



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ANALÝZA CHOVÁNÍ ŘIDIČE PŘI ŘEŠENÍ SITUACÍ  
SPOJENÝCH S PŘECHÁZENÍM CHODCŮ PŘES  
VOZOVKU**

ANALYSIS OF DRIVER'S CONDUCT DURING SOLVING OF SITUATIONS ASSOCIATED WITH  
PEDESTRIANS CROSSING THE ROAD

**DIZERTAČNÍ PRÁCE**

DOCTORAL THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Ing. Pavel Maxera

**ŠKOLITEL**

SUPERVISOR

doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.

**BRNO 2021**



# Zadání dizertační práce

Student: **Ing. Pavel Maxera**  
Studijní program: Soudní inženýrství  
Studijní obor: Soudní inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21  
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:

## **Analýza chování řidiče při řešení situací spojených s přecházením chodců přes vozovku**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Ke střetům vozidel s chodci často dochází v místech, ve kterých chodci přecházejí přes vozovku. Dojde-li ke střetu vozidla s chodcem, pro chodce má taková dopravní nehoda zpravidla vždy velmi závažné následky. Pro objasňování průběhu a příčin vzniku těchto dopravních nehod bývá zpravidla vždy nutné zpracovat znalecký posudek a na základě podrobných analýz objasnit skutečný průběh dopravní nehody a také posoudit možnosti účastníků nehody zabránit jejímu vzniku. Příčiny vzniku těchto dopravních nehod mívají nejčastěji původ v selhání lidského faktoru a právě poznatky o chování řidičů při řešení složitých jízdních situací, které vznikají v místě přecházení chodců, jsou nezbytným předpokladem pro provádění věrohodných analýz daného typu dopravních nehod.

Úkolem studenta je nalézt vhodné metody pro měření, zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů při řešení jízdních situací, spojených s přecházením chodců přes vozovku, a na základě experimentálního výzkumu získat poznatky potřebné pro objasnění příčinných souvislostí, spojených s chováním řidičů v místě přecházení chodců. Nalezeny by měly být zejména podmínky, za kterých se chodec stává pro řidiče významným vizuálním podnětem, jak řidič za různých jízdních situací na chodce reaguje, jak velkou pozornost mu během jeho pohybu po vozovce věnuje a jaké podmínky vedou ke vzniku situací nebezpečných.

### **Cíle dizertační práce:**

Cílem dizertační práce studenta je, aby student na základě experimentálního výzkumu získal poznatky o chování řidičů v reálném silničním provozu při jízdě v různých místech přecházení chodců a objasnil, jak lze posuzovat nebezpečnost jízdních situací a také jak lépe hodnotit nebezpečnost chování jednotlivých účastníků nehody.

### **Seznam doporučené literatury:**

BRADÁČ, A. Soudní inženýrství. Brno: CERM, 1997, 725 s. ISBN 80-720-4133-9.

JANÍČEK, P. Systémová metodologie: Brána do řešení problémů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8.

ŠIKL, R. Zrakové vnímání. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.

SHINAR, D. Traffic safety and human behavior. 1st edition. Bingley: Emerald, 2007. ISBN 978-0--8-045029-2.

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

KLEDUS, R., M. SEMELA a A. BRADÁČ. Experimental research on the differences in a driver's perception of objects from stationary and moving vehicles. International Journal of Forensic Engineering. 2012, 1(2). Dostupné z: doi:10.1504/ijfe.2012.050416

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

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

V Brně, dne

L. S.

---

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



## **Abstrakt**

Dizertační práce se zabývá analýzou chování řidiče při řešení situací, spojených s přecházením chodců přes vozovku, a to po různě stavebně řešených přechodech pro chodce za různých podmínek. Práce prohlubuje poznání o vlivu lidského faktoru na vznik dopravní nehody vozidla s chodcem a doplňuje tak poznatky pro potřeby analýzy dopravních nehod, zejména při řešení předstřetové fáze a při řešení možností zabránění střetu účastníky nehody. V práci je podrobně pojednáno o chování řidiče a různých modelech chování, pozornost je věnována také zrakovému vnímání, procesu zpracování informací, jednání řidiče a reakční době. V rámci řešení této dizertační práce byly navrženy a realizovány vhodné typy experimentů, kdy na základě provedených měření byla nalezena metoda zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů a současně byl získán významnější soubor dat pro podrobnou analýzu chování řidičů při různých jízdních situacích. Posuzované veličiny o chování řidičů byly analyzovány z hlediska nebezpečnosti jízdních situací. Pro tyto účely byly v práci vymezeny kategorie nebezpečnosti jízdních situací (situace zcela bezpečné, se zvýšeným nebezpečím, nebezpečné a kritické), do kterých byly následně zařazeny analyzované jízdní situace. Pro umožnění kvantifikace tohoto zařazení situací do kategorií nebezpečnosti byl vymezen tzv. koeficient nebezpečnosti  $K$ . Z provedené podrobné analýzy získaných dat byly stanoveny mezní hodnoty tohoto koeficientu a tyto následně verifikovány pomocí údajů z řešení reálných dopravních nehod. Současně byla analýzou ověřena vhodnost užití tohoto koeficientu nebezpečnosti při analýze dopravních nehod, zejména pro detailní posouzení možností zabránění střetu.

## **Abstract**

The doctoral thesis analyses driver's conduct while solving situations associated with crossing of pedestrians across the road in cases of various design of pedestrian crossings and at different conditions. The thesis deepens the knowledge of the human factor impact on the occurrence of a traffic accident involved vehicle and pedestrian and thesis also complements knowledge for the needs of the analysis of traffic accidents, especially in solving the pre-collision phase and at assessment of possibilities for collision prevention by involved participants. The thesis deals with driver's conduct, various models of the conduct as well as the thesis focuses on the visual perception, the process of information processing, the driver's conduct and the reaction time. In terms of the solution suitable types of experiments were designed and implemented. Based on performed measurements a method of processing and evaluating data on drivers' conduct was found as well as more significant data set was

obtained for a detailed analysis of drivers' conduct in different driving situations. The assessed quantities of drivers' conduct were analysed with respect to the dangerousness of driving situations. For these purposes, the categories of the dangerousness of driving situations were defined (situations completely safe, with increased danger, dangerous and critical), into which the analysed driving situations were subsequently included. To enable the quantification of this classification of situations into the categories of the dangerousness, the coefficient of the dangerousness (so called K) was defined. From the detailed analysis of the obtained data, the limit values of this coefficient were determined, and these were subsequently verified using data from the solution of real traffic accidents. Concurrently the analysis verified the suitability of using this hazard coefficient in the analysis of traffic accidents, especially for a detailed assessment of the possibilities of collision prevention.

### **Klíčová slova**

Bezpečnost silničního provozu, dopravní nehody vozidel s chodci, chování řidiče, přechod pro chodce, sledování pohybu oka, optická reakce řidiče, reakční doba, pozornost, nebezpečnost jízdní situace, možnosti zabránění střetu, soudní inženýrství.

### **Keywords**

Road traffic safety, traffic accidents involving pedestrians, driver's conduct, pedestrian crossing, eye movement monitoring, driver's optical reaction, reaction time, attention, dangerousness of the driving situation, collision prevention possibilities, forensic engineering.

### **Bibliografická citace**

MAXERA, Pavel. *Analýza chování řidiče při řešení situací spojených s přecházením chodců přes vozovku*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/130203>. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem dizertační práci na téma Analýza chování řidiče při řešení situací spojených s přecházením chodců přes vozovku zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

Ing. Pavel Maxera

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl velmi poděkovat vedoucímu dizertační práce doc. Ing. Robertu Kledusovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky a konzultace v průběhu celého studia. Dále bych rád poděkoval také doc. Ing. Bc. Marku Semelovi, Ph.D. za cenné rady a poskytnutí materiálů a kolegům Ing. et Ing. Kateřině Bucsuházy, Ph.D. a Ing. Michalu Belákovi, Ph.D. za pomoc při realizaci měření.

# OBSAH

Seznam použitého označení veličin .....	13
Úvod.....	14
1 Analýza problémové situace .....	15
1.1 Dopravní nehody vozidel s chodci.....	15
1.2 Statistiky dopravní nehodovosti.....	15
1.3 Specifika dopravních nehod vozidel s chodci.....	17
1.3.1 Příčiny vzniku dopravních nehod vozidel s chodci.....	17
1.3.2 Vliv rychlosti vozidla na následky dopravních nehod vozidel s chodci .....	20
1.3.3 Vzájemná interakce mezi chodcem a řidičem vozidla .....	20
1.4 Standardní přístupy k řešení dopravních nehod.....	22
1.5 Chování řidiče .....	23
1.5.1 Obecně k chování řidiče .....	23
1.5.2 Modely psychické aktivity a chování řidiče.....	25
1.6 Právní úprava vztahující se k povinnostem účastníků silničního provozu a dalších subjektů .....	35
1.6.1 Povinnosti vlastníka či správce komunikace a účastníků silničního provozu...35	
1.6.2 Problematika překážky náhlé a neočekávané .....	38
1.7 Technická řešení míst pro přecházení chodců .....	41
1.8 Metody umožňující monitorování chování řidiče v reálném silničním provozu....	42
2 Shrnutí současného stavu poznání, vymezení problémové situace a cíle jejího řešení.....	44
3 Vymezení problémů a cílů jejich řešení .....	46
4 Rešerše k řešení vymezených problémů .....	47
4.1 Systémové pojetí technického experimentu.....	47
4.2 Metoda pro sledování pohybu očí (eyetracking).....	49
4.3 Analýza zrakového vnímání řidiče .....	49
4.3.1 Zrakové vnímání.....	49
4.3.2 Úloha světla a lidského oka.....	50
4.3.3 Vnímání prostoru.....	53
4.3.4 Vnímání objektů .....	56
4.3.5 Vnímání pohybu .....	56
4.3.6 Vnímání jasu a kontrastu .....	59

4.3.7	Oční pohyby.....	60
4.3.8	Viditelnost.....	64
4.4	Analýza zpracování informací.....	66
4.4.1	Proces zpracování informací.....	66
4.4.2	Pozornost.....	68
4.4.3	Paměť.....	70
4.4.4	Rozhodování.....	70
4.5	Analýza jednání.....	71
4.6	Analýza reakční doby řidiče.....	72
4.7	Graficko-početní metody, užívané při analýze dopravních nehod.....	78
4.8	Hodnocení nebezpečnosti jízdních situací.....	79
4.9	Shrnutí.....	80
5	Řešení problému č. 1: Nalézt metodu měření, zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů.....	81
5.1	Volba metody řešení problému č. 1.....	81
5.2	Vlastní řešení problému č. 1.....	81
5.2.1	Analýza typu experimentu.....	81
5.2.2	Návrh experimentu.....	82
5.2.3	Realizace experimentu.....	85
5.3	Hledání metody pro zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů.....	90
5.3.1	Metoda pro zpracování dat.....	90
5.3.2	Metoda pro vyhodnocení dat.....	90
5.4	Závěr k řešení problému č. 1.....	97
6	Řešení problému č. 2: Získat významnější soubor dat pro podrobnou analýzu chování řidičů.....	99
6.1	Volba metody řešení problému č. 2.....	99
6.2	Vlastní řešení problému č. 2.....	99
6.2.1	Úvod k řešení problému č. 2.....	99
6.2.2	Návrh navazujících experimentů.....	100
6.2.3	Realizace navazujících experimentů.....	101
6.2.4	Zpracování experimentálně zjištěných dat.....	112
6.3	Vyhodnocení a souhrnná prezentace výsledků experimentů.....	113

6.3.1	Vyhodnocení jednotlivých jízdnic zkušek .....	113
6.3.2	Určení kategorií nebezpečnosti jízdnic situací .....	115
6.3.3	Další vyhodnocení .....	119
6.3.4	Aplikace koeficientu nebezpečnosti K při analýze dopravních nehod.....	127
6.4	Závěr k řešení problému č. 2.....	128
7	Řešení problému č. 3: Verifikovat experimentálně zjištěné výsledky .....	130
7.1	Úvod k řešení problému č. 3 .....	130
7.2	Vstupní údaje pro řešení problému č. 3 .....	130
7.3	Vlastní řešení a výsledky z řešení problému č. 3 .....	133
7.3.1	Skupina DN, ve kterých řidiči neměli možnost zabránit střetu s chodcem.....	134
7.3.2	Skupina DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí .....	135
7.3.3	Skupina DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit včasnou reakcí na chodce... ..	136
7.4	Závěr k řešení problému č. 3.....	137
8	Závěr a přínos práce .....	139
	Seznam použitých zdrojů .....	141
	Seznam publikací autora .....	146
	Seznam obrázků .....	149
	Seznam tabulek .....	153
	Seznam příloh .....	154
	Curriculum vitae .....	155



## SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ VELIČIN

$t_{POR}$	okamžik první optické reakce řidiče na figuranta
$t_A$	okamžik uvolnění akceleračního pedálu
$t_B$	okamžik sešlápnutí brzdového pedálu
$\Delta t_A$	délka reakční doby od okamžiku první optické reakce řidiče na figuranta do okamžiku uvolnění akceleračního pedálu
$\Delta t_B$	délka reakční doby od okamžiku první optické reakce řidiče na figuranta do okamžiku aktivace brzdového pedálu
$t_1$ až $t_4$	časové intervaly pohybu chodce v jednotlivých úsecích (okraje, jízdní pruhy, příp. ostrůvky)
$t_P$	okamžik průjezdu vozidla přes přechod pro chodce
$\Sigma t_{POZ}$	kumulovaná doba, ve které řidič sleduje figuranta v oblasti ostrého vidění, tj. mu věnuje pozornost
$s_1$	vzdálenost vozidla od přechodu pro chodce v okamžiku první optické reakce řidiče na figuranta
$s_2$	vzdálenost vozidla od přechodu pro chodce v okamžiku vstupu figuranta do vozovky
$v_1$	rychlost vozidla v okamžiku první optické reakce řidiče na figuranta
$v_2$	rychlost vozidla v okamžiku vstupu figuranta do vozovky
$v$	rychlost vozidla v okamžiku průjezdu vozidla přes přechod pro chodce
$s_{bmin}$	minimální dráha potřebná pro zastavení vozidla z rychlosti $v_1$
$K$	koeficient nebezpečnosti jízdní situace

## **ÚVOD**

Tato dizertační práce se zabývá komplexní analýzou chování řidiče při řešení situací spojených s přecházením chodců přes vozovku, a to na vybraných přechodech pro chodce.

Dizertační práce je řešena v rámci oboru Soudní inženýrství, které je znalostní metodologickou a vědeckou nadstavbou vybraných technických a technicko-ekonomických oborů znalectví. Provedený výzkum pak přispívá k rozvoji znaleckého oboru doprava, odvětví doprava silniční, a to zejména v oblasti zpracování technických posudků o příčinách dopravních nehod vozidel s chodci.

Řešení problémů v oblasti analýzy dopravních nehod probíhá na soustavě řidič – vozidlo – okolí, ve které má řidič řídicí úlohu. Tato práce se specializuje zejména na interakce řidič – okolí za různých podmínek prostředí a detailněji je zaměřena na analýzu možností řidiče rozpoznávat potencionální nebezpečí, jeho smyslové vnímání a chování. Současně se práce zaměřuje na posuzování nebezpečností jednotlivých jízdních situací.

