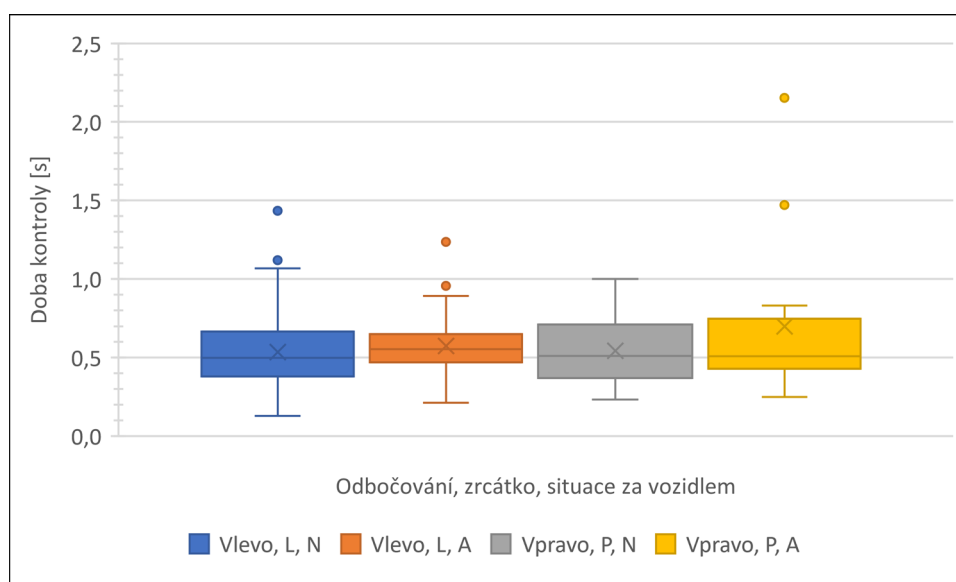
Krátkých dob kontroly, dosahovali řidiči podobně jako v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do pravé oblasti čelního skla nebo pravého předního okna při kontrole prostřednictvím pravého zpětného zrcátka.

Delší doby v případě kontroly před předjetím nebyly opět ve většině případů zapříčiněny žádným významným prvkem. V jednom případě se ve vedlejším jízdním pruhu již nacházelo jiné vozidlo a situace tedy vyžadovala od řidiče delší analýzu jeho polohy, resp. rychlosti. V dalším případě řidič předjížděl v táhlé pravotočivé zatáčce, došlo k zhoršení výhledových poměrů, a tedy k prodloužení fixace, což jsou faktory, které lze obecně vždy popisovat jako faktory prodlužující tuto

dobu. V případě nejdlejší hodnoty, kdy kontrola trvala cca 1,44 s, řidič začal měnit směr jízdy, přejíždět přes středovou dělicí čáru, již v době fixace pohledu do zpětného zrcátka.

5.4 ODBOČOVÁNÍ

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdním manévrem předjíždění jsou zřejmé z **obr. 61** a **tab. 13**. Zde zpracované hodnoty jsou pro lepší názornost zobrazeny jak pro odbočování vlevo, tak i vpravo. V ojedinělých případech řidiči kontrolovali před odbočením situaci za vozidlem také prostřednictvím středového zpětného zrcátka, nejednalo se však o dostatečně velký statistický soubor vhodný pro vyhodnocení. I v tomto případě se prokázalo, že délku kontroly omezuje situace za vozidlem. V případě provozu za vozidlem byla střední hodnota doby kontroly levým zrcátkem delší o cca 60 ms. V případě pravého zrcátka byly střední doby v zásadě identické. Z **obr. 61** je zřejmé, že interval box plotu je posunutý směrem k vyšším hodnotám, viz také hodnoty 25. a 75. percentilu. Hodnoty střední doby kontroly pro levé a pravé zpětné zrcátko leží v relativně úzkém intervalu od cca 0,50 s do 0,55 s. Tato skutečnost je dána mj. tím, že řidiči se obvykle dívali do místa, kam chtěli odbočovat, resp. směrem odbočení, tedy pohledy směřovaly do stran čelního skla nebo i do bočních oken, tedy v mnoha případech bylo dosahováno velmi krátké doby přesunu pohledu v intervalu od 30 do 100 ms.



Obr. 61: Kontrola situace za vozidlem při odbočování

Legenda: Odbočování: (Vlevo) vozidlo odbočuje vlevo, (Vpravo) vozidlo odbočuje vpravo.
 Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.
 Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Tab. 13: Doby trvání kontroly za vozidlem při odbočování

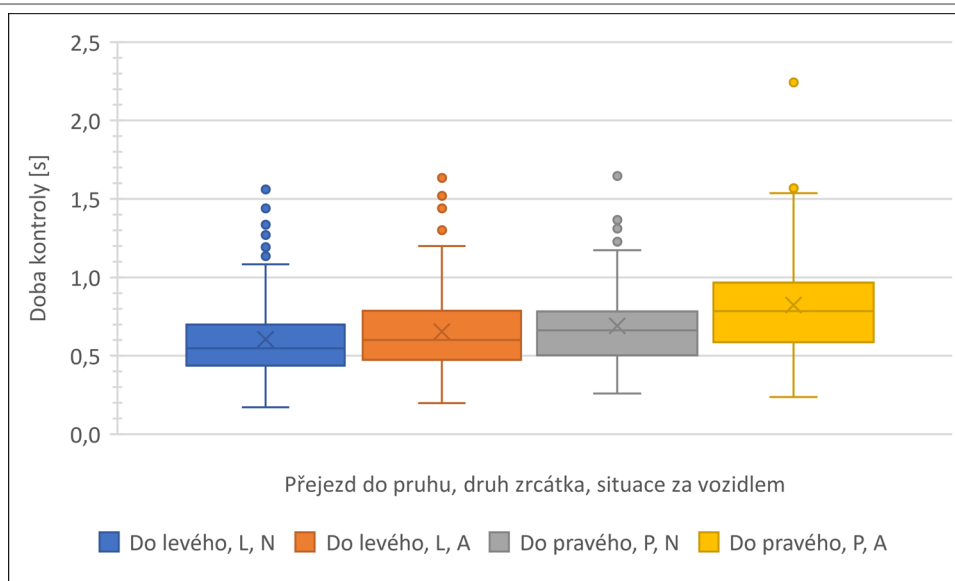
	Vlevo, L, N	Vlevo, L, A	Vpravo, P, N	Vpravo, P, A
	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,381	0,469	0,370	0,430
Medián	0,499	0,554	0,512	0,508
75. percentil	0,667	0,650	0,711	0,747
Průměr	0,536	0,574	0,543	0,699

Extrémně krátkých dob kontroly do cca 0,3 s dosahovali řidiči podobně jako již v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do pravé oblasti čelního skla nebo pravého předního okna při kontrole prostřednictvím pravého zpětného zrcátka. Jak bylo popsáno výše, při tomto jízdním manévru se pohled do oblastí blízkých umístění zrcátek projevuje markantně.

Delší doby v případě kontroly před odbočením byly ve většině případů zapříčiněny v souvislosti s jízdou v odbočovacím pruhu, když řidič zpomaloval, nejelo před ním jiné vozidlo, ale protisměrný provoz nedovoloval odbočení vlevo. V některých případech, podobně jako u všech předešlých typů kontrol, nebyla zjištěna objektivní příčina delší doby kontroly, resp. fixace na objekt, který by mohl být potenciálně nebezpečný. K nebezpečné situaci došlo pouze jednou, kdy ještě před započítáním odbočení bylo měřicí vozidlo předjeto jiným vozidlem, přičemž kontrola toto vozidla trvala probandovi 1,28 s. Ve dvou případech (1,15 a 1,43 s) pokračoval řidič v kontrole levým zpětným zrcátkem i po započítání odbočování. Extrémně odlehlé hodnoty (1,47 a 2,15 s) v případě kontroly pravým zrcátkem vznikly v situacích, kdy řidiči odbočovali vpravo a současně pouštěli chodce na přechodu pro chodce a jejich rychlost byla v těchto případech minimální.

5.5 ZMĚNA JÍZDNÍHO PRUHU

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem levým a pravým zpětným zrcátkem, v souvislosti se změnou jízdního pruhu jsou zřejmé z **obr. 62** a **tab. 14**. Střední doby trvání kontroly za vozidlem při změně jízdního pruhu nabývají vyšších hodnot oproti výsledkům u předešlých typů kontrol. V případě levého zpětného zrcátka je střední doba kontroly cca 0,55 s pro situace bez provozu za vozidlem a 0,60 s v případech s ním. U pravého zpětného zrcátka dosahují střední doby kontroly ještě delších hodnot cca 0,66 s a 0,79 s. K této situaci dochází mj. důsledkem skutečnosti, že řidiči před provedením kontroly v převážné většině případů sledují situaci před vozidlem. Ke změně směru pohledu do zrcátka je proto často vyžadován delší čas.



Obr. 62: Kontrola situace za vozidlem při změně jízdního pruhu

Legenda: Přejezd do pruhu: vozidlo přejíždí (Do levého) nebo (Do pravého) jízdního pruhu.

Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.

Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Tab. 14: Doby trvání kontroly za vozidlem při změně jízdního pruhu

	Do levého, L, N	Do levého, L, A	Do pravého, P, N	Do pravého, P, A
	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,437	0,473	0,503	0,586
Medián	0,548	0,600	0,663	0,785
75. percentil	0,699	0,786	0,783	0,967
Průměr	0,606	0,654	0,690	0,823

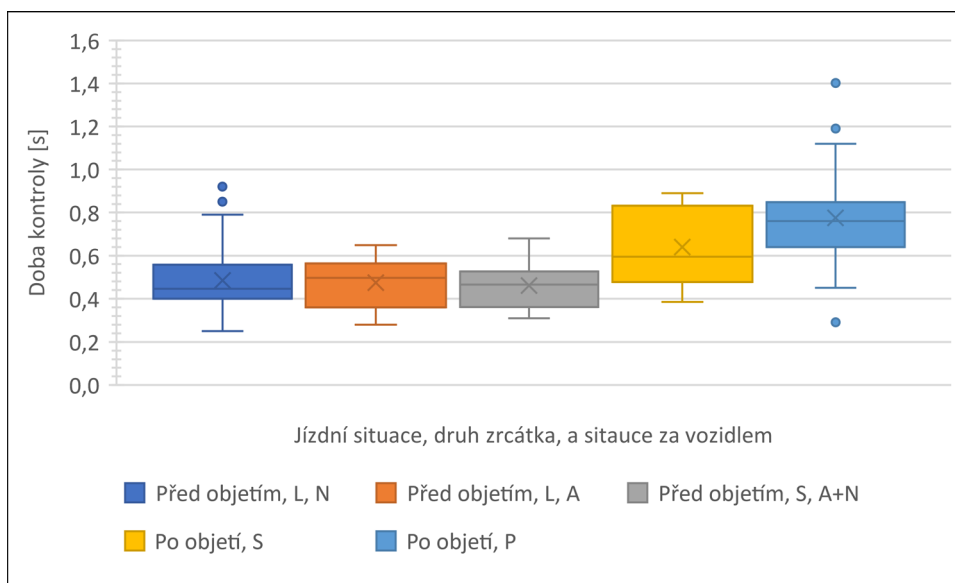
Krátkých dob kontroly, dosahovali řidiči podobně jako ve všech předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do pravé oblasti čelního skla, nebo pravého předního okna při kontrole prostřednictvím pravého zpětného zrcátka.

V případě jízdního manévru změny jízdního pruhu bylo v značném množství případů dosahováno doby kontroly delší jak 1,0 s. V převážné většině případů se jednalo o situaci, kdy řidiči započali kontrolu a po době odpovídající cca střední době kontroly započali manévr změny jízdního pruhu, přitom ale pohled stále fixovali do zpětného zrcátka. Toto platilo jak v případě pravého, tak i levého zrcátka bez ohledu na provoz za vozidlem. Současně se delší doby vyskytovaly v případech, kdy se řidič měřícího vozidla zařazoval v rámci změny jízdního pruhu před jiné vozidlo a rozdíl rychlostí vozidel nebyl výrazný. V jednom případě došlo k nebezpečné situaci, kdy řidič bez předešlé kontroly započal nízkou rychlostí přejíždět s vozidlem do pravého jízdního pruhu, a kontrolu začal provádět až po natočení volantu. V té době se však v jeho mrtvém úhlu nacházelo jiné vozidlo. Řidič toto vozidlo v rámci opožděné kontroly zaregistroval a jízdní manévr ukončil.

Doba kontroly v této situaci trvala cca 1,5 s. I při změnách jízdního pruhu se vyskytovaly situace, kdy řidiči fixovali pohled do zrcátek delší dobu i když neexistovaly zjevné důvody pro déle trvající kontrolu.

5.6 OBJETÍ CHODCE A PŘEDJETÍ CYKLISTU

V případě analýzy chování řidičů při objíždění chodce bylo zjištěno, že dosahované doby kontroly jsou srovnatelné s dobami dosahovanými při předjíždění cyklistů. Z tohoto důvodu byly tyto kategorie sloučeny. Jak je zřejmé z **obr. 63** a **tab. 15**, chování řidičů bylo srovnatelné se zjištěným chováním v případě předjíždění vozidla, a i dosahované střední doby kontroly jsou podobné. V případě levého zpětného zrcátka cca 0,45 s bez provozu za vozidlem a cca 0,5 s při provozu za vozidlem. Střední hodnota doby kontroly středovým zpětným zrcátkem před objetím činila cca 0,47 s. Kontrola po objetí chodce příp. předjetí cyklisty trvala cca 0,6 s při použití středového zpětného zrcátka a 0,76 s při použití pravého zpětného zrcátka. Za povšimnutí stojí zejména široký interval mezi 25. a 75. percentilem v případě kontroly po objetí středovým zpětným zrcátkem, který nabývá hodnot od cca 0,48 s do 0,83 s.



Obr. 63: Kontrola situace za vozidlem při objetí chodce a předjetí cyklistu

Legenda: Jízdní situace: (Před objetím) kontrola před započítáním objíždění chodce, resp. předjíždění cyklistu, (Po objetí) kontrola v rámci ukončování jízdního manévru objíždění chodce, resp. předjíždění cyklistu
Druh zrcátka: (L) levé, (S) středové, (P) pravé.

Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou, v případě zařazování vozidla po objetí/předjetí řidič vždy kontroluje objetého/předjetého účastníka sil. provozu, z tohoto důvodu není v legendě grafu uvedena zkratka pro situaci za vozidlem. V případě kontroly před manévrem, byly z důvodu vytvoření většího statistického souboru kategorie provozu za vozidlem sloučeny, jak je zřejmé z **kap. 5.2.4**, v tomto případě nemá provoz za vozidlem významný vliv na dosahované doby kontroly.

Tab. 15: Doby trvání kontroly za vozidlem při objetí chodce a předjetí cyklistu

	Před objetím, L, N	Před objetím, L, A	Před objetím, S, N+A	Po objetí, S	Po objetí, P
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,400	0,360	0,361	0,478	0,640
Medián	0,447	0,497	0,465	0,595	0,760
75. percentil	0,558	0,563	0,526	0,832	0,848
Průměr	0,484	0,474	0,461	0,640	0,775

Krátkých dob kontroly, před započítáním manévru, dosahovali řidiči podobně jako v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do středu čelního okna při kontrole prostřednictvím středového zpětného zrcátka.

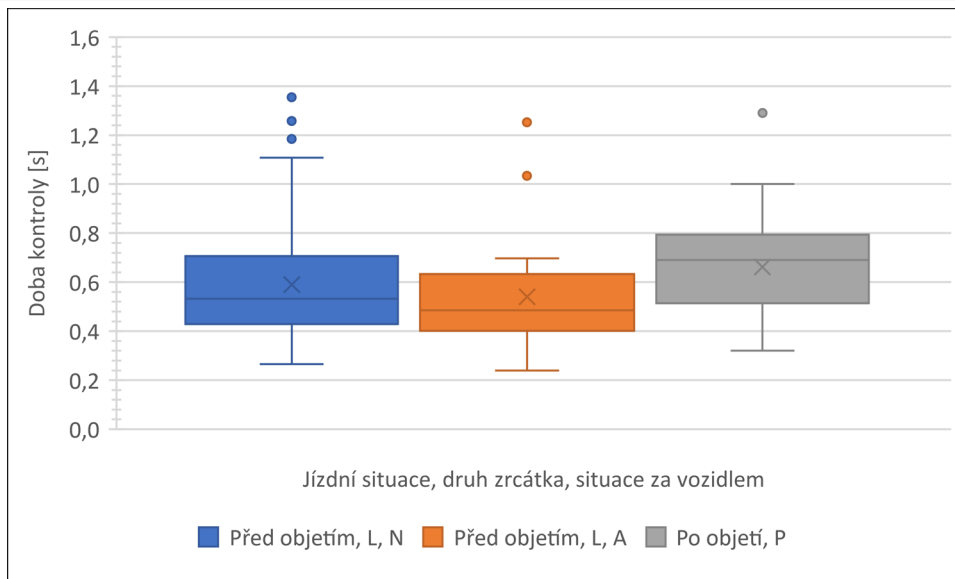
Delší doby v případě kontroly před objetím/předjetím nebyly zapříčiněny žádným významným podnětem. Nebylo dosaženo doby kontroly přesahující 1,0 s.

V případě kontroly po objetí/předjetí je zřejmé dosahování delších časů, nejkratší doby kontroly, vyjma jednoho extrému, činily cca 0,40 s.

V případě kontroly po objetí/předjetí nedošlo v žádném z případů ke vzniku nebezpečné situace. Nebyl zřejmý ani žádný jiný objektivní důvod (výrazný podnět), který by vysvětloval, že hodnoty doby přesahují, v případě pravého zpětného zrcátka i 1,0 sekundy. Délka kontroly souvisí čistě s kontrolou chodce či cyklisty po tom, co se řidič začne vracet do původního koridoru jízdy.

5.7 OBJETÍ PŘEKÁŽKY

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdním manévrem objíždění překážky jsou zřejmé **obr. 64** a **tab. 16**. Střední hodnota doby potřebné ke kontrole levým zpětným zrcátkem před započítáním tohoto jízdního manévru v případech bez provozu za vozidlem činila cca 0,53 s a v případech s provozem za vozidlem byla dokonce kratší cca 0,49 s. Tato skutečnost může být zapříčiněna tím, že statistický soubor pro provoz za vozidlem byl pouze třetinový oproti souboru bez provozu za vozidlem. Stejně jako v případě kontroly související s předjížděním a objížděním chodce, je zřetelná delší doba při zpětném zařazování do původního koridoru jízdy. Střední hodnota v tomto případě činila cca 0,69 s. V jednotkách případů byla kontrola prováděna i prostřednictvím středového a pravého zpětného zrcátka. Pro statistickou analýzu ale tento počet nebyl dostatečný.



Obr. 64: Kontrola situace za vozidlem při objetí překážky

Legenda: Jízdní situace: (Před objetím) kontrola před započítáním objíždění překážky, (Po objetí) kontrola v rámci ukončování jízdního manévru objíždění překážky

Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.

Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou, v případě zařazování vozidla po objetí řidič vždy kontroluje objížděnou/objetou překážku, z tohoto důvodu není v legendě grafu uvedena zkratka pro situaci za vozidlem.

Tab. 16: Doby trvání kontroly za vozidlem při objetí překážky

	Před objetím, L, N	Před objetím, L, A	Po objetí, P
	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,429	0,401	0,514
Medián	0,533	0,485	0,691
75. percentil	0,706	0,633	0,794
Průměr	0,590	0,540	0,662

Krátkých dob kontroly, dosahovali řidiči podobně jako v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směřoval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku.

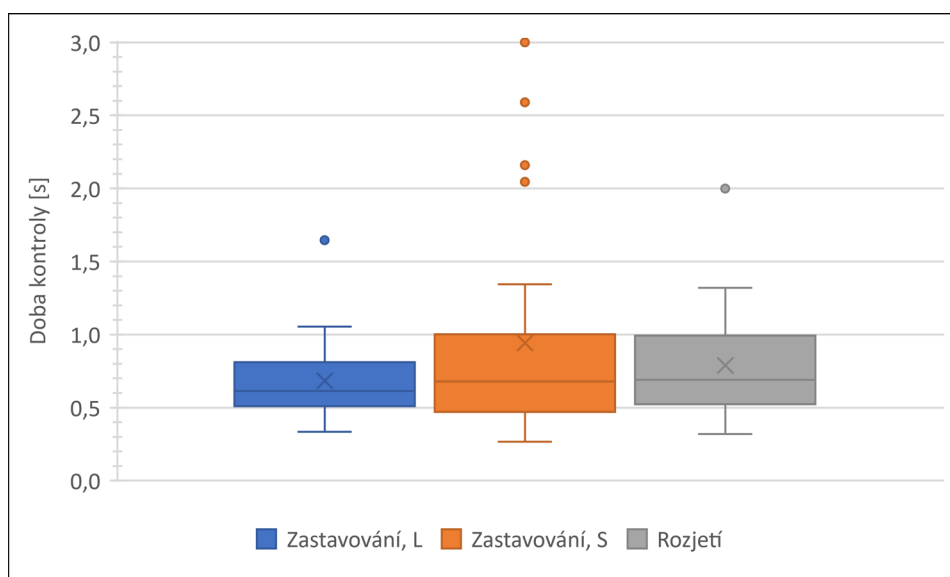
Delší doby v případě kontroly před objetím nebyly opět ve většině případů zapříčiněny žádným významným prvkem/podnětem. Řidič prováděl kontrolu v podmínkách, kdy se za ním nenacházelo žádné vozidlo, případně se vozidlo nacházelo daleko a nepředstavovalo pro něj nebezpečí. V jednom z případů, kdy kontrola trvala cca 1,35 s, začal řidič měnit jízdní koridor v době fixace pohledu do zpětného zrcátka, přičemž se za jeho vozidlem nenacházelo žádné vozidlo. V dalším z případů, odlehlé hodnoty cca 1,25 s, byl řidič nucen před objetím překážky zpomalit a překážku objížděl nízkou rychlostí, v této situaci se za ním nacházelo vozidlo, které před objetím překážky fixoval cca 1,1 s. Zde se opět potvrzují ostatní dříve formulované zákonitosti.

5.8 ZASTAVOVÁNÍ A ROZJETÍ

Poslední skupinou analyzovaných situací jsou zastavování a rozjetí vozidla. V těchto případech může doba kontroly nabývat až jednotek sekund. Tato skutečnost je daná velmi nízkými rychlostmi v čase prováděné kontroly, příp. faktem, že vozidlo před rozjetím stojí. V případě zastavování byly brány v potaz především situace, kdy vozidlo zastavovalo před křižovatkou za již stojícími vozidly, nebo si to vyžádaly jiné podmínky silničního provozu. V těchto případech probíhala kontrola jak prostřednictvím levého, tak i středového zpětného zrcátka. Pravé zrcátko pro tyto účely použito nebylo. V případě rozjetí se jednalo především o situace, kdy se vozidlo rozjíždělo od pravého okraje vozovky, po zastavení na přechodu pro chodce apod. V tomto případě se jednalo o menší statistický soubor, proto byly kontroly provedené levým a středovým zpětným zrcátkem spojeny do jednoho souboru. Pravé zpětné zrcátko pro tyto účely použito nebylo. Doby dosahované při existenci i neexistenci provozu za vozidlem byly obdobné, proto v těchto případech nejsou rozlišovány.

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdními manévry zastavování a rozjetí, jsou zřejmé z **obr. 65** a **tab. 17**. Střední hodnota doby potřebné ke kontrole při zastavování činila cca 0,61 s v případě použití levého zpětného zrcátka a při použití středového činila cca 0,68 s. To v zásadě potvrzuje předešlá zjištění, o delší době v případě kontroly středovým zpětným zrcátkem. Rovněž interval hodnot je opět širší.

Doby trvání doby kontroly v souvislosti s rozjížděním vozidla jsou také zřejmé z **obr. 65** a **tab. 17**. Střední doba trvání kontroly před rozjetím činila cca 0,69 s.



Obr. 65: Kontrola situace za vozidlem při zastavování a rozjetí

Legenda: Jízdní situace: (Zastavování) zastavování vozidla, (Rozjetí) rozjezd po předešlém zastavení vozidla
Druh zrcátka: (L) levé, (S) středové.

Tab. 17: Doby trvání kontroly za vozidlem při zastavování a rozjetí

	Zastavování, L	Zastavování, S	Rozjetí
	[s]	[s]	[s]
25. percentil	0,510	0,472	0,523
Medián	0,613	0,680	0,689
75. percentil	0,810	1,001	0,992
Průměr	0,683	0,942	0,788

Stejně jako ve všech předešlých případech, i v případě kontroly související se zastavováním a rozjížděním nejkratší doby byly dosahovány, v případech, kdy pohledy do scény směřovaly do míst nacházejících se v blízkosti zpětných zrcátek, a k následnému přesunu pohledu do zrcátek byla zapotřebí pouze krátká sakáda.

Z **obr. 65** jsou zřejmé i odlehle hodnoty přesahující čas 1,5 s. V případě zastavování k nim docházelo jak v případech provozu za vozidlem, tak i bez něho. Důvodem těchto extrémů je především velmi nízká rychlost při těchto kontrolách, tudíž nízké nebezpečí z okolí.

V případě rozjetí bylo nejvyšších hodnot dosahováno před samotným rozjetím. Pokud docházelo ke kontrole po rozjetí, bylo dosahováno dob blížících se střední dobou trvání. V případě rozjetí může docházet i k situacím, pokud se vozidlo např. rozjíždí od pravé krajnice a současně je objížďeno i vícero vozidly jedoucími za sebou, že v závislosti na počtu těchto vozidel fixace trvá i několik sekund. Pro řidiče to vzhledem k tomu, že se s vozidlem nepohybuje, nepředstavuje logicky žádné nebezpečí.

6 VÝSLEDKY, JEJICH LIMITACE A DISKUZE

V předešlé kapitole byly postupně analyzovány doby kontroly situace za vozidlem, které řidiči prováděli pomocí zpětných zrcátek v souvislosti s definovanými jízdními manévry. V **tab. 18** jsou přehledně uvedeny zjištěné hodnoty pro 25. percentil, medián, 75. percentil a průměr dosahovaných hodnot doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem.

Tab. 18: Přehled doby trvání kontroly za vozidlem při jednotlivých jízdních operacích

Jízdní operace	Kombinace faktorů	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
		[s]	[s]	[s]	[s]
Prostá kontrola	L,N	0,406	0,504	0,601	0,515
	L,A	0,465	0,555	0,654	0,573
	S,N	0,429	0,534	0,680	0,577
	S,A	0,440	0,549	0,697	0,595
	P,N	0,439	0,565	0,692	0,580
	P,A	0,512	0,638	0,713	0,622
Předjíždění	Před předjetím, L, N	0,411	0,488	0,527	0,503
	Před předjetím, L, A	0,401	0,523	0,798	0,614
	Po předjetí, P	0,603	0,692	0,869	0,762
Odbočování	Vlevo, L, N	0,381	0,499	0,667	0,536
	Vlevo, L, A	0,469	0,554	0,650	0,574
	Vpravo, P, N	0,370	0,512	0,711	0,543
	Vpravo, P, A	0,430	0,508	0,747	0,699
Změna jízdního pruhu	Do levého, L, N	0,437	0,548	0,699	0,606
	Do levého, L, A	0,473	0,600	0,786	0,654
	Do pravého, P, N	0,503	0,663	0,783	0,690
	Do pravého, P, A	0,586	0,785	0,967	0,823
Objetí chodce a předjetí cyklistu	Před objetím, L, N	0,400	0,447	0,558	0,484
	Před objetím, L, A	0,360	0,497	0,563	0,474
	Před objetím, S, N+A	0,361	0,465	0,526	0,461
	Po objetí, S	0,478	0,595	0,832	0,640
	Po objetí, P	0,640	0,760	0,848	0,775
Objetí překážky	Před objetím, L, N	0,429	0,533	0,706	0,590
	Před objetím, L, A	0,401	0,485	0,633	0,540
	Po objetí, P	0,514	0,691	0,794	0,662
Zastavování	Zastavování, L	0,510	0,613	0,810	0,683
	Zastavování, S	0,472	0,680	1,001	0,942
Rozjetí		0,523	0,689	0,992	0,788
Celkem při změně koridoru		0,431	0,550	0,705	0,599
Celkem při návratu do koridoru		0,593	0,719	0,824	0,723
Z celého souboru dat		0,434	0,546	0,681	0,587
Z celého souboru mimo zastavování a rozjetí		0,434	0,542	0,680	0,579

Pro potřeby této práce bylo analyzováno chování celkem 40 řidičů ve věku od 22 do 55 let. Data pro tuto analýzu byla získána na základě provedení tří sérií experimentů zahrnujících rozmanité jízdní situace, které si vyžadovaly kontrolu situace za vozidlem s využitím nepřímého výhledu z vozidla prostřednictvím zpětných zrcátek. Analyzováno bylo téměř 3 500 takových situací.

Z provedené analýzy je zřejmé, že řidičům před započítáním manévru obvykle stačí na kontrolu situace za vozidlem doba v rozsahu (25. a 75. percentil) cca 0,4 až 0,8 s (v případě přejezdu do pravého pruhu až 1,0 s). Vyšších středních hodnot doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem bylo zapotřebí vždy, když se řidiči vraceli do původního jízdního koridoru po předjetí vozidla a cyklisty, nebo objetí chodce a překážky. V těchto případech řidiči vždy kontrolovali předjížděný/objížděný objekt. Pro tyto jízdní operace byl zjištěn rozsah doby kontroly (25. a 75. percentil) cca od 0,5 do 0,8 s pro středové zpětné zrcátko a o něco vyšší pro pravé zpětné zrcátko cca od 0,5 do 0,9 s.

Z uvedeného je tedy zřejmé, že doba potřebná pro vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek obvykle nepřesahuje dobu 1 sekundy.

Dále bylo zjištěno, že přesun pohledu v případě levého a středového zpětného zrcátka trvá obvykle od cca 0,08 do 0,16 s a v případě pravého zpětného zrcátka od cca 0,16 do 0,27 s (25. a 75. percentil) a délka fixace pohledu v zpětném zrcátku se pohybuje nejčastěji v rozmezí od 0,3 s do 0,6 s. Procentuálně tedy v případě levého a středového zpětného zrcátka přesun z celkové doby kontroly trvá cca 20 až 25 %. V případě zrcátka pravého je to až kolem 30 % z celkové doby kontroly. Nemusí to být ale pravidlem, protože se vyskytují případy, kdy je k přesunu pohledu potřebná pouze krátká doba trávající cca 30 až 50 ms, a to především v případech kdy pohled před přesunem do zrcátka směřuje do jeho blízké oblasti.

Vliv na celkovou délku pohledu má mj. také oblast scény, do které směřuje pohled před přesunem do zrcátka. V případech, kdy je pohled před přesunem směřován do blízkosti zrcátka, např. při levém zrcátku do levého předního okna nebo levé strany čelního skla v blízkosti A – sloupku, bývá dosahováno velmi krátkých časů, jednak přesunu ale i fixace. Vliv má na to mj. zřejmě i parafoveální a periferní vidění.

Při analýze měření bylo mj. zjištěno, že délka pohledu závisí také např. na nebezpečnosti dané situace, a i v případě nepřímého výhledu z vozidla se určitým způsobem uplatňuje koncept rizikové doby (angl. Time to collision – TTC), viz **kap. 2.4.1**, nebo je zde možné nalézt určitou analogii. V případech blízkého nebezpečí, kdy řidiči museli řešit i neočekávanou situaci, dosahovali běžných nebo spíše krátkých dob kontroly. V situacích, kdy řidičům nehrozilo žádné nebezpečí,

doby kontroly byly rozloženy v rámci celého naměřeného spektra, od extrémně krátkých po dlouhé, kdy řidiči fixovali pohled do zrcátka i déle jak sekundu, přitom se ale před nimi ani za nimi nemusel nenacházet žádný jiný účastník silničního provozu. Samostatnou kapitolou jsou ale situace, kdy se za vozidlem nachází v relativně blízké vzdálenosti jiné vozidlo. V takových situacích se doba kontroly prodlužuje spíše k vyšším hodnotám 75. percentilu nebo i vyšším, a to především v těch situacích, kdy je rozdíl rychlostí vozidel malý, tedy řidiči potřebují na analýzu situace více času současně, ale situace není natolik nebezpečná, aby řidiči prováděli kontrolu tak, jak v případě blízkého nebezpečí. Tato skutečnost se projevuje především při zařazování, střídavém řazení („zipování“), změně jízdního pruhu, nebo při předjíždění na víceproudé komunikaci apod.

Důležitým faktorem pro délku trvání kontroly prostřednictvím zpětných zrcátek je správné nastavení sedadla a zrcátek. To bylo možné vidět např. na tom, že při správném nastavení řidičům stačily k přesunu zraku sakády nebo jen jemný pohyb hlavy. U řidičů, u kterých nedošlo k optimálnímu nastavení těchto prvků, bylo z důvodu kompenzace zorného úhlu potřebné i při kontrole levého a středového zpětného zrcátka výraznější natočení hlavy, což mělo vliv na prodlužování doby kontroly.

Při analýze získaných dat bylo možné sledovat rozličné strategie jednotlivých probandů a s tím např. i spojené délky doby kontroly. Pokud řidiči kontrolovali situaci za vozidlem průběžně (pravidelně), bez ohledu na to, které zrcátko pro kontrolu používali, byly zpravidla jejich doby kontroly kratší než v případě řidičů, u kterých byla četnost kontrol nízká, nebo kontrolovali situaci pouze v případech, kdy chtěli započít některý z jízdních manévru.

Co se týče rozdílných strategií: zajímavé bylo například sledovat chování řidičů při změně jízdního pruhu.

- Některým řidičům stačil před změnou pruhu jeden pohled do zpětného zrcátka, jehož délka odpovídala zjištěné střední hodnotě doby kontroly. Na konci fixace případně v průběhu přesunu zraku zpět do scény, či krátce po tomto přesunu, začali měnit koridor jízdy.
- Jiná skupina řidičů sice také prováděla před změnou pruhu pouze jeden kontrolní pohled, ale změnu koridoru začali provádět ještě v průběhu fixace. V takovýchto případech nabývaly doby kontroly hodnot 75. percentilu a vyšších.
- Poslední třetí skupinu charakterizovala četnost pohledů před započítáním tohoto jízdního manévru. V krátké době před změnou pruhu provedli kontrolu opakovaně nejčastěji 3 až 4 krát, přičemž doby kontroly dosahovaly nízkých nebo středních hodnot. Přesun zraku byl prováděn v zásadě pouze mezi situacemi před vozidlem a zrcátkem.

Zajímavá je také preference zrcátek. Nejčastěji používaným zrcátkem je levé zpětné zrcátko. Někteří řidiči ale preferují středové zrcátko, a to např. i v situacích, kdy by bylo zřejmě vhodnější použít některé z vnějších zrcátek. Typickým příkladem může být např. odbočování vpravo nebo zařazování po předjetí a objetí, kdy by bylo přirozené použití pravého zpětného zrcátka. Řidiči si přesto vybrali pro kontrolu středové zpětné zrcátko. Naopak v situacích, kdy je přirozené použití středového zpětného zrcátka, typicky při zastavování na křižovatce či v koloně, kdy většina řidičů kontroluje za nimi jedoucí, resp. zastavující vozidlo, se vyskytovali řidiči, kteří pro tuto činnost využívali některé z vnějších zpětných zrcátek, nejčastěji levé.

Limitací výsledků této práce může být vzorek probandů, tedy především jejich množství, ale i míra jejich zkušenosti. Vzorek 40 zkušených řidičů byl sice jednoznačně dostatečný pro splnění cílů této práce, což potvrzuje i poměrně malý rozptyl výsledků, jejich výběr byl ale realizován pro zajištění co nejkonzistentnějších dat a experiment byl plánován tak, aby byly co nejvíce eliminovány faktory, které mohou ovlivňovat vnímání člověka a tím prodlužovat kontrolu situace za vozidlem a následnou reakci. Zjištěné doby kontroly jsou spíše na dolní hranici a v individuálních případech mohou být delší např. při projevech únavy, nevyhovující psychofyziologické kondici řidiče, u nezkušených řidičů atd.

Částečnou limitací výsledků může být také použitá metoda měření. Eyetracking doplněný o vozidlová data sice řidiče nijak extrémně nezatěžuje, nicméně řidič tuší, že je jeho chování pozorováno, a i když netuší, které z parametrů jsou sledovány, může na něj tento fakt podvědomě působit a mít určitý vliv na jeho chování a dosahované časy kontrol a reakcí tak mohou být mírně zkresleny. Pro eliminaci tohoto vlivu by bylo vhodné v budoucnu užití vzdáleného sledování očí např. v naturalistických studiích, či při delších jízdních zkouškách, kdy si řidič časem na přítomnost měřicí aparatury zvykne.

Limitací této práce pro potřebný soudního inženýrství a analýzy silničních nehod může být také ta skutečnost, že pro aplikaci zjištěných dat je vhodné mít hlubší znalost problematiky kontroly situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu. K rozšíření znalostí čtenáře, resp. znalce, který by chtěl tyto výsledky použít, může přispět samotná práce. Je ale nutné si uvědomit, že samotná kontrola je v zásadě vždy součástí složitějšího manévru a skládá se z primární a sekundární aktivace. Tudíž v případě analýzy nehodového děje je nutno mít na zřeteli, že s ní nelze zacházet pouze jako s tabulkovou hodnotou, jako je tomu často například v případě reakční doby, ale jako s jednou z komponent složitějšího jízdního manévru.

7 ZÁVĚR, NÁVRHY NA DALŠÍ VÝZKUM A PŘÍNOS PRÁCE

Dostatečná a včasná kontrola situace za vozidlem je důležitým faktorem pro bezpečnost silničního provozu. Znalost doby, která je k takové kontrole potřebná, může být užitečným faktorem například při analýze dopravních nehod prováděné znalcem.

Na základě problémové situace byly definovány tři problémy, jejichž vyřešení si tato práce kladla za cíl. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že jsou řešitelné, pouze bylo potřebné změnit jejich pořadí. Na základě provedené analýzy současného stavu a realizace experimentů dospěl autor této práce k následujícímu řešení definovaných problémů:

1. Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.

Stanovení těchto vlivů bylo provedeno v **kap. 2.7** a vliv některých faktorů byl analyzován na základě provedených experimentů. Bylo zjištěno, že světelné podmínky (den/noc), typ silnice a provozu (město/mimo město) nemají významný vliv na trvání délky kontroly za vozidlem. Na délku kontroly měl vliv především druh prováděného manévru a také přítomnost jiného účastníka silničního provozu za vozidlem. Další vlivy jako věk (mladí/staří), nezkušenost, zhoršené podmínky viditelnosti, znečištěná okna nebo zrcátka, pohlaví, psychofyzilogická kondice, únava, stres atd., které mohou zhoršovat vnímání a následnou reakci řidiče při kontrole situace za vozidlem, byly eliminovány při návrhu a realizaci experimentu. Tyto vlivy mohou být námětem pro další práce.

2. Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.

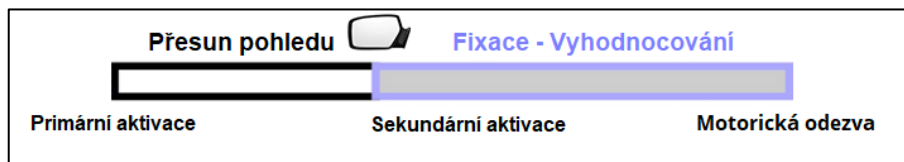
Na základě provedené analýzy současného stavu byl navržen a realizován experiment za použití metody eyetrackingu a současného sběru vozidlových dat. Analýzou získaných dat bylo pak možné definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“ a také stanovit pro jízdní manévry předjíždění, odbočování a další obvyklou dobu trvání této doby.

Bylo zjištěno, že zkušení řidiči potřebují ke kontrole situace za vozidlem v podmínkách, kdy není snížena, resp. omezena možnost jejich vnímání, dobu v rozsahu od cca 0,4 do 0,9 s a tato doba obvykle nepřesahuje dobu 1 sekundy.

3. Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“.

Doba potřebná ke kontrole situace za vozidlem (řešení problému č. 3), je ohraničená počátkem přesunu pohledu do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj. V převážné

většině případů řidiči začínají provádět potřebný manévř, například změnu jízdního koridoru, na konci fixace pohledu do zpětného zrcátka. Graficky je doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem navržena autorem této práce, vycházející z provedených experimentů, znázorněna na **obr. 66**.



Obr. 66: Doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem

Návrhy na další výzkum

Vzhledem k tomu, že se ukázalo, že na dobu kontroly situace za vozidlem má významný vliv okolní provoz, a především existence jiného účastníka silničního provozu za vozidlem, bylo by vhodné v budoucích měřeních lépe definovat, jaký vliv má na dobu kontroly vzájemná rychlost a vzdálenost, resp. časový odstup vozidel a ověřit výše uvedené výsledky např. na základě definovaných jízdních scénářů.

Pro účely takového měření by mohly sloužit například různé snímače založené na principu ultrazvuku nebo radaru kontrolující situaci za vozidlem. Bylo by možné také použít senzor obdobný senzoru Mobileye, kterým je vybaven měřicí systém VTK instalovaný do měřicího vozidla BMW, který vlastní ÚSI VUT v Brně. Tento senzor funguje na principu kamery a umožňuje detekovat vozidla a chodce a dopočítat časový odstup od těchto účastníků silničního provozu. Dále by bylo vhodné tyto pilotní výsledky rozšířit především o kvantifikaci ovlivňujících faktorů, které byly při získání tohoto základního („ideálního“) souboru probandů vyloučeny. Tyto faktory by s velkou pravděpodobností prodloužily dobu potřebnou ke kontrole situace za vozidlem. Mohlo by být prozkoumáno chování mladých, resp. nezkušených řidičů a řidičů seniorů. Dále lze zkoumat různé podmínky ovlivňující výhled, např. viditelnost zhoršená deštěm, sněžením, mlhou nebo také znečištěním skel či zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Prozkoumána by mohla být situace za vozidlem také např. ve vztahu k únavě, stresu, rozptýlení atd., což jsou relevantní náměty na další výzkum v této oblasti.

Přínos práce

Přínos této práce lze spatřit zejména ve třech oblastech, a to vědecko-teoretický, praktický a v neposlední řadě pedagogický.

Vědecko-teoretický přínos práce spočívá v provedené analýze současného stavu poznání, návrhu, realizaci a verifikaci experimentu pro měření a analýzu dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem.

Praktický přínos je patrný zejména v oblasti analýzy dopravních nehod, kde se znalci často setkávají s otázkou na popis předstřetového pohybu vozidel a možnosti účastníků k tomu, aby nehodě zabránili. Tyto časoprostorové analýzy v případech změn směrů jízdy (především odbočování a předjíždění) souvisí také s dobou, která je pro kontrolu situace za vozidlem potřebná. Získaná data rozdělená na základě jízdních situací je možné obezřetně po zohlednění všech faktorů konkrétních nehod použít při analýze skutečných dopravních nehod. Práce jako celek také může přispět k rozšíření vzdělání znalců v oblastech týkajících se problematiky nepřímého výhledu z vozidla.

Přínos v pedagogické oblasti je možné spatřit např. při vzdělávání na odborných kurzech, výuce v bakalářských i magisterských oborech zaměřených na problematiku dopravních nehod a chování řidičů v silničním provozu. Získané znalosti mohou být uplatněny také při výuce v autoškolách pro studenty připravující se na získání oprávnění, ale např. i pro přeškolení řidičů, aby tak získali další vědomosti, které mohou zlepšit jejich chování v reálném silničním provozu, a to především v situacích, kdy je potřebné užití nepřímého výhledu z vozidla.

Na závěr považuje autor této práce za velmi důležité, zdůraznit skutečnost, která již byla naznačená v limitaci výsledků. Faktem je, že zjištěné hodnoty nelze použít jako pouhé tabelární hodnoty a znalec musí mít pro jejich interpretaci hlubokou znalost dané problematiky. Jak uvádí Semela [4]: *„Jednotlivé typy dopravních nehod se liší typem dopravního prostředku, jeho vlastnostmi, topologií, geometrií a strukturou, typem okolí objektu a vnějšími projevy, přičemž způsob přípravy a vytváření podstatných entit, parametrů, charakteristik a veličin a důsledky do okolí jsou podobné“*. Tedy pokud znalec řeší konkrétní dopravní nehodu, je nutno k ní přistupovat jako k individuální problémové situaci a zohlednit všechny skutečnosti, které mohli mít vliv na jednotlivé prvky soustavy řidič – vozidlo – okolí a tím na celkový průběh dané DN. Samotná doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem je vždy součástí komplexní operace, tedy např. je nutno vzít v potaz situaci před a za vozidlem, složitost dopravní situace, osobu řidiče, konstrukční uspořádání vozidla a zařízení pro nepřímý výhled vozidla a další faktory popsané v **kap. 2.7** této práce.

Je nutné si uvědomit, že samotná kontrola je v zásadě vždy součástí složitějšího manévru a skládá se z primární a sekundární aktivace. Tudíž v případě analýzy nehodového děje je nutno mít na zřeteli, že s dobou kontroly situace za vozidlem nelze zacházet pouze jako s hotovou tabulkovou hodnotou, jako je tomu často například v případě reakční doby, ale jako s jednou z komponent složitějšího jízdního manévru. Doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem nezahrnuje reakci na předešlou situaci v silničním provozu ani následnou odezvu vozidla, jedná se čistě o hodnotu vypovídající o času potřebném k analýze situace řidičem. V analogii k reakční době se jedná o optickou a psychickou složku této doby. V této práci byly zjištěny doby kontroly

Závěr, návrhy na další výzkum a přínos práce

za ideálních podmínek, tedy nejkratší možné doby trvání kontroly situace za vozidlem. V případě řešení analýzy reálných dopravních nehod budou skutečné doby v závislosti na ovlivňujících faktorech v zásadě vždy delší. A tyto faktory je vždy nutno individuálně zohlednit.

Na základě výše uvedeného, je tedy s hodnotami zjištěnými v této práci potřebné pracovat velmi obezřetně!

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JANÍČEK, Přemysl. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí: učební texty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 9788072045556.
- [2] *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2019* [online]. 2020 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [3] *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2018* [online]. 2020 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [4] 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.
- [5] COOK, S., SUMMERSKILL, S., MARSHALL, R., et al., 2011. *The development of improvements to drivers' direct and indirect vision from vehicles - impact assessment*. Report for Department for Transport DfT TTS Project Ref: S0906 / V8. Loughborough: Loughborough University. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/2134/8873>
- [6] BRADÁČ, Albert a kolektiv. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1997. ISBN 80-7204-057-x.
- [7] KLEDUS, Robert a kol. *INOVOVANÁ METODIKA ZJIŠŤOVÁNÍ DOHLEDNOSTI NA CHODCE ZA VIDITELNOSTI SNÍŽENÉ TMOU: Výstup řešení projektu TAČR: Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-01-17]. Dostupné z: <http://disk1.usi.vutbr.cz/znalci/Methodika%20VyP%20-%20text.pdf>
- [8] CHMELÍK, Jan a kolektiv. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.
- [9] ROBINSON, Gordon H., DONALD J. ERICKSON, GREGORY L. THURSTON a RICHARD L. CLARK. *Visual Search by Automobile Drivers. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2016, 14(4), 315-323 [cit. 2020-01-06]. DOI: 10.1177/001872087201400404. ISSN 0018-7208. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872087201400404>
- [10] ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
- [11] *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*. Praha: Armex Publishing, 2019. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-61-8.
- [12] *Motor Vehicle Drivers' Eye Locations: J941 MAR2010*. United States: SAE International, 2010.
- [13] *Describing and Measuring the Driver's Field of View: J1050 FEB2009*. United States: SAE International, 2009.
- [14] *Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska dopředného pole výhledu řidiče: Předpis č. 125. Rev. 2*. Praha: Translation TÜV SÜD Czech, 2016.
- [15] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 46 – Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení pro nepřímý výhled a motorových vozidel z hlediska montáže těchto zařízení. Rev. 6*. Praha: Translation TÜV SÜD Czech, 2017.
- [16] VALÁŠEK, Dominik. *Samostmívací zrcátko je nenápadná, ale šikovná věc. Víte, jak funguje? Automix* [online]. 2017 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://automix.denik.cz/zivot-ridice/jak-funguje-samostmivaci-zrcatko-20170717.html>

- [17] MACEK, Jan. *Z kabelek až na čelní sklo*. Výzkum Vývoj Automotive. [Online] Boomerang Publishing, 14. duben 2015. [cit. 2020-01-18.] <http://www.vvautomotive.cz/z-kabelek-az-na-celni-sklo/>.
- [18] SideView Mirror Solutions. In: Burco [online]. Burco, Inc., [cit. 2020-01-18.] <http://burcoinc.com/side-view-mirror-solutions/>.
- [19] Shaping Future Transportation 2015 – Campus Safety –Mirror Cam; Mercedes-Benz Future Truck 2025. In: Daimler [online]. 2015 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture.xhtml?oid=7556129>
- [20] *MirrorCam as standard* [online]. 2018 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/trucks/the-new-actros-2019/>
- [21] *Lexus to beat Audi to market with side cameras* [online]. QuattroDaily, 2018 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://www.quattrodaily.com/lexus-to-beat-audi-to-market-with-side-cameras/>
- [22] JANTE, Alfred. *Mechanika ruchu samochodu: część 1*. Warszawa: Wydawnictwa komunikacyjne, 1959.
- [23] Muttart, J. W. (2003). *Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis* (2003-01-0885). Warrendale, PA: SAE International
- [24] JOHANSSON, Gunnar a Kåre RUMAR. Drivers' Brake Reaction Times. *Drivers' brake reaction times. Human Factors*. 1971, **13**(1), 23-27. DOI: 10.1177/001872087101300104. ISSN 0018-7208.
- [25] OLSON, Paul L. a Michael SIVAK. Perception-Response Time to Unexpected Roadway Hazards. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2016, 28(1), 91-96 [cit. 2020-01-19]. DOI: 10.1177/001872088602800110. ISSN 0018-7208. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872088602800110>
- [26] SIVAK, Michael, Paul L. OLSON a Kennerh M. FARMER. *Effects of high-mounted brake lights on the behavior of following drivers*. (UM-HSRI-81-1). Michigan: University of Michigan, Highway safety Research Institute., 1981.
- [27] *Highway information systems, visibility, and pedestrian safety*. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy of Sciences, 1983. ISBN 030903518x.
- [28] HARTMANN, E. Reaktionszeit im Strassenverkehr. In: *Reaktionszeit von Kraftfahrern*. Berlin: Institut für Lichttechnik der Technischer Universität, 1979, s. 7-17
- [29] 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.
- [30] WIESE, Emily a John D. LEE. Effects of Multiple Auditory Alerts for in-Vehicle Information Systems on Driver Attitudes and Performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* [online]. 2001, 45(23), 1632-1636 [cit. 2020-01-19]. DOI: 10.1177/154193120104502315. ISSN 1541-9312. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154193120104502315>
- [31] LEE, John D. a kol. *Can collision warning systems mitigate distraction due to in-vehicle devices?*. Iowa City: Cognitive Systems Laboratory , Department of Industrial Engineering, University of Iowa, 2000.
- [32] KRAUSS, David A. *Forensic aspects of driver perception and response*. Fourth edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2015]. ISBN 978-1-936360-33-8.

- [33] RÁBEK, Vlastimil, ed. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba: (sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací) = Menschliche Wahrnehmung und Entscheidungsprozesse in Straßenverkehr - Tageszeit : (Sammelbuch inländischer und übernommener fremdsprachigen Veröffentlichungen)*. Olomouc: Properus, 2014. ISBN 978-80-904944-2-8.
- [34] HOOPER, Kevin G. a Hugh W. MCGEE. Driver perception-reaction time: Are revisions to current specification values in order? *Transportation Research Record*. Transportation Research Board, 1983, (904), 21-29. ISSN 0361-1981. Dostupné také z: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1983/904/904-004.pdf>
- [35] STAŃCZYK, Tomasz L. a kol. Výzkum reakcí řidiče na zprava přijíždějící vozidlo. In: *XIX. výroční konference EVU*. Praha: Tribun EU, 2010, s. 41-53. ISBN 978-80-7399-128-9.
- [36] PFLEGER, Ernst. Hazard recognition and reaction in practice - exact time proof by visualization analysis. In: *21st Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis*. Braşov: Asociația EVU GRUP ROMÂNIA, 2012, s. 111-120. ISBN 978-973-0-13537-4.
- [37] PFLEGER, Ernst. Nové vědecké poznatky v oboru zkoumání chování lidského zraku a využití daných poznatků při rekonstrukci dopravních nehod. RÁBEK, Vlastimil. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba*. Olomouc: Properus, 2014, s. 170184. ISBN 978-80-904944-2-8.
- [38] TIJERINA, Louis, Barry H. KANTOWITZ, Steven M. KIGER a Thomas H. ROCKWELL. Driver Workload Assessment of In-Cab High-Technology Devices. In: *The Fourteenth International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*. Munich: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 1995, s. 330-342.
- [39] KIGER, Steven M., Thomas H. ROCKWELL a Louis TIJERINA. Developing Baseline Data on Heavy Vehicle Driver Visual Workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* [online]. 1995, 39(17), 1112-1116 [cit. 2020-01-05]. DOI: 10.1177/154193129503901710. ISSN 1541-9312. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154193129503901710>
- [40] BHISE, Vivek D., James F. MELDRUM, Daniel D. JACK, George M. TROELL, David H. HOFFMEISTER a Lyman M. FORBES. Driver Head Movements in Left Outside Mirror Viewing. In: *SAE International in United States*. 1981, 1981-06-01, s. -. DOI: 10.4271/810761. ISSN 0148-7191. Dostupné také z: <https://www.sae.org/content/810761/>
- [41] MOURANT, Ronald R. a Thomas H. ROCKWELL. Mapping Eye-Movement Patterns to the Visual Scene in Driving: An Exploratory Study. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 1970, 12(1), 81-87 [cit. 2020-01-20]. DOI: 10.1177/001872087001200112. ISSN 0018-7208. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872087001200112>
- [42] REGAN, Michael A., John D. LEE a Trent W. VICTOR. *Driver distraction and inattention.: advances in research and countermeasures*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. Human factors in road and rail transport. ISBN 9781138077041.
- [43] CASTRO, Cándida. *Human factors of visual and cognitive performance in driving*. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 978-1-4200-5530-6.
- [44] DETTINGER, Jürgen. Reaktionsdauer bei Notbremsungen - Entwicklung und Status quo des Erkenntnisstandes Teil 1. *VERKEHRSUNFALL UND FAHRZEUGTECHNIK*. 2008, 46(6). ISSN 0724-2050.

- [45] Reaktionsverhalten älterer Autofahrer. *Ureko Spiegel* [online]. 2007, (08), 4 [cit. 2020-01-21]. Dostupné z: <http://www.ureko.de/downloads/urekospiegel/2.pdf>
- [46] SMILEY, Alison a Gerson J. ALEXANDER. *Human factors in traffic safety*. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2016]. ISBN 978-1-933264-88-2.
- [47] Treat J., A Study of Pre-crash Factors Involved in Traffic Accidents, *HSRI Research Review*, Volume 10, number 6, 1977
- [48] Rumar, Kaře, Statens väg- och trafikinstitut and Australian Road Research Board. Conference Melbourne, Vic.) (11th : 1982 *The human factor in road safety*. VTI, Linköping, 1982.
- [49] Štikar, J., Hoskovec, J., Šmolíková, J., *Psychologická prevence nehod*. (Teorie a praxe), Praha, 2006.
- [50] JANÍČEK, Přemysl. *Systémová metodologie: brána do řešení problémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8.
- [51] HANOWSKI, Richard J. a kol. Driver Distraction in Commercial Motor Vehicle Operations. REGAN, Michael A. a kol. *Driver distraction and Inattention: Advances in Research and Countermeasures*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017, s. 141-156. ISBN 978-1-138-07704-1.
- [52] SHINAR, David. *Traffic safety and human behavior*. Bingley: Emerald, 2007. ISBN 978-0-08-045029-2.
- [53] MAUER, D a FAWCETT, D., "Methods of Application - Field of View Targets," SAE Technical Paper 730610, 1973, doi:10.4271/730610 Dostupné z: <http://papers.sae.org/730610/>
- [54] DANIEL D., Jack. *Rear Field of View Targets*. In: SAE Technical Paper 730608. Ford Motor Co., 1973. DOI: 10.4271/730609. Dostupné z: <http://www.scopus.com>
- [55] MORTIMER, R. a C. JORGENSON. *Drivers' Vision and Performance with Convex Exterior Rearview Mirrors*. In: SAE Technical Paper 740961. 1974. DOI: 10.4271/740961. Dostupné z: <http://papers.sae.org/740961/>
- [56] LAVALLIÈRE, Martin, Normand TEASDALE, Mathieu TREMBLAY, Nathan NGÂN, Martin SIMONEAU a Denis LAURENDEAU. *Visual inspections made by young and elderly drivers before lane changing*. *Advances in Transportation Studies*. 2007, 23 - 30. Dostupné z: http://www.researchgate.net/publication/259194536_Visual_inspections_made_by_young_and_elderly_drivers_before_lane_changing
- [57] LAVALLIÈRE, M, D LAURENDEAU, M SIMONEAU, N TEASDALE. *Changing lanes in a simulator: Effects of aging on the control of the vehicle and visual inspection of mirrors and blind spot*. *Traffic Injury Prevention*. 2011, č. 12, 191 - 200. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15389588.2010.548426>
- [58] SHAHAR, Amit, Editha VAN LOON, David CLARKE a David CRUNDALL. Attending overtaking cars and motorcycles through the mirrors before changing lanes. *Accident Analysis and Prevention*. 2012, vol. 44, issue 1, s. 104-110. DOI: 10.1016/j.aap.2011.01.001. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457511000029>
- [59] LESER, Hansjörg a Stefan ICKE. Nákladní vozidlo odbočující vpravo a cyklista Nová vyhodnocení výzkumu věnování pohledů. In: *XIX. výroční konference EVU*. Praha: Tribun EU, 2010, s. 29-40. ISBN 978-80-7399-128-9.
- [60] MOURANT, R. R. a R. J. DONOHUE. Mirror Smapling Characteristics of Driver. In: *Automotive Engineering Meeting: SAE 740964*. Toronto, Canada, 1974, s. 1-12.

- [61] KAPLÁNEK, A. *Analýza reakcí řidičů na složené podněty* [online]. Brno, 2010 [cit. 2014-06-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=32790. Dizertační práce. ÚSI VUT v Brně. Vedoucí práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
- [62] *When Driving Automation Fails: Drivers' Experiences and Interactions*. Gotheburg, Sweden, 2014. Thesis for the degree of doctor of philosophy. Chalmers University of Technology.
- [63] OLSON, R.L a kol. Driver Distraction in Commercial Vehicle Operations. *Federal Motor Carrier Safety Administration* [online]. United States. Department of Transportation. Federal Motor Carrier Safety Administration, 2009, 1-285 [cit. 2020-01-02]. DOI: 10.21949/1502647. Dostupné z: <https://rosap.nhtl.gov/view/dot/17715>
- [64] 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). DOI: 10.1207/STHF0203_1. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/STHF0203_1
- [65] HUGEMANN, Wolfgang. *Driver Reaction Times in Road Traffic*. In: EVU 2002. Portorož, Slovenija, 2002, 1 - 12. Dostupné z: http://www.unfallrekonstruktion.de/pdf/evu_2002_reaction_english.pdf
- [66] WERNEKE, Julia a Mark VOLLRATH. *What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior*. *Accident Analysis and Prevention*. 2012, vol. 45, s. 610-619. DOI: 10.1016/j.aap.2011.09.048. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001457511002855>
- [67] PFLEGER, E.,: Blink Analyses and Driver Attention, *Proceedings of the 1st joint ITAI-EVU Conference*, Hinckley, Leicestershire, UK, September 2009, pp. 25-32.
- [68] PFLEGER, Ernst a Christian JECHLINGER. Disclosure of the Differences in the Navigation and Viewing Behaviour at Day and Night with viewpointssystem® ViewingAnalysis based on Real Examples. In: *19th EVU Congress: Prague 2010 : proceedings : English version*. 1st ed. in Tribun EU. Brno: Tribun EU, 2010, s. 59-66. Librix.eu. ISBN 978-80-7399-136-4.
- [69] PFLEGER, Ernst a Manfred HOHENBÜCHLER. Viewing Analyses of Drivers of Electrically Powered Bicycles and SEGWAYS in Conflicts with Bicyclists, Pedestrians and other Road Users. In: *20. EVU ANNUAL MEETING*, 20.15th-17th September 2011. Proceedings: English version. Dt. Version. Graz: University of Technology, 2011, s. 96-103. ISBN 9783851251746.
- [70] PFLEGER, Ernst. Viewing analysis of experienced vs. not experienced motorcyclists and conclusions about traffic-safety. In: *22ND ANNUAL CONGRESS FIRENZE 2013*. Proceedings: English version. Firenze: EVU Italia, 2013, s. 171-174.
- [71] KLEDUS, Robert, Marek SEMELA a Albert BRADÁČ. *Experimental research on the differences in a driver's perception of objects from stationary and moving vehicles*. *International Journal of Forensic Engineering*. 2012, vol. 1, issue 2, s. 167-. DOI: 10.1504/IJFE.2012.050416. Dostupné z: <http://www.inderscience.com/link.php?id=50416>
- [72] *Viewpointssystem®*, [cit. 2014-06-10], dostupné z [www: http://derstandard.at/3030234](http://derstandard.at/3030234)
- [73] DEMASCO, Patrick. *DEVELOPMENT OF A NON-CONTACT EYETRACKING SYSTEM FOR COMMUNICATION AND CONTROL*. In: STEELE, Richard D a William GERREY. Meet the Challenge, Proc of the 10th Annu Conf on Rehabil Technol. Washington, DC, USA: RESNA-Assoc for the Advancement of Rehabilitation Technology, 1987, 688 - 690. Dostupné z: <http://www.scopus.com/>

- [74] LAMBLE, D a kol. Driving performance of drivers with impaired central visual field acuity. *Accident Analysis & Prevention* [online]. 2002, 34(5), 569-716 [cit. 2019-11-01]. DOI: 10.1016/s0001-4575(01)00071-9. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/journal/accident-analysis-and-prevention/vol/34/issue/5>
- [75] Archiv autor
- [76] Archiv doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
- [77] Archiv ÚSI VUT v BRNĚ

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

2020

- [78] NEMCOVA, A., V. SVOZILOVA, K. BUCSUHAZY, R. SMISEK, M MEZL, B. HESKO, M. Belak et al. Multimodal Features for Detection of Driver Stress and Fatigue: Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* [online]. 2020, 1-20 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1109/TITS.2020.2977762. ISSN 1524-9050. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9031734/>

2019

- [79] BUCSUHÁZY, K.; BELÁK, M. 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. (v recenzním řízení D-WoS, Scopus)
- [80] BUCSUHÁZY, K.; SEMELA, M.; BELÁK, M.; 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. s. 95-100.

2018

- [81] PANČÍK, J.; MAXERA, P.; KLEDUS, R.; BELÁK, M.; BILÍK, M. Video Post Processing Method For On Board Vehicle Camera with Integrated Eye Tracker. In *MMS 2018 - 3rd EAI International Conference on Management of Manufacturing Systems*. MMS 2018. 2018. s. 1-10. ISBN: 978-1-63190-167-6. ISSN: 2593-7642.
- [82] KLEDUS, R.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; MAXERA, P.; BELÁK, M. Evaluation of Environmental Limit States at Appraisalment of Trucks. In *SGEM 2018 Conference Proceedings. International multidisciplinary geoconference SGEM*. 2018. s. 359-366. ISBN: 978-619-7408-48-5. ISSN: 1314-2704.
- [83] PANČÍK, J.; MAXERA, P.; BELÁK, M.; KLEDUS, R. Metóda pre spracovanie video záznamov z vozidlovej kamery s integrovaným snímačom polohy očí. In *Expert Forensic Science 2018*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2018. s. 180-188. ISBN: 978-80-214-5600-6.
- [84] 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.

2017

- [85] BILÍK, M.; TOKAŘ, S. et al. Parametry zderzenia - wyniki z testów zderzeniowych najnowszych modeli samochodu Škoda. *Paragraf na drodze*, 2017, roč. 19, č. numer specjalny, s. 7-21. ISSN: 1505-3520.
- [86] 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.
- [87] 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.
- [88] 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.

2016

- [89] 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.
- [90] 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.
- [91] BELÁK, M.; MAXERA, P.; SEMELA, M.; KLEDUS, R.; BRADÁČ, A. Analýza doby, kterou řidič potřebuje k vyhodnocení situace za vozidlem. In *ExFoS 2016, XXV. mezinárodní vědecká konference Soudního inženýrství, Sborník příspěvků*. Brno: 2016. s. 35-41.
- [92] BELÁK, M.; MAXERA, P. Řidičova kontrola situace za vozidlem při jízdě v noci. In *Junior Forensic Science Brno 2016 - sborník příspěvků*. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2016. s. 10-10. ISBN: 978-80-214-5336- 4.

2015

- [93] BELÁK, M. MĚŘENÍ VIZUÁLNÍCH VJEMŮ ŘIDIČE. In *Juniorstav 2015* 17. odborná konference doktorského studia. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015. s. 1-10. ISBN: 978-80-214-5091- 2.
- [94] BILÍK, M.; BELÁK, M.; KUŘE, A. Moderní metody detekce nezřetelných stop pneumatik na vozovce. In *JUFOS 2015*. Brno: VUT v Brně, 2015. s. 25-30. ISBN: 978-80-214-5145- 2.

2014

- [95] BRADÁČ, A. a kol. Zajímavé výsledky VaV činnosti ÚSI v oblasti analýzy silničních nehod. In *XXIII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství sborník příspěvků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014. s. 113-120. ISBN: 978-80-214-4852- 0.
- [96] BELÁK, Michal a Jan SCHEJBAL. Konstrukce zařízení Eyetracker. In: *Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2014*. první. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Údolní 244/53, 602 00 Brno, 2014, 1 - 5. ISBN 978-80-214-4935-0.

2013

- [97] BRADÁČ, A.; SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; BELÁK, M.; BILÍK, M.; SEMELA, M.; ŠKODA, J.; SUMEC, S. Light Reflective Attributes Of Selected Materials. In *Proceedings 22nd Annual Congress Firenze 2013*. Florencie: EVU Italia, 2013. s. 203-210. ISBN: 978-88-903072-7- 0.
- [98] BILÍK, M.; KUŘE, A.; BELÁK, M. Rozdílné pohledy na statistiky nehodovosti v zemích EU. In *Sborník příspěvků konference JUFOS 2013 na CD*. Brno: 2013. s. 69-76. ISBN: 978-80-214-4704- 2.
- [99] SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; BELÁK, M.; BILÍK, M. Světelné vlastnosti reflexních prvků. In *Sborník příspěvků konference JUFOS 2013 na CD*. Brno: 2013. s. 1-9. ISBN: 978-80-214-4704- 2.
- [100] ŠKODA, J.; SUMEC, S.; BAXANT, P.; KRBAL, M.; PAVELKA, T.; BELÁK, M. Hodnocení odrazných prvků reflexních vest. In *Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXX*. 2013. s. 243-149. ISBN: 978-80-248-3173- 2.
- [101] SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; ŠKODA, J.; BELÁK, M.; BRADÁČ, A.; BILÍK, M. Světelné vlastnosti vybraných reflexních prvků. In *Sborník příspěvků konference EXFOS 2013 na CD*. Brno: 2013. s. 210-221. ISBN: 978-80-214-4675- 5.
- [102] SCHEJBAL, J.; BELÁK, M.; BRADÁČ, A.; SEMELA, M.: eyetracker v1; *Měřicí soustava pro vyhodnocení doby pozorování objektu řidičem*. ÚSI VUT v Brně, Údolní 53, 60200 Brno. URL: https://www.vutbr.cz/www_base/gigadisk.php?i=103565a31e. 2013 (funkční vzorek)

2012

- [103] BELÁK, M. MERANIE DOHLADNOSTI NA KONCOVÉ SVETLÁ. In *Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2011*. Brno: 2012. s. 1-11. ISBN: 978-80-214-4485- 0.

SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ A ZKRATEK

- DIY** – do it yourself (angl.) udělej si sám, bez profesionální podpory zhotovený výrobek.
- Detekce** – informačně nejprostší operace zraku, slouží k určení výskytu objektu v zorném poli.
- Diskriminace** – proces rozlišení mezi větším počtem objektů, vyžaduje získání detailnějších informací o vnímaném objektu jako detekce
- SD** – standard deviation (angl.) směrodatná odchylka.
- Fovea** – (lat.) centrální oblast sítnice obsahující výhradně čípky, leží v ose oka, promítá se zde obraz sledovaného objektu.
- Kategorie M** - motorová vozidla konstruovaná a vyrobená především pro dopravu osob a jejich zavazadel.
- M1** – vozidla kategorie M, s nejvýše osmi místy k sezení kromě místa k sezení řidiče. Vozidla náležející do kategorie M1 nesmí mít prostor pro stojící cestující. Počet míst k sezení může být omezen na jedno (tj. místo k sezení řidiče).
- M2** – vozidla kategorie M, s více než osmi místy k sezení kromě místa k sezení řidiče a s maximální hmotností nepřevyšující 5 tun. Vozidla náležející do kategorie M2 mohou mít kromě míst k sezení i prostor pro stojící cestující.
- M3** – vozidla kategorie M, s více než osmi místy k sezení kromě místa k sezení řidiče a s maximální hmotností převyšující 5 tun. Vozidla náležející do kategorie M3 mohou mít prostor pro stojící cestující.
- Kategorie N** - motorová vozidla konstruovaná a vyrobená především pro dopravu nákladů.
- N1** – vozidla kategorie N s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tuny.
- N2** – vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 3,5 tuny, ale nepřevyšující 12 tun.
- N3** – vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 12 tun.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vývoj počtu nehod a jejich následků za rok v ČR v letech 1961 až 2019 [2].....	13
Obr. 2: Podíl řidičů motorových vozidel na zavinění dopravních nehod v letech 2007 až 2019 dle statistik Policie České republiky [75]	16
Obr. 3: Příklad dopravní nehody při odbočování [76].....	17
Obr. 4: Pole výhledu u Třídy I [15]	26
Obr. 5: Pole výhledu u Třídy II [15]	27
Obr. 6: Pole výhledu u Třídy III [15]	28
Obr. 7: Ploché zrcátko [18].....	29
Obr. 8: Konvexní zrcátko [18].....	29
Obr. 9: Asférické zrcátko [18].....	29
Obr. 10: Dvoudílný zrcadlový systém [18].....	29
Obr. 11: Displej vozidla Mercedes-Benz Actros [19].....	30
Obr. 12: Kamera vozidla Mercedes-Benz Actros [20].....	30
Obr. 13: Systém vozidla Lexus ES [19]	30
Obr. 14: Systém vozidla Audi e-tron [20].....	30
Obr. 15: Vliv prvků soustavy na vznik dopravních nehod [47](úprava autor)	31
Obr. 16: Model funkcí určujících získávání a zpracování informací [48][43](úprava autor)	32
Obr. 17: Lidské vidění v závislosti na jasů [10].....	35
Obr. 18: Oblasti (ostrého) vidění lidského oka [36] (úprava autor)	36
Obr. 19: Složky reakční doby dle Muttarta [23](úprava autor)	43
Obr. 20: Schematické znázornění procesu reakce podle Dettingera [33][44](úprava autor).....	45
Obr. 21: Střední doba pohledu na zónu dle zkušenosti řidiče [58].....	49
Obr. 22: Střední doba pohledu do interiérového zpětného zrcátka řidiče dle typu objektu [58]	49
Obr. 23: Jízdní simulátor s pohyblivou základnou VTI Sim IV [62]	51
Obr. 24: Obraz z pěti videokamer multiplexovaný do jednoho obrazu [63]	52
Obr. 25: Měření reakce na rozsvícení brzdových světel [65]	54
Obr. 26: Aparatura použitá Bhisem při analýze pohledů do levého zpětného zrcátka [40].....	55
Obr. 27: Eye marker system [41].....	55
Obr. 28: Vlevo směr pohledu řidiče, vpravo řidička s eyetrackerem Viewpointssystem [72].....	57
Obr. 29: Proband s eyetrackerem Dikablis Glasses 3 [77].....	58
Obr. 30: Instalace systému Smart Eye Pro 5.10 ve vozidle [75].....	58
Obr. 31: Instalace systému Smart Eye Pro dx ve vozidle [75]	59
Obr. 32: Možná instalace systému VTK ve vozidle [77]	60
Obr. 33: Vlastní konstrukce eyetrackeru [75]	61

Obr. 34: Tabulka pro nastavení požadovaných dat z OBD [75]	61
Obr. 35: Grafický výstup z programu s vloženými vozidlovými daty [75].....	61
Obr. 36: Vliv šířky zrcátka na délku pohledu [40].....	63
Obr. 37: Nastavení zrcátek, A – nesprávně, B – správně [32](úprava autor)	64
Obr. 38: Systém veličin [4]	65
Obr. 39: Trasa měření I [75]	77
Obr. 40: Eyetracker Viewpointsystem [77]	77
Obr. 41: Vozidlo Škoda Yeti [77].....	77
Obr. 42: Kontrola situace za vozidlem před objetím chodce [75]	78
Obr. 43: Trasa měření II [75].....	79
Obr. 44: Proband s eyetrackerem Pupil Labs [77].....	80
Obr. 45: Vozidlo Škoda Octavia III [77]	80
Obr. 46: Kontrola situace za vozidlem před objetím stojícího vozidla [75].....	80
Obr. 47: Trasa měření III [75].....	81
Obr. 48: Kontrolní pracoviště VTK [77].....	81
Obr. 49: Měřicí vozidlo BMW [77]	81
Obr. 50: Kontrola situace za vozidlem před objetím stojícího vozidla [75].....	82
Obr. 51: Počátek přesunu pohledu [75].....	83
Obr. 52: Počátek fixace [75]	83
Obr. 53: Konec fixace [75]	83
Obr. 54: Konec přesunu [75]	83
Obr. 55: Kontrola situace za vozidlem levým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách... 86	86
Obr. 56: Kontrola situace za vozidlem středovým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách	87
Obr. 57: Krátká sakáda [75].....	88
Obr. 58: Kontrola situace za vozidlem pravým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách 88	88
Obr. 59: Kontrola situace za vozidlem v závislosti na situaci za vozidlem	90
Obr. 60: Kontrola situace za vozidlem při předjíždění.....	91
Obr. 61: Kontrola situace za vozidlem při odbočování.....	92
Obr. 62: Kontrola situace za vozidlem při změně jízdního pruhu	94
Obr. 63: Kontrola situace za vozidlem při objetí chodce a předjetí cyklistu	95
Obr. 64: Kontrola situace za vozidlem při objetí překážky	97
Obr. 65: Kontrola situace za vozidlem při zastavování a rozjetí	98
Obr. 66: Doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem	105

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Procento respondentů, kteří uvedli riziko vzniku nehody nebo vznik nehody z důvodu různých konstrukčních vlastností vozidla majících vliv na výhled[5](úprava autor).....	18
Tab. 2: Vlastnosti tyčinek a čípků [10].....	34
Tab. 3: Členění reakční doby dle Bradáče [6]	41
Tab. 4: Přehled doby trvání optické a psychické reakce [6].....	42
Tab. 5: Reakční doby řidičů stanovené na základě součtu předpokládaných složek [32](úprava autor)	42
Tab. 6: Měřené veličiny a zařízení pro jejich měření.....	76
Tab. 7: Software využitý pro potřeby experimentu	76
Tab. 8: Doby trvání kontroly levým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách	86
Tab. 9: Doby trvání kontroly středovým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách.....	87
Tab. 10: Doby trvání kontroly pravým zpětným zrcátkem v závislosti na ovlivňujících podmínkách.....	89
Tab. 11: Doby trvání prosté kontroly v závislosti na druhu zrcátka a situaci za vozidlem	90
Tab. 12: Doby trvání kontroly zpětnými zrcátky při předjíždění	91
Tab. 13: Doby trvání kontroly za vozidlem při odbočování.....	93
Tab. 14: Doby trvání kontroly za vozidlem při změně jízdního pruhu	94
Tab. 15: Doby trvání kontroly za vozidlem při objetí chodce a předjetí cyklistu	96
Tab. 16: Doby trvání kontroly za vozidlem při objetí překážky	97
Tab. 17: Doby trvání kontroly za vozidlem při zastavování a rozjetí	99
Tab. 18: Přehled doby trvání kontroly za vozidlem při jednotlivých jízdních operacích	100

CURRICULUM VITAE

MICHAL BELÁK



Základní informace

-  Kameničany 156, 018 54, SK
-  11.06.1987, Bratislava
-  +420 608 308 481, +421 905 116 209
-  michal.belak@usi.vutbr.cz

Vzdělání a akademická kvalifikace

- 2011 – ... **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
obor: Soudní inženýrství: doktorské studium
- 2010 – 2011 **Vysoké učení technické: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**
obor: Energetika: nedokončené studium
- 2009 – 2011 **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
obor: Expertní inženýrství v dopravě: *titul Ing.*
- 2006 – 2009 **Vysoké učení technické: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**
obor: Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika: *titul Bc.*
- 2002 – 2006 **Středná priemyselná škola v Dubnici nad Váhom**
obor: Elektrotechnika

Pracovní zkušenosti

- 06/2015 do současnosti **Vysoké učení technické: Ústav soudního inženýrství**
Odborný pracovník - Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel

Odborné stáže a praxe

- 02/2020 – 03/2020 **University of Žilina**, Department of Mechatronics and Electronics FEE
Žilina, Slovakia
- Eyetracking
- 08/2019 **International Association “Interactive open schools” (MIOS)**
Tuzla, Bosna a Hercegovina