



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

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

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

ANALÝZA ZPŮSOBU REAKCE ŘIDIČE NA NÁHLÝ PODNĚT

ANALYSIS OF DRIVER REACTION TO SUDDEN STIMULUS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Gabriela Brezová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Roman Mikulec

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Studentka:	Bc. Gabriela Brezová
Studijní program:	Expertní inženýrství v dopravě
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Roman Mikulec
Akademický rok:	2020/21
Ústav:	Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel

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 diplomové práce:

Analýza způsobu reakce řidiče na náhlý podnět

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat průzkumem způsobu reakcí řidičů na náhlý podnět – tedy zda budou řidiči jako reakci volit vyhýbání, brzdění, nebo jejich kombinaci. Zohledněny budou řidičská praxe a věk řidičů. Podstatnou částí bude experimentální měření.

Cíle diplomové práce:

1. Provedení rešerše daného tématu
2. Analýza běžného způsobu reakce v závislosti na rychlosti vozidla
3. Naplánování a realizace experimentálních měření
4. Vyhodnocení naměřených dat
5. Stanovení závěrů

Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997. ISBN 80-720-4133-9.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK. 2005. ISBN 80-239-0024-2.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

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

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práca sa zapodievala akými spôsobmi vodiči reagujú na náhly podnet. V teoretickej časti sa rozobrala analýza súčasného stavu, reakčná doba, spôsoby reakcie vodiča, podnety z okolia, vozidlo a jeho asistenčné systémy. Analytická časť práce bola uskutočnená jazdnými skúškami, kde sa zistilo, že spôsob reakcie vodičov závisí od vzdialenosti, na ktorú im vznikne prekážka a od rýchlosti vozidla. Preto sa spracovala analýza závislosti TTC. Zistilo sa, že vodiči pri nízkych hodnotách TTC volili skôr vyhýbanie, pretože v prípade brzdenia potrebujú presunúť nohu z akceleračného pedálu na brzdový pedál a musia brzdiť prudšie. Pri stredných hodnotách TTC vodiči najčastejšie brzdili. V prípade kombinácii vodiči pri nižších hodnotách TTC volili brzdenie s vyhýbaním. Prišlo sa aj na závislosť spôsobu reakcie od vodičských skúsenosti. Neskúsení vodiči skôr volili brzdenie, pri skúsenejších vodičoch boli používané kombinácie.

Abstract

The diploma thesis deal with what ways drivers react to an unexpected stimulus. In the theoretical part, the analysis of the current state, reaction time, methods of reaction of the driver, stimuli from the environment and finally is being analyzed, the vehicle and its assistance systems. The analytical part of the diploma thesis was performed by driving tests, where it was found that the way the driver reacts from the distance to which they are obstructed and the speed of the vehicle. For that reason, a TTC dependency analysis was performed. It was found that drivers at low TTC values chose an obstacle in which they brake the need to move their foot from the accelerator pedal to the brake pedal and they have to brake sharply. At medium TTC values, drivers brake most often. In the case of a combination of conductors, they chose braking with avoiding at lower TTC values and avoiding with braking at medium TTC values. There was also a dependence of the method of reaction on driving experience. Inexperienced drivers rather choose braking, experienced drivers use combinations.

Klíčové slová

Reakčná doba, náhly podnet, spôsoby reakcie vodiča

Keywords

Reaction time, sudden stimulus, driver reaction methods

Bibliografická citace

BREZOVÁ, Gabriela. *Analýza způsobu reakce řidiče na náhlý podnět*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127958>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Roman Mikulec.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Analýza způsobu reakce řidiče na náhlý podnět“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Podakovanie

Na tomto mieste by som veľmi rada poďakovala môjmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Romanu Mikulcovi za cenné rady pripomienky, odbornú pomoc pri vypracovaní práce a pomoc pri realizácii jazdných skúšok.

OBSAH

OBSAH.....	13
ÚVOD.....	15
1 ANALÝZA SÚČASTNEHO STAVU.....	17
1.1 Vodič.....	17
1.1.1 Vnímanie vodiča.....	17
1.1.2 Reakcia vodiča.....	19
1.1.3 Spôsoby reakcie vodičov.....	25
1.2 Podnety z okolia.....	29
1.2.1 Náhly a nenáhly podnet.....	31
1.3 Vozidlo.....	32
1.3.1 Odozva vozidla.....	32
1.3.2 Asistenčné systémy v automobiloch.....	33
1.4 Metódy získavania dát.....	35
2 CIELE DIPLOMOVEJ PRÁCE.....	37
3 NÁVRH EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA.....	38
3.1 Rámcova metodika merania.....	38
3.1.1 Vymedzenie rýchlosti vozidla.....	38
3.1.2 Vymedzenie podnetu.....	39
3.1.3 Vymedzenie spracovania nameraných dát.....	39
4 REALIZÁCIA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA.....	40
4.1.1 Účastníci merania.....	40
4.1.2 Testovacia dráha.....	40
4.1.3 Meracie zariadenia.....	41
4.2 Spracovanie dát.....	42
5 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH DÁT.....	45
5.1 Vyhodnotenie spôsobu reakcie v závislosti na vzdialenosti.....	45
5.2 Vyhodnotenie dodržiavanie stanovenej rýchlosti.....	46
5.3 Vyhodnotenie reakcie v závislosti na TTC.....	46
5.4 Vyhodnotenie výsledkov Pre náhly podnet.....	48
5.5 Vyhodnotenie spôsobu reakcie respondentov.....	48
5.5.1 Vyhodnotenie respondentov samostatne.....	49
5.6 Zhodnotenie odpovedí respondentov.....	51
ZÁVER.....	53

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	54
ZOZNAM TABULIEK.....	57
ZOZNAM GRAFOV.....	57
ZOZNAM OBRÁZKOV.....	57
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	58
ZOZNAM PRÍLOH.....	58
PRÍLOHA Č.1	59
PRÍLOHA Č.2	60

ÚVOD

Diplomová práca na tému: „Analýza spôsobu reakcie řidiče na náhlý podnět“ sa venuje analýze prieskumu, toho akým spôsobom vodiči reagujú na náhlý podnet v cestnej premávke. Vodiči volia reakcie ako brzdenie, vyhýbanie alebo ich kombinácie v závislosti na rýchlosti vozidla a vzdialenosti, na ktorú náhlý podnet začne vznikať. Takto definovaný pomer vzdialenosti vozidla od prekážky predstavujúcej hrozbu zrážky k rýchlosti vozidla je vlastne pojem Time To Collision (TTC) a z reakčnou dobou je úzko spojený.

Na spôsobe reakcie vodičov sa v práci prihliada aj na vek a prax vodičov. V cestnej premávke sa môžeme stretnúť s rôznymi náhlymi podnetmi. V súčasnej modernej dobe sa mnoho ľudí okrem šoférovanía venuje aj iným činnostiam, napr. telefonovaniu, čo môže mať za následok oneskorenie reakcie na náhlý podnet a to môže tiež ovplyvniť voľbu spôsobu reakcie.

Znalci v odbore cestnej premávky pri analýze dopravných nehôd musia riešiť rôzne situácie. V mnohých prípadoch ide o reakcie na náhlý podnet. Preto v rámci svojej praxe potrebujú vedieť akým spôsobom vodiči reagujú na náhle podnety pre stanovenie technickej prijateľnosti výpovedí účastníkov nehody alebo popripade možnosti odvrátenia stretu.

Prvá kapitola diplomovej práce sa zaoberá vodičom – jeho vnímaním, reakciou a spôsobmi reakcie. V ďalšej časti prvej kapitoly sa pozornosť venujeme porovnaniu náhleho a nenáhleho podnetu, vozidla, a to konkrétne odozve vozidla a asistenčnými systémami v automobiloch. V poslednej časti prvej kapitoly sú spomenuté metódami zberu dát.

Druhá kapitola diplomovej práce definuje ciele práce. Základným cieľom diplomovej práce je zistiť správanie sa vodičov na náhlý podnet v závislosti na rýchlosti vozidla, teda a akým spôsobom budú reagovať na vzniknutú situáciu.

Tretia kapitola sa zaoberá návrhom experimentálneho merania, pričom sa zameriava na rámcovú metódu merania, kde sa vymedzí rýchlosť vozidla, podnet a spôsob spracovania nameraných dát.

Štvrtá kapitola práce sa zaoberá samotnou realizáciou experimentálneho merania, pričom sa definujú účastníkov merania, testovacia dráha a meracie zariadenia, a následne sa venuje spracovaniu dát.

V piatej kapitole diplomovej práce sa vyhodnocujú namerané dáta z realizovaného experimentálneho merania. V práci sa postupne vyhodnotí spôsob reakcie v závislosti

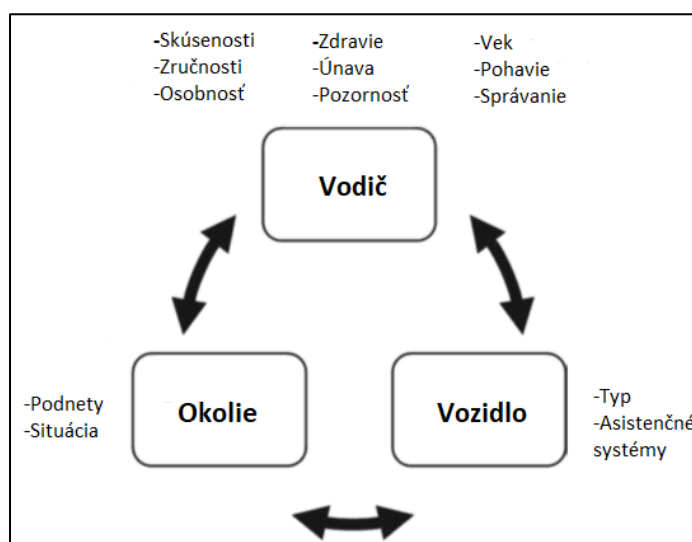
na vzdialenosti, dodržiavanie stanovenej rýchlosti, reakcie v závislosti na TTC, taktiež sa vyhodnotia výsledky pre náhly podnet pri prvom meraní. Taktiež sa vyhodnotí spôsob reakcie účastníkov experimentu samostatne a zhodnotia sa ich odpovede na dotazníky.

1 ANALÝZA SÚČASTNEHO STAVU

Jedným z najrozšírenejších modelov znázorňujúcich cestnú dopravu je interakcia medzi človekom (vodič, účastník cestnej premávky), vozidlom (dopravný prostriedok) a okolím (dopravné cesty a ich okolie). Jednou z hlavných výziev pre vodiča je interakcia a komunikácia s ostatnými účastníkmi cestnej premávky. Napríklad ide o interakciu a komunikáciu medzi:

- vodičom a ostatnými vozidlami alebo chodcami
- vodičom a vozidlom, ktoré riadi
- vozidlom, respektíve asistenčnými systémami vozidla a okolím vid. Obr. 1.

Tieto tri prvky na seba vzájomne pôsobia a ovplyvňujú sa. [1] [2]



Obr. 1 Interakcia vodič, vozidlo a okolie [2]

1.1 VODIČ

Táto podkapitola sa zaoberá zmyslovými vnemami vodiča, či už zrakovým a sluchovým vnemom. Definuje sa pojem reakčná doba a bližšie sa popíšu zložky reakčnej doby a uvedú sa faktory, ktoré ovplyvňujú reakčnú dobu. Spomenú sa metódy merania reakčnej doby a spôsoby reakcií vodičov.

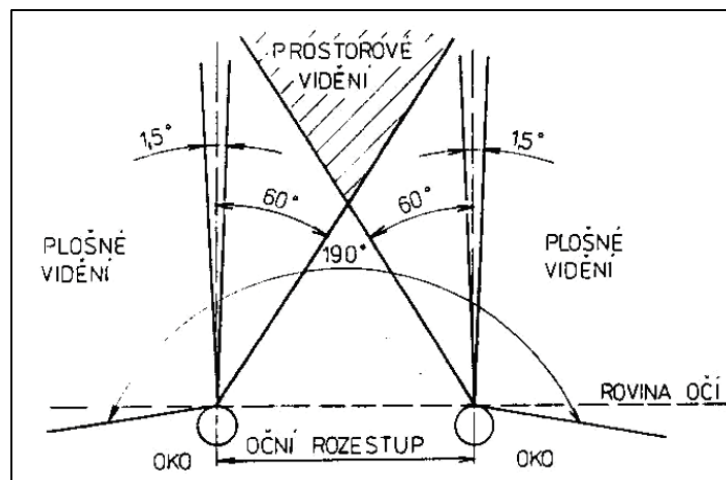
1.1.1 Vnímanie vodiča

Vnemy sú psychické procesy na poznávanie javu či predmetu vo vedomí jedinca. Je to spojenie medzi našim vedomím a objektmi v reálnom svete. Vodič pri vedení vozidla vníma prostredie najčastejšie zrakovým vnemom, potom až sluchovým vnemom. [1]

1.1.1.1 Zrakový vnem

Zrak je pre vodiča najdôležitejším vnemom pre prijímanie informácií z okolia. Informácie prijíma a následne spracúva a vyhodnocuje.

Zorné pole človeka – vodiča je zobrazené na Obr. 2. Je to uhlové rozmedzie horizontálnej roviny medzi pravým a ľavým okom. Normálne zorné pole bez pohybu očí má horizontálny uhol približne 190° a vertikálny uhol približne 110° . V periférnom zornom poli nie je síce viditeľný predmet ostrý ale je možné vnímať jeho pohyby. Z konštrukcie vozidla a predného skla sú v zornom poli vodiča určité obmedzenia.



Obr. 2 Zorné pole človeka – vodiča [3]

Oko je veľmi citlivý orgán. Najcitlivejšie je na farbu zelenú, žltú a potom červenú farbu a lepšie rozoznáva ak je medzi podnetom a prostredím väčší kontrast. Taktiež je dôležitý aj uhol pozorovania. Rolu zohráva aj vzdialenosť podnetu od pozorovaného subjektu. Najrýchlejšia reakcia bude na podnet zelenej farby, v kontrastnom prostredí, v centrálnom zornom poli a v blízkej vzdialenosti. Vodič ma mať taký rozhľad pred sebou, na ktorý je schopný z danej rýchlosti zastaviť. [3] [4]

1.1.1.2 Sluchový vnem

Sluchový orgán nie je dokonalý. Ak sa zvuk dostáva iba do jedného ucha osobe, vníma ho s nižšou hlasitosťou, ako keď sa ten istý zvuk dostáva do oboch uší. Ucho je najcitlivejšie na kmitočty 1 - 3 kHz. Človek zisťuje zdroj zvuku pomocou akustického tieňu svojej hlavy a jemnými pohybmi natáčania hlavy. Platí tu rovnako ako pri vizuálnom podnete, čím väčší kontrast je medzi podnetmi, tým sa reakčná doba skrakuje. Sluchom vodiči najčastejšie vnímajú zvukové signály alebo netypickú situáciu na vozidle. [4]

1.1.2 Reakcia vodiča

Pre určovanie časového intervalu podľa nemeckej technickej normy DIN 75204 z roku 1992 mám byť používaný pojem "doba" a nie pojem "čas". Vyplýva z toho, že správne slovné spojenie, ktoré sa má používať je "reakčná doba".[4]

Doba reakcie vodiča je definovaná ako čas od pozorovania vnemu prekážky, cez pozorovanie vnemu do začiatku brzdenia či iného konania na odvrátenie zrážky. Pri bežnej premávke nie je každý vodič neustále maximálne sústredený, preto sa reakčná doba štandardne udáva 1 sekunda. [5]

Z hľadiska súdneho inžinierstva sa reakčná doba nazýva čas od vnemu do uvedenia zariadenia do činnosti naučeným spôsobom. V neobvyklých situáciách, bez naučeného spôsobu bude doba dlhšia. Reakčnú dobu je potom určovaná od počiatku fixácie objektu do začiatku brzdenia.

1.1.2.1 Zložky reakčnej doby

Bradáč [6] rozdeľuje reakčnú dobu na tri zložky:

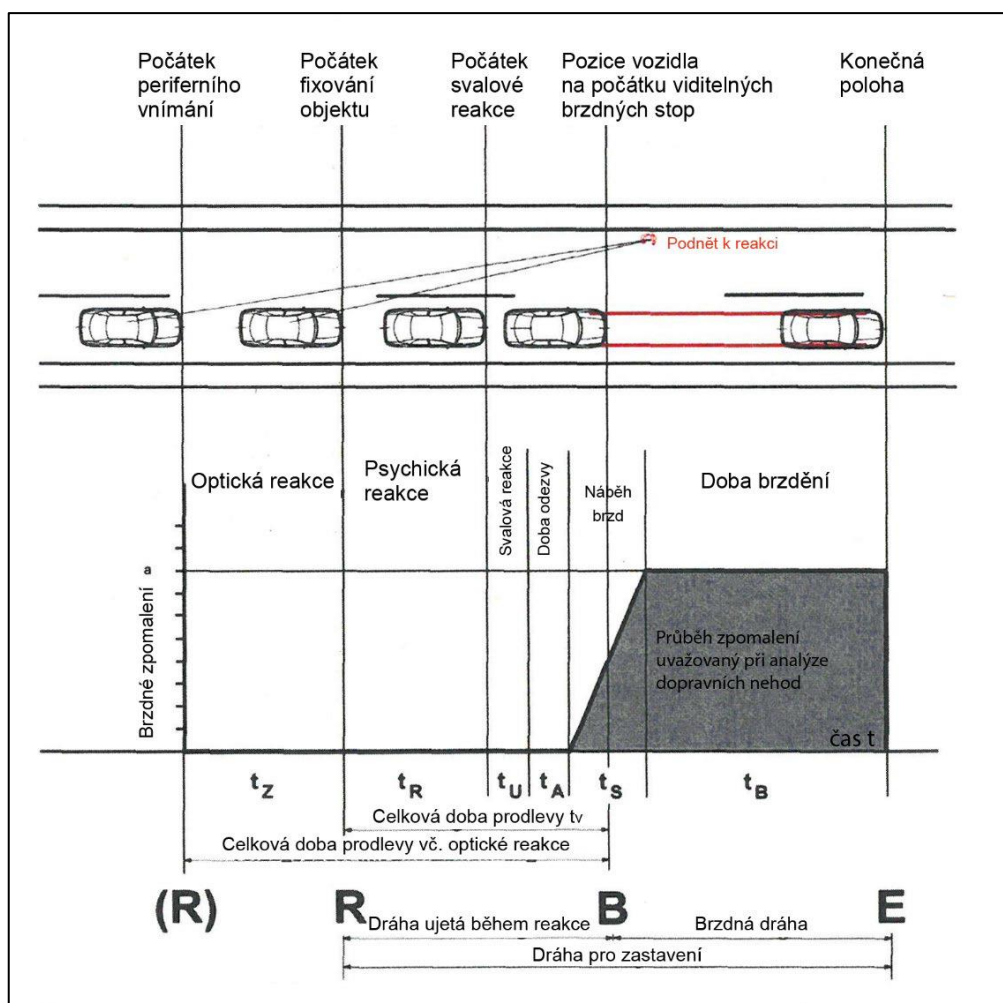
- **Optická reakcia:** je doba vnímania objektu (spozorovania nebezpečenstva) do doby začiatku rozpoznania objektu (očnej fixácie). Pohybuje sa v rozpätí od 0,32 do 0,55 sekundy.
- **Psychická reakcia:** je doba od rozpoznania objektu s dobou potrebnou na rozhodovanie a vyhodnotenie pozorovaného deja. Presnejšie od optického zafixovania objektu do začiatku svalovej reakcie, takzvané zloženie nohy z akceleračného pedálu. Táto reakcia trvá od 0,22 do 0,58 sekundy. Predĺženie reakcie vodičom, môže znamenať aj vyhodnocovanie viacerých riešení vzniknutej situácie a rozhodovanie sa o najlepšiu variantu.
- **Svalová reakcia:** je doba pre premiestenie nohy. Presne okamih medzi uvoľnením nohy z plynového pedálu a dotyku tej istej nohy brzdového pedálu. Doba pohybu je daná rýchlosťou presunu informácie z mozgu ku svalom a rýchlosťou sťahov zapojených svalov. Koniec svalovej reakcie je možné zmerať pomocou zariadenia upevneného na brzdovom pedáli. Svalová reakcia presunu nohy trvá od 0,15 do 0,21 sekundy.

Tab. 1 Rozdelenie reakčnej doby a odozvy vozidla [6]

1.	Začiatok optického vnímania nebezpečného objektu	Optická reakcia	Reakčná doba vodiča
2.	Úplné optické vnímanie nebezpečného objektu	Psychická reakcia	
3.	Začiatok svalovej reakcie	Svalová reakcia	
4.	Dotyk brzdového pedálu	Doba odozvy (oneskorenie brzd)	Odozva vozidla
5.	Vznik brzdnnej sily (prvý dotyk trecích plôch brzd)	Doba nábehu brzdenia	
6.	Maximálny tlak v brzdovom potrubí (začiatok brzdenia)		

Formulovaná definícia: „pod pojmom reakčná doba sa rozumie časový interval medzi výskytom rozpoznateľného reakčného podnetu a počiatkom vykonania usmerneného konania“ bola označovaná v rámci Kölnerova modelu za fyziologickú reakciu. Predstavuje intervaly pozorovania, postrehnutia a rozpoznania. K tomu sa pripojuje aj svalová reakcia pre dobu premiestnenia nohy, doba odozvy a doba nábehu brzd.

V prípade zásahu vodiča do riadenia či sa už jedná o zmenu rýchlosti vozidla alebo zmenu smeru nasleduje **doba odozvy vozidla**, ktorá je najkratším časovým úsekom reakčnej doby. Poslednou fázou je **nábeh vozidla** daný úkonom napr. spomalením vozidla alebo jeho vybočením z jazdnej dráhy.[4]

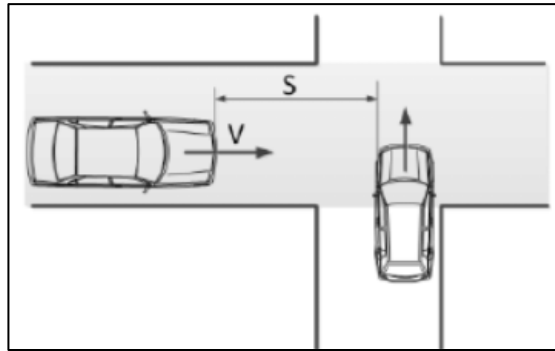


Obr. 3 Usporiadanie priebehu reakcie, Köhlerov model [4]

Z reakčnou dobou je úzko spojený pojem Time To Collision (ďalej len =TTC). Tento pojem sa začal používať po jeho zavedení Haywardom v roku 1971 ako časový interval zostávajúci do kolízie dvoch vozidiel. V posledných rokoch sa tejto problematike venovali poliaci Stańczyk a Jurecki. TTC je podľa Jurecka čas, ktorý je meraný od momentu, keď vodič vníma prekážku do momentu možnej zrážky a vodič vykonáva v tomto čase núdzové manévry. Preto je TTC definovaný ako pomer vzdialenosti vozidla od prekážky predstavujúcej hrozbu zrážky k rýchlosti vozidla vid. Obr. 4.

$$TTC = \frac{s}{v}$$

Štúdia podľa poľských autorov potvrdzuje, že doba odozvy jednoznačne závisia od TTC. To znamená, že vodič posúdi situáciu na ceste a pokúsi sa vybrať vhodný postup nielen na základe rýchlosti jazdy alebo vzdialenosti od prekážky, ale aj času, ktorý má na prijatie rozhodnutia a reakciu. [7] [8] [9]



Obr. 4 Znáozornenie TTC v núdzovej situácii [8]

1.1.2.2 Faktory ovplyvňujúce reakčnú dobu vodiča

Reakčnú dobu ovplyvňuje mnoho faktorov. Môže byť ovplyvnená stavom alebo podnetom. Hodnota reakčnej doby je individuálna pre každého jedinca.

Vek vodiča- reakčná doba sa skraca do dvadsiateho roku života. Pribúdajúcim vekom sa pomaly predlžuje. Od päťdesiateho až šesťdesiateho roku života sa rapídne zväčšuje. Starutím dochádza ku degenerácii zmyslových orgánov ako sú sluch a zrak. Nad 60 rokov sa reakčná doba predlžuje.

Pohlavie- muži reagujú rýchlejšie a preto im boli namerané kratšie reakčné časy ako u žien pri vnímaní rovnakej situácie.

Meteorologické podmienky- dážď, sneh, hmla, námrazy na ceste komplikujú jazdu, zvyšujú reakčnú rýchlosť vodiča.

Únava, monotónnosť- k únave alebo lepšie povedané k mikrosnánku dochádza väčšinou pri jazde, ktorá nie je veľmi zaujímavá pre vodiča, väčšinou rovný úsek diaľnic alebo rýchlostných ciest. Riziko predstavujú aj mladí vodiči, ktorí s touto situáciou nemajú veľkú skúsenosť. Je dôležité vykonávať prestávky, pretiahnuť telo, doplniť tekutiny a vitamíny. Ak to je už veľmi zlé, najlepšie je si pospať a tak znovu pokračovať v jazde. Únavu veľmi ovplyvňuje nie len spánok, ale aj jeho kvalita.

Telefonovanie či rozhovory- telefonovanie počas jazdy bez handsfree pomôcky, stojanu na mobil za volant určite nepatrí. Zaneprázdňuje nám to časť mozgu, ktorú by sme inak použili na väčšie sa sústredenie pri šoférovaní. Najlepšie je vykonať dôležité hovory pred samotnou jazdou a s väčším klúdom šoférovať.

Skúsenosti a vodičské schopnosti- S počtom najazdených kilometrov pribúdajú skúsenosti vodiča. Žiaci autoškôl majú reakčnú dobu dlhšiu ako vodiči s niekoľkoročnými skúsenosťami.

Alkohol, drogy -znižujú koncentráciu, zužujú videnie, spomaľuje motorické reflexy. Čas na zabránenie dopravným nehodám sa niekoľkokrát zvyšuje.

Motorické odozvy- čím si pohyb vyžaduje viac svalových jednotiek, tým sa čas reakčnej doby predlžuje. Pri jednoduchej motorickej odozve sa používa iba mala skupina svalov ako napr. drobné svaly v prstoch. Reakcia na podnet je rýchla. Zložitej motorickej odozvy sa zúčastňuje veľká skupina svalov. Sú to už pohyby v priestore a zapájajú sa horné aj dolné končatiny. Reakcie sú dlhšie ako u jednoduchých odoziev.

Znalosť prostredia - vodič, ktorý pozná dané prostredie vie predpokladať aj situácie, ktoré tam môžu nastať. Vodič, ktorý prostredie nepozná a ide daným úsekom prvýkrát, je viac ostražitý a pokúša sa vizuálne zaznamenať všetky podnety a spracovať ich, čím sa môže doba reakcie predĺžiť. [5][10]

1.1.2.3 Metódy merania reakčnej doby

Metódy merania reakčnej doby sa dajú rozdeliť na laboratórne merania a jazdné skúšky. Laboratórne merania sa rozdeľujú na merania na jednoduchých meracích prístrojoch a laboratórne merania na simulátoroch. Jazdné skúšky môžu byť vykonávané na skúšobných dráhach, alebo pozorovaním v bežnej premávke na verejných komunikáciách.

Laboratórne merania na jednoduchých meracích prístrojoch

Meranie prebieha na širokoplošnom displeji. Podnety, na ktoré má osoba reagovať, tvoria zobrazenie príslušných symbolov špecifických tvarov a farieb, prípadne ich rôzne kombinácie. Test na tomto prístroji má odhaliť rýchlosť reakcie, počet vynechaných alebo chybných reakcií. Hlavným nedostatkom laboratórnych testov je, že neodpovedajú realite a ani sa k nej nepribližujú. Problém spočíva v očakávaní podnetu čo následne skresľuje výslednú reakciu. Preto toto meranie za účelom stanovenia reakčného času vodičov je nedokonalé. [11]



Obr. 5 Laboratórne meranie na jednoduchom meracom prístroji [12]

Laboratórne merania na vozidlových simulátoroch

Vozidlové simulátory predstavujú najvernejšie napodobnenie reálneho riadenia vozidla v laboratórnych podmienkach. Delia sa na dve hlavné skupiny: prvá predstavuje simulátory tvorené celým vozidlom a druhá skupina predstavuje simulátory, ktoré tvoria časti vozidla, alebo kokpitu s najdôležitejším ovládaním. Meranie sa blíži ku skutočným podmienkam v cestnej premávke. Umožňujú vyvolať akýkoľvek vizuálny podnet alebo celú scénu podľa zamerania a sledovania konkrétneho chovania vodiča. Simulátory majú výhodu toho, že sú bezpečné a merania sa dajú opakovať. [11]

Simulátory možno rozdeliť podľa toho na aké účely sa využívajú:

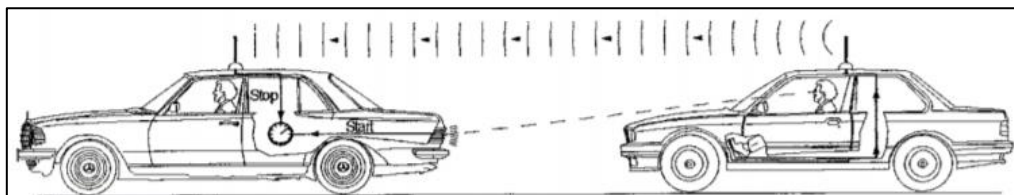
- Výcvikové jazdné simulátory
- Výskumné jazdné simulátory
- Komerčné jazdné simulátory



Obr. 6 Simulator jazdy [13]

Jazdné skúšky

Merania jazdných skúšok sa zvyčajne realizujú na polygónoch alebo v bežnej premávke. Najjednoduchší spôsob merania reakcie vodiča je meranie, pri ktorom sa pohybujú dve vozidla za sebou a úlohou vodiča druhého auta je zareagovať na rozsvietenie brzdového svetla vozidla idúceho pred ním. Meranie sa môže realizovať na polygóne ale aj v cestnej premávke. [14]



Obr. 7 Meranie reakcie vodiča na rozsvietenie brzdového svetla vozidla [14]

Pozorovanie premávky

Pozorovanie premávky v bežných podmienkach sa vykonáva pomocou kamerovej techniky. Merania sa uskutočňujú na križovatkách či prechodoch pre chodcov, kde vznikajú kolízne situácie alebo nehody. Problémom tohto merania je, že nie je možné stanoviť presný čas vzniku kolízie a počiatok reakčnej doby.[15]

Naturalistické štúdie

Pri tejto metóde ide o dlhodobé sledovanie činnosti vodičov v podmienkach cestnej premávky. Realizuje sa sledovaním činnosti vodičov v dlhších časových intervaloch. Meranie sa uskutočňuje prostredníctvom kamier v interiéri vozidla alebo iných zariadení, ktoré zbierajú dáta z vozidla. Momentálne je možné využiť aj dáta z GPS alebo palubnej diagnostiky OBD. Výsledky slúžia k pochopeniu spávania sa vodičov v reálnej premávke. Nevýhodou je časová náročnosť zberu a vyhodnocovania dát. [16]

1.1.3 Spôsoby reakcie vodičov

Pri definovaní vodičského správania na podnety je nutné brať do úvahy, že samotné správanie je výsledkom dvoch rozdielnych konceptov. Jedným konceptom sú schopnosti. Znamená to aké schopnosti vodič má, čo dokáže, aké má znalosti. Od týchto schopnosti sa potom odvíjajú vedomosti a zručnosti. Vedomosti zahŕňajú prvky, ako sú pravidlá cestnej premávky, procedurálne znalosti definujúce, čo treba robiť za akých okolností (podmienené pravidlá), a reprezentácia dynamiky cestných a dopravných scenárov, ktoré umožňujú predpovedať, ako sa budú tieto scenáre vyvíjať. Zručnosti sa odvíjajú od dlhodobých skúsenosti. Druhým konceptom sú osobnostné (biologické) vlastnosti ako napríklad kapacita, rýchlosť spracovania informácií, reakčná doba, motorika, flexibilita, sila a pamäť.[17][18]

Na cestách sa vyskytuje množstvo nepredvídateľných situácií. Každá z nich je svojím spôsobom jedinečná a vyžaduje obratnosť a pozornosť. Prísne dodržiavanie pravidiel cestnej premávky ale aj maximálna koncentrácia pri jazde má poskytnúť najpriaznivejšie podmienky na prekonanie problému.

Vedenie vozidla pozostáva zo série komplexných rozhodnutí a akcií, ktoré vodič vykonáva. Vodiči sa líšia v tom, ako používajú pedále, v tom, ako otáčajú volantom, ako sledujú cestu, koľko si udržiavajú vzdialenosť od ostatných áut atď. Reakcia vodiča na vzniknutý podnet sa nazýva manéver. Hlavnými reakciami sú brzdenie, vyhýbanie sa (zmena trate) alebo kombinácia predošlých. [19]

1.1.3.1 Bez reakcie

Štúdia podľa Kaplana [20] sa zameriavala na predchádzanie nehôd manévromi vodiča vo vzťahu k vlastnostiam vodiča, kritickým udalostiam, vlastnostiam nárazu, charakteristikám cesty a podmienkam prostredia. Analýza sa uskutočnila pomocou zmiešaného modelu Logit. Uvažovalo sa s piatimi alternatívnymi činnosťami: bez vyhýbania sa, brzdenie, riadenie, brzdenie a riadenie a ďalšie manévry. Výsledkom modelu bolo až 72,6 % respondentov, ktorí opomenuli vykonať manéver na zabránenie zrážky.

1.1.3.2 Brzdenie

Jednou z hlavných podmienok bezpečnej jazdy je správne brzdenie. Závisí od skúseností vodiča, kedy a ako bude brzdiť. Platí zásada, že pri jazde sa musí voliť taká rýchlosť, aby bolo brzdenie bezpečné, plynulé a aby sa brzdením neohrozovali iných účastníkov cestnej premávky.

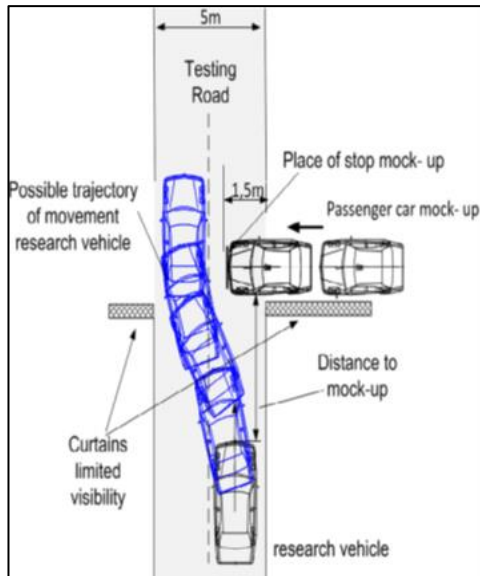
Štúdia o modelovaní spávania sa vodiča za účelom identifikovania vodiča uskutočnili Miyajima a kol. [21]. Vo svojej štúdii ukazujú, že signály o činnosti plynového a brzdového pedála efektívne modelujú rozdiely medzi vodičmi. Na modelovanie spektrálnych vlastností pedálových signálov sa používajú modely Gaussian Mixture Models (GMM). Dospeli k tomu, že každý vodič má charakteristický charakter tlaku na pedál.

Vo výskume, ktorý realizoval Stańczyk [22] sa zameril na správanie vodičov v situáciách nebezpečenstva nehody. Cieľom tejto štúdie bolo určiť čas reakcie vodičov a spôsoby odvrátenia nebezpečenstva. Výskum bol zameraný aj na závislosť časového intervalu zostávajúceho do kolízie, teda TTC k reakčnej dobe. Spomenutý výskum je ďalej popísaný v nasledujúcej časti práce. Výsledkom výskumu spôsobu reakcii vodičov použitím brzdového pedálu bol pri minimálnej hodnote TTC v hodnotách 5 až 20 %. Na nižšie hodnoty TTC nie sú vodiči schopní reagovať a v týchto prípadoch najčastejšie uvoľnia akceleračný pedál, po ktorom nasleduje havária. Pri vyšších hodnotách TTC, približne od hodnoty 0,9 s a tiež hodnoty 1,2 s vodiči volili brzdenie ak sa maketa objavila z pravej strany v rozmedzí 75 až 85%. V situácii keď sa maketa objavila z ľavej strany sú hodnoty prevažne v celkom rozsahu TTC nižšie. Najväčšie rozdiely až 65 % sú medzi týmito prípadmi v intervale TTC 0,9 s až 1,44 s .

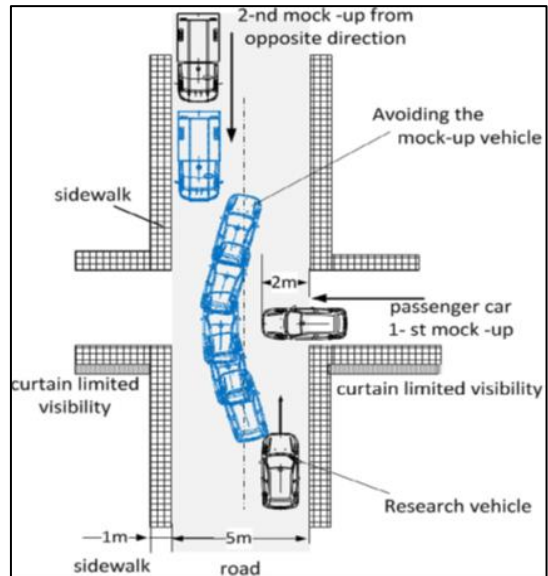
1.1.3.3 Vyhýbanie sa

Ako bolo spomenuté Stańczyk [22] realizoval výskum na skúšobnej trati. Pozorovalo sa chovanie vodiča či už brzdenie, zrýchlenie alebo vyhýbanie sa. Prvým testom bol vstup modelu auta z pravej strany do jazdnej dráhy skúmaného vozidla vid'. Obr. 8. Pokračovaním prvého testu

bola situácia doplnená o vozidlo prichádzajúce z opačného smeru ako skúšobné vozidlo a tým sa obmedzil priestor na vyhýbanie sa vid'. Obr. 9

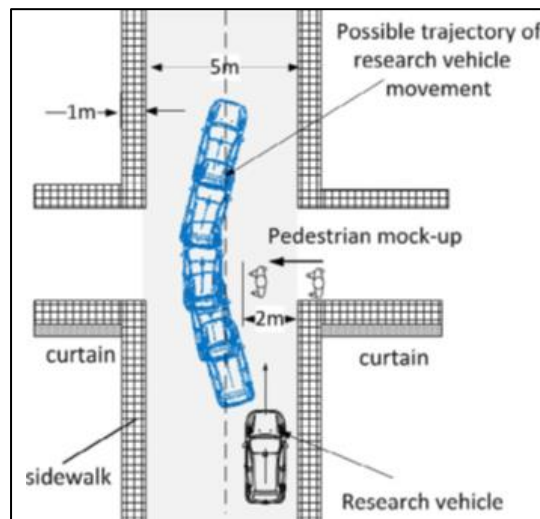


Obr. 8 Test 1, model vozidla z pravej strany [22]



Obr. 9 Test 1, model vozidla z pravej strany + vozidlo v protismere [22]

Druhým testom bol vstup modelu chodca do jazdnej dráhy skúšaného vozidla vid'. Obr. 10. Chodec vstúpil kolmo pred idúce vozidlo z pravej strany. Vodič mohol použiť brzdenie alebo vyhýbanie sa. Uskutočnilo sa niekoľko pokusov z rôznych rýchlostí a rôznych vzdialenosti, na ktoré sa model chodca objavoval pred vozidlom.



Obr. 10 Test 2, vstup modelu chodca z pravej strany [22]

Výsledkom merania pre vyhýbanie pri vstupe modelu chodca z pravej a ľavej strany bola frekvencia používania manévru skoro rovnaká v oboch prípadoch. Rozdiely boli ak išlo o nízke

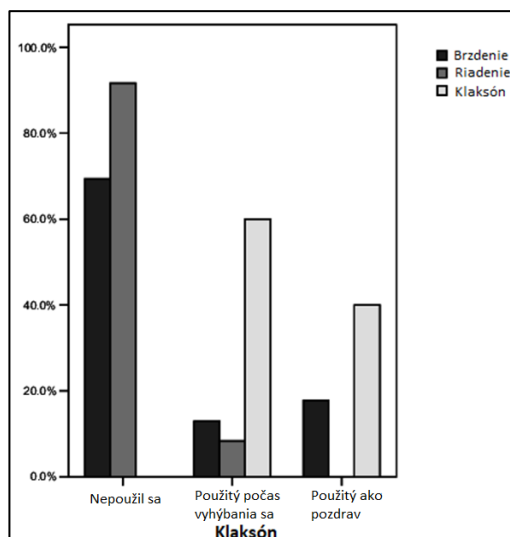
hodnoty TTC okolo 0,6 s a v tomto prípade vodiči volili vyhýbanie v hodnote 87 až 92 %. Ak išlo o hodnoty TTC 0,72 s bola početnosť vyhýbacieho manévru veľmi vysoká a činila 95 až 100 %.

1.1.3.4 Kombinácia riadenia a brzdenia

Výsledky získané z merania aktivácie dolnej a hornej končatiny (brzdenia a riadenia) podľa Bucsuházy a spol.[23] boli ovplyvnené správaním a skúsenosťami vodiča. Merania sa vykonávali na testovacej dráhe a v simulačných podmienkach. Vodiči sa museli vysporiadať s nečakanými situáciami a reagovať na udalosti riadením alebo brzdením. Z ich výsledkov vyplýva, že vodiči najprv brzdia a potom riadia vozidlo.

1.1.3.5 Trúbenie

V štúdiu podľa Muttarta [19] o správaní sa vodičov pri vzhliadnutí videa vodiči používali klaksón častejšie za denného svetla ako v noci. Počas denného svetla 60% vodičov používalo klaksón ako nástroj počas vyhýbania sa vid'. Graf č. 1. Skúmal ďalej používanie klaksónu v závislosti na stave vozovky. Ak bola vozovka mokrá, klaksón použilo skoro 20% vodičov. Oproti tomu, okolo 7% vodičov použilo klaksón pri suchej vozovke. Porovnával aj používanie klaksónov pri haváriách. Vodiči, ktorí použili klaksón počas ich reakcie, 12 z 21 havarovalo. Zvyšní vodiči, ktorí nepoužili klaksón nehavarovali. Z celkových 160 reakcií vodičov, 14 použilo klaksón potom čo sa zrážke podarilo zabrániť z dôvodu upozornenia druhého vodiča o ich nespokojnosti.



Graf č. 1 Používanie klaksónu [19]

1.1.3.6 Akcelerácia

Zrýchlenie (akcelerácia) je prírastok rýchlosti za jednu sekundu. Udáva sa ako čas potrebný k zvýšeniu rýchlosti vozidla na určitú hodnotu. V kritických situáciách nie je bežné aby vodiči

zrýchľovali, skôr chcú zabrániť nebezpečnej situácii ako ju zhoršiť. V prípadoch, keď vodiči šliapnu na plyn sa môžeme stretnúť pri okamihoch ako napr. zmena farby na svetelnej signalizácii zo zelenej na žltú. [24]

1.2 PODNETY Z OKOLIA

Táto podkapitola sa bude venovať podnetom a ich deleniu podľa typu podnetu. Na základe toho, o aký podnet sa bude jednať, bude časový interval reakcie vodiča rôznorodý. Spomenú sa aj podnety podľa miery očakávania- náhly a nenáhly podnet.

V cestnej premávke sú podnety každodennou situáciou, s ktorými si musí poradiť ten kto sedí za volantom. Nepredvídateľnými okolnosťami na ceste môže byť iné vozidlo, chodec, cyklista, zver alebo čokoľvek iné ako napr. spadnutý strom, výmoľ na ceste, poľadovica či šmyk vozidla.

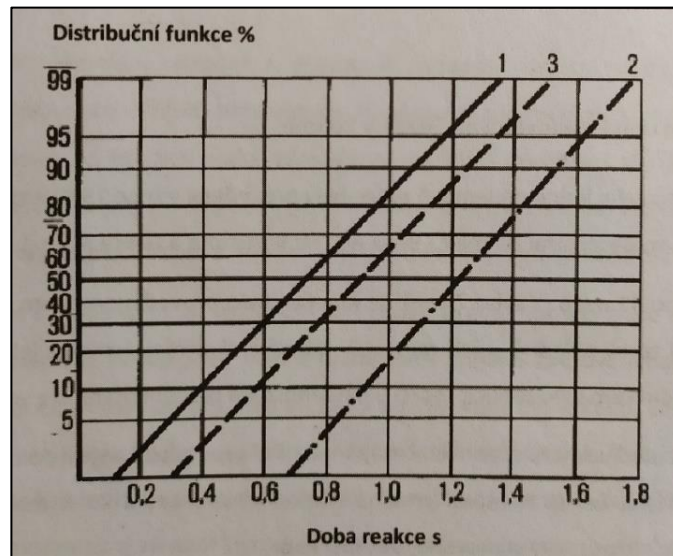
Vodič potrebuje spozorovať nejaký podnet z okolia, ktorý napríklad zasahuje do jeho jazdnej dráhy. Práve takýto podnet ho núti vykonať reakciu, aby nedošlo k nebezpečnej situácii vedúcej k nehode.

Podnetom z okolia môže byť aj vstup chodca do komunikácie. V mieste kde chodec vstupuje do jazdnej dráhy vodiča a vodič je schopný nebezpečenstvo rozoznať sa označuje ako tzv. **signálna pozícia**. Je to taká pozícia medzi vozidlom a objektom, ktorá vytvára z technického hľadiska druhému účastníkovi alebo viacerým účastníkom potrebu či povinnosť nejakým spôsobom na situáciu reagovať. Napríklad je to taká poloha vozidla idúceho po hlavnej ceste, ktorá vytvára reálny dôvod na reakciu spočívajúci v snahe odvrátiť blížiaci sa stret s vozidlom idúcim z vedľajšej cesty. Signalizačná pozícia nie je definovaná len polohou idúceho vozidla, ale závisí aj od okamžitej rýchlosti a vzdialeností vozidiel, keď je už zrejmé, že vodič idúci po hlavnej ceste nestihne zastaviť pred križovatkou. [25][26]

V roku 1977 sa uskutočnili jedny z prvých pokusov na zistenie reakčnej doby. Tento pokus uskutočnila spoločnosť Daimler - Benz spolu so spoločnosťou Deka. Vykonali dva rady meraní na zistenie reakčnej doby. Merania sa uskutočnili v areáli spoločnosti v Štutgarde na ich polygóne. Pri prvých pokusoch testovali 22 mužov, zamestnancov spoločnosti. Pri týchto meraniach mali vodiči dostatočný prehľad o situácii, figurínu chodca videli už z diaľky ešte skôr ako sa dala do pohybu. V druhých testoch bolo testovaných 9 žien a 18 mužov rôzneho veku. Pri týchto testoch nečakali vstup figuríny z penovej hmoty pretože nebola viditeľná ako pri prvých testoch. Vodiči dostali „zavádzajúce“ informácie, že sa majú zúčastniť skúšok ohľadne účinku bočného vetra a boli konfrontovaní s neočakávanou prekážkou. Zomotor v záveroch svojej práce popisuje, že

silný podnet pre začiatok reakcie je spozorovanie objektu na krátku vzdialenosť. Následne rozdelil stredné hodnoty reakčnej doby týmto spôsobom:

- silný podnet pre začiatok reakcie 0,74 s
- stredný podnet pre začiatok reakcie 0,92 s
- slabý podnet pre začiatok reakcie 1,27 s [4]



Obr. 11 Doba trvania reakcie v závislosti na intenzite podnetov k reakcii [4]

Podnety môžeme rozdeliť podľa zmyslov, ktorými vnímame. Do úvahy prichádzajú podnety taktilné (dotykové), akustické (zvukové) a vizuálne (zrakové). Najkratšia doba reakcie je pri taktných podnetoch, najdlhšia pri vizuálnych. Strednú hodnotu dosahujú zvukové podnety, viď Tab. 2.[27]

Tab. 2 Doba reakčných schopností na rôzne podnety [27]

Typ podnetu	Reakčná doba
Taktilný	0,14-0,15s
Akustický	0,15-0,16s
Vizuálny	0,19-0,21s

Podľa britských vedcov [28], podnety pôsobiace na vodiča môžeme rozdeliť na živé a neživé podnety. Štúdie preukázali, že živé objekty sa detegujú rýchlejšie a ľahšie ako neživé objekty.

- Živé podnety- rozdeľuje sa na silný a slabý. Silným podnetom môže byť chodec alebo cyklista, ktorý vstúpi do jazdnej dráhy vozidla. Slabým podnetom môže byť zver, ktorá sa nachádzala mimo cestu a vbehne do jazdnej dráhy vozidla.
- Neživé podnety- identifikovať ich môžeme ako jednotlivé prekážky ako napr. výmol na ceste alebo samotné vozidlo.

V práci Americkej asociácie štátnych úradov pre dopravu sa nachádza klasifikovanie kategórií reakčných podnetov: [29]

- Osvetlené objekty, zvukové podnety
- Vstup objektu do jazdného koridoru vozidla
- Chodci, cyklisti, prekážky na vozovke
- Vpredu idúce vozidlo
- Svetelná signalizácia

Vzhľadom na skutočnosť, že nie je možné predvídať okolnosti, ale je možné identifikovať miesta so zvýšením výskytom, ide o napr. o mestá a obce, prechody pre chodcov, v okolí škôl alebo nákupných centier.

Treba uvažovať s dĺžkou reakčného času na podnet, ktorý náhle alebo dokonca nenáhle vznikol. Keď sa určí, kedy a kde bol účastník na začiatku vlastnej reakčnej doby, treba odvodiť, kde bol v tom momente ten druhý a čo robil tesne predtým. Ďalej treba určiť polohu a spôsob konania účastníka cestnej premávky v momente, keď ten druhý začal na situáciu reagovať a čo zo spôsobu jeho konania vyplývalo pre prvého. [30]

Tab. 3 Reakčné časy pre očakávané a neočakávané podnety [31]

Vodič je pozorný, sústredený, očakáva podnet a je pripravený brzdiť	0,6 - 0,7 (s)
Vodič je pozorný, ale podnet neočakáva	0,7 - 0,9 (s)
Vodič svoju pozornosť sústredil na iné činnosti, ktoré súvisia s vedením vozidla (radenie, predchádzanie, pozorovanie vedľajšej cesty)	1 - 1,2 (s)
Vodič je nepozorný (rozpráva sa so spolujazdcom a pod.)	1,4 - 1,8 (s)

1.2.1 Náhly a nenáhly podnet

Základným faktorom, ktorý ovplyvňuje reakčnú dobu je miera očakávania podnetu. Tento faktor má vplyv na celkovú odozvu vodiča, preto mieru očakávania sa môže rozdeliť do dvoch skupín: [30]

- Náhly podnet
- Nenáhly podnet

V prípade nenáhleho podnetu je vodič sústredený, venuje sa premávke a podnet očakáva. Zvyčajne ide o jednoduchú reakciu a pre nás znamená jednoduchý, presne určený a očakávaný podnet či signál, na ktorý je aj rovnaká nemenná odpoveď napr. zmena farby na svetelnom signalizačnom zariadení z červenej na oranžovú. Reakčná doba na jednoduchý signál je v rozmedzí 0,7 až 0,85 sekundy.[32]

Náhly podnet sa dá definovať ako prudký, neočakávaný, nečakaný, nepredvídaný, prekvapivý, unáhlený, ktorý vznikne na vzdialenosť kratšiu, ako je vodič schopný z primeranej rýchlosti zastaviť. Z technického hľadiska je to spravidla náhly vjazd iného objektu do koridoru pohybu iného objektu, na ktorý je možné len veľmi ťažko reagovať. Neočakávaná prekážka je taká prekážka, ktorá vznikne v rozpore s pravidlami cestnej premávky. Reakčná doba pri neočakávanej situácii 1,3 až 1,5 sekundy. [6] [25]

1.3 VOZIDLO

Táto podkapitola sa zaoberá časovými úsekmi, ktoré vyplývajú z koordinácie medzi človekom a vozidlom. Ide o dobu odozvy brzd vozidla a dobu nábehu brzd vozidla. Zaoberá sa ďalej asistenčnými systémami vozidla a rozňaním medzi človekom a asistenčnými systémami vozidla.

1.3.1 Odozva vozidla

V prípade ak vodič zasiahne do riadenia pri reakcii na podnet či už zmenou rýchlosti alebo zmenou smeru jazdy, sa reakčná doba predlžuje o odozvu vozidla. Odozva závisí od toho, či vozidlo používa asistenčné systémy alebo nie. [25]

Pri brzdení sa odozva vozidla delí na:

- Doba odozvy brzd vozidla (oneskorenie brzd)

Doba odozvy brzd je ohraničená okamihom ukončenia doby na presunutie nohy. Behom technického oneskorenia brzd a doby odozvy prekonáva vodič vôľu a elasticitu v mechanických a hydraulických častiach brzdového systému. V tomto časovom úseku je obsiahnutý čas na vymedzenie vôli, elasticity pedálu, hydraulických zariadení a taktiež čas nutný na prilnutí brzdového obloženia na kotúč alebo bubon. Dĺžka odozvy závisí od technického stavu brzdeného systému. Zomotor vymedzil dobu oneskorenia brzd vozidla na 0,015- 0,05 s a dobu odozvy brzd na 0,05-0,10s.[4]

- Doba nábehu brzd vozidla

Doba nábehu brzd začína s ukončením doby odozvy brzd. Je to doba od začiatku pôsobenia brzdných síly do doby kedy začne pneumatika zanechávať viditeľné stopy na vozovke. Tiež to znamená, že na začiatku doba nábehu dosahuje 2% hodnoty spomalenia ako prahová hodnota. Koniec doby nábehu brzd nastane dosiahnutím 98% hodnoty spomalenia. Zomotor uvádza pre nábeh brzdného účinku dobu 0,15-0,2s. V publikácií od spoločnosti Continental je poukázané na to, že doba nábehu brzd môže byť skrátená o cca 200 až 250 milisekúnd pokiaľ vodič má možnosť využiť podporu brzdného asistenta na počiatku plného brzdienia. [4]

1.3.2 Asistenčné systémy v automobiloch

Tieto systémy sa označujú skratkou DAS (z anglického Driver Assistance Systems). Používajú sa ako podporná funkcia a majú osobitnú úlohu či už stabilizovať vozidlo, ovplyvňovať jazdnú dynamiku vozidla, podporovať skrátenie brzdných dráh a sú schopné znižovať vplyv vodiča. [33]

Asistenčné systémy vozidiel môžeme rozdeliť na:

1. Asistenčné systémy pre bezpečnú jazdu
2. Asistenčné systémy, ktoré podporujú vodiča

Asistenčné systémy pre bezpečnú jazdu

Pôsobia priamo, bez vplyvu vodiča tak, že často si ich vodič ani nevšimne a považuje ich pôsobenie za normálne. Patria tu systémy ako ABS, ASR, ESP

Systém ABS (z anglického Anti-lock Brake System) predstavuje protišmykový brzdný systém, ktorého cieľom je zachovať smerovú stabilitu a ovládateľnosť vozidla aj pri intenzívnom brzdení a zároveň čo najviac skrátiť brzdnú dráhu vozidla najmä na klzkej vozovke. V kritických situáciách môže dôjsť k intenzívnemu brzdieniu a blokovaniu kolies, čomu systém ABS zabraňuje a vozidlo tak zostáva naďalej riaditeľné a je schopné vyhýbať sa napr. pred náhlou prekážkou. [34]

Systém ASR (z anglického Anti-Skid Regulation) predstavuje protipreklzový systém, resp. systém regulácie preklzu, ktorá je rozšírením systému ABS. Jeho úlohou je zabezpečenie stability a riaditeľnosti pri zrýchlení vozidla. Napríklad, ak sa nachádza vozidlo pri zrýchlení na poľadovici alebo zrýchľuje v zákrute či ide do kopca v prípade pohonu predných kolies a podobne hrozí napr. pretáčavosť vozidla. Z tohto dôvodu systém pribrzdí poháňané koleso alebo kolesá so sklonom k preklzavaniu alebo prispôsobí včas krútiaci moment motora hnaciemu momentu prenositeľnému na vozovku a zabezpečia tak stabilitu vozidla. [34]

Systém ESP (z anglického Electronic Stability Program) umožňuje ovládať sklz a preklz v pozdĺžnom aj priečnom smere a zamedziť strate bočného vedenia, čím zvyšuje stabilitu vozidla v stope pri prejazde zákrutou a zároveň znižuje nebezpečenstvo vzniku šmyku pri brzdení, zrýchlení či pri voľnom pohybe vozidla. [34]

Asistenčné systémy, ktoré podporujú vodiča

Predstavujú podpornú funkciu pre reakciu vodiča. Systémy majú úlohu výstražnú, informatívnu pred nebezpečnou situáciou alebo podpornú funkciu pri rôznych situáciách. Patria tu systémy ako Adaptívny tempomat, Systém varovania pred vybočením z jazdného pruhu, Parkovací systém, Inteligentné upozornenie na zapnutie bezpečnostných pásov atď. [33]

Asistenčné systémy, ktoré podporujú vodiča môžeme rozdeliť podľa zmyslov, na ktoré pôsobia:

Optické asistenčné systémy

Cez optický kanál sa prenáša väčšina informácií. Prvky, ktoré sa zobrazujú pre informovanie vodiča, závisia od príslušného systému. Výhodou takýchto varovaní je, že vodič musí iba na krátky čas odvrátiť zrak od jazdnej situácie pred sebou, aby rozpoznal príslušné varovanie. Výhodou optického varovného systému je obzvlášť vysoká miera informácií. Nevýhodou je, že tieto výstražné symboly je možné rozpoznať, až keď vodič odvráti pohľad od situácie pred sebou a dajú sa tiež ľahko prehliadnuť. Ďalšou nevýhodou je čas potrebný na rozpoznanie optického symbolu a ďalšie preskúmanie situácie a preto zvyšuje reakčný čas. Typickými varovnými systémami sú napr. systém monitorovania mŕtveho uhla, parkovací systém, GPS systém. [2]



Obr. 12 Polohy výstražných prvkov v zornom poli vodiča [2]

Akustické asistenčné systémy

Ak je potrebné na niečo upozorniť priamo vodiča, často sa používajú akustické výstrahy. Najjednoduchším typom akustického varovania je krátky varovný signál. Nevýhodou takéhoto varovného signálu je to, aby vodič správne interpretoval signál a vedel, ktorá situácia alebo nebezpečenstvo je naznačený takýmto signálom. Druhým spôsobom je hlasové oznámenie naznačujúce zodpovedajúcu situáciu. Výhodou akustického signálu je, že priamo priťahuje pozornosť vodiča. Nevýhodou je, že akustický signál sa môže považovať za rušivý a môže vyžadovať určité školenie, aby sa výstraha správne interpretovala. Typickým systémom je napr. inteligentné upozornenie na zapnutie bezpečnostných pásov, ďalej to môže byť aj systém GPS alebo Parkovací systém. [2]

Haptické a kinestetické asistenčné systémy

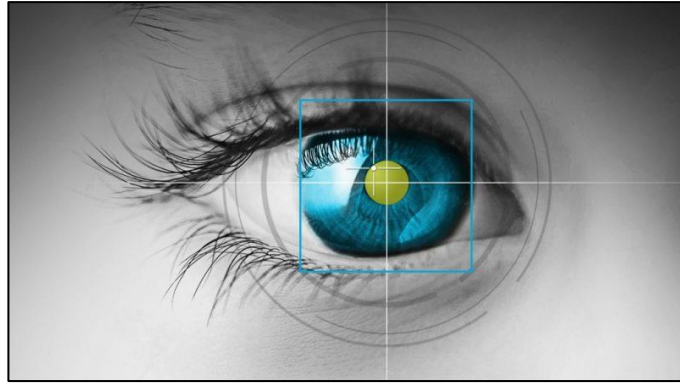
Ide o výstražné systémy týkajúce sa hmatu. Najčastejšie ide o situáciu vybočenia z jazdného pruhu. Zaisťujú, že pozornosť vodiča je na riadenie upútaná pôsobením vibrácií na volant. Kedykoľvek chce vozidlo neúmyselne opustiť jazdný pruh, upozorní systém vodiča. V porovnaní s vizuálnym varovaním je možné tento typ varovania preniesť na vodiča veľmi rýchlo. Výhodou takýchto varovaní je preto jednoznačne zníženie reakčnej doby.[2]

1.4 METÓDY ZÍSKAVANIA DAT

V tejto kapitole budú predstavené konkrétne spôsoby získavania dát a ich popis. Vybrané spôsoby získavania dát budú následne použité v praktickej časti tejto práce.

Sledovanie očí- Eyetracking

Eyetracking je technológia určená na pozorovanie a zaznamenávanie správania očí, ktorá umožňuje počítaču alebo inému zariadeniu zistiť kde sa človek pozerá. Dokáže každé oko sledovať samostatne. Ide o bezkontaktnú metódu a zariadenie sa podobá okuliarom. Oblasti, v ktorých sa pohľad používateľa prestane pohybovať a zotrva dostatočne dlho na to, aby spracoval to, čo videl nazývame body fixácie. Bežná metóda zamerania pohľadu používateľa je porovnanie polohy infračerveného svetla odrážaného v oku s polohou zrenice. Tieto informácie v kombinácii s polohou hlavy účastníka sú použité na určenie bodu, na ktorý sú oči používateľa sústredené, a tým aj zodpovedajúce súradnice.[35]



Obr. 13 Sledovanie oka pomocou eyetrackingu [36]

Dáta z vozidla

Zhromažďovanie údajov, signálov počas jazdy špeciálne vybaveným vozidlom. Môžu to byť údaje o sile stlačenia plynového alebo brzdového pedálu, otáčky motora, rýchlosť automobilu alebo natočenie volantu. [21]

2 CIELE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce je zistiť správanie sa vodičov na náhly podnet v závislosti na rýchlosti vozidla, teda a akým spôsobom budú reagovať na vzniknutú situáciu. Predpokladané sú situácie, ktoré vodiči použijú:

- Brzdenie
- Vyhýbanie
- Ich kombinácia

Ďalej sa bude zohľadňovať vodičská prax a vek vodičov. Je potrebné zvoliť si metódu merania, testovaciu trasu jazdných skúšok a vhodný počet respondentov, ktorí budú realizovať jazdné skúšky pre získanie dát a následné ich analyzovanie.

Pre uskutočnenie experimentálneho merania bolo zvolené ho realizovať na testovacej dráhe mimo bežnej premávky z dôvodu bezpečnosti a zaistenia rovnakých podmienok merania náhleho podnetu.

3 NÁVRH EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA

V tejto kapitole sa bude riešiť metóda merania, vymedzí sa rýchlosť vozidla, podnet a spracovanie nameraných dát.

3.1 RÁMCOVA METODIKA MERANIA

Bolo potrebné navrhnuť konkrétne scenáre pre dosiahnutie cieľov merania:

- Stanoviť vzdialenosti, na ktoré bude prekážka vznikáť
- Stanoviť čo bude náhlou prekážkou a stanovenie smerov, na ktoré bude prekážka vznikáť
- Stanoviť čo bude zakrývať výhľad na prekážku
- Stanoviť rýchlosť vozidla
- Stanoviť miesto realizovania jazdných skúšok a počet testovaných jázd
- Zoznam respondentov
- Meranie a zaznamenávanie dát
- Získané dáta analyzovať
- Stanovenie záveru

3.1.1 Vymedzenie rýchlosti vozidla

Vo väčšine miest a obcí je nastavená maximálna rýchlosť 50 km/h z toho dôvodu, aby vozidlá neboli nebezpečné pre chodcov a cyklistov. Avšak ani táto rýchlosť nie je v tomto ohľade optimálna, ako to dokazuje výskum austrálskej a novozélandskej asociácie Austroroads [37], ktorá sa zaoberá bezpečnosťou na tamojších cestách. Keď sa vozidlo stretne s chodcom rýchlosťou 50 km/h, je tu až 80% šanca na usmrtenie chodca, 3% šanca na vážne zranenie a len 17% šanca, že chodec z tejto zrážky vyviazne len s ľahkým zranením. Ak však dôjde k nárazu v okamihu, keď vozidlo jazdí rýchlosťou len 30 km/h, má chodec až 90% šancu na prežitie, 15% šanca na vážne zranenie a 75% šanca na ľahké zranenie. Tento rozdiel môže spôsobiť ľahké povolenie plynového pedálu.

Preto aj niektoré európske mestá pristúpili k plošnému zavádzaniu zón so zníženou rýchlosťou na bezpečnejších 30 km/h v rámci úsilia o zabezpečenie väčšej bezpečnosti svojich obyvateľov.

3.1.2 Vymedzenie podnetu

V kapitole 1.2 sú spomenuté delenia podnetov z okolia, pričom nás bude v tejto práci zaujímať miera očakávania podnetu, ktorú môžeme rozdeliť na:

- Náhly podnet
- Nenáhly podnet

3.1.3 Vymedzenie spracovania nameraných dát

Na základe nameraných dát boli sledované vzdialenosti na ktoré:

- začal podnet vznikáť
- okamih, keď je celý podnet viditeľný
- uvoľnenie akceleračného pedálu
- brzdenie (dotyk brzdového pedálu)
- vyhýbanie (pohyb otočenia volantu)
- kombinácia predošlých

Za počiatok reakcie vodiča sa stanovil okamžik, kedy podnet začal vychádzať spoza prekážky do priestoru pred vozidlo. Koniec reakčnej doby vodiča závisí od typu reakcie, ktorú vodič použil, teda zloženie nohy z akceleračného pedálu, aktivácia brzdového pedálu alebo počiatok otočenia volantu (počiatok vyhýbacieho manévru).

4 REALIZÁCIA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA

Experimentálne meranie bude tvoriť pozorovaný subjekt (vodič) a pozorovaný objekt (náhly podnet). Sledovaný respondent bude reagovať na kritickú situáciu (vstup náhleho objektu) pri rýchlosti 30 km/h, ktorá by mala vznikáť pred vozidlom spoza prekážky (zaparkovaného vozidla na parkovisku) na vzdialenosť 16,14,12 a 10 m z pravej a ľavej strany. Náhlým podnetom, ktorý vznikol pred vozidlom bolo detské odrážadlo s plyšovou hračkou. Celkovo jeden respondent absolvoval 12 meraní, pri ktorých 8 krát prekážka nastala. Pre nepredvídateľnosť situácie boli do meraní zaradené aj 4 prejazdy, pri ktorých žiadna prekážka nevznikla.

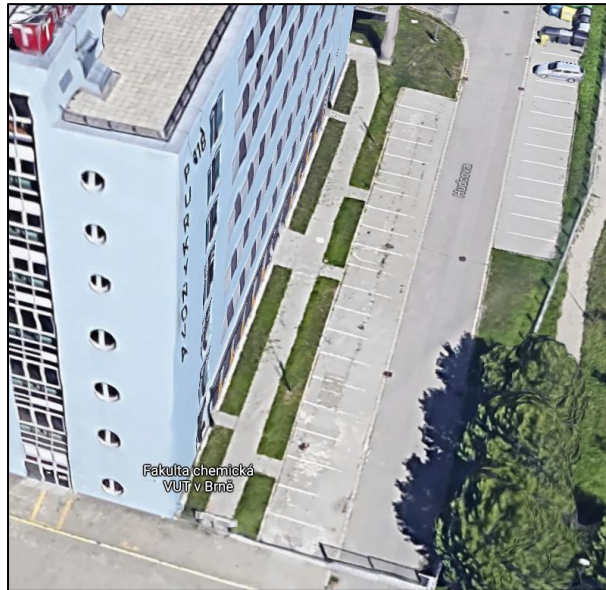
4.1.1 Účastníci merania

Informácie o respondentoch sa získali prostredníctvom dotazníkov, na ktoré odpovedali pred a po meraní. Dotazník pred meraním je uvedený v Príloha č.1. a dotazník po meraní je uvedený v Príloha č.2. Merania sa zúčastnilo 7 respondentov, 4 muži a 3 ženy vo veku od 22 do 30 rokov. Zamestnanie jednotlivých respondentov: IT sféra, hasič, učiteľka, práca v banke a študent (3 respondenti). Vodiči pochádzali z Brna a jeho okolia, ďalší bol zo Zábřehu a posledný zo Slovenka. 1 zo 7 respondentov vlastnili vodičské oprávnenie skupiny A a B, zvyšní mali vodičské oprávnenie skupiny B. Zrakovou vadou trpeli dvaja respondenti, pričom jeden z nich používa kontaktné šošovky a druhý okuliare. Medzi respondentmi bol jeden vodič začiatočník, vzhľadom na to, že išlo o mladého vodiča a uviedol, že motorové vozidlo vedie iba párkrát do roka. Taktiež ohodnotil svoje vodičské schopnosti na stupnici od 1 do 5, pričom 1 = najlepšie a 5 = najhoršie na hodnotu 4. Zvyšní vodiči ohodnotili svoje vodičské schopnosti na hodnoty 2 alebo 3.

Pred meraním respondenti neboli oboznámení s možným vzniknutím prekážky. Bola im podaná inštrukcia – dodržiavanie konštantnej rýchlosti 30 km/h.

4.1.2 Testovacia dráha

Ako testovacia dráha bolo použité dolné parkovisko pri Ústave súdneho inžinierstva. Ide o parkovisko s príjazdovou cestou, na ktorej je v určitom úseku parkovanie po oboch stranách. Po oboch stranách príjazdovej cesty boli vynesené vzdialenosti od miesta, kde mal náhly podnet vznikáť.



Obr. 14 Testovacia dráha [38]

4.1.3 Meracie zariadenia

Testovacie vozidlo

Použité bolo vozidlo značky BMW 530d xDrive Touring. Ide o vozidlo so vznetovým motorom, automatickou prevodovkou a pohonom 4x4, ktoré vlastní pre výskumné účely od roku 2018 ÚSI VUT v Brne.

Vozidlo je vybavené aktívnymi a pasívnymi prvkami bezpečnosti a sústavou, ktoré meria chovanie vodičov. Nachádzajú sa tam prvky ako napr.: asistent jazdy v pruhoch, head-up display, adaptívny tempomat, asistent udržiavania vozidla v pruhoch (line asistent), systém monitorovania mŕtveho uhla atď.

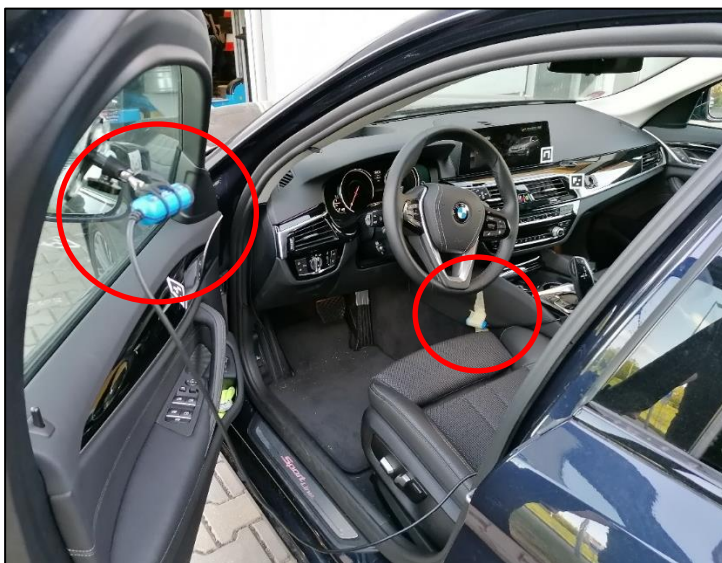


Obr. 15 Vozidlo BMW, ktorým disponuje Ústav súdneho inžinierstva VUT [39]

VBOX Video HD2

Prostredníctvom tohoto systému boli nahrávané videozáznamy jednotlivých meraní. Nahrávanie je možné rýchlosťou 30 snímkov za sekundu na SD kartu alebo USB. V reálnom čase sa synchronizuje nahrávané video s dátami z vozidla. Prostredníctvom GPS modulu sa vie sledovať testovacia dráha a rýchlosť vozidla. [40]

Umiestnenie nahrávacích zariadení je možné vidieť na Obr. 16. Prvá kamera bola umiestnená na okne v ľavých dverách u vodiča a sledovala situáciu pred vozidlom. Druhá bola umiestnená vpravo dole vedľa sedadla vodiča a sledovala priestor nôh a pedálov. Počas meraní došlo k technickej poruche pri jednej kamere a meranie pokračovalo iba s jednou kamerou.



Obr. 16 Umiestnenie snímacích kamier vo vozidle [41]

4.2 SPRACOVANIE DÁT

Zo synchronizovaných dát bola vykonaná analýza v programe KMPlayer, v ktorom bolo možné sledovanie záznamu po frameoch. Hodnoty boli potom spracované pomocou MS Excel. Zaznamenávané hodnoty boli rýchlosť vozidla a vzdialenosti medzi predkom vozidla a podnetom. Išlo o:

- Vzdialenosť, na ktorú náhly podnet sa začal objavovať spoza prekážky
- Vzdialenosť, na ktorú bol podnet pozorovateľný celý
- Vzdialenosť pri ktorej začala reakcia na podnet (zloženie nohy z akceleračného pedálu, aktivácia brzdového pedálu, vyhýbací manéver)



Obr. 17 Začiatok vznikanía podnetu [41]



Obr. 18 Počiatok vyhýbania sa [41]



Obr. 19 Uvoľnenie akceleračného pedálu [41]



Obr. 20 Podnet je celý viditeľný [41]



Obr. 21 Dotyk brzdového pedálu [41]

5 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH DÁT

Táto kapitola sa bude zaoberať vyhodnotením nameraných dát na základe popísanej metodiky v kapitole 3.1. Zhodnotí sa aká bola reakcia pre podnety sprava a podnety zľava. Vďaka získaným dátam, ktoré obsahovali vzdialenosti, na ktoré prekážka vznikala a rýchlosť vozidla, mohla byť zhotovená analýza času do kolízie (ďalej len TTC). Zameria sa aj na porovnanie reakcii respondentov pri prvej testovacej jazde, keďže pri nej išlo o náhly podnet. Nakoniec sa zhodnotia odpovede respondentov z dotazníka.

V grafoch budú používané označenia pre kombinácie reakcií. Pre brzdenie s vyhýbaním sa bude používať označenie brzdenie + vyhýbanie. Pre vyhýbanie sa s brzdením sa bude používať označenie vyhýbanie + brzdenie.

5.1 VYHODNOTENIE SPÔSOBU REAKCIE V ZÁVISLOSTI NA VZDIALENOSTI

Ide o vyhodnotenie spôsobu reakcie respondentov v prípade ak prekážka vznikla z pravej strany v závislosti na vzdialenosti, na ktorú prekážka vznikla. Vyhodnotilo sa 26 z 28 meraní, pretože pri jednom nie sú dáta, kvôli výpadku techniky, ale je známy spôsob reakcie. Pri druhom chybnom meraní nie sú známe vzdialenosti, pretože respondent išiel z neznámeho dôvodu po ľavej strane vozovky.

Pri rýchlosti 30 km/h, ktorú mali respondenti dodržiavať a pri TTC 1,7 s, ktorá je prostredná hodnota v analýze TTC v nasledujúcej kapitole 5.3, vychádza vzdialenosť 14 m. Preto bola zvolená táto vzdialenosť pre rozdelenie spôsobu reakcií nad 14 m a pod 14 m.



Graf č. 2 Spôsob reakcie na základe vzdialenosti 14 m [41]

V Graf č. 2 je percentuálne zastúpenie jednotlivých spôsobov reakcií na základe vzdialenosti 14 m. Brzdenie volilo pod 14 m 19,2 % respondentov a v prípade nad 14 m volilo brzdenie 30,8 % respondentov. V prípade vyhýbania 15,4 % respondentov volilo vyhýbanie pod 14 m a v prípade nad 14 m to bolo 3,8 %. U kombinácie vyhýbania s brzdením a brzdenia s vyhýbaním bolo týchto 14 m rozhodujúcich. Ak sa jednalo o podnety nad 14 m išlo o kombináciu vyhýbanie s brzdením, percentuálne vyjadrenie je 15,4 %. Ak išlo o podnety pod 14 m spôsobom reakcie bola kombinácia brzdenia s vyhýbaním s percentuálnym vyjadrením 11,6 %. Naskytla sa aj situácia, keď respondent nereagoval na podnet so zastúpením 3,8 %.

5.2 VYHODNOTENIE DODRŽIAVANIE STANOVENEJ RÝCHLOSTI

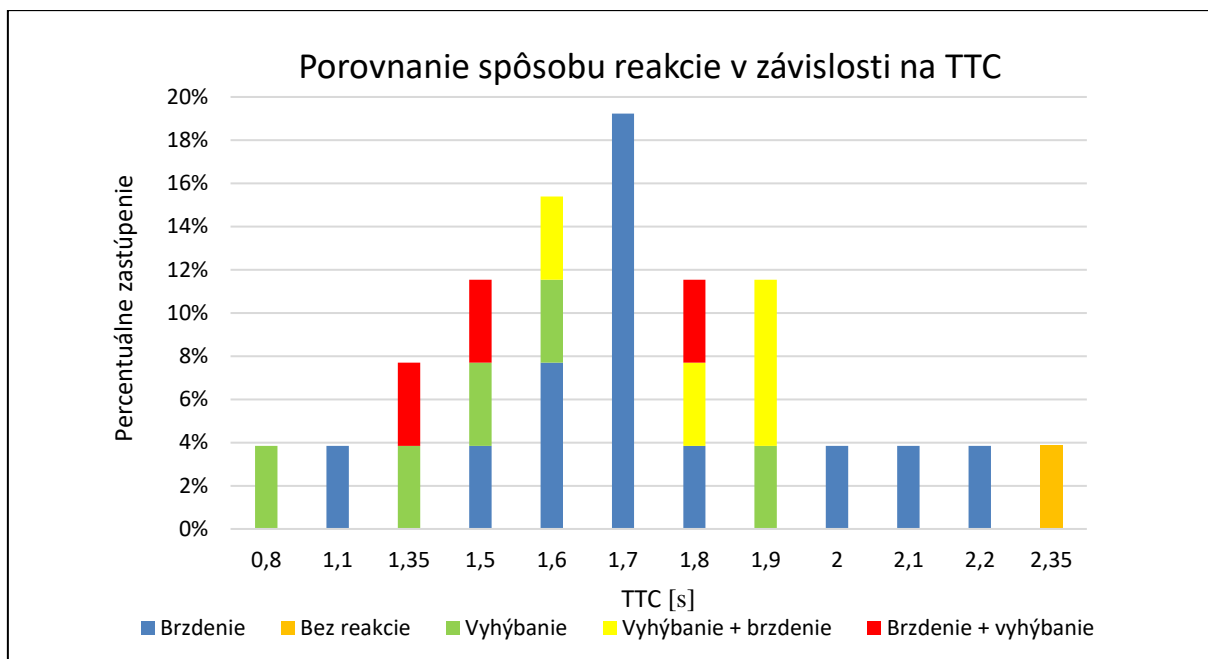
Ako bolo spomenuté, respondenti mali dodržiavať rýchlosť 30 km/h počas celého experimentálneho merania. V priemere išiel každý vodič rýchlosťou 29,8 km/h, čím sa môže povedať, že respondenti dodržiavali stanovenú rýchlosť. Našli sa aj odchýlky pri jednotlivých testovacích jazdách, kde respondent išiel rýchlosťou 25 km/h v dvoch prípadoch. Druhou odchýlkou bola situácia, keď respondent išiel rýchlosťou 37 km/h tiež v dvoch prípadoch. Dá sa teda povedať, že rozdiel pri týchto odchýlkach je 12 km/h.

Z tohto dôvodu bolo potrebné urobiť vyhodnotenie závislosti rýchlosti a vzdialenosti, na ktorú prekážka začala vznikať. Táto analýza je popísaná nižšie.

5.3 VYHODNOTENIE REAKCIE V ZÁVISLOSTI NA TTC

Voľba reakcie je ovplyvnená vzdialenosťou, na ktorú podnet vznikol a rýchlosťou. Respondentom vznikala prekážka na rôzne vzdialenosti ako je uvedené v kapitole 4. a líšila sa aj rýchlosť, ktorou vodiči prechádzali testovaciu dráhu vid' kapitola 5.2.

Zo získaných dát boli teda známe vzdialenosti vzniku prekážky a rýchlosť vozidla u 26 meraní. TTC je definovaný ako podiel vzdialenosti od vozidla k prekážke a rýchlosti vozidla a je to teda čas do kolízie. Z Graf č. 3 sa dajú vyčítať časové intervaly, v ktorých sa jednotlivé spôsoby reakcii používali.



Graf č. 3 Spôsob reakcie v závislosti na TTC [41]

Najväčšia početnosť brzdzenia je v intervale TTC od 1,5 s do 1,8 s a to v rozmedzí 3,8 až 19,2 %. Brzdilo sa aj v prípadoch ak bolo TTC 1,1 s a pri vyšších hodnotách TTC 2 s až 2,2 s. Vyhýbanie sa prekážke sa konalo v intervale TTC 0,8 s a potom od 1,35 s do 1,9 s. Kombinácia vyhýbanie sa s brzdením bola v intervale TTC od 1,6 s do 1,9 s. Pre kombináciu brzdzenia s vyhýbaním bol interval TTC od 1,35 s do 1,8 s.

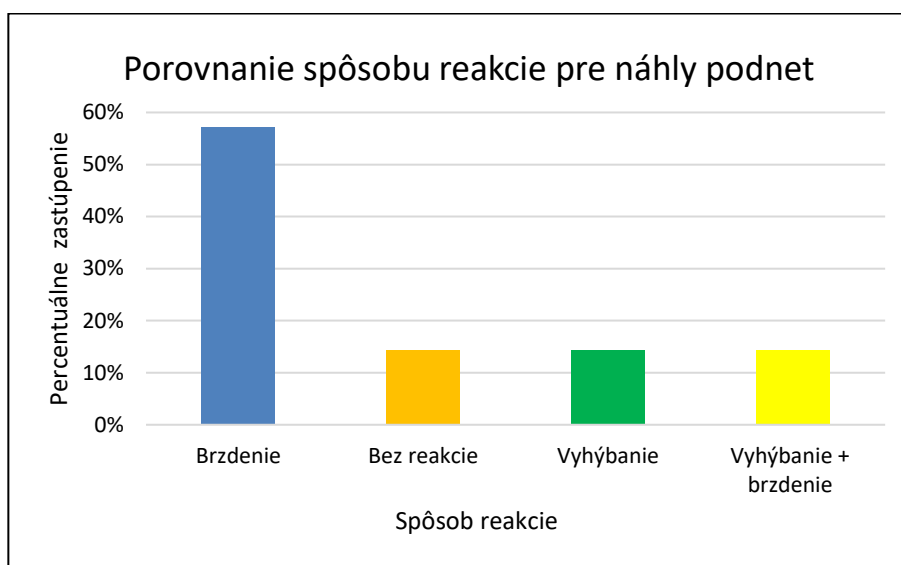
Ako vo výskume ktorý realizoval Stańczyk [22] a popísal situáciu, že pri minimálnej hodnote TTC, v našom prípade TTC 0,8 s vodiči minimálne používali brzdzenie a skôr vyhýbajú alebo uvoľnia akceleračný pedál. Ďalej bolo vo výskume uvedené, že vodiči od TTC 0,9 s len začínajú častejšie používať brzdzenie. Hodnoty TTC sa postupne sa stabilizujú na vysokých hodnotách používania v hodnotách od TTC 1,2 s až do 2,7 s kedy vodiči najčastejšie brzdia.

Podobný priebeh vidieť aj v nameraných hodnotách z experimentálneho merania, kde začína používanie brzdzenia pri TTC 1,1 s a vyšplhá sa až k hodnote TTC 1,7 s kde je vysoké percento používania. Pri kombináciách reakcií je možné vidieť, že pri nižšej hodnote TTC 1,35 s respondenti volili najprv brzdzenie s vyhýbaním a od hodnôt TTC 1,6 s používali kombináciu vyhýbanie s brzdením.

Horst [9] robil výskum týkajúci sa TTC v závislosti na rýchlosti od intervaly 30 km/h do 70 km/h. Pri rýchlosti 30 km/h stanovil TTC 1 s pre prudké brzdzenie a TTC 1,3 s pre normálne brzdzenie. Celkovo teda stanovil hodnotu od TTC 1 s až 1,5 s pre prudké brzdzenie, kde vodiči radšej budú vyhýbať a hodnoty TTC 1,2 s až 2,7 s pre bezpečné brzdzenie, kde budú častejšie brzdiť.

5.4 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV PRE NÁHLY PODNET

Z dôvodu, že pri prvej testovacej jazde nemali respondenti predstavu čo sa bude merať a ako uviedli v dotazníku v Príloha č.2, že prvý podnet bol pre nich neočakávaný a nasledujúce merania boli pre nich očakávané. Respondenti už potom vedeli, že im bude vstupovať podnet do ich jazdnej dráhy, preto sa zhodnotili ich reakcie pri prvej testovacej jazde. Jeden z respondentov pri prvej jazde brzdil a po svojej reakcii sa spýtal, či môže aj vyhýbať. Uviedol, že ak by vedel skôr, že môže vyhýbať, tak by volil vyhýbanie.



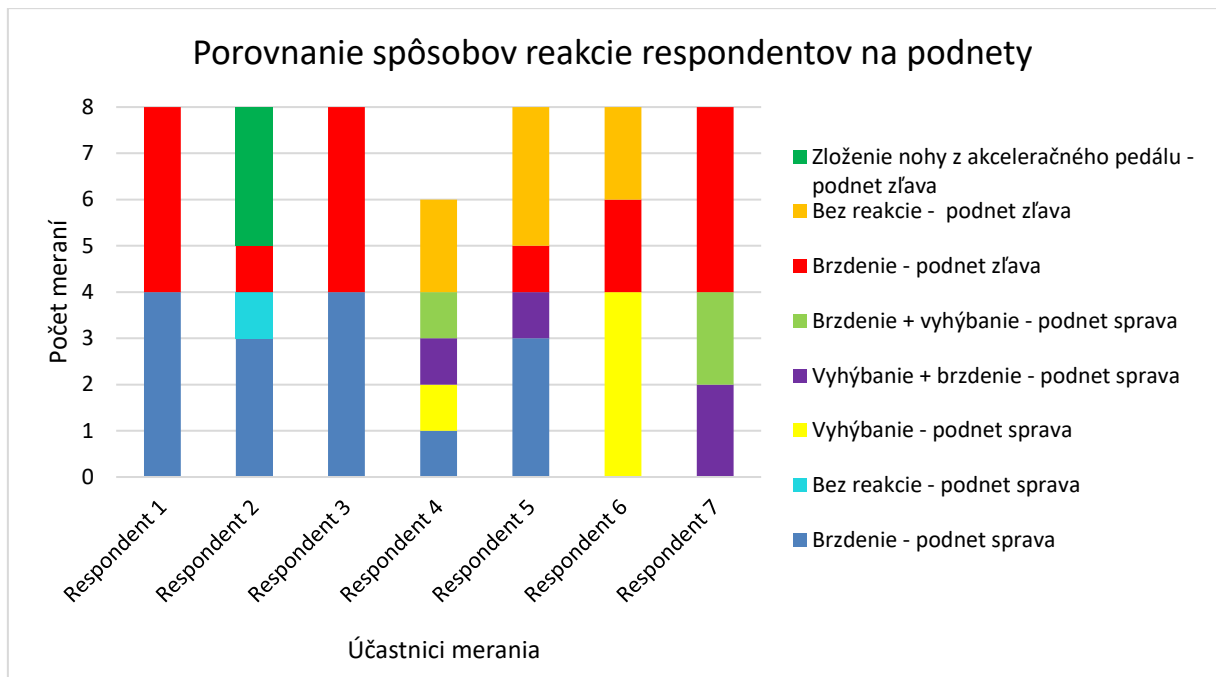
Graf č. 4 Spôsob reakcie respondentov pri prvom meraní [41]

Ako je uvedené v Graf č. 4 tak najčastejšou reakciou bolo brzdenie v percentuálnom vyjadrení 57,1 %. V prípade vyhýbania sa je to 14,3 %, pre vyhýbanie sa s brzdením je to 14,3 % a nakoniec pre nezareagovanie je to 14,3 %.

Z grafu sa dá tiež pozorovať, že brzdenie volili vodiči začiatočníci alebo vôbec na podnet nezareagovali a došlo by ku kolízií. Pri skúsenejších vodičoch možno spozorovať, že použili vyhýbanie alebo kombináciu.

5.5 VYHODNOTENIE SPÔSOBU REAKCIE RESPONENTOV

Ide o vyhodnotenie spôsobov reakcii každého respondenta na podnety sprava a podnety zľava. Ako je znázornené v Graf č. 5 tak každý respondent reagoval na 8 podnetov. Prvé 4 reakcie sú pre podnety sprava a zvyšné 4 sú reakcie pre podnety zľava. Z grafu sa dá tiež všimnúť, že respondent 4 má iba 6 meraní a to z dôvodu výpadku techniky ako je uvedené v kapitole 5.1.



Graf č. 5 Spôsob reakcie respondentov na podnety celkovo [41]

Z grafu je vidieť, že niektorí respondenti volili iba brzdenie. V týchto prípadoch išlo o neskúsených vodičov. U skúsenejších vodičov je zas viditeľné, že nastávali situácie kedy používali i kombinácie alebo výhradne iba kombinácie.

5.5.1 Vyhodnotenie respondentov samostatne

Respondent 1

Pred meraním si myslel, že sa bude merať zrýchlenie. Na všetky podnety reagoval brzdením. Išlo o vodiča začiatočníka ak sa porovnala dĺžka vlastníctva vodičského oprávnenia a priemerne najazdených kilometrov. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na 3. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 28 km/h.

Respondent 2

Respondent mal zrakové postihnutie a počas merania mal kontaktné šošovky. Pred meraním si myslel, že sa bude meranie týkať parkovania, pretože sa meranie realizovalo na parkovisku. Respondent mal málo priemerne najazdených kilometrov, išlo o vodiča začiatočníka. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na 4. Väčšinu testovacích jazd išiel pomalšie ako mu bol stanovené. Priemerná rýchlosť bola 27 km/h. Pri prvej testovacej jazde nejavil žiadne známky reakcie. Až po druhom meraní si uvedomil čo sa meria. Pri ostatných testovacích jazdách buď brzdil alebo zložil nohu z akceleračného pedálu.

Respondent 3

Pred meraním si myslel, že bude parkovať alebo robiť slalom, kvôli tomu, že sa meranie uskutočnilo na parkovisku. Na každý podnet reagoval brzdením. Po meraní uviedol, že si uvedomuje, že mohol reagovať aj vyhýbaním. Pri prvej testovacej jazde sa zľakol detského odrážala a myslel si, že za tým pobeží aj dieťa. Išlo o vodiča začiatočníka a svoje vodičské schopnosti ohodnotil na 3. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 31 km/h.

Respondent 4

Pri tomto respondentovi zlyhalo nahrávanie niektorých testovacích jazd a nie sú dáta ako v prípade predošlých respondentov. Práve pri prvej testovacej jazde nie sú dáta ale je známe, že respondent brzdil a potom sa opýtal, či sa môže vyhýbať alebo má iba brzdiť, kvôli tomu, že si myslel, že sa bude sledovať brzdná dráha. Inak by v prípade prvej jazdy vyhýbal. Pre podnet sprava použil rôznorodé spôsoby reakcie. Pre brzdzenie, vyhýbanie sa, kombináciu brzdzenie s vyhýbaním sa a kombináciu vyhýbanie s brzdením, pre každý spôsob reakcie Na podnety zľava nereagoval. Dáta nie sú aj v prípade dvoch podnetov zľava. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na hodnotu 2. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 33 km/h.

Respondent 5

Pred meraním predpokladal, že sa bude merať rýchlosť alebo kde sa bude pozeráť, kvôli eyetrackeru. Pri prvej testovacej jazde išiel po ľavej strane a z tohto dôvodu nie sú na kamerových záznamoch viditeľné vzdialenosti, na ktoré zbadal podnet a na aké vzdialenosti reagoval, inak spôsob reakcie bolo brzdzenie. Ak sa jednalo o podnet sprava reagoval brzdením, a kombináciou vyhýbanie sa s brzdením. Ak išlo o podnet zľava reagoval brzdením alebo nereagoval. Uviedol, že skôr riešil podnet sprava, pretože bol v jeho jazdnom pruhu a na podnet zľava nebol nútený nejak reagovať. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na hodnotu 3. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 31 km/h.

Respondent 6

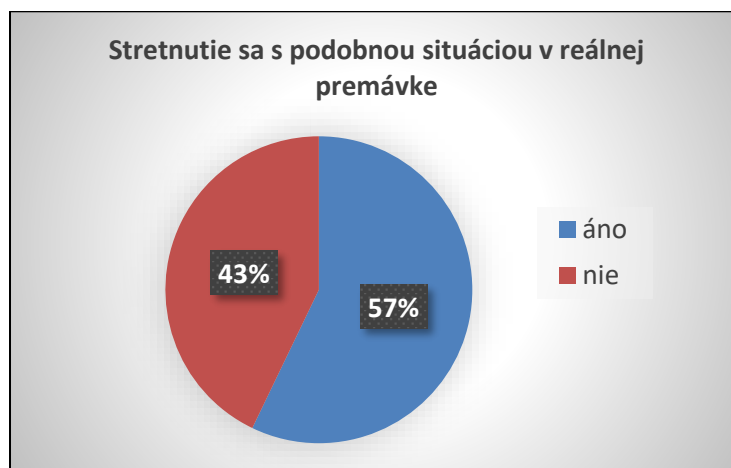
Respondent mal zrkové postihnutie a nosí okuliare. Okrem vodičského oprávnenia skupiny B vlastní aj oprávnenie skupiny A. Pred meraním si myslel, že sa bude sledovať rýchlosť, pretože mu bolo určené aby dodržiaval konštantnú rýchlosť. Po prvej testovacej jazde si uvedomil, že sa sledujú jeho reakcie na podnet. Na každý podnet sprava reagoval vyhýbaním. U podnetu zľava volil brzdzenie alebo nezareagoval. Uviedol, že na podnety zľava už nereagoval, pretože vedel, že mu už nestihnú vojsť do jazdnej dráhy. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na hodnotu 3. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 29 km/h.

Respondent 7

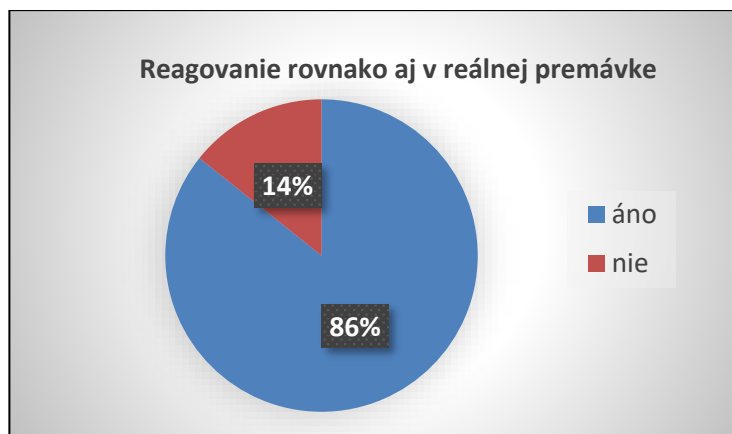
Pred meraním si myslel, že sa bude merať brzdná dráha. Pri podnetoch sprava používal kombinácie vyhýbania sa s brzdením a kombináciu brzdienia s vyhýbaním sa. Ak sa jednalo o podnety zľava reagoval brzdením. Svoje vodičské schopnosti ohodnotil na hodnotu 2. Priemerná rýchlosť pri testovacích jazdách bola 30 km/h.

5.6 ZHODNOTENIE ODPOVEDÍ RESPONDENTOV

Ako bolo uvedené v kapitole 4.1.1 respondenti odpovedali na dotazník po meraní. Každý uviedol, že prvý podnet bol pre nich neočakávaný, ďalšie podnety už boli očakávané. Uviedli, že častejšie očakávali podnet sprava, z toho dôvodu, pretože sa nachádzal v ich jazdnom pruhu. Len jeden respondent uviedol, že očakával narovnako z oboch strán. Na otázku či bol pre nich podnet realistický odpovedali všetci áno. 4 zo 7 respondentov sa v reálnej premávke stretli s podobnou situáciou, vid' Graf č. 6. 6 zo 7 respondentov by aj v reálnej premávke reagovali rovnako vid' Graf č. 7. V závere dotazníka sa nachádzala tabuľka pre ohodnotenie sa na stupnici od 1 do 5, pričom 1 = najlepšie a 5 = najhoršie. Respondenti ohodnotili či už svoje reakčné schopnosti počas celého merania, reakčné schopností na podnety sprava a na podnety zľava, ovládanie vozidla a dodržovanie rýchlosti. Výsledky ohodnotení sa nachádzajú v Tab. 4.



Graf č. 6 Zobrazenie odpovedí na stretnutie sa s podobnou situáciou v reálnej premávke [41]



Graf č. 7 Zobrazenie odpovedí na reagovanie rovnako aj v reálnej premávke [41]

Tab. 4 Ohodnotenie schopností respondentov v dotazníku [41]

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Reakčné schopnosti počas celého merania	3	3	2	1	2	4	1
Reakcia na podnety sprava	2	3	2	1	1	4	1
Reakcia na podnety zľava	3	4	3	1	2	2	1
Ovládanie vozidla	2	2	1	2	2	3	1
Dodržiavanie stanovenej rýchlosti	2	1	2	1	2	3	1

Pri analýze odpovedí respondentov bol zistený nesúlad medzi jednotlivými hodnoteniami a výsledkami vykonaného merania. V prípade respondenta 6, kde svoje schopnosti reakcie počas celého merania a na podnety sprava ohodnotil na hodnotu 4, pričom ide o skúsenejšieho vodiča a jeho spôsob reakcie bolo vyhýbanie sa. Jeho ohodnotenie vyplývalo skôr z jeho zrakovej vady. Taktiež to platí aj pre hodnotenie pri dodržiavaní rýchlosti, pretože požiadavku splnil a jeho priemerná rýchlosť pri všetkých meraniach bola 29 km/h. Druhý nesúlad hodnotenia bol pri rýchlosti u respondenta 2, pretože celkovo išlo o omnoho nižšie hodnoty rýchlosti pri testovacích jazdách a v priemere bola rýchlosť 27 km/h.

ZÁVER

Hlavným cieľom tejto práce bola analýza spôsobu reakcie vodiča na náhly podnet. Tento cieľ sa realizoval prostredníctvom experimentu uskutočneného jazdnými skúškami na testovacej dráhe. Do tohto experimentu bolo zapojených 7 vodičov s rôznym vekom a skúsenosťami. Zistilo sa, že spôsob reakcie vodičov závisí od vzdialenosti, na ktorú vzniká prekážka a rýchlosti vozidla. Z toho dôvodu bolo teda spracovaná analýza reakcií v závislosti na TTC. Túto analýzu spracoval už predtým Stańczyk a výsledky z jeho práce boli následne porovnané s výsledkami v tejto práci. Výskum Horsta sa týkal TTC v závislosti na rýchlosti od 30 km/h do 70 km/h. Jeho výsledky boli taktiež porovnávané s výsledkami v tejto práci.

Výsledky sa zhodovali pre minimálne hodnoty TTC, kde Stańczyk uvádzal hodnotu 0,72 s, kde vodiči zriedkavo brzdili a skôr vyhýbali. Horst stanovil hodnotu TTC 1 s až 1,5s kedy vodiči musia prudko brzdiť aby zabránili kolízií a preto radšej vyhýbajú. V prípade tejto práce bolo pre minimálnu hodnotu TTC 0,8 s vyhýbanie, čo sa zhoduje aj so spomenutými výskumami.

U Stańczyka sú hodnoty od TTC 1,2 s až do 2,7 s kedy vodiči najčastejšie brzdia. Horst stanovil hodnotu TTC 2 s až 2,5 s pre bezpečné brzdenie. V prípade tejto práce sú hodnoty brzdenia od TTC 1,5 s do 2,2 s. Tieto hodnoty sa zhodujú s hodnotami pre brzdenie u Stańczyka a Horsta.

Vyhýbanie má u Stańczyka časté používanie od hodnoty TTC 0,72 s. V tejto práci sa manévrovanie uskutočnilo v intervale od TTC 1,35 s do 1,9 s. Spôsoby kombinácii Stańczyk nezaznamenával, skôr sa zameril na prvú reakciu z kombinácie. Preto by sa dali kombinácie v tejto práci porovnať aj podľa prvej vzniknutej z reakcie z kombinácie. Pre kombináciu brzdenia s vyhýbaním je interval TTC 1,35 s do 1,8 s, čo aj spadá do intervalu brzdenia. Pre kombináciu vyhýbania s brzdením je v tejto práci interval TTC 1,6 s až 1,9 s. Dá sa teda povedať, že pri nižšej hodnote TTC, vodiči skôr použijú kombináciu brzdenie s vyhýbaním.

Z výsledkov nazbieraných prostredníctvom experimentálneho merania bolo možné tiež pozorovať, že neskúsení vodiči majú tendenciu iba brzdiť. Oproti nim, skúsenejší vodiči volili vyhýbanie a kombinácie.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] KROTÁK, Tomáš. Modely chování řidiče. In: *Projekt CZ.1.07/2.3.00/09.0086 Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel*. 2010.
- [2] SCHRAMM, D, B HESSE, N MAAS a M UNTERREINER. *Vehicle Technology: Technical Foundations of Current and Future Motor Vehicles* [online]. B.m.: Walter de Gruyter GmbH, 2020. De Gruyter Oldenbourg Graduate. ISBN 9783110595697. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=m8gpygEACAAJ>
- [3] PLCH, Jiří. Reakční doba řidič. *Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení*. 2010.
- [4] RÁBEK, Vlastimil. *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 fremds*. Olomouc: Properus s.r.o, 2014. ISBN 978-80- 904944-2-8.
- [5] JANCO, Marcel. *Reakčná doba vodiča* [online]. 2018 [vid. 2021-01-19]. Dostupné z: <https://marceljanco.sk/>
- [6] BRADÁČ, Albert. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997. ISBN 80-7204-057-X.
- [7] NASERALAVI, Seyed, Navid NADIMI, M SAFFARZADEH a Amir Reza MAMDOOHI. A general formulation for time-to-collision safety indicator. *Proceedings of the ICE - Transport* [online]. 2013, **166**, 294–304. Dostupné z: doi:10.1680/tran.11.00031
- [8] JURECKI, Rafał. DRIVER RESPONSE TIME IN DIFFERENT TRAFFIC SITUATIONS FOR USING IN ACCIDENT ANALYSIS. *PROCEEDINGS OF THE INSTITUTE OF VEHICLES*. 2016, 45–60.
- [9] VAN DER HORST, Richard a Jeroen HOGEMA. TIME-TO-COLLISION AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEMS. 1994.
- [10] *Čo určuje čas odozvy vodiča. Reakčný čas vodiča - čo to znamená a od akých faktorov to závisí? Aký je reakčný čas vodiča* [online]. [vid. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://toyota-cluber.ru/sk/ot-chego-zavisit-vremya-reakcii-voditelya-vremya-reakcii-voditelya-chto.html>
- [11] KAPLÁNEK, A. *Analýza reakcí řidičů na složené podněty*. Brno: Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství. Disertační práce, 2010.
- [12] *Ambulancia klinickej psychológie, psychoterapie a dopravnej psychológie* [online]. [vid. 2021-03-02]. Dostupné z: <http://www.mkpsychology.sk/?services=coaching>

- [13] SCHICK, Shane. Volvo is working on a driving experience so good you can ignore the car. *360magazine*. 2020.
- [14] HUGEMANN, W. *Driver reaction times in road traffic*. Portorož: EVU, 2002.
- [15] STAŃCZYK, Tomasz a Rafał JURECKI. Czasy reakcji kierowców w stanach zagrożenia wypadkowego. In: . 2006.
- [16] BELÁK, Michal. *Zjištění doby potřebné pro řidiče k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Dizertační práce, 2020.
- [17] FULLER, Ray. Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention* [online]. 2005, **37**(3), 461–472. ISSN 00014575. Dostupné z: doi:10.1016/j.aap.2004.11.003
- [18] ŠUCHA, M, L ŠŤASTNÁ a P. ZÁMEČNÍK. Osobnostní vlastnosti řidičů řídících pod vlivem alkoholu. *Adiktologie*. 2017, **17**(1), 34–44.
- [19] MUTTART, Jeffrey W. Factors that influence drivers' response choice decisions in video recorded crashes. In: *SAE Technical Papers* [online]. B.m.: SAE International, 2005. ISSN 26883627. Dostupné z: doi:10.4271/2005-01-0426
- [20] KAPLAN, Sigal a Carlo Giacomo PRATO. Associating Crash Avoidance Maneuvers With Driver Attributes and Accident Characteristics: A Mixed Logit Model Approach. *Traffic Injury Prevention* [online]. 2012, **13**(3), 315–326. ISSN 1538-9588. Dostupné z: doi:10.1080/15389588.2011.654015
- [21] MIYAJIMA, C, Y NISHIWAKI, K OZAWA, T WAKITA, K ITOU, K TAKEDA a F ITAKURA. Driver Modeling Based on Driving Behavior and Its Evaluation in Driver Identification. *Proceedings of the IEEE* [online]. 2007, **95**(2), 427–437. ISSN 1558-2256 VO - 95. Dostupné z: doi:10.1109/JPROC.2006.888405
- [22] STANCZYK, Tomasz Lech a Rafał Stanisław JURECKI. Driver reaction time to lateral entering pedestrian in a simulated crash traffic situation. *Transportation Research*. 2014.
- [23] BUCSUHÁZY, Kateřina, Veronika SVOZILOVA, Marek SEMELA, Ivo STANA a Olga GRUBEROVA. Analysis of Driver Reaction During Braking and Avoidance Maneuver. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2019, **603**, 42085. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/603/4/042085
- [24] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů II*. Brno: Littera, 2006. ISBN 978-80-85763-32-4.
- [25] SEMELA, Marek. *Analýza silničních nehod I*. Brno: Vysoké učení technické v Brně Ústav

soudního inženýrství, 2012. ISBN 978-80-214- 4559-8.

- [26] SEMELA, Marek. Interpretace výsledků analýzy v otázce „Přednosti v jízdě“. *Soudní inženýrství*. 2009, (6), 284–290.
- [27] HAVEL, Z., J. HNÍZDIL a ET AL. *Rozvoj a diagnostika rychlostních schopností*. Ústí nad Labem: Pedagogická fakulta UJEP v Ústí nad Labem, 2010. ISBN 978-80-7414-323-6.
- [28] MURPHY, Gillian, John A GROEGER a Ciara M GREENE. Twenty years of load theory—Where are we now, and where should we go next? *Psychonomic Bulletin & Review* [online]. 2016, **23**(5), 1316–1340. ISSN 1531-5320. Dostupné z: doi:10.3758/s13423-015-0982-5
- [29] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *A policy on the geometric design of highways and streets* Washington, D.C. 2001.
- [30] ŠACHL, Jindřich, Jindřich ŠACHL, Drahomír SCHMIDT, Tomáš MIČUNEK a Michal FRYDRÝN. *ANALÝZA NEHOD V SILNIČNÍM PROVOZU*. 1. vyd. v Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04638-8.
- [31] KUBALA, Andrej. *Reakcia vodiča na prekážku na vozovke za zníženej viditeľnosti*. Žilina: Žilinská univerzita, Diplomová práca, 2020.
- [32] FILIP, Ondřej. *Interval odpočinku a jeho vliv na akceleraci*. Praha: Bakalárska práca, 2018.
- [33] SZABÓ, ÁKOS. *Asistenční systémy v automobilech a jejich hodnocení podle směrnic Euro NCAP*. Brno: Bakalárska práca, 2014.
- [34] ZDENĚK, Jan a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily: Podvozky*. B.m.: Nakladatelství Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [35] DAWSON, Neil. *Eye Tracking: What Is It For And When To Use It* [online]. [vid. 2021-01-19]. Dostupné z: <https://usabilitygeek.com/what-is-eye-tracking-when-to-use-it/>
- [36] MAHIMA, M. *Eye Tracking in Virtual Reality*. *Queppelin*.
- [37] CORBEN, B. *Integrating Safe System with Movement and Place for Vulnerable Road Users*. Sydney: Austroads Ltd., 2020. ISBN 978-1-925854-71-8.
- [38] *Google maps*.
- [39] MAXERA, Pavel, Michal BELÁK a Marek SEMELA. Měřicí vozidlo Ústavu soudního inženýrství. *Soudní inženýrství. Akademické nakladatelství CERM* [online]. 2018, 54–55. Dostupné z: doi:10.13164/SI.2018.3.54
- [40] *VBOX Video HD2* [online]. [vid. 2021-05-26]. Dostupné z: [56](https://store-</p></div><div data-bbox=)

[41] *Spracovanie - autor.*

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Rozdelenie reakčnej doby a odozvy vozidla [6]	20
Tab. 2 Doba reakčných schopností na rôzne podnety [27]	30
Tab. 3 Reakčné časy pre očakávané a neočakávané podnety [31].....	31
Tab. 4 Ohodnotenie schopností respondentov v dotazníku [41]	52

ZOZNAM GRAFOV

Graf č. 1 Používanie klaksónu [19]	28
Graf č. 2 Spôsob reakcie na základe vzdialenosti 14 m [41].....	45
Graf č. 3 Spôsob reakcie v závislosti na TTC [41]	47
Graf č. 4 Spôsob reakcie respondentov pri prvom meraní [41]	48
Graf č. 5 Spôsob reakcie respondentov na podnety celkovo [41]	49
Graf č. 6 Zobrazenie odpovedí na stretnutie sa s podobnou situáciou v reálnej premávke [41] ...	51
Graf č. 7 Zobrazenie odpovedí na reagovanie rovnako aj v reálnej premávke [41].....	52

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Interakcia vodič, vozidlo a okolie [2]	17
Obr. 2 Zorné pole človeka – vodiča [3]	18
Obr. 3 Usporiadanie priebehu reakcie, Kölnеров model [4].....	21
Obr. 4 Znázornenie TTC v núdzovej situácii [8].....	22
Obr. 5 Laboratórne meranie na jednoduchom meracom prístroji [12]	23
Obr. 6 Simulator jazdy [13]	24
Obr. 7 Meranie reakcie vodiča na rozsvietenie brzdového svetla vozidla [14]	24
Obr. 9 Test 1, model vozidla z pravej strany [22].....	27
Obr. 10 Test 1, model vozidla z pravej strany + vozidlo v protismere [22].....	27
Obr. 11 Test 2, vstup modelu chodca z pravej strany[22]	27
Obr. 12 Doba trvania reakcie v závislosti na intenzite podnetov k reakcii [4]	30

Obr. 13 Polohy výstražných prvkov v zornom poli vodiča [2]	34
Obr. 14 Sledovanie oka pomocou eyetrackingu [36]	36
Obr. 15 Testovacia dráha [38]	41
Obr. 16 Vozidlo BMW, ktorým disponuje Ústav súdneho inžinierstva VUT [39]	41
Obr. 19 Umiestnenie snímacích kamier vo vozidle [41]	42
Obr. 20 Začiatok vzniku podnetu [41]	43
Obr. 21 Počiatok vyhábania sa [41]	43
Obr. 22 Uvoľnenie akceleračného pedálu [41].....	43
Obr. 23 Podnet je celý viditeľný [41].....	44
Obr. 24 Dotyk brzdového pedálu [41].....	44

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

kHz..... kilohertz

TTC Time To Collision

s [m].... dráha

v rýchlosť

s sekunda

m..... meter

km/h... kilometer za hodinu

GPS..... Global Positioning System

R respondent

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1: Odpovede respondentov z dotazníka pred meraním

Príloha č.2: Odpovede respondentov z dotazníka po meraní

PRÍLOHA Č.1

Odpovede respondentov z dotazník pred meraním

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Pohlavie	žena	žena	muž	žena	muž	muž	muž
Vek	27	22	22	28	23	28	30
Bydlisko	Brno	Liptovská Kokava, SR	Zábřeh	Brno	Brno	Ochoz u Brna	Brno
Zamestnanie	učiteľka	študent	študent	študent	hasič	v banke	IT
Zdravotné problémy	Nie	kontaktné šošovky	Nie	Nie	Nie	okuliare	Nie
Vedenie motorového vozidla	každý deň	par krát do roka	pár krát za mesiac	každý deň	pár krát za týždeň	každý deň	každý deň
Vodičské oprávnenie skupiny	B	B	B	B	B	A, B	B
Vodičské oprávnenie od:	25	18	18	18	19	25	18
Celkom najazdené km	20 000	2 000	32 000	70 000	10 000	80 000	200 000
Priemerne ročne najazdene km	10 000	500	8 000	10000	5 000	25 000	30 000
Dodržiavanie max. povolenej rýchlosti	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Nie	Áno
Spôsobenie dopravnej nehody	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Áno	Áno
Hodnotenie vodičských schopností	3	4	3	2	3	3	2
Pohon	predný	predný	predný zadný	predný	zadný	predný	predný zadný 4x4
Prevodovka	Manuál.	Manuál.	Manuál.	Manuál.	Manuál. Automat.	Manuál.	Manuál. Automat.

PRÍLOHA Č.2

Odpovede respondentov z dotazníka po meraní

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Čo ste si mysleli, že sa bude zo začiatku merať?	zrýchlenie	parkovanie	slalom parkovanie	brzdná dráha	rýchlosť sledovanie očí	rýchlosť	brzdná dráha
Pri ktorej jazde ste si začali uvedomovať, že sa meria Vaša reakcia na podnet?	1.	2.	1.	1.	1.	1.	1.
Najčastejšie ste predpokladali podnet?	narovnako	sprava	sprava	sprava	sprava	sprava	sprava
Bol pre Vás podnet	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný	1. neočakávaný, 2. očakávaný
Bol pre Vás podnet dostatočne realistický?	áno	áno	áno	áno	áno	áno	áno
Stretli ste sa s podobnou situáciou v reálnej premávke?	áno	nie	nie	áno	nie	áno	áno
Reagovali by ste rovnako aj v reálnej premávke?	áno	áno	áno	áno	áno	nie	áno
Reakčné schopnosti počas celého merania	3	3	2	1	2	4	1
Reakcia na podnety sprava	2	3	2	1	1	4	1
Reakcia na podnety zľava	3	4	3	1	2	2	1
Ovládanie vozidla	2	2	1	2	2	3	1
Dodržiavanie stanovenej rýchlosti	2	1	2	1	2	3	1