# **1 ANALÝZA PROBLÉMOVÉ SITUACE**

## **1.1 Dopravní nehody vozidel s chodci**

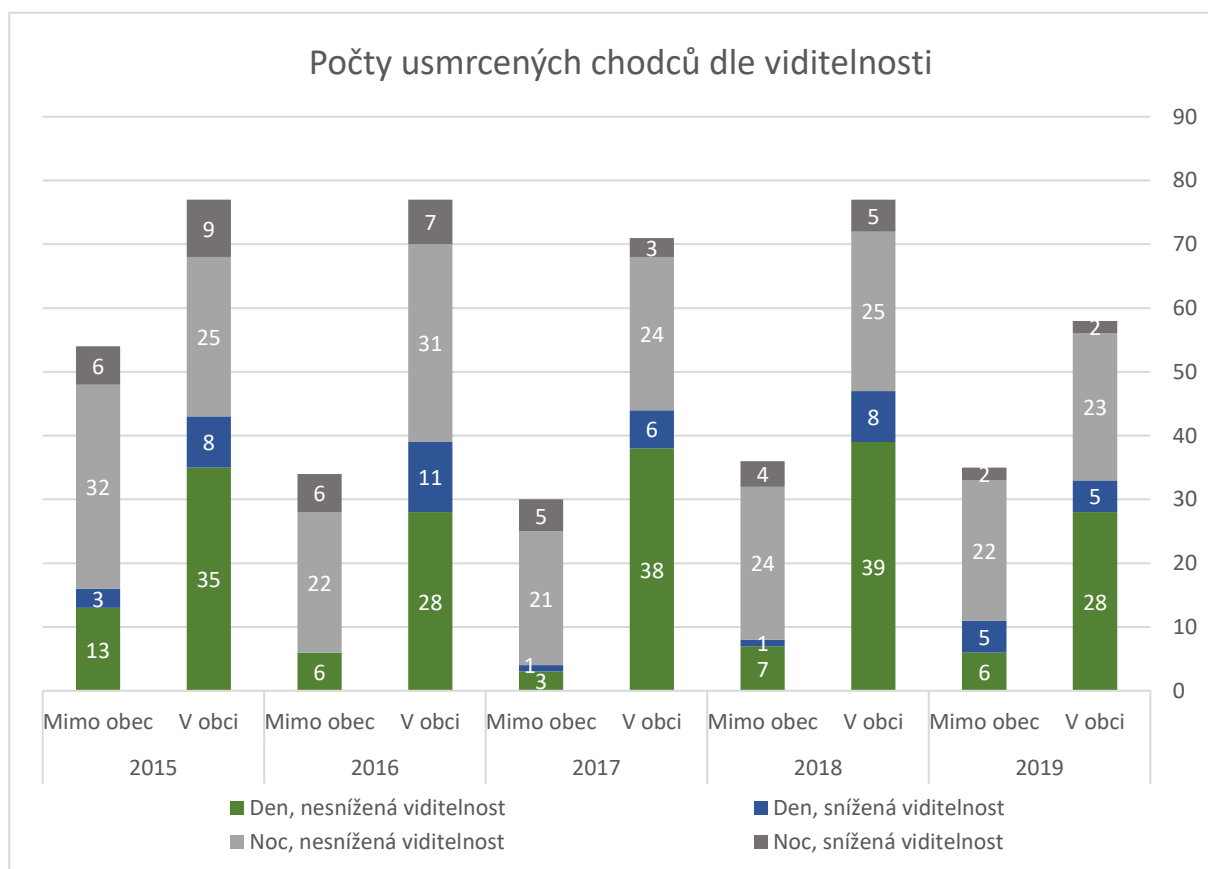
Obecně existuje velká variabilita situací, které vedou k silničním dopravním nehodám. Dopravní nehody lze třídit podle celé řady různých kritérií. Vycházíme-li z členění podle účastníků nehody, pak mezi jedny z nejzávažnějších typů dopravních nehod patří nehody vozidel s chodci. Chodci patří mezi zranitelné účastníky silničního provozu. Střet s vozidlem pro ně má vždy vážné důsledky, zejména díky tomu, že nejsou při kolizi s vozidlem nijak chráněni a v porovnání s vozidlem je jejich hmotnost jen velmi nízká. Díky těmto faktorům tak při dopravních nehodách často dochází k těžkému ublížení na zdraví anebo k úmrtí chodců, což vede většinou k situaci, kdy tyto dopravní nehody jsou projednávány v rámci trestního řízení a pro objasnění příčin jejich vzniku je zpravidla vždy potřeba zpracování znaleckého posudku. K nehodám vozidel s chodci často dochází za snížené viditelnosti, kdy oproti podmínkám v denní době jsou světelnými podmínkami navíc významně ovlivněny možnosti řidičů včasné rozpoznat chodce, a rovněž možnosti chodce správně rozpoznat polohu a rychlost vozidel na vozovce.

Chodci se od řidičů odlišují též dalšími podstatnými charakteristikami, např. věkové rozmezí, ve kterém se účastní silničního provozu, je mnohem širší než u řidičů, jejich pohyb v dopravním prostředí je pak též méně regulovaný, a tedy významně více variabilní, což komplikuje řešení dopravních nehod.

## **1.2 Statistiky dopravní nehodovosti**

Přestože ve vztahu k celkovému počtu dopravních nehod nejsou dopravní nehody vozidel s chodci příliš časté, z hlediska závažnosti jejich následků se jedná o nehody mimořádně závažné. Jak vyplývá ze statistik dopravní nehodovosti Policie ČR, tak v roce 2019 počet nehod s účastí chodce sice tvořil pouze 3,0 % (3 265 nehod) z celkového počtu nehod na pozemních komunikacích (tj. z 107 572 nehod), celkově však bylo při těchto dopravních nehodách usmrceno 93 chodců, což činilo 17,0 % z celkového počtu osob usmrcených při dopravních nehodách (tj. z 547 usmrcených osob). Z hlediska ročního období k nejvyššímu počtu nehod vozidel s chodci došlo v měsících říjnu (335 nehod), listopadu (389 nehod) a prosinci (50 nehod). Nejvíce chodců pak bylo usmrceno v období od srpna do prosince (57 chodců). [1, s. 7, 16, 17]

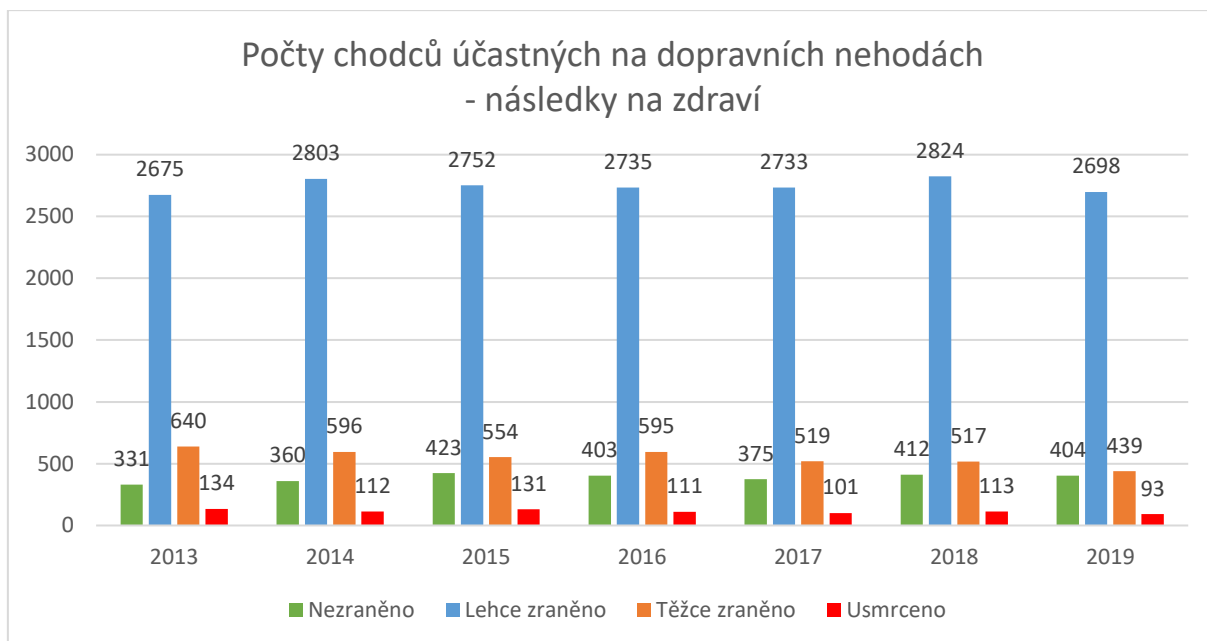
Z porovnání počtů usmrcených chodců dle viditelnosti a místa vzniku nehody za období let 2015 až 2019, viz **obr. 1**, je mj. patrné, že v extravilánu k nejvíce usmrcením chodců došlo při noční době, zatímco v intravilánu obcí v denní době. [1, s. 17]



**Obr. 1:** *Počty usmrcených chodců dle viditelnosti a místa vzniku nehody [1, s. 17]*

Ze statistik také vyplývá, že chodci v roce 2019 zavinili 1 079 dopravních nehod, což představuje 33,0 % dopravních nehod, na nichž měli účast. Nejběžnější příčinou vzniku nehod ze strany chodců bylo jejich nepozorné nebo náhlé vstoupení do vozovky z chodníku, ostrůvku nebo krajnice, špatný odhad vzdálenosti a rychlosti vozidla, zmatené, zbrklé, nerozhodné jednání či náhlá změna směru chůze. Z pohledu zavinění řidičem bylo nejčastější příčinou to, že řidič nevěnoval potřebnou pozornost řízení vozidla. [1, s. 18, 11]

Vývoj počtu chodců, účastných na dopravních nehodách, rozdělený podle závažnosti jejich zranění, za období let 2013 až 2019 je znázorněn na **obr. 2**. Z uvedeného srovnání mj. vyplývá, že počet těžce zraněných a usmrcených chodců tvořil v jednotlivých letech 15 až 21 % z celkového počtu chodců, účastných na dopravních nehodách.



**Obr. 2:** *Počty chodců účastných na dopravních nehodách, rozlišených dle závažnosti jejich zranění [1, s. 85]*

Z uvedeného je tak zřejmé, že dopravní nehody vozidel s chodci jsou jevem společensky závažným, je potřebné se jim věnovat ve výzkumu z hlediska potřeb oboru soudního inženýrství. Jak však ukazuje níže uvedená rešerše významných vědeckých prací, lze vycházet již z poměrně vysoké úrovně poznání, co do příčin vzniku těchto nehod i způsobu chování řidičů a dalších poznatků.

### **1.3 Specifika dopravních nehod vozidel s chodci**

#### **1.3.1 Příčiny vzniku dopravních nehod vozidel s chodci**

Jak uvádí Šucha [2, s. 143], je přibližně 90 % všech dopravních nehod způsobeno selháním účastníků silničního provozu. Z hlediska dopravních nehod zaviněných účastníky silničního provozu lze příčiny vzniku rozdělit na dvě skupiny:

- výkonnostní – příčinou chybného dopravního chování jsou nedostatky ve schopnostech či dovednostech,
- osobnostní – příčinou chybného dopravního chování jsou negativní osobnostní rysy, postoje, motivace.

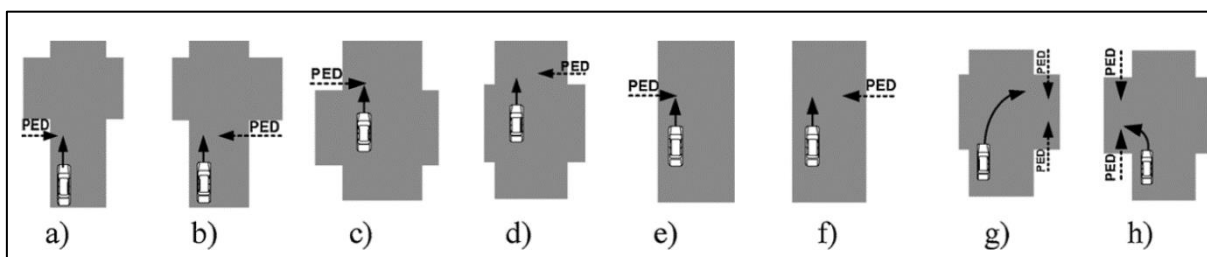
Příčiny se však mohou navzájem kombinovat, přičemž další riziko představují také somatické a psychické poruchy a nemoci. Příčinou chybného chování může být také nedostatek informací nebo jejich nesprávný výběr, který je ovlivňován zejména znalostmi, zkušenostmi a schopností určení důležitosti podnětů. Nebezpečné situace nastávají také v případech, kdy jsou řidiči vystaveni přemíře informací. [2, s. 143]

Z výše uvedených důvodů je návazně v psychologii věnována velká pozornost měření chyb při vnímání, rozhodování a jednání. Chybu řidiče vymezují Štikar a kol. [3, s. 74] pro výzkumné účely v psychologii jako „*odchylku z optimálního stavu – tzn. jev, který vzniká, jestliže řidič selže v rozhodnutí, jak se chovat optimálním způsobem. Důsledkem chyby je odchylka pozorovaného jednání od optimálního jednání. Projev chyby pozorujeme tedy v jejím důsledku*“. Tamtéž se zdůrazňuje, že při hodnocení chyby je však nutné specifikovat optimum. Každou chybu je možné klasifikovat a řadit do alespoň jedné ze čtyř tříd, rozdělených do dvou dimenzí. Chyba objektivní – subjektivní (1. dimenze) a chyba záměrná – nezáměrná (2. dimenze). Dimenze objektivní – subjektivní se pak vztahuje k osobě určující optimální jednání. Dimenze záměrného – nezáměrného se vztahuje k příčině chyby.

Šucha [2, s. 147] pak z hlediska věku řidiče vymezuje dvě skupiny řidičů, které vykazují vyšší četnost zavinění dopravních nehod, a to řidiče ve věku 18 až 24 let a řidiče seniory. První skupina mladých řidičů je charakteristická výskytem tendence k riskování a soutěživosti, vyšší impulzivitu, přeceňování svých schopností, nižší předvídatelností a sociální ohleduplností. Řidiči senioři naproti tomu bývají často postiženi poškozením smyslových funkcí (horší zrakové a sluchové vnímání), prodlouženou dobou reakce, horší distribucí pozornosti a dalšími zhoršenými fyziologickými a psychologickými funkcemi. S rostoucím věkem například roste počet nehod, jejichž příčinou bylo nedání přednosti v jízdě, chybné dopravní chování vůči chodcům, nebo při odbočování, couvání, otáčení. Naopak klesá počet nehod způsobených nepřizpůsobenou rychlostí nebo odstupem mezi vozidly.

Sullivan a Flannagan [4] pomocí policejních vyšetřovacích zpráv, analyzovali ve své práci rozdílnost průběhu dopravních nehod vozidel s chodci ze tří hledisek. Za prvé sledovali rozdíly průběhu dopravních nehod ve dne a v noci a hodnotili tak vliv světelných podmínek při dopravní nehodě. Za druhé u nočních dopravních nehod sledovali rozdíly průběhu při použití symetrických a asymetrických světlometů a hodnotili tak vliv provedení světlometů na možnosti lepšího spatření chodce. Za třetí u dopravních nehod sledovali četnost jejich vzniku podle toho, ve kterém místě se nacházel chodec a na jakou stranu přecházel. Na základě této analýzy pak dospěli k závěru, že na přechodech pro chodce v místě křižovatky se více dopravních nehod vozidel s chodci událo při pohybu chodce přes vozovku zprava doleva ve dne za nezhoršené viditelnosti. Avšak na přechodu pro chodce, který leží mimo oblast křižovatky, tomu bylo zcela opačně. V tomto případě se nejvíce dopravních nehod s chodci stalo ve tmě za snížené viditelnosti při pohybu chodce přes vozovky zleva doprava.

Habibovic a kol. [5] ve své práci analyzovali různé jízdní situace, při kterých chodci přecháží na různé strany vozovky, tedy z různých výchozích do různých konečných pozic. Pro identifikaci faktorů ovlivňujících pozornost řidiče, směr jeho pohledu a chování chodce během přecházení využívali metodu DREAM (the Driving Reliability and Error Analysis Metod). Tato metoda je založena na retrospektivním využití dat z dopravních nehod a související analýze videozáznamů. Pro vyhodnocení využívali osm možných variant trajektorie vozidla a chodce těsně před střetem, viz **obr. 3**.



**Obr. 3:** Osm možných variant trajektorie vozidla a chodce těsně před střetem [5]

Pro vyhodnocení výše uvedené varianty rozdělili do tří skupin [5]:

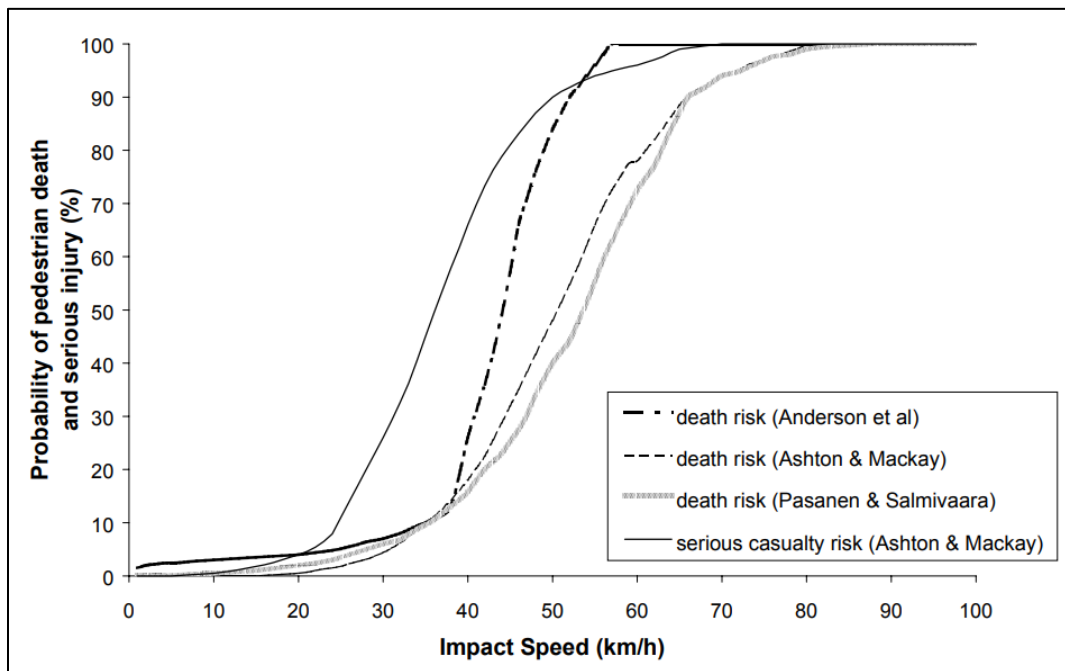
- vozidlo jedoucí rovně v oblasti křižovatky (varianta *a* až *d*),
- vozidlo jedoucí rovně mimo oblast křižovatky (varianta *e*, *f*),
- vozidlo zatáčející v oblasti křižovatky (varianta *g*, *h*).

Metoda DREAM byla ve výše popsaném výzkumu aplikována na každou ze tří výše uvedených skupin. Výzkumem bylo zjištěno, že nevěnování pozornosti chodci bylo ve většině případů způsobeno tím, že řidiči svou pozornost soustředili na jiné objekty na vozovce. Velmi malé množství nehod bylo způsobeno tím, že řidiči soustředili svou pozornost do interiéru vozidla nebo že se věnovali jiným činnostem, jako například hledání cesty v mapě nebo navigaci, nebo konverzaci s jinou osobou. Tyto jiné činnosti se u variant *g* a *h* nevyskytovaly vůbec. [5]

Mackie a kol. [6] vytvořili metodu, díky níž je možné na různých typech pozemních komunikací vytvářet bezpečné a uživatelsky přívětivé prostředí, a to na základě implementace návrhu změn, které vedou k předvídatelnému chování účastníku provozu, neboť příznivě ovlivňují jejich správné chování. Ve výzkumu dospěli například k závěru, že pokud je vozovka opatřena vhodným vodorovným vodicím značením, řidiči se na této vozovce lépe orientují, dokáží lépe předvídat a zároveň to vede k jejich disciplinovanosti.

### 1.3.2 Vliv rychlosti vozidla na následky dopravních nehod vozidel s chodci

Zatímco rychlost lidské reakce je dána a nelze ji obvykle zkracovat, rychlost vozidla je ovlivnitelná jednáním řidičů, je tedy rozhodujícím faktorem při vzniku dopravní nehody s chodcem. Vzdálenosti, které ujede vozidlo během reakční doby a v průběhu brzdění, jsou primárně závislé na rychlosti vozidla. [7, s. 15]



**Obr. 4:** Pravděpodobnost úmrtí či vážného zranění chodce v závislosti na rychlosti vozidla [8, s. 26]

Jak uvádějí Corben a kol. [8, s. 26], rychlost vozidla má také významný vliv na závažnost zranění chodce. Jak vyplývá z **obr. 4**, na kterém je znázorněna závislost pravděpodobnosti úmrtí či vážného zranění chodců na rychlosti vozidla z různých zdrojů, je při rychlosti vozidla do 20 km/h pravděpodobnost vzniku vážného zranění či úmrtí chodce zanedbatelná, avšak v intervalu rychlostí 30 až 40 km/h začíná strmě růst. Při rychlosti vozidla 50 km/h je pravděpodobnost úmrtí chodce dle Ashtona a Mackayho cca 50 %, dle Andersona a kol. dokonce 85 %.

### 1.3.3 Vzájemná interakce mezi chodcem a řidičem vozidla

Aby nedošlo ke střetu mezi chodcem a vozidlem, musí podle Snydera a Knoblaucha řidič vozidla a chodec o sobě vzájemně vědět a komunikovat, přinejmenším alespoň částečně. Tato interakce mezi řidičem vozidla a chodcem vyžaduje, aby každý z nich provedl min. těchto 6 procesů a nedošlo tak ke střetu [9, s. 623]:

- výběr dráhy pohybu,
- vizuální skenování scény pro zjištění potenciálních nebezpečí,



- detekování druhého účastníka a zjištění jeho relativní polohy,
- vyhodnocení záměru druhého účastníka,
- rozhodování o jednání,
- provedení reakce, díky které nedojde ke střetu mezi účastníky.

Dle Štikara a kol. [3, s. 70] při interakci mezi řidičem a chodcem dochází ze strany řidiče k jednání, kdy je omezen zejména pravidly a situací. V kladném případě upřednostní chodce, na přechodu mu dá přednost a omezí svoji rychlost. V opačném případě může prosazovat svoje agresivní chování, kdy donutí chodce zůstat na krajnici a donutí jej dát přednost samotnému vozidlu.

Katz a kol. provedli sérii experimentálních měření, při kterých chodci vstupovali do vozovky z jejího okraje, a to před přibližující se vozidlo. U první poloviny měření se chodci před vstupem do vozovky rozhlédli do stran a navázali oční kontakt s řidičem vozidla. U druhé poloviny měření vstupovali do vozovky bez rozhlédnutí. Z vyhodnocení těchto jízdních zkoušek došli autoři k zajímavému zjištění. Řidiči s větší pravděpodobností výrazně zpomalí, pokud na ně chodec nereaguje anebo pokud po zpozorování chodce s ním nenaváží vzájemný oční kontakt. Jedná se tak o situace, při kterých řidiči nemohli chodci sdělit své dominantní postavení na vozovce, a tedy museli chodci umožnit přejítí. Vzájemná komunikace mezi řidiči a chodci je velmi důležitá a v případě její absence se na základě tohoto měření zdá, že řidiči mají do značné míry sklon přizpůsobit se chodcům. Avšak je potřebné zmínit, že ne všichni řidiči při nenavázání očního kontaktu výrazně zpomalili. Důležitou roli hraje také rychlost vozidla a vzdálenost mezi chodcem a vozidlem, kdy v případě kritické situace musí chodec učinit rozhodnutí nevstupovat do vozovky před vozidlo, které již nestihne zastavit. [9, s. 624]

Vzájemnou interakcí mezi řidičem a chodcem a související rozhodovací strategií na přechodech pro chodce ve městech, značených vodorovným a svislým značením, se zabývali také Šucha a kol. [10], kteří využili kombinovaného přístupu. Jednak prováděli zkoumání potřeb chodců a řidičů a jejich chování v konfliktních situacích, dále prováděli přímé pozorování těchto subjektů v terénu, k čemuž využívali analýzu kamerových záznamů, měření rychlosti, měření hustoty provozu a měření výskytu chodců, a současně též prováděli krátké rozhovory s chodci na místech zkoumání, které analyzovali. Z výsledků těchto výzkumů vyplývá, že mezi faktory, které ovlivňují rozhodování chodce vstoupit či nevstoupit na přechod, patří zejm. rychlost jedoucích vozidel, vzdálenost vozidla od přechodu, hustota dopravy, zda se vozidla přibližují jen z jedné nebo z obou stran, možný signál ze strany řidiče (např. oční kontakt, pokynutí rukou nebo zablikání) a přítomnost dalších chodců. V případě rozhodování

řidiče, zda dát na přechodu chodci přednost, hraje významnou roli hustota dopravy, počet chodců, kteří chtějí přejít a jejich případná ne/soustředěnost. S rostoucí rychlostí jízdy a zvětšující se hustotou dopravy klesá pravděpodobnost, že řidič dá chodci přednost. Naopak tato pravděpodobnost roste s rostoucím počtem chodců, čekajících na přechodu. Pokud chodec stojí dále než  $0,5\text{ m}$  od přechodu či nevěnuje-li se chodec dopravní situaci (např. používá telefon, hovoří s jiným chodcem apod.), řidič vozidla před přechodem spíše vůbec nezastaví či nezpomalí, kdy nevěnování pozornosti přecházení ze strany chodce může řidič interpretovat jako nedostatečný zájem či nepřipravenost přejít. Výsledky zkoumání ukázaly, že zhruba  $36\%$  řidičů nedalo chodci přednost ani za situace, kdy jim tato povinnost vyplývala z pravidel silničního provozu. Z druhé skupiny řidičů, kteří chodci přednost dali, jich  $17\%$  zastavilo a  $47\%$  snížilo rychlost, aby umožnili chodci přejít. Dle autorů je zásadní rozdíl v otázce komunikačních potřeb obou skupin (chodců a řidičů), zejm. v očním kontaktu, kdy  $84\%$  chodců, kteří čekají u přechodu, se snaží s řidiči přijíždějících vozidel navázat oční kontakt, avšak řidičů, kteří se snaží o totéž s chodci, bylo pouze  $34\%$ . Druhou nejčastější strategií, kterou chodci využívají k naznačení svého úmyslu vstoupit na přechod, je naznačení pohybu kupředu či vkročení do vozovky, po kterém následuje čekání na reakci řidiče.

#### **1.4 Standardní přístupy k řešení dopravních nehod**

Jak uvádí Semela [11, s. 27 až 29], je pro dopravní nehody charakteristické, že jejich základní objasnění je vždy založeno na řešení nepřímého příčinného problému. Známé vstupy jsou vždy následky, tj. projevy a důsledky. U dopravních nehod vozidel s chodci se jedná např. o známý rozsah zranění chodce, velikost deformace vozidla, místo střetu, délku odhození apod. Návazně se formou mentálního, výpočtového a experimentálního modelování zjišťují příčiny, jako například rychlost vozidla, předstřetový pohyb vozidla, způsob chování řidiče při vzniku nebezpečí a v průběhu nehodového děje, způsob chování chodce. Nedílnou součástí řešení pak bývá i návazné řešení přímého příčinného problému, kterým je objasnění možností účastníků nehody zabránit jejímu vzniku.

Analýza nehodového děje pak navíc vyžaduje též rozdělení nehodového děje na fáze s menší složitostí. U dopravních nehod, u kterých dochází ke střetu vozidla s jiným účastníkem provozu, se běžně rozlišují tři fáze: fáze předstřetová, střetová a postřetová. Pro řešení střetové a postřetové fáze se využívá buď metody zpětného odvíjení děje (též zpětný výpočet), nebo simulačního, výpočtového modelování (též dopředný výpočet). Fáze předstřetová se běžně řeší metodou zpětného odvíjení děje a lze při ní využívat počítačové podpory.

Dle Kleduse a kol. [12] je pro úspěšné vyřešení průběhu předstřetové fáze nehodového děje vždy podstatné též objasnění okolnosti, zda a příp. na jakou vzdálenost mohl řidič na nějaký podnět reagovat. Tato vzdálenost bývá často zjišťována formou konkretizačního experimentu, jehož výsledky slouží k objasnění skutečného chování řidiče tak, aby návazně mohla být zkoumána otázka související s právním posouzením případu, tedy zda řidič přizpůsobil rychlost jízdy vzdálenosti, na jakou měl rozhled, anebo zda příčinou vzniku nehody bylo jednání chodce, příp. do jaké míry byl nehodový děj ovlivněn konkrétními podmínkami silničního provozu.

Součástí analýzy všech dopravních nehod (nejen vozidel s chodci) je tedy řešení 2 typů problémů. Za prvé objasnění skutečného průběhu dopravní nehody a za druhé objasnění možností účastníků zabránit jejímu vzniku. Dle Tokaře [13, s. 32] se tyto možnosti analyzují z pohledu každého účastníka a zkoumají se jak možnosti účastníků předejít jejímu vzniku (tj. zabránit jejímu vzniku změnou v chování před vznikem nebezpečné situace), tak i možnosti účastníků odvrátit nehodu adekvátním chováním po reakci na nebezpečnou situaci.

Jak při analýze skutečného průběhu dopravní nehody, tak i při analýze možností zabránění střetu jednotlivými účastníky do výpočtů vstupuje jako významná veličina reakční doba řidiče. Podle odborné literatury (např. [14]) je tato intervalová, přičemž se vychází z reakční doby řidičů, která není ovlivněna specifickými faktory. Existuje však celá řada teorií, které dokládají, že zejména při řešení složitějších (neobvyklých) jízdních situací (vznikajících v městském provozu, na přechodech pro chodce apod.) je potřebné zvažovat rovněž vliv vnějších podmínek na reakční dobu řidiče. Zcela však chybí kvantifikované údaje, ze kterých by bylo možno vycházet při řešení složitějších jízdních situací, při kterých řidič vykonává více činností pro jejich úspěšné zvládnutí.

## **1.5 Chování řidiče**

### **1.5.1 Obecně k chování řidiče**

Pojem chování entity v systémovém pojetí vymezuje Janíček [15, s. 30-A] jako množinu všech jejích projevů realizovaných a pozorovaných na entitě ve vymezené době, přičemž projevem entity se rozumí jednotlivá, na dané rozlišovací úrovni smyslově nebo přístrojově zjištělná interakce orientovaná z entity do jejího okolí, nezávisle na tom, co vyjadřuje. Chování je popsáno parametry chování  $p_i$ , tedy projevy entity. Tyto projevy mohou být kvantifikované danými hodnotami  $h_{p_i}$  těchto parametrů. Výběr souborů parametrů chování entity a vymezení jejich hodnot se v teorii systémů označuje jako realizace strategie entity, tedy stanovení cílového chování entity. Rozdíly  $D_{p_i}$  mezi hodnotami parametrů  $h_{p_i}^r$  (dosažených

reálným chováním entity) a parametrů  $h_{pi}^*$  (odpovídajících požadovanému cílovému chování) lze označit jako parametry odchylek reálného chování entity od jejího chování cílového.

V závislosti na velikosti odchylek  $D_{pi}$  lze rozlišovat mj. tyto typy chování:

- ideální chování (všechny  $D_{pi} = 0$ ) – tento typ chování se prakticky nevyskytuje,
- normální chování – odchylky  $D_{pi}$  leží v přijatelných tolerančních mezích, tedy reálné chování se od cílového podstatně neodchyluje.

Dále Janiček [15, s. 30-A] rozlišuje chování entit na vlastní, podmíněné a řízené, kdy:

- vlastní chování entity nezávisí na tom, jaké je působení na entitu z jejího okolí (příčinou chování jsou podněty ze struktury entity, nikoliv z okolí),
- podmíněné chování entity, též odezva entity na příčiny působící na entitu, závisí na působení na entitu (příčinou chování jsou interakce, přicházející z okolí na entitu),
- řízené chování entity – dosahované cílevědomým působením subjektu na entitu s případným využitím zpětných vazeb od jednotlivých projevů entity (řízení zajišťuje cílové chování entity).

Podle řady autorů lze chování člověka charakterizovat jako souhrn vnějších pozorovatelných projevů (vnější činnost, řeč, mimika, jednání apod.) na vnější a vnitřní podněty. V tomto pojetí patří k chování nejen mimika a gestikulace, ale také vnitřní fyziologické změny, jako například zvýšení krevního tlaku nebo tepové frekvence. Dle Jandourka se chování dělí na chování instinktivní, návykové a rozumové. Instinktivní chování má biologický význam, slouží k zachování života a nelze se jej naučit učením. Oproti tomu návykové chování se projevuje při konání téhož úkonu opakovaně za stejných podmínek naučeným způsobem, na danou činnost se nepotřebuje člověk soustředit a přemýšlet o ní. Rozumové chování se vyskytuje při každé činnosti při měnících se podmínkách okolí. Chování spolu s prožíváním jsou podřízené lidské psychice, která je reguluje a řídí na základě přijímání, zpracování a vyhodnocení informací. Zatímco chování je jakákoliv tělesná aktivita lidského těla, kterou lze pozorovat, zaznamenat či měřit, prožívání je vnitřní dění zahrnující poznávání, cítění a snažení člověka, jedná se o sled uvědomovaných psychických zážitků, který probíhá při různých stupních jasnosti vědomí, respektive bdělosti. [16, s. 72], [17, s. 103], [18, s. 43]

V pojetí Plhákové [18, s. 46] je chování odpovědí organismu na změny jeho okolí a podle vztahu k vůli se rozlišuje chování volní (úmyslné, záměrné) a mimovolní (bezděčné). Volní chování (též jednání) je aktivita, která směřuje k určitému cíli a je řízena vědomou intencí, záměrem. Naopak mezi mimovolní projevy patří vrozené formy chování, jakými jsou

nepodmíněné reflexy (slinění při příjmu potravy) nebo některé instinktivní projevy (vrozené automatismy).

Ve smyslu zobecněných závěrů Janíčka [19, s. 45] pak můžeme v systémovém pojetí chování řidiče analyzovat v příčinných souvislostech. To znamená, že existují souvislosti mezi příčinami (aktivace, ovlivnění) a následky (projevy a důsledky). Aktivace (podněty v silničním provozu) vyvolávají na řidiči procesy. Tyto procesy potencionálně ovlivňují na dané rozlišovací úrovni zjistitelné interakce orientované z okolí na entitu, tedy ovlivnění. Projevem prvku řidič je poté na dané rozlišovací úrovni smyslově nebo přístrojově zjistitelná interakce orientovaná z entity do okolí. Suma těchto projevů popisuje chování řidiče. Podstatné interakce probíhají na vazbách, které má řidič s okolím, a dále na vazbách, které má řidič s vozidlem. Stav okolí řidič vnímá svými smysly, především zrakem. V některých případech mohou být důležité informace vnímané také jinými smysly (sluchem, hmatem). Ovládání vozidla se realizuje pomocí jeho ovládacích prvků.

Dle Kleduse a kol. [12] lze při podrobnější analýze dopravních nehod vozidel s chodci vlastní předstřetový děj na soustavě řidič – vozidlo podrobněji členit do 5 fází, které zahrnují jak psychické procesy, tak také dané formy chování (mimovolní chování a jednání). První fází je optická reakce, která začíná v okamžiku aktivace sítnice oka. V rámci optické reakce dojde k přenesení spatřeného objektu do oblasti centrálního vidění. Následuje fáze psychické reakce, která začíná aktivací CNS a ve které dochází k rozpoznání objektu a k rozhodování o akci. Třetí fází je svalové reakce, která začíná aktivací svalové soustavy a která je charakteristická provedením určitých projevů, například aktivace brzdového pedálu apod. Po aktivaci brzdového pedálu nastává fáze odezvy vozidla, kdy probíhá náběh brzdného účinku až po plnou aktivaci brzdové soustavy. Poslední fází je fáze manévrování vozidla, kdy například vozidlo brzdí do zastavení, přibrzdňuje, akceleruje, vyhýbá se apod.

Na základě skutečnosti, že chování člověka a jeho reakce na podnět jsou nejednoznačné a ovlivňuje je celá řada faktorů, byla pro popis a vysvětlení psychické aktivity a chování řidiče při řízení vozidla vytvořena celá řada modelů (viz **kap. 1.5.2**), pomocí kterých lze o těchto uvažovat strukturovaně a vysvětlovat dané procesy a projevy, zejména při ovlivnění řidiče při různých jízdních situacích.

## 1.5.2 Modely psychické aktivity a chování řidiče

### 1.5.2.1 Typy modelů

Existuje celá řada teorií, které umožňují uvažovat o chování řidiče strukturovaně. Tyto se v zahraničních publikacích běžně označují jako modely, což sice není plně v souladu

s chápáním modelování v systémovém pojetí, viz [15, s. 24-B], nicméně toto označení je zaužívané, a proto se dále používá.

Jednotlivé modely vycházejí ze 2 základních předpokladů, a to výkonu (to nejlepší, co řidič může v dané situaci udělat) a samotného chování řidiče (to, co řidič má tendenci dělat v typické situaci v limitu jeho výkonu). Výkon řidiče může být ovlivněn jak lidským omezením, tak i omezením vozidla či vnějšího prostředí. V reálném silničním provozu je chování řidiče kombinací typického chování a maximálního výkonu, proto se mnoho modelů snaží začlenit oba tyto aspekty. Dávají tak do vzájemných souvislostí problematiku výkonu řidiče spolu s předpovědí složitějšího chování řidiče, které představuje styl a strategii, kterou řidič aplikuje k dosažení svých cílů. [9, s. 55]

Cílem těchto modelů je porozumět daným procesům a projevům a na základě porozumění teoretickému rámci korigovat chování řidičů, např. odradit řidiče od používání telefonu během řízení vozidla, přimět ho k tomu, aby respektoval povolené rychlosti, či k tomu, aby jel defenzivním způsobem namísto způsobu agresivního apod. Tyto modely umožňují nejen lépe porozumět tomu, proč se určitým způsobem řidiči v dané situaci chovají, ale také předvídat jejich reakce na mnoho potenciálních nebezpečí, a tím tak mohou sloužit jako podklad pro úpravu dopravního prostředí s cílem zvýšení dopravní bezpečnosti.

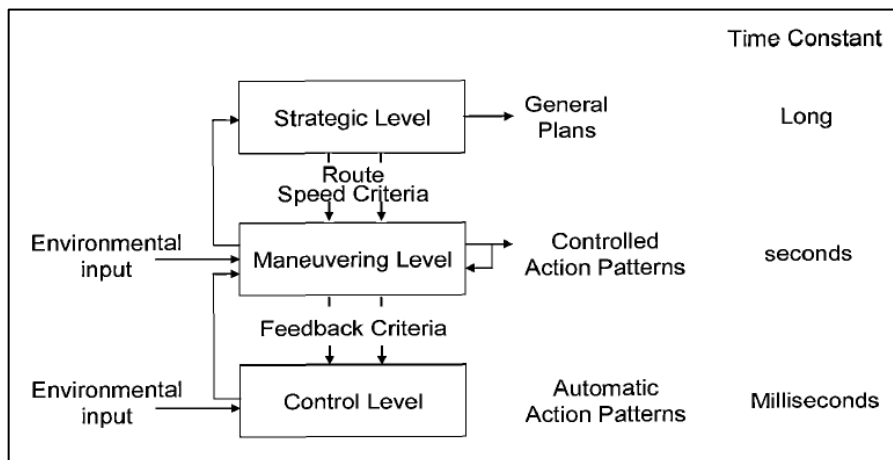
Mezi základní typy modelů psychické aktivity a chování řidiče patří následující:

- Michonův model hierarchického rozhodování, viz **kap. 1.5.2.2**.
- Modely zabývající se omezenou kapacitou řidiče:
  - model kapacity pozornosti a jejího rozložení dle Blumenthala, viz **kap. 1.5.2.3**,
  - model obtížnosti jízdní úlohy a kapacity řidiče dle Fullera, viz **kap. 1.5.2.4**.
- Modely znázorňující proces zpracovávání informací (aktivace objektu, jeho procesy a projevy):
  - model zpracovávání informací s omezenou kapacitou dle Wickense, viz **kap. 1.5.2.5**,
  - model situačního povědomí a efektivního zpracovávání informací dle Endsleyové, viz **kap. 1.5.2.6**.

#### *1.5.2.2 Michonův model hierarchického rozhodování*

Jedním ze základních modelů popisujících psychické aktivity a chování řidičů při řízení vozidla je *Michonův model hierarchického rozhodování*, viz **obr. 5**. Rozhodování, které musí řidič učinit během řízení vozidla, lze popsat na hierarchické struktuře, kterou navrhl Janssen.

Sestává ze tří úrovní: nejvyšší úroveň tvoří strategická rozhodnutí, střední úroveň navigační rozhodnutí a nejnižší úroveň tvoří operační kontrola. [9, s. 56]



**Obr. 5:** Michonův model hierarchického rozhodování [20, s. 489]

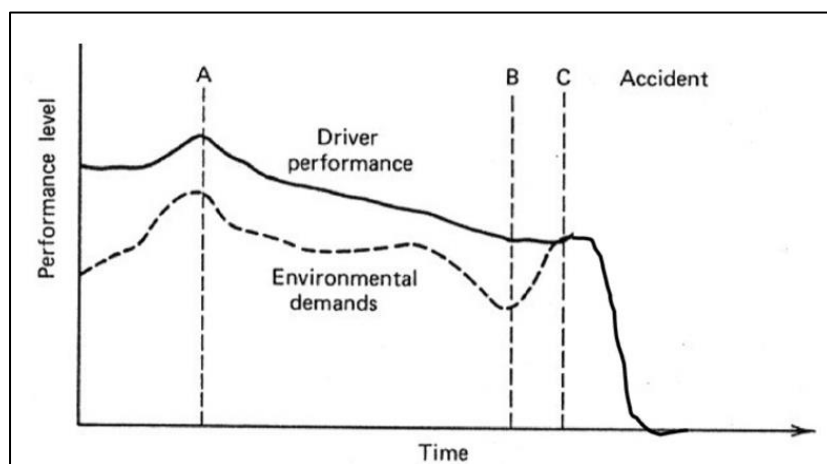
Rozhodování řidiče na nejvyšší strategické úrovni (*Strategic Level*) zahrnují například rozhodnutí řídit, výběr trasy, čas odjezdu apod. Proměnné, které ovlivňují takováto rozhodnutí, zahrnují radost nebo nechuť řídit, potřebu pospíchat, úspornost režimu jízdy, čas, který má řidič k dispozici, či nejnovější zprávy o aktuálním provozu na silnicích. Jakmile dojde k rozhodnutí řídit, musí být učiněna rozhodnutí na druhé úrovni, tj. na úrovni taktiky / navigace (*Maneuvering Level*). Tato rozhodnutí jsou již učiněna během jízdy a zahrnují způsob, jak se nejlépe vyhnout překážkám, kdy a jak změnit výhodnější trasu apod. Rozhodnutí na nejnižší úrovni, tj. úrovni kontrolní (*Control Level*), jsou učiněna v podvědomí a vybízejí k okamžité akci v reakci na různé podněty, mezi tyto akce patří např. zrychlení a zpomalení, signalizace, změna převodových stupňů, kontrola zrcátek před změnami jízdního pruhu, zastavení na semaforech apod. Na této úrovni hrají významnou roli v chování řidiče jeho řidičské dovednosti a návyky, zejm. při předcházení nehodě v okamžiku, kdy se řidič dostane do nebezpečné situace. Rozhodnutí, která řidič dělá na každé úrovni, jsou velmi důležitá, protože v kombinaci se specifickými dovednostmi a nedostatky řidiče přímo ovlivňují míru rizika vzniku nehodové situace. [20, s. 489], [9, s. 56]

Rozhodnutí, která řidič činí na každé úrovni, jsou založena na kritériích toho, čeho by chtěl dosáhnout. Jednotlivé úrovně této struktury zahrnují také zpětnou vazbu, kdy na základě rozhodnutí nižší úrovně může dojít k přehodnocení rozhodnutí úrovně vyšší. [20, s. 489]

### 1.5.2.3 Model kapacity pozornosti a jejího rozdělení dle Blumenthala

Prvním z modelů, zabývajících se omezenou kapacitou řidiče, je *model kapacity pozornosti a jejího rozdělení dle Blumenthala*. Ve vztahu k pozornosti řidiče lze rozlišovat

celkové množství její kapacity a rozdělení této kapacity mezi různé úlohy, které souvisí nebo nesouvisí s řízením vozidla, přičemž platí, že více zkušený řidič je mnohem adaptivnější při přidělování pozornosti a při řízení vozidla vyžaduje menší míru pozornosti. Jednoduchý model Blumenthala znázorňuje vztah mezi časovými změnami v nárocích na pozornost a mírou pozornosti přidělené řidičem, viz **obr. 6**. A je typická situace, kdy přidělená míra je větší než potřebná, B je situace s náhlým nárůstem požadavků, které nejsou řidičem vnímány, C je situace, kdy poptávka požadavků překračuje přidělenou pozornost a výsledkem je nehodová situace. V tomto modelu představuje osa X čas jízdy a osa Y míru požadované a přidělené pozornosti. Obě křivky představují momentální změny v pozornosti požadované dopravou (přerušovaná čára) a přidělené řidičem (spojitá čára). Požadovaná míra pozornosti je velmi závislá např. na hustotě provozu, rychlosti vozidla apod. [9, s. 65]

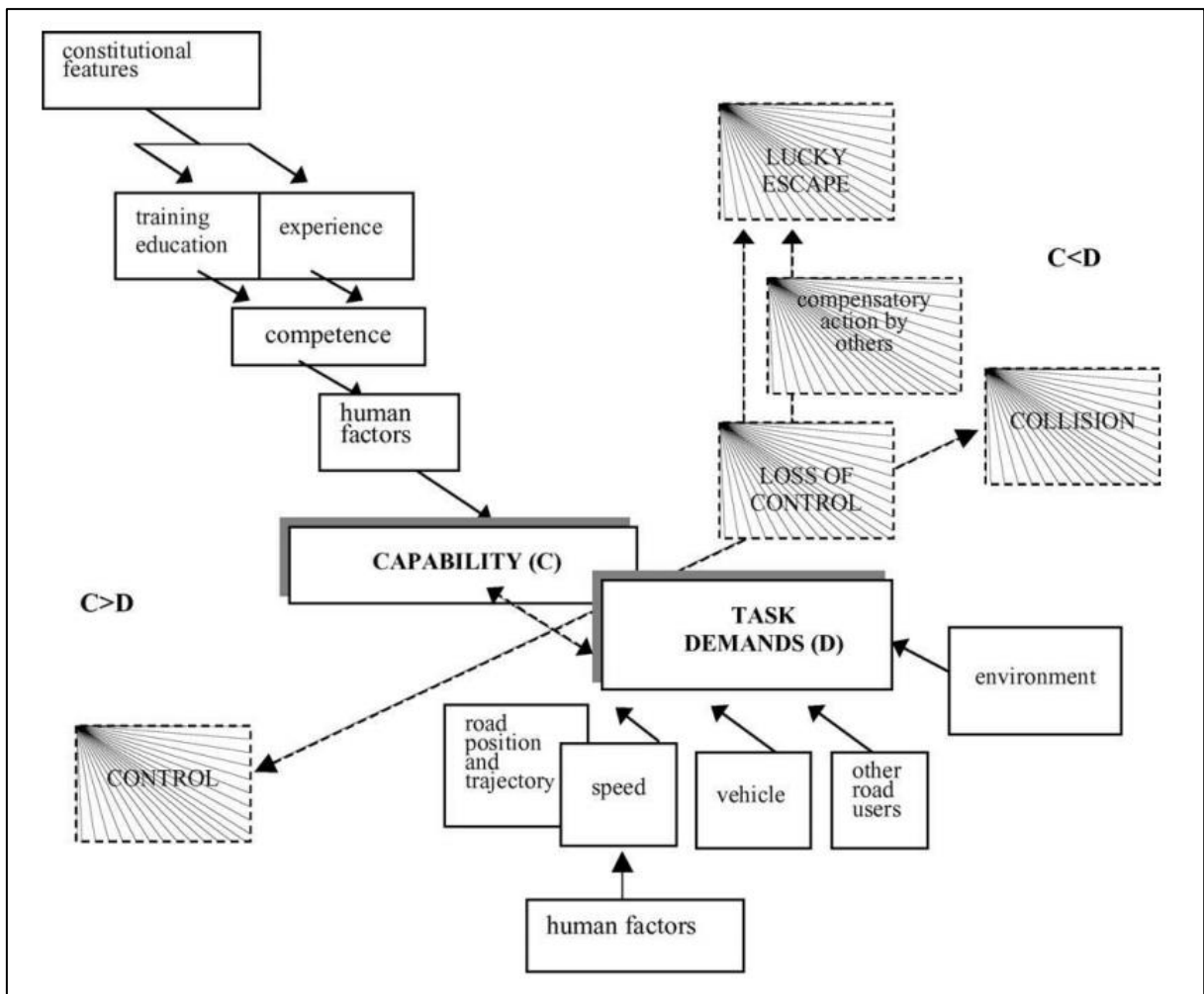


**Obr. 6:** Vztah mezi požadavky na pozornost a její míra přidělená řidičem [9, s. 65]

#### 1.5.2.4 Model obtížnosti jízdní úlohy a kapacity řidiče dle Fullera

Druhým z modelů, zabývajících se omezenou kapacitou řidiče, je *model obtížnosti jízdní úlohy a kapacity řidiče dle Fullera*, viz **obr. 7**. V tomto modelu představuje hlavní diagonální čára přechodový bod od bezpečné situace (*control*) do situace nebezpečné. V případě, že požadavek na úlohu (*task demands*; označený jako D) překročí schopnosti řidiče (*capability*; označené jako C), dostane se řidič do situace, kdy ztratí kontrolu (*loss of control*), což může vést ke vzniku nehodové situace (*collision*). Může však dojít k tzv. „šťastnému úniku“ (*lucky escape*), například díky tomu, že se ostatní řidiči vyrovnají s chybou daného řidiče a učiní určitá kompenzační opatření. Přidaná hodnota tohoto modelu je v dalších faktorech, které specifikují jednak zdroje požadavků na úlohu a jednak limity schopností řidiče – lidský faktor. Nedostatkem tohoto modelu je však, že se nezabývá kritickými, časově závislými událostmi, které jsou při řízení vozidla důležité. [21], [9, s. 76]





*Obr. 7: Model obtížnosti jízdní úlohy a kapacity řidiče [21]*

Společný faktor, který spojuje model dle Fullera s modelem dle Blumenthala (viz **kap. 1.5.2.3**), je tzv. obtížnost úlohy. Obtížnost úlohy závisí na řidičově subjektivním zhodnocení rozdílu mezi jeho schopnostmi přiděleným úlohám řízení vozidla a požadavky na úspěšné provedení úloh. Když požadavky překročí schopnosti, řidič ztratí kontrolu a v tomto případě může, nebo nemusí dojít k nehodě v závislosti na shovívavosti dopravního prostředí či kompenzačních opatřeních ostatních účastníků silničního provozu. Ztráta kontroly může být iniciována i absencí určitého jednání zvyšujícího bezpečnost, avšak ne vždy toto musí vést k úplné ztrátě kontroly. Například zkušený řidič před náhlým brzděním zkontroluje zpětné zrcátko, aby ověřil, zda se za ním nenachází nebezpečně blízko jiné vozidlo. Ve velmi náročné situaci (např. neočekávané brzdění vozidla jedoucího vpředu) však může být toto preventivní jednání vynecháno. Střet v zadní části vozidla je pak vyloučen pouze v případě, že se bezprostředně za daným vozidlem nenachází vozidlo jiné. Příkladem této situace mohou být řetězové srážky na dálnicích, kde řidiči jedou vysokou rychlostí s krátkým vzájemným odstupem za předpokladu, že nikdo nezačne prudce brzdit. Jakmile první z řidičů poruší tento

předpoklad, řidiči za ním často ztrácejí kontrolu, nemohou přerozdělit svou pozornost a řádně reagovat v dostatečném předstihu. [9, s. 76]

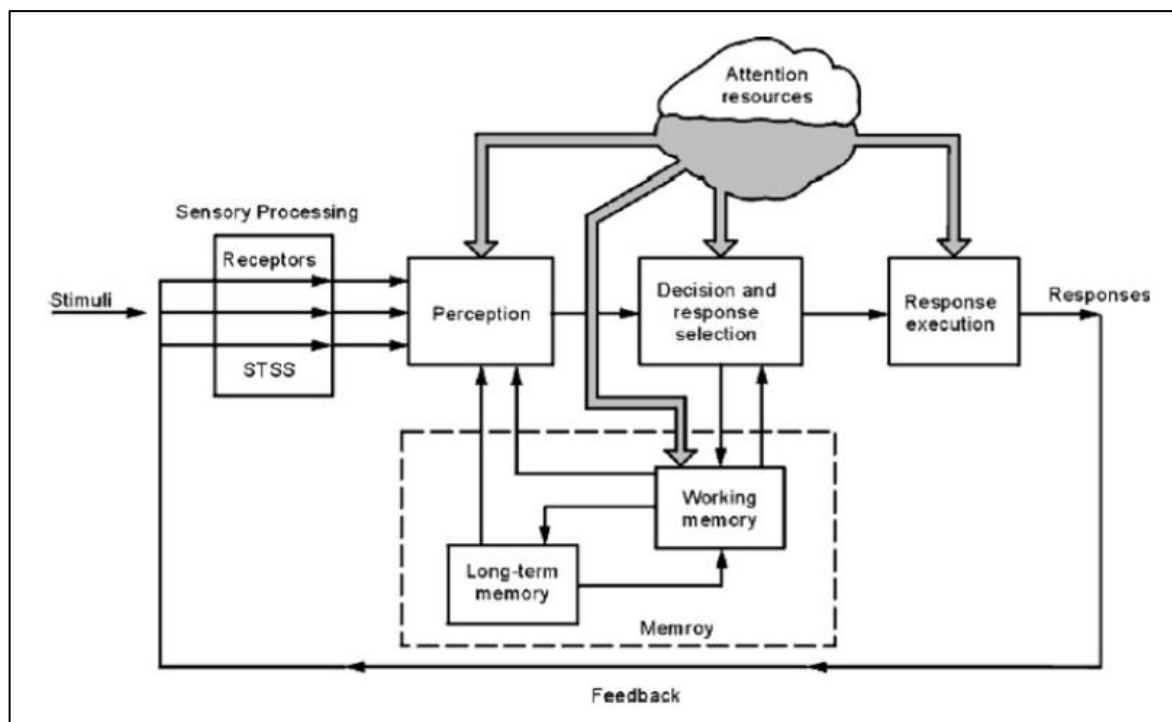
Obtížnost úlohy se liší nejen v závislosti na měnících se požadavcích okolního prostředí, ale také v závislosti na proměnných schopnostech přidělených úlohám řízení vozidla. Pokud řidič vnímá požadavky na úlohy řízení jako nízké (např. na při jízdě nízkou rychlostí na opuštěné venkovské cestě), sníží i schopnosti přidělené úlohám řízení (aby tak nezvyšoval rozdíl mezi požadavky a schopnostmi) a volnou kapacitu může využít na úlohy nesouvisející s řízením vozidla (např. telefonování nebo poslech rádia). Snaha udržet konstantní úroveň obtížnosti úlohy má však 2 kritické důsledky. V prvním případě může vzniknout problém v situaci, kdy požadavky jsou vnímány řidičem jako nízké a přidělená pozornost je tak odpovídajícím způsobem nízká, v případě náhlého nárůstu požadavků pak nemusí mít dostatek času se přizpůsobit (jak je znázorněno v Blumenthalově modelu v bodě C, viz **obr. 6**). Druhým důsledkem je úsilí zvyšování bezpečnosti dopravního prostředí a vozidel jejich úpravami, přičemž řidiči se tomuto přizpůsobí tím, že věnují menší část své kapacity úloze řízení a bezpečnost se tak nezlepšuje. [9, s. 77]

Požadavky na úlohy spojené s řízením vozidla jsou dle Fullera vymezeny dynamikou a charakteristikami vozidla (např. zrychlení, zorné pole), charakteristikami vozovky (okraje vozovky, výmoly, značky a signalizace) a dalšími účastníky silničního provozu (např. chodci, jiní řidiči). Mezi důležité zahrnuje Fuller také rychlost, např. při reagování řidiče na změnu světelné signalizace v určité vzdálenosti od křižovatky je důležitá aktuální rychlost vozidla, čím rychleji vozidlo jede, tím rychleji musí řidič na změnu světla reagovat. [21], [9, s. 76]

Co se týče schopností řidiče, Fuller uvádí, že dlouhodobé schopnosti jsou založeny na kompetenci (*competence*). Tato kompetence vychází z našich zkušeností (*experience*) a ze vzdělávání řidičů (*training education*). Kromě těchto model rovněž uvažuje také vrozené znaky řidiče (*constitutional features*). Patří mezi ně různé atributy osobnosti, postoje a kognitivní styl. Zahrnují také různé stavy vědomí, které mohou snížit schopnosti řidiče (např. ovlivnění alkoholem, drogami, únavou či jinými rušivými podněty). Toto zahrnutí vrozených znaků je významným rozšířením oproti modelům dle Blumenthala (viz **kap. 1.5.2.3**) a Wickense (viz **kap. 1.5.2.5**). [21], [9, s. 77]

#### 1.5.2.5 Model zpracovávání informací s omezenou kapacitou dle Wickense

Prvním modelem, znázorňující proces zpracovávání informací, je *model zpracování informací s omezenou kapacitou dle Wickense*, viz **obr. 8**.



**Obr. 8:** Obecný model zpracování informací s omezenou kapacitou [22]

Tento model slouží především pro vysvětlení procesu zpracování informací během řízení vozidla, během něhož musí řidič zpracovávat velké množství informací ve velmi krátkém čase, kdy většina těchto informací je přijímána prostřednictvím vizuálního vnímání. Obdobně jako v modelu dle Blumenthala (viz **kap. 1.5.2.3**) a dle Fullera (viz **kap. 1.5.2.4**) zohledňuje i model dle Wickense omezenou kapacitu řidiče, kdy jejím limitem není množství informací, ale rychlost, kterou může tyto informace zpracovávat. Řidič má během řízení vozidla omezenou dobu k tomu, aby získal příslušné informace, tyto zpracoval, rozhodl se, jak bude konat a příslušný manévr vykonal. Zatímco celkové množství informací, které řidič musí zpracovávat mezi dvěma body na vozovce, je konstantní, rychlost, kterou je třeba informace zpracovávat, se mění v závislosti na rychlosti vozidla a rychlosti další dopravy na vozovce. K selhání dochází poté, když kritické informace proudí rychlostí, která je větší než kapacita řidiče, pokud je toto selhání rozhodující pro správné rozhodnutí ve vhodnou dobu, může poté následkem toho dojít k nehodové situaci. [9, s. 58]

Model dle Wickense představuje obecný model, podle kterého je lidský kontakt s okolním prostředím uskutečněn pomocí sensorických receptorů. Protože množství informací, které tyto receptory zaznamenávají, je příliš velké, je úkolem člověka vybrat z nich pouze informace relevantní. Informace v sensorických receptorech jsou uloženy pouze velmi krátce v krátkodobém sensorickém úložišti (STSS), kde se rozpadají během několika sekund. Takže před ztrátou této informace je potřebné ji nasnímat a vyhodnotit její relevantní rysy. Jedná

se o první fázi filtrování a výběru informací. Tedy informace, kterými se člověk nezabývá, jsou pro něj věčně ztraceny. Relevantní informace jsou dále zpracovávány s různou mírou pozornosti a v důsledku toho se projeví na různých úrovních vědomí. Při běžné jízdě se většina informací zpracovává na minimální úrovni, proto si je člověk mnohdy neuvědomuje navzdory skutečnosti, že na jejich základě koná. [22], [9, s. 60]

Jak vysvětluje Wickens vnímání je proces, kterým si člověk uvědomuje svět kolem něj. Získávané povědomí o tomto světě však nevzniká pouze na základě podnětů, které působí na smyslové receptory, ale také na základě jejich interpretace pomocí paměti předchozích zkušeností. V modelu je paměť reprezentována dvěma odlišnými mechanismy pro ukládání dat: krátkodobá paměť (STM; *Working memory*) a dlouhodobá paměť (LTM; *Long-term memory*), tzv. trvalá. Tyto se liší zejména v [9, s. 62]:

- kapacitě uložení – STM je velmi omezená (na přibližně 7 nesouvisejících informací), LTM je v podstatě neomezená, možnost navždy shromažďovat nové informace, aniž by člověk zapomněl na některé staré;
- mechanismu ukládání – vnímaná informace vstupuje do STM a poté může nebo nemusí být převedena do LTM, přenos se zpravidla provádí prostřednictvím zkoušky, opakování nebo propojením s dalšími informacemi jejím sdružením;
- povaze informací – okamžité informace uložené v STM jsou obvykle vizuální nebo akustické, zatímco informace v LTM jsou typicky sémantické (významové) nebo koncepční;
- rozpadu informací – informace v STM mohou zůstat neurčitou dobu, pouze ale do okamžiku, kdy nebudou vystřídány jinou informací, informace v LTM jsou prakticky trvalé, avšak nemusí být vždy přístupné či vyvolatelné;
- získávání informací – získávání informací z STM, které obsahuje pouze několik položek, je bezprostřední, na druhé straně získávání informací z LTM může trvat dlouho v závislosti na efektivitě hledání těchto informací.

Model podle Wickense popisuje člověka jako kanál pasivního přenosu informací, který provádí různé akce v mezích svých schopností. Systém má však ještě dvě klíčové složky, a to samotný mechanismus přidělování pozornosti a zpětnovazební smyčku. Zpětnovazební smyčka naznačuje, že proces je procesem pokračujícím, který je průběžně upravován v souladu s novými podněty, např. řidič vnímá, jak vozidlo reaguje na jeho jednání. Řidič se při řízení vozidla neustále zaměřuje na kritické podněty, které vnímá a analyzuje, a na základě toho jedná, aby mohl pokračovat v bezpečné jízdě. [22], [9, s. 63]

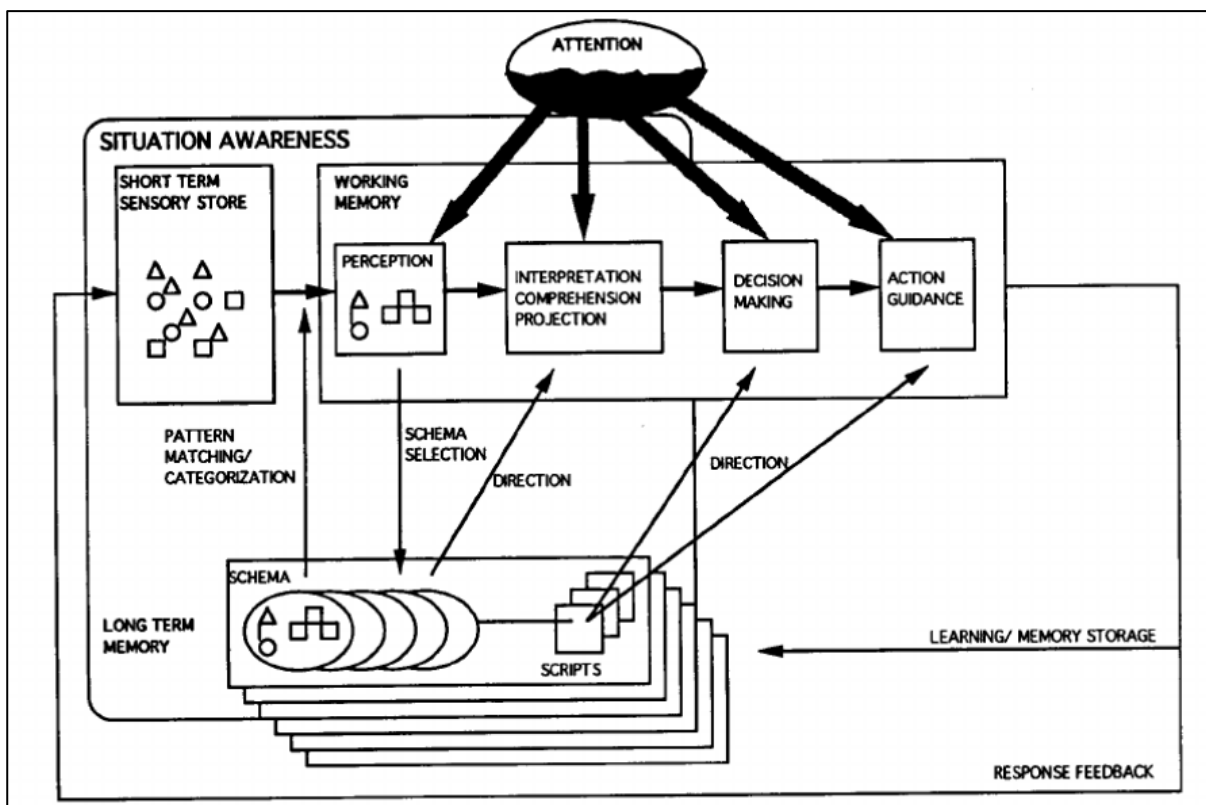
Nejdůležitější součástí tohoto modelu je pozornost, která je zdrojem psychické energie. Je to centrální kapacita, která není specificky daná pro jednotlivé smysly, ale na základě relevantnosti jízdní situace dochází k přerozdělení míry pozornosti na důležité smysly, např. při jízdní situaci, kdy řidič najíždí na přetíženou dálnici, mnohdy přestane poslouchat rádio či spolujezdce, dokud nedokončí jízdní manévr apod. [9, s. 63]

#### 1.5.2.6 Model situačního povědomí a efektivního zpracovávání informací dle Endsleyové

Druhým modelem, znázorňující proces zpracovávání informací, je *model situačního povědomí a efektivního zpracovávání informací dle Endsleyové*, viz **obr. 9**. Model dle Endsleyové vychází z modelu dle Wickense (viz **kap. 1.5.2.5**). Endsleyová dovozuje, že při řízení vozidla existuje příliš mnoho podnětů, kterým je potřeba se věnovat, příliš mnoho alternativ, které je potřebné zvážit, a nedostatek času na to, aby bylo možné přijmout náležitá racionální rozhodnutí, založená na znalostech všech relevantních informací. Avšak díky procesu známému jako situační povědomí (SA; *Situation Awareness*) je umožněno řidiči efektivně filtrovat informace v prostředí bohatého na data. Endsleyová vymezuje SA jako vnímání velkého množství prvků v prostředí, čase a prostoru, pochopení jejich významu a projekce jejich stavu do blízké budoucnosti. Koncept tedy zahrnuje tři hierarchické úrovně: vnímání, porozumění významu a projekce do budoucnosti. Řidič musí z vnějšího prostředí vnímat např. geometrii vozovky, ostatní vozidla a další účastníky silničního provozu. Na úrovni porozumění musí řidič pochopit význam těchto prvků. K tomu musí řidič vytvořit celkový obraz prostředí, díky kterému pochopí význam objektů a událostí. Na nejvyšší úrovni musí řidič vnímat implikování tohoto vzoru událostí a objektů do blízké budoucnosti, aby tak bylo dosaženo co nejvhodnějšího jednání. [23], [9, s. 70]

SA (*Situation Awareness*), jako dílčí část modelu dle Endsleyové, v podstatě znamená „vědět, co se děje“. Endsleyová rozlišuje 3 mechanismy, které se na SA podílejí [23]:

- 1) krátkodobé sensorické uchování (*short term sensory storage*),
- 2) pracovní paměť (*working memory*), která zahrnuje vnímání (*perception*), interpretaci situace, porozumění situace a projekce do budoucnosti (*interpretation, comprehension, projection*), rozhodování (*decision making*) a pokyny k jednání (*action guidance*); všechny jsou ovlivněny přidělenou pozorností (*attention*),
- 3) dlouhodobá paměť (*long term memory*), která zahrnuje různá schémata (založená na zkušenosti pro pochopení různých vzorů prvků či událostí) a skripty (vzory sekvencí odpovídajících akcí, které řídí rozhodnutí a činnosti řidiče).



**Obr. 9:** Model situačního povědomí a efektivního zpracování informací [23, s. 40]

V situacích, kdy dochází k informačnímu přetížení z vysokého množství prezentovaných informací a k potřebě rychle přijímat složitá rozhodnutí a nutnosti vykonávat více úkolů najednou, může požadovaná kapacita snadno překročit kapacitu řidiče. Pokud řidič není schopen upravit míru vstupu informací, může následně dojít k nehodě. V průběhu získávání zkušeností se člověk naučí efektivně vybírat podněty z okolního prostředí, naučí se rychleji vnímat ty důležité, využívat různé vzpomínky (schémata) v dlouhodobé paměti k identifikaci jejich důsledků a načítat odpovídající plán akce (skript), aby se s danou situací mohl vypořádat. [23], [9, s. 70]

Význam SA, jako dílčí části modelu dle Endsleyové, lze znázornit na způsobu vnímání nebezpečí začínajících a zkušených řidičů. Vnímání nebezpečí je dovednost, která odlišuje kvalifikované řidiče od těch začínajících. K rozvoji tří úrovní SA (tj. vnímání, pochopení a projektování) pro každou jízdní situaci musí začínající řidič ve velmi krátkém čase rychle vybírat informace, které naznačují nebezpečí, integrovat je do modelu, pochopit jejich důsledky, projektovat vývoj situace a vybrat potřebné opatření z jeho repertoáru jednání. Čím více zkušeností řidič má, tím větší je repertoár situací a schémat, které má uložené v dlouhodobé paměti. S pomocí zkušeností se tak řidič naučí účinně vybírat důležité informace, rychle vnímat jejich význam a na základě těchto podnětů rychle identifikovat situaci

a promítnout její důsledky do bezprostřední budoucnosti. Pomocí skriptů, vytvořených na základě minulých zkušeností, řidič pak ovládá vozidlo mnohem efektivněji. Tento způsob řízení je velmi účinný, jelikož jednání je vedeno pouze informací, která byla předtím organizována do situací, které jsou spojeny s předem stanovenými sekvencemi jednání. Většina jízd tedy může být řidičem automatizována, a když nastane zcela neočekávané nebezpečí, řidič má stále volnou kapacitu k vyrovnání se s ním. Tohoto nejsou začínající řidiči zcela schopni, a proto se musejí věnovat více podnětům při pomalejší jízdě v prostředí, které není tak složité, a tím tak získat potřebné dovednosti. [9, s. 71]

## **1.6 Právní úprava vztahující se k povinností účastníků silničního provozu a dalších subjektů**

### **1.6.1 Povinnosti vlastníka či správce komunikace a účastníků silničního provozu**

Důležité zásady, které musí účastníci silničního provozu dodržovat a které regulují jejich chování, vyplývají z právních předpisů a jsou dotvářeny ustálenou judikaturou. Ve vztahu k bezpečnosti v silničním provozu pak povinnosti mají i další subjekty, které nejsou přímými účastníky provozu.

Každý účastník silničního provozu i vlastník či správce komunikace je vázán mnoha povinnostmi, jejichž dodržování přispívá k eliminaci výskytu nebezpečných situací, které mohou vést až ke vzniku dopravní nehody.

Vlastník či správce pozemní komunikace má své povinnosti stanovené mj. v § 9 zákona č. 13/1997 Sb. [24], kdy je povinen vykonávat správu pozemní komunikace (zejména její pravidelné prohlídky, údržbu a opravy), která je vymezena jako dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti. Vlastník či správce pozemní komunikace by tak měl usilovat o to, aby pozemní komunikace byla uživatelsky příznivá a aby její stavební stav neočekávatelným způsobem nezvyšoval nebezpečí.

Povinnosti účastníků silničního provozu (např. řidiče, chodce apod.) vyplývají zejména z dopravních předpisů (zejména zákona č. 361/2000 Sb. [25]) a ze samotné jízdni situace (související s tzv. zásadou omezené důvěry). Jedním z důvodů vzniku dopravních nehod vozidel s chodci je právě chování řidičů či chodců v rozporu s těmito pravidly.

Ze zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, v platném znění vyplývá pro jízdni situace spojené s přecházením chodců mnoho povinností jak pro řidiče, tak i pro samotné chodce.

Dle § 4 písm. a) zákona č. 361/2000 Sb. [25] je každý účastník silničního provozu povinen „*chovat se ohleduplně a ukázněně, aby svým jednáním neohrožoval život, zdraví nebo majetek jiných osob ani svůj vlastní, aby nepoškozoval životní prostředí ani neohrožoval život zvířat, své chování je povinen přizpůsobit zejména stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, povětrnostním podmínkám, situaci v provozu na pozemních komunikacích, svým schopnostem a svému zdravotnímu stavu*“.

Řidič vozidla je dle § 5 odst. 1 písm. h) zákona č. 361/2000 Sb. [25] povinen „*snížit rychlost jízdy nebo zastavit vozidlo před přechodem pro chodce, sníží-li rychlost jízdy nebo zastaví-li vozidlo před přechodem pro chodce i řidiči ostatních vozidel jedoucích stejným směrem*“, a zároveň dle § 5 odst. 2 písm. f) a g) tohoto zákona nesmí:

- „*ohrozit nebo omezit chodce, který přechází pozemní komunikaci po přechodu pro chodce nebo který zjevně hodlá přecházet pozemní komunikaci po přechodu pro chodce, v případě potřeby je řidič povinen i zastavit vozidlo před přechodem pro chodce; tyto povinnosti se nevztahují na řidiče tramvaje*“,
- „*ohrozit chodce přecházejícího pozemní komunikaci, na kterou řidič odbočuje, a dále nesmí ohrozit chodce při odbočování na místo ležící mimo pozemní komunikaci, při vjíždění na pozemní komunikaci a při otáčení nebo couvání*“.

Dále dle § 18 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb. [25] musí řidič rychlost své jízdy „*přizpůsobit zejména svým schopnostem, vlastnostem vozidla a nákladu, předpokládanému stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, její kategorii a třídě, povětrnostním podmínkám a jiným okolnostem, které je možno předvídat; smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled*“.

Naproti tomu chodec při svém pohybu na pozemních komunikacích je povinen dle § 54 odst. 1, 2 a 3 zákona č. 361/2000 Sb. [25] dodržovat následující:

- „*Je-li blíže než 50 m křižovatka s řízeným provozem, přechod pro chodce, místo pro přecházení vozovky, nadchod nebo podchod vyznačený dopravní značkou "Přechod pro chodce", "Podchod nebo nadchod", musí chodec přecházet jen na těchto místech. Na přechodu pro chodce se chodí vpravo.*“
- „*Mimo přechod pro chodce je dovoleno přecházet vozovku jen kolmo k její ose. Před vstupem na vozovku se chodec musí přesvědčit, zdali může vozovku přejít, aniž by ohrozil sebe i ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích. Chodec smí*



*přecházet vozovku, jen pokud s ohledem na vzdálenost a rychlost jízdy příjezdějících vozidel nedonutí jejich řidiče k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy.*“

- *„Jakmile vstoupí chodec na přechod pro chodce nebo na vozovku, nesmí se tam bezdůvodně zastavovat nebo zdržovat. Nevidomý chodec signalizuje úmysl přejít vozovku mávnutím bílou slepeckou holí ve směru přecházení. Chodec nesmí vstupovat na přechod pro chodce nebo na vozovku, přijíždějí-li vozidla s právem přednostní jízdy; nachází-li se na přechodu pro chodce nebo na vozovce, musí neprodleně uvolnit prostor pro projetí těchto vozidel. Chodec nesmí vstupovat na přechod pro chodce nebo na vozovku bezprostředně před blížícím se vozidlem. Chodec musí dát přednost tramvaji.*“

Při posuzování trestní odpovědnosti účastníka provozu za způsobenou dopravní nehodu je zohledňována také zásada tzv. omezené důvěry, kterou vymezil Nejvyšší soud ČR ve svém usnesení ze dne 29. 3. 2011 (sp. zn. 6 Tdo 143/2011) [26] takto: *„Zásada tzv. omezené důvěry v dopravě znamená, že řidič motorového vozidla může spoléhat na dodržení dopravních předpisů ostatními účastníky provozu na pozemních komunikacích, nevyplývá-li z konkrétní situace opak. Tato zásada se ale neuplatňuje v případech, kdy ze situace v provozu na pozemních komunikacích vyplývá povinnost dbát zvýšené opatrnosti nebo s předstihem reagovat na situaci, aby bylo zabráněno kolizi (na komunikacích nebo v jejich blízkosti se pohybují děti, osoby těžce zdravotně postižené, přestárlé, zjevně volně pobíhající zvířata nebo to vyplývá z existence instalovaných dopravních značek). Řidič motorového vozidla je povinen zachovávat potřebnou míru opatrnosti vůči chodcům, kteří vstoupili do vozovky nebo se pohybují v její těsné blízkosti. Důvodně spoléhat na to, že tito účastníci silničního provozu dodrží pravidla silničního provozu, může jen v případě, pokud z konkrétních okolností neplyne obava, že tomu tak nebude. Mohou však nastat situace, kdy i chodec vytvoří řidiči svým náhlým neočekávaným a nepředvídatelným vstoupením do vozovky překážku, jež může být pro řidiče i objektivně nezvládnutelná.*“

K problematice předvídaní ze strany řidiče vozidla se Nejvyšší soud ČR vyjádřil i např. v usnesení ze dne 15. 12. 2010 (sp. zn. 8 Tdo 1221/2010) [27], ve kterém je mj. uvedeno: *„Hranice okolností, které může či nemůže řidič předvídat, nelze dovozovat hypoteticky. Vždy je totiž třeba vycházet z objektivních okolností konkrétní dopravní situace. Orgány činné v trestním řízení se musí při zkoumání subjektivní stránky trestného činu ublížení na zdraví podle § 224 odst. 1 TZ (ve znění účinném do 31.12.2009, od 01.01.2010 přečin těžké ublížení na zdraví z nedbalosti podle § 147 odst. 1 TZ) zabývat tím, zda pachatel citovaného trestného*

*činu byl kromě dodržení potřebné míry povinné opatrnosti vyplývající z pravidel silničního provozu v daném případě i subjektivně schopen vynaložit takovou míru opatrnosti, která by za existujících objektivních okolností zabránila vzniku protiprávního účinku.“*

#### 1.6.2 Problematika překážky náhlé a neočekávané

Příčinou dopravní nehody vozidel s chodci může být skutečnost, že chodec jako objekt vytvoří řidiči vozidla překážku náhlou, nebo neočekávanou.

Pro potřeby technických analýz vymezuje Bradáč [14, s. 365] překážku neočekávanou jako překážku, která „vznikne v rozporu s pravidly silničního provozu“, překážku náhlou pak vymezuje jako překážku, která „vznikne na vzdálenost kratší, než na jaké je řidič schopen z přiměřené rychlosti zastavit“, tedy např. náhlý vstup chodce do koridoru jízdy vozidla, na nějž je možné obtížně včas reagovat. Za přiměřenou rychlost pak považuje „takovou rychlost, ze které je řidič schopen zastavit na vzdálenost, na kterou má rozhled, není-li jinak omezen (např. předpisem o maximální rychlosti)“.

Dále pro potřeby technických analýz vymezuje Semela [28, s. 17] brzdění „náhlé“, za které považuje takové, které odpovídá polovině dosažitelného zpomalení na daném povrchu.

Na chodce však nelze nahlížet jako na překážku silničního provozu, jak jasně vyplývá, např. z rozhodnutí Nejvyššího soudu ČR ze dne 14. 11. 2000 (sp. zn. 7 Tz 247/2000) [29], ve kterém je mj. uvedeno, že: „Chodec není překážkou silničního provozu (§ 2 bod 22 vyhlášky č. 99/1989 Sb.), nýbrž účastníkem silničního provozu (§ 2 bod 30 vyhlášky č. 99/1989 Sb.) s čímž souvisí povinnost řidiče motorového vozidla chovat se k ostatním účastníkům silničního provozu ohleduplně ve smyslu § 3 odst. 1 písm. a) vyhlášky č. 99/1989 Sb. Součástí povinné ohleduplnosti řidiče vůči chodcům je i povinnost předvídat, že se chodec náhle objeví z míst, která jsou - zejména ve městě - různým způsobem zakryta, např. zaparkovanými vozidly, vozidly hromadné dopravy stojícími v zastávkách, ale také pomaleji jedoucími vozidly, jež jsou předjížděna. Jestliže je rozhled řidiče takto omezen, je řidič povinen přizpůsobit tomu i rychlost své jízdy a jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled (§ 16 odst. 1 vyhlášky č. 99/1989 Sb.).“ ... „Pokud rychlost jízdy neumožní řidiči zastavit na vzdálenost jeho rozhledu a pokud mu tato rychlost zároveň neumožní včas reagovat na přítomnost chodce, který vystoupí z prostoru, do něhož řidič nemá rozhled, je namíste uvažovat o tom, že jde o rychlost nepřiměřenou.“ ... „Znalec z oboru městské a silniční dopravy se musí omezit jen na výpočet rychlosti jízdy řidiče, přičemž otázku, zda jde o rychlost přiměřenou či nepřiměřenou, musí samostatně posoudit orgán činný v trestním řízení se

*zřetelem ke všem ustanovením pravidel silničního provozu, která se týkají rychlosti jízdy a která se vztahují na posuzovaný případ.“*

Obdobně se k problematice chodce Nejvyšší soud ČR vyjádřil např. i v usneseních ze dne 8. 10. 2008 (sp. zn. 7 Tdo 1012/2008) [30] a ze dne 16. 6. 2016 (sp. zn. 6 Tdo 687/2016) [31]. Naopak v usnesení téhož soudu ze dne 3. 8. 2017 (sp. zn. 4 Tdo 806/2017) [32] je mj. uvedeno, že: *„Řidič motorového vozidla není povinen brzdit před jakoukoliv překážkou. Patříčně musí reagovat až v okamžiku, kdy rozpozná, že překážkou na vozovce je chodec. Okamžik rozpoznání takové překážky je vázán na zjištění, z jaké nejmenší vzdálenosti již musel rozeznat, že překážkou stojící v jízdní dráze je člověk.“*

K posuzování náhlé či neočekávané překážky lze citovat např. tyto usnesení Nejvyššího soudu ČR:

- ze dne 9. 4. 2019 (sp. zn. 6 Tdo 394/2019) [33] – ... *„V dané trestní věci bylo prokázáno, že obviněný na přítomnost poškozené na přechodu pro chodce nikterak nereagoval, přičemž je bezesporu, že tato nevstoupila na daný přechod náhle či neočekávaně, a to přes to, že byl na možnost přecházejících chodců upozorněn nejen přítomností autobusu na autobusové zastávce či dopravní značkou odkazující na tuto skutečnost. Obviněný ve stylu své jízdy, ať už v její rychlosti či jeho pozornosti věnované řízení a tomu odpovídající rychlosti, rovněž nezohlednil, popř. nezohlednil dostatečně, špatné povětrnostní podmínky a sníženou viditelnost, která v daný okamžik panovala.“*,
- ze dne 27. 11. 2019 (sp. zn. 3 Tdo 1260/2019) [34] – ... *„Poškození vstoupili na přechod pro chodce zleva a do okamžiku střetu stačili rychlostí běžné chůze téměř celou šíři vozovky (jízdniho pruhu) přejít, přičemž poškozený byl sražen blíže k pravému okraji jízdního pruhu. Je tedy zřejmé, že se po přechodu pohybovali již před střetem s vozidlem obviněného, tedy nelze dovodit, že by se mohlo jednat o náhlou či neočekávanou překážku. Navíc poškození se pohybovali po značeném přechodu pro chodce, nejednalo se tedy o žádné náhlé a nečekané vběhnutí do vozovky v místech, kde se pohyb chodců nepředpokládá, případně odněkud ze zakrytého místa“* ... *„I pokud by poškozený mohl zabránit střetu s vozidlem obviněného tím, že by zrychlil svou chůzi, nelze takové jednání automaticky očekávat, neboť poškození neměli důvod se domnívat, že je obviněný nevidí. Nacházeli se na řádně označeném přechodu pro chodce, do vozovky vstoupili po rozhlédnutí se a téměř překonali jízdní pruh, když došlo ke střetu, tedy zcela oprávněně předpokládali, že je obviněný zpozoroval a přizpůsobí tomu i rychlost a styl své jízdy. Obviněný však na značení označující přechod pro chodce nijak nereagoval, a ačkoli mu*

*nic nebránilo ve výhledu, reagoval až po střetu s chodcem, když jeho vozidlo prudce zastavilo za přechodem. “,*

- *ze dne 6. 12. 2017 (sp. zn. 3 Tdo 1459/2017) [35] – ... „Poškozený přecházel vozovku zleva doprava, tedy ušel na ní před střetem několik metrů a nejednalo se tudíž o situaci, kdy by na vozovce vytvořil náhlou a nečekanou překážku. Obviněný tedy chodce vidět měl a mohl, pokud by přizpůsobil jízdu povětrnostním podmínkám a provozu. “,*
- *ze dne 30. 8. 2012 (sp. zn. 6 Tdo 901/2012) [36] – ... „Ze skutkových závěrů soudů nižších stupňů se sice podává, že poškozený vběhl do vozovky po přechodu pro chodce v těsné vzdálenosti od blížícího se vozidla obviněného. Závěr v tom smyslu, že obviněný nebyl schopen srážce svého vozidla s poškozeným zabránit, je ale v posuzované trestní věci vyloučen. Soudy dříve ve věci činné totiž učinily jednoznačné skutkové zjištění, že poškozený – šestileté dítě – před nehodou pobíhal po chodníku v bezprostřední blízkosti své matky, která tlačila kočárek a za ruku vedla další dítě, a to směrem k řádně vyznačenému přechodu pro chodce, přičemž obviněný nebyl ve výhledu na tuto skupinku osob nijak omezen (v této souvislosti Nejvyšší soud připomíná, že pohyb poškozeného u přechodu pro chodce zaznamenali řidiči dalších vozidel). Obviněnému tudíž nic nebránilo v tom, aby přítomnost poškozeného na chodníku při pravém okraji vozovky, resp. v blízkosti přechodu pro chodce včas zaregistroval, aby obezřetně sledoval počínání poškozeného a před přechodem pro chodce snížil rychlost jízdy tak, aby pro případ, že poškozený náhle vstoupí do vozovky, zabránil střetu svého vozidla s poškozeným. Obviněný však v blízkosti přechodu pro chodce nevěnoval náležitou pozornost situaci v provozu a zejména nedbal zvýšené opatrnosti, kterou si vzniklá situace vyžadovala. V důsledku toho na poškozeného odpovídajícím způsobem nezareagoval. “ ... „Pokud se jedná o právní posouzení zavinění obviněného v dané trestní věci, je možno dále ve shodě se státním zástupcem poukázat na závěry usnesení Nejvyššího soudu ze dne 8. 10. 2008, sp. zn. 7 Tdo 1012/2008, z něhož mj. vyplývá, že obviněného by obecně mohla vyvinít překážka v silničním provozu, která je nejen neočekávaná, ale současně i náhlá. Za takovou překážku ovšem nelze zásadně považovat chodce, neboť chodec není překážkou, ale účastníkem silničního provozu. Je-li chodec účastníkem provozu na pozemních komunikacích, tak obviněný nemůže důvodně namítat, že v daném místě neměl povinnost chodce předvídat, a to tím spíše, že obviněný věděl, že se se svým vozidlem blíží k přechodu pro chodce, tj. nacházel se v situaci, která na řidiče klade požadavek vyšší míry opatrnosti [k tomu viz právě v § 5 odst. 1 písm. h) zákona o silničním provozu]. “*

## **1.7 Technická řešení míst pro přecházení chodců**

S chováním řidičů i chodců v silničním provozu souvisí zejména technická řešení míst pro přecházení chodců.

Dle Šuchy [2, s. 178] musí být dopravní komunikace a prostředí navrženy tak, aby byly pro své uživatele pochopitelné a aby nezpůsobovaly informační přetěžování či jiné obtíže z hlediska techniky jízdy. Zároveň musí obsahovat pojistné prvky pro případ selhání lidského faktoru a minimalizace následků tohoto selhání.

Co se týče přechodu pro chodce, ten je vymezen v § 2 písm. dd) zákona č. 361/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů [25] jako „*místo na pozemní komunikaci určené pro přecházení chodců a vyznačené příslušnou dopravní značkou*“.

Technické parametry přechodů pro chodce a míst pro přecházení upravuje norma ČSN 73 6110 a její změna Z1. Mezi hlavní zásady přechodu pro chodce patří, že musí zaručovat bezpečnost chodců, musí být umístěn v dobrých rozhledových podmínkách, měl by jízdní pruhy křížit kolmo, měl by být budován bezbariérově, musí mít zajištěný vyčkávací prostor pro chodce apod. Přechody pro chodce a místa pro přecházení patří do uspořádání úrovnového. Dále se tyto mohou dělit na uspořádání bez dopravního značení (místa pro přecházení) a na uspořádání opatřené dopravním značením nebo světelným řízením (přechody pro chodce), viz **tab. 1.** [37]

Přechody pro chodce se situují tak, že musí být zajištěna pro řidiče vozidla včasná rozlišitelnost přechodů a chodců. V případech, kdy rozhledovou vzdálenost omezují překážky (např. parkující vozidla) je nutné zajistit rozhled stavebními opatřeními (např. zřízením vysazených chodníkových ploch, které jsou opatřeny sloupky nebo zelení). Nejmenší vzdálenosti pro rozlišitelnost chodců a rozhledové poměry na přechodech jsou vymezeny normou ČSN 73 6110 [37, s. 76, 77]

Přechody pro chodce a místa pro přecházení mohou být opatřeny vhodnými stavebními opatřeními, která lépe upozorňují řidiče na blížící se přechod, upravují jeho chování, příp. jej donutí snížit rychlost, a tím zároveň zvyšují bezpečnost chodců. Typickým stavebním opatřením je např. dělicí/ochranný ostrůvek, kterým by měl být opatřený každý přechod při větší šířce komunikace než 8,5 m. Mezi výhody ostrůvků patří zejména, že zabraňují předjíždění v místě přechodu, snižují rychlost vozidel, snižují nároky na pozornost chodců, stimulují pozornost řidičů (vyšší upozornění na existenci přechodu) a vytvářejí čekací chráněnou plochu zhruba uprostřed délky přechodu. Tendencí v dnešní době je však vytvářet

tyto ostrůvky jen pomocí vodorovného značení, nebo pomocí vydláždění, tato varianta však není vhodná. Ostrůvky provedené pomocí obrubníků mají mnohem lepší bezpečnostní efekt. [7, s. 25]

**Tab. 1:** Možné typy opatření pro přecházení chodců v mezikřižovatkových úsecích dvoupruhových místních komunikacích [38, s. 7]

Uspořádání přechodů a místo pro přecházení				
uspořádání úrovně				uspořádání mimo-úrovně
bez vyznačení dopravními značkami (místa pro přecházení)	s vyznačením dopravními značkami (přechody)		se světelným řízením (přechody)	
se stavebními opatřeními	bez stavebních opatření	se stavebními opatřeními	bez i se stavebními opatřeními	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• střední dělicí ostrůvky/pásky</li> <li>• vysazené chodníkové plochy</li> <li>• zúžení jízdních pruhů</li> <li>• zvýšené plochy (široké prahy, plochy křižovatek)</li> </ul>	přechody pro chodce vyznačené dopravními značkami svislými i vodorovnými	<p>přechody pro chodce vyznačené dopravními značkami a doplněné:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• středními dělicími ostrůvky/pásky</li> <li>• vysazenými chodníkovými plochami</li> <li>• zúžením jízdních pruhů</li> <li>• zvýšenými plochami (široké prahy)</li> <li>• případně jinými vhodnými opatřeními</li> </ul>	<p>přechody pro chodce se světelnou signalizací vyznačené dopravními značkami a doplněné:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• středními dělicími ostrůvky/pásky</li> <li>• vysazenými chodníkovými plochami</li> <li>• zúžením jízdních pruhů</li> <li>• případně jinými opatřeními</li> </ul>	podchody/nadchody

Na našich komunikacích se však nacházejí stále přechody pro chodce, které nesplňují technické požadavky, neobsahují bezpečnostní opatření (i když by měly) a vytváří nebezpečné prostředí s vysokou pravděpodobností vzniku střetu vozidla s chodcem. Mezi nejčastější nedostatky přechodů, které vyplynuly z analýzy míst častých dopravních nehod, provedené Centrem dopravního výzkumu, patří například nedostatečná rozpoznatelnost přechodu z pohledu řidiče vozidla, nedostatečný rozhled ze strany chodců, nedostatky v dopravním značení, přechody přes 3 a více jízdních pruhů, chybějící nebo nedostatečný střední dělicí ostrůvek, nevhodně umístěný přechod nebo nepřiměřená rychlost vozidel. [7, s. 7]

### 1.8 Metody umožňující monitorování chování řidiče v reálném silničním provozu

Pro řešení předstřetové fáze je vždy podstatné chování řidiče, omezení smyslové, motorické, psychologické funkce apod. Dlouhou dobu zde chyběly měřicí metody, které by umožňovaly monitorovat chování řidiče. Tato situace se změnila rozvojem metod založených

na tzv. eyetrackingu, tedy měření změny úhlu pohledu řidiče. Jednou z nich je například metoda Viewpointssystem® [39], pomocí níž je možné získávat nové údaje o způsobu vnímání různých jízdních situací řidičem, reakcích řidiče, jednání řidiče, možnosti rozpoznání chodce, ovlivnění různými podněty apod.

## **2 SHRnutí SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ, VYMEZENÍ PROBLÉMOVÉ SITUACE A CÍLE JEJÍHO ŘEŠENÍ**

Jak vyplývá z provedené rešerše, dopravní nehody vozidel s chodci mají často velmi závažné následky (viz **kap. 1.2**), přičemž tyto dopravní nehody mají svá daná specifika (viz **kap. 1.3**). S ohledem na jejich závažnost často bývají předmětem zájmu orgánů činných v trestním řízení, kdy pro účely řízení je většinou nutné opatřit znalecký posudek, ve kterém je nutno posuzovat jak chování řidiče, tak i chodce.

Při technickém posuzování dopravních nehod v místech přecházení chodců se v řadě případů specificky setkáváme s potřebou kvantitativně popsat určité aspekty chování řidiče a chodce ve vztahu k potřebám výpočtového modelování, které se provádí jak v souvislosti s objasněním skutečného průběhu dopravní nehody, tak i při analýzách možností účastníků silničního provozu zabránit vzniku těchto nehod (viz **kap. 1.4**).

Člověk (resp. lidský faktor v dopravě) je z pohledu možného vzniku dopravní nehody nejrizikovějším faktorem (viz **kap. 1.3**). Existuje řada výzkumných prací, které se zabývají chováním řidiče (viz **kap. 1.5**), pomocí různých modelů vysvětlují kvalitativně procesy vnímání, zpracování informací a následného chování a zároveň znázorňují významnou roli kognitivních psychických procesů řidiče při řízení vozidla. Tyto modely však popisují dané procesy pouze kvalitativně a neposkytují kvantifikované údaje potřebné pro výpočtové modelování, užité při analýze dopravních nehod vozidel s chodci.

S chováním účastníků silničního provozu souvisí zejména technická řešení míst pro přecházení chodců (viz **kap. 1.7**). Jejich chování je regulováno zásadami, které vyplývají z právních předpisů a které jsou dotvářeny ustálenou judikaturou (viz **kap. 1.6**). Z provedené rešerše mj. vyplývá, že je z právního pohledu velmi komplikované akceptovat jako příčinu dopravní nehody náhlý vstup chodce do vozovky na přechodu pro chodce nebo v jeho okolí s ohledem na povinnost řidiče předvídat, že se v těchto místech chodec může vyskytovat.

V současné době se realizuje řada výzkumů, které se zaměřují na chování řidiče, avšak z pohledu potřeb analýzy dopravních nehod neexistuje dostatek informací k posuzování konkrétních nehodových situací, spojených s přecházením chodců přes vozovku. Bylo by tak patrné, jak se konkrétní podmínky dané nehodové situace promítají při kvantifikaci veličin řidiče z hlediska jeho vnímání, reakční doby, pozornosti, rozhodování a dalšího chování. Tyto



údaje by znalcům umožnily zpřesňovat řešení průběhu předstřetové fáze dopravních nehod vozidel s chodci, tj. skutečného průběhu a možností zabránění střetu jednotlivými účastníky.

Přestože existuje řada výzkumů zaměřených na chování řidiče, tak pro potřeby řešení dopravních nehod, zejména v místech přecházení chodců, neexistuje pro zpracování znaleckých posudků dostatek informací pro posouzení míry nebezpečnosti dané nehodové situace.

Jako vhodná měřicí metoda, která by umožňovala monitorovat chování řidiče při řešení jízdnicích situací v reálném silničním provozu, se jeví metoda založená na tzv. eyetrackingu, tedy měření změny úhlu pohledu řidiče (viz **kap. 1.8**).

Na základě výše uvedeného je cílem řešení problémové situace:

- objasnit a komplexně zanalyzovat chování řidiče při jízdě v místě přecházení chodců a objasnit, za jakých okolností mohou vznikat nebezpečné situace tím, že chodec vstupuje do vozovky v nedostatečné vzdálenosti před blížícím se vozidlem.

### **3 VYMEZENÍ PROBLÉMŮ A CÍLŮ JEJICH ŘEŠENÍ**

Pro zlepšení výše vymezené problémové situace (viz **kap. 2**) je potřebné vyřešit více problémů:

- 1) Nalézt metody pro měření, zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů při řešení jízdnicích situací v reálných podmínkách silničního provozu v místě přecházení chodců.
- 2) Získat významnější soubor dat pro podrobnou analýzu chování řidičů za různých jízdnicích situací.
- 3) Experimentálně zjištěné výsledky v rámci simulovaných jízdnicích situací verifikovat pomocí vyhodnocení údajů např. z řešení reálných dopravních nehod.

Cílem řešení problému č. 1 (nalézt metodu měření, zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů) je:

- nalézt vhodný způsob měření dat o chování řidičů při řešení jízdnicích situací spojených s přecházením chodců přes vozovku,
- nalézt vhodnou metodu pro zpracování dat o chování řidičů a jejich vyhodnocení.

Cílem řešení problému č. 2 (získat významnější soubor dat pro podrobnou analýzu chování řidičů) je:

- zjistit, kdy se chodec v dynamických podmínkách silničního provozu stává pro řidiče významným vizuálním podnětem, na který v závislosti na přehlednosti jízdnicí situace poprvé opticky reaguje,
- zjistit, jak dlouhá je reakční doba řidiče na chodce v závislosti na naléhavosti jízdnicí situace,
- zjistit, jak velkou míru pozornosti věnuje řidič chodci, a to v závislosti na naléhavosti jízdnicí situace,
- nalézt způsob pro hodnocení nebezpečnosti jízdnicí situace a vyhodnotit mezní hodnoty pro toto hodnocení pro praktické použití.

Cílem řešení problému č. 3 (verifikovat experimentálně zjištěné výsledky) je:

- verifikovat vhodnost užití nalezených mezních hodnot pro hodnocení nebezpečnosti jízdnicích situací.

## 4 REŠERŠE K ŘEŠENÍ VYMEZENÝCH PROBLÉMŮ

Pro popis chování řidiče v rámci předstřetové fáze je potřebné hledat vhodné uspořádání experimentu, metody měření, umožňující měřit optické reakce řidičů, a podrobněji se zabývat jednotlivými fázemi tvořící reakci řidiče, tj. zrakové vnímání řidiče, zpracování informací a jednání. Rovněž je potřené hledat vhodný parametr, na základě něhož by bylo možno určovat míru nebezpečnosti jízdní situace, a vhodné způsoby vyhodnocení tak komplexního děje, kterým je jízda s vozidlem v místech přecházení chodců.

### 4.1 Systémové pojetí technického experimentu

Řešení této práce bude založeno na reálném experimentu. Problematice systémovému pojetí technického experimentu se podrobně věnuje ve svých publikacích Janíček [15, s. 10-B až 21-B], [40, s. 291 až 312] .

Experimenty je podle Janíčka vhodné členit na základě těchto hledisek. Podle typu objektu, na němž se experiment realizuje, oboru, v němž se experiment realizuje, místa realizace experimentu, způsobu využití experimentu ve výpočtovém modelování, způsobu řízení experimentu a cíle jeho využití. [15, s. 16-B]

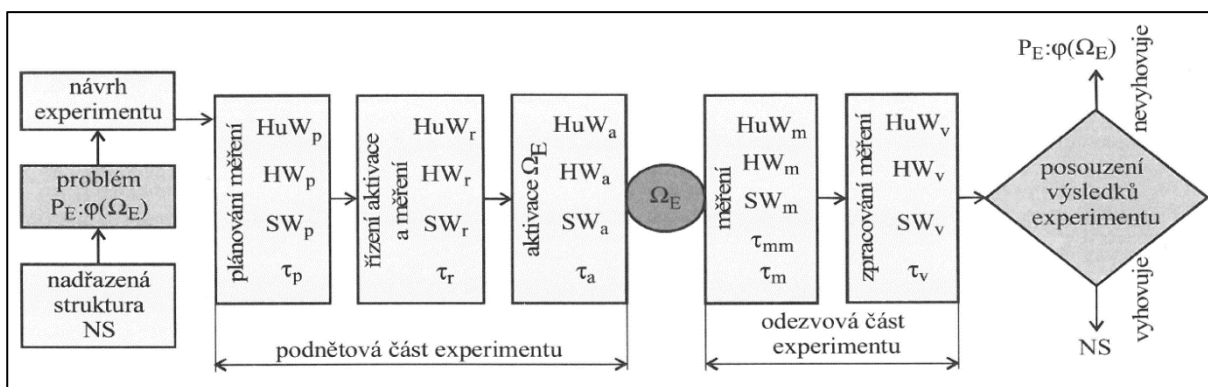
Strukturu experimentu lze rozdělit do čtyř etap – příprava, návrh, realizace a vyhodnocení experimentu. V rámci přípravné etapy dochází mj. k seznámení se s cíli, záměry a potřebami, které vedly k formulaci experimentálního problému, který je rovněž podroben analýze, a přeformulaci problému v jazyku řešitele. Dále je určen typ experimentu, restrikce pro řešení ze strany řešitele a vymezení hranic problému, a to na základě stupně podrobnosti, s níž je problém řešen. Současně je stanovena efektivní úroveň řešení experimentálního problému. Druhá návrhová etapa obsahuje mj. formulaci problému v jazyku řešitele, návrh experimentálního objektu, vytvoření systému podstatných veličin, návrh vyhodnocení výsledků měření a jeho plánování, návrh parametrů cílového chování experimentu, měřicí metody a experimentálního řetězce. [15, s. 16-B až 19-B], [40, s. 293, 306 až 309]

K realizační a vyhodnocovací etapě Janíček mj. uvádí: „*Nutnou podmínkou k realizaci experimentu je existence materiálního objektu, na němž se provádí experiment (experimentální objekt  $\Omega_E$ ). Tento objekt experimentátor aktivuje, realizuje měření hodnot aktivačních veličin a uskutečňuje pozorování nebo měření projevů experimentálního objektu. Výsledky měření hodnot aktivačních veličin a hodnot projevů experimentátor vyhodnocuje (zpracovává) takovým způsobem, aby byly objektivní, což vyžaduje jejich zpracování statistickými metodami.*“ [40, s. 293]

Na základě této úvahy lze tedy konstatovat, že struktura experimentu obsahuje tyto prvky: experimentální objekt, aktivaci experimentálního objektu, měření hodnot aktivačních veličin, měření hodnot veličin vyjadřujících projevy experimentálního objektu a zpracování výsledků měření. [40, s. 293]

Komplexní zobecněná struktura experimentu vznikne sjednocením procesní, technické, teoretické a programové části struktury experimentu. Procesní část struktury experimentu obsahuje několik prvků, a to návrh experimentu, plánování měření, realizace a řízení aktivace experimentálního objektu, řízení měření projevů, měření aktivačních veličin, měření projevů objektu a zpracování výsledků měření. Technická část struktury experimentu je tvořena technickými prostředky, pomocí kterých je možné realizovat veškeré činnosti, které je nutno realizovat v rámci experimentu. Teoretická část struktury experimentu tvoří průnik příslušných dílčích teorií, s jejichž využitím jsou realizovány jednotlivé prvky procesní části experimentu. Programová část struktury experimentu je tvořena programovým vybavením, využitým pro procesy plánování měření, řízení aktivace, řízení měření aktivačních veličin a projevů objektu, měření aktivačních veličin, měření projevů objektu a vyhodnocení výsledků měření. [40, s. 293, 294]

Dekompozicí struktury experimentu z funkčního hlediska vzniká sdružování prvků do tzv. makrofunkcí, kterými jsou jednotlivé činnosti experimentálního týmu, tj. plánování měření, řízení, aktivace, měření a zpracování měření. Všechny tyto činnosti vyžadují příslušné technické prostředky, programová vybavení a teorie. Ve vertikálním směru lze strukturu experimentu dekomponovat na jednotlivé podsoustavy, zejm. podnětovou část experimentu, objekt, na němž je experiment realizován, a odezвовou část experimentu, viz **obr. 10**. [15, s. 12-B]



**Obr. 10:** Dekompozice struktury experimentu z funkčního hlediska [15, s. 12-B]

Výše zmíněné systémové pojetí experimentu je užito pro další úvahy v této práci.

## **4.2 Metoda pro sledování pohybu očí (eyetracking)**

Při řešení problémů č. 1 a č. 2 lze ke sledování vizuálního chování řidiče využít poznatků o metodě tzv. eyetrackingu, pomocí které je možné snímat směr úhlu pohledu, jeho změny či délky jeho trvání. Metoda eyetrackingu byla prozatím použita např. pro zjišťování první optické reakce řidiče na stojícího chodce na okraji vozovky či pro posouzení rozdílností mezi rozpoznáním chodců řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla v nočních podmínkách, viz **kap. 4.3.8**, nebo například pro zjišťování délky pozorování objektů, reklam apod., viz **kap. 4.3.7**, a to jak v laboratorních podmínkách, tak i v reálném silničním provozu.

Většina typů eyetrackerů, tedy zařízení pro sledování úhlu pohledu se skládá z obrouček ve tvaru brýlí osazenými kamerami, kdy jedna kamera snímá scénu před řidičem, další kamera či kamery snímají pohyb jeho očí. Komparací videozáznamů z kamer pomocí specializovaného softwaru vzniká výsledný videozáznam, na němž je zobrazena pozorovaná scéna se znázorněním pohledů řidiče. Tyto výsledné videozáznamy lze poté analyzovat pomocí různých vyhodnocovacích softwarů.

## **4.3 Analýza zrakového vnímání řidiče**

### **4.3.1 Zrakové vnímání**

Řešení všech tří výše vymezených problémů má úzkou spojitost se zrakovým vnímáním situace v silničním provozu, ať již řidičem anebo chodcem. Zrak patří mezi nejdůležitější smysly využívané při řízení motorového vozidla, podle Sivaka až 90 % všech podstatných informací je zpracováno právě pomocí zraku. Avšak i další z lidských smyslů nejsou při řízení vozidla zcela postradatelné, např. samotné ovládání vozidla (natáčení volantem, intenzita sešlápnutí akceleračního či brzdového pedálu apod.) by bylo nemožné bez hmatu, jehož receptory jsou umístěny ve svalech lidského těla, nebo vnímání hluku v okolí bez sluchu. [41, s. 11]

O situaci na vozovce se řidič tedy dozvídá primárně pomocí zrakového vnímání, přičemž je důležité nejen objekt dobře vidět, ale také jej správně rozpoznat. Štikar a kol. [3, s. 37] k tomu dodávají: „*Aby relevantní detaily dané dopravní situace byly rychle a jistě získány a vedly k žádané reakci, musí si řidič osvojit specifické zrakové vnímání. To se rozvíjí zpravidla během prvních 30 000 až 60 000 ujetých km*“.

Dle Šikla [42, s. 12] je zrakové vnímání velmi komplexním procesem zpracování a interpretace podnětové informace, ve kterém se zapojuje značná část mysli (kognitivní, exekutivní a emoční procesy) a samotného mozku. Zrak patří mezi nejdůležitější lidský smysl,

jeho prostřednictvím se člověk dozvídá, v jakém prostorovém vztahu je sledovaný objekt k ostatním prvkům sledované scény, jakým způsobem s nimi interaguje, jak se při pohybu mění jeho podoba, jaké jsou jeho tvarové charakteristiky, barva, do jaké kategorie objektů jej může zařadit či jak se od typických zástupců dané kategorie odlišuje. Zrak tak pomáhá lidské mysli vytvářet mapu vnějšího světa. Řadu běžných životních situací dokonce řeší člověk bez zapojení vyšších kognitivních procesů, naše aktivita je omezena jen na vjem a bezprostřední reakci, např. při přecházení vozovky nebo vyhýbání se překážkám.

Jelikož je sítnicový obraz mnohoznačný (může být zobrazením různých variant či podob skutečností), zapojuje zrakový systém řadu postupů a způsobů „opracování“ sítnicového obrazu, které vedou ke zjednodušení vjemu. Vnímání je především ovlivněno 2 principy, a to principem úspornosti a principem obvyklosti. Princip úspornosti vede pozorovatele k výběru co možná nejjednodušší interpretace, princip obvyklosti zase k výběru takové interpretace, která je v souladu s jeho předchozími zkušenostmi. Při řešení dopravních situací vnímají řidiči jen omezené množství podnětů tak, aby nedošlo k přetížení, zvýšené chybovosti či neregistrování podstatných informací. [42, s. 22], [43, s. 68]

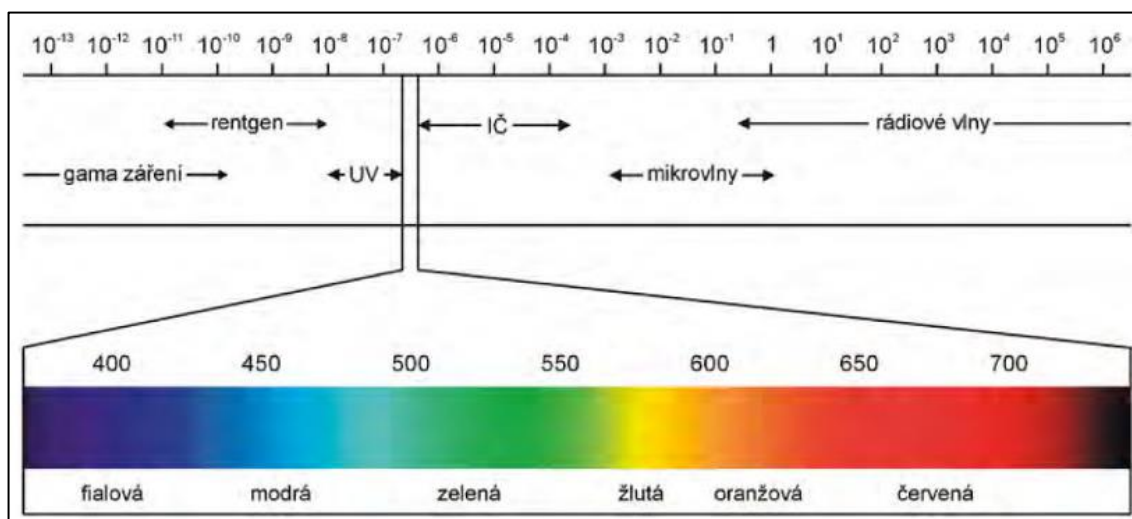
Jak uvádí Šikl [42, s. 34], je vnímání „procesem interpretace a výsledná podoba vjemu na konci tohoto procesu je vždy ovlivněna naší zkušeností s podnětem, tím, jak viděnému rozumíme, jakým detailům budeme věnovat zvýšenou pozornost a jaké naopak upozadíme“. V interpretaci zrakového obrazu existují mezi jedinci velké rozdíly, kdy vnímaná podoba může být ovlivněna řadou biologických a psychosociálních faktorů (např. vlivem věku, pohlaví, kultury a prostředí, expertství, emocí očekávání, hodnot a přání pozorovatele). [42, s. 30]

#### 4.3.2 Úloha světla a lidského oka

Pro vznik zrakového vjemu jsou důležité světelné podmínky. Informaci o okolních objektech, kterou receptory na sítnici zachytí a pošlou do mozku k dalšímu zpracování, přináší do oka světlo. Světlo jako forma energie je elektromagnetické záření, jehož spektrum je velmi široké, od vlnových délek gama záření po vlnové délky radiového záření. Pro člověka viditelné světlo se však nachází pouze v rozpětí vlnových délek 370 až 730 nm, viz **obr. 11**. [42, s. 43]

Vedle vlnové délky (vzdáleností mezi dvěma sousedními vrcholy vlny) světlo jako vlnu charakterizuje také intenzita (amplituda vlny). Receptory lidského oka dokáží zachytit zrakové podněty značného rozpětí světelných intenzit, od sotva viditelného světla (jasové hodnoty v řádu  $10^{-6} \text{ cd/m}^2$ ) po světlo poškozující oční tkáň (jasové hodnoty v řádu  $10^{10} \text{ cd/m}^2$ ). Okolní prostředí je vyplněné objekty, které mohou vyzařovat (Slunce, či umělé zdroje osvětlení), propouštět (skleněný povrch, vodní hladina apod.), odrážet (zrcadlo, kovový povrch, reflexní

povrhy apod.) nebo pohlcovat (dřevěný povrch, tmavé oblečení apod.) elektromagnetické záření. [42, s. 45]

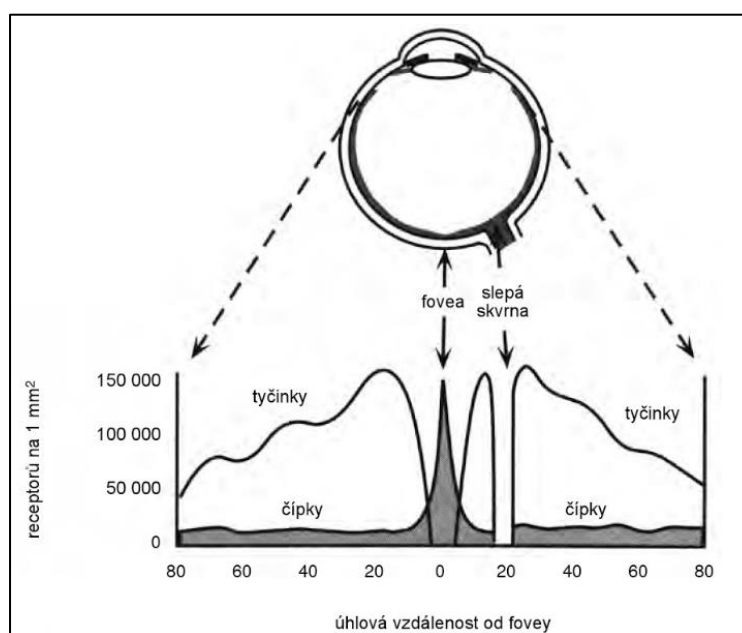


**Obr. 11:** Spektrum elektromagnetického záření; zvětšená viditelná část [42, s. 43]

Úkolem oka je dopadající světlo zachytit a soustředit na tenkou vrstvu v zadní části oka, na které pomocí speciálních receptorů dochází k transformaci světelné energie na nervový vzruch vysílaný dále do mozku. Množství vstupujícího světla reguluje zornice změnou svých rozměrů, kdy zúžení zornice má za následek vstup užšího svazku paprsků do oka, a tím i snížení počtu fotonů dopadajících na sítnici. Zornice při vidění pomáhá udržet vyvážený vztah mezi rozlišením a citlivostí a díky flexibilitě zornice dokáže oko fungovat při různých světelných intenzitách. Optická soustava oka (rohovka a čočka spolu s komorovou vodou a sklivcem) zajišťuje samotný souběh všech paprsků světla, které přicházejí z jednoho místa v prostoru a dopadají na celou plochu přední části oka, a jejich protnutí na sítnici. Při procházení světelných paprsků optickou soustavou oka dochází k jejich lomu, přičemž kalibraci lomivosti zajišťuje čočka díky procesu akomodace. Akomodovat, měnit místo souběhu paprsků, lze u lidského oka změnou tvaru čočky. K transformaci světelné energie na nervový vzruch dochází v sítnici, zejm. díky světločivým buňkám (fotoreceptorům), které jsou dvojího druhu, a to tyčinky a čípky. Ty se vzájemně liší jak tvarem, tak i počtem, rozmístěním na sítnici a funkcí, kterou v procesu vidění plní. Čípky zajišťují vidění při vyšších světelných intenzitách (ve dne nebo při umělém osvětlení) a umožňují rozlišení jemných detailů v zorném poli. Naopak tyčinky zajišťují vidění při nižších světelných intenzitách (v noci). Tyčinky nedovolují rozlišit světlo různých vlnových délek, tj. v čase, kdy vidění je zprostředkováno výhradně činností tyčinek, nedochází k rozpoznávání barvy. Naopak čípky jsou trojího typu, každý rozdílně citlivý na světlo různých vlnových délek, a díky tomu je tak možné vnímání barev. Tyčinky a čípky jsou na sítnici rozmístěny nepravidelně, kdy čípky převažují v centrální oblasti

a tyčinky v periferní. Největší koncentrace čípků se nachází v oblasti zvané fovea centralis uprostřed žluté skvrny, která leží v ose oka a na kterou se promítá obraz sledovaného objektu, viz **obr. 12**. Díky tomuto rozložení jsou různé části sítnice optimalizované k řešení různých typů percepčních úloh. Obraz objektu promítnutý na foveu (centrální vidění) je oproti ostatním ostrý a detailní, zároveň je zde nejvyšší citlivost k barvám. S rostoucí vzdáleností od fovey barevný vjem bledne a při úhlu větším než  $45^\circ$  se vidění stává achromatické. Naproti tomu  $20^\circ$  od fovey se nachází oblast s nejvyšší koncentrací tyčinek, tedy oblast nejvyšší citlivosti k podnětům vnímaným při nižších hodnotách osvětlení. Detekce malého, nezřetelného objektu je možná nikoliv pohledem přímo na tento objekt, ale kousek vedle něj. [42, s. 47 až 57], [43, s. 28 až 30, 32]

Mezi základní výkonové funkce vidění patří rozlišení a citlivost. Rozlišení neboli schopnost detekovat v zorném poli detaily je možné kvantifikovat pomocí údaje o zrakové ostrosti, což je nejmenší zorný úhel nebo nejmenší vzdálenost dvou bodů, které oko rozliší. Rozlišení dvou bodů v prostoru je nutným předpokladem identifikace tvaru objektu. Rozlišovací schopnost však významně klesá za šera a při promítnutí obrazu na periférii sítnice, tj. v případech, kdy vidění zajišťuje převážně činnost tyčinek. Citlivost oka je předpokladem extrakce relevantní informace. Problém nenastává ani tak ve dne, kdy na sítnici dopadá dostatečné množství fotonů, ale v noci, kdy je fotonů nedostatek a kdy se snižuje pravděpodobnost úspěšné aktivace dílčích fotoreceptorů. Při nízkých hodnotách osvětlení (vidění zprostředkováno pomocí tyčinek) nelze u podnětů určovat detaily a rozpoznávat barvy, člověk tak ve tmě vnímá pomocí kontrastu a detekuje kontury. [42, s. 62]



**Obr. 12:** Rozmístění čípků a tyčinek na sítnici [42, s. 58]



Mezi základní funkce zraku patří vnímání jasu, detailů, kontrastu, prostoru a barev.

#### 4.3.3 Vnímání prostoru

Při jízdě, kdy se vozidlo může pohybovat i značnou rychlostí, je zvláště důležité vnímání prostoru. V sítnicovém obrazu jsou obsažena veškerá vstupní data pozorovatele k vytvoření vjemu prostoru, tento obraz je však oproti zobrazované skutečnosti dvojrozměrný a nelze z něj dovést hloubkový rozměr, dokonce i velikost sledovaného objektu či jeho orientaci vzhledem k ose pohledu. V každém promítnutém obraze jsou však obsaženy různé nápovědi o prostoru, jejichž kombinací lze získat jasnější prostorovou představu. Patří mezi ně například [42, s. 123 až 135], [43, s. 70 a 71], [44, s. 218 až 226]:

- velikost promítnutého obrazu – na základě velikosti promítnutého obrazu lze získat spolehlivou informaci o vzdálenosti podnětu, avšak pouze ve vztahu ke vzdálenosti jiných objektů (tedy vzdálenost poměrná, nikoliv absolutní), dále informaci o prostorovém uspořádání, zejm. při sledování skupiny objektů srovnatelné velikosti (např. při pozorování 2 velikostně stejných dopravních značek na pravém okraji vozovky se vzdálenější zdá být menší),
- zakrytí – přináší jednoznačnou informaci o hloubkovém uspořádání, tj. o seřazení objektů podle vzdálenosti od oka pozorovatele, avšak bez specifikace velikosti hloubkového rozdílu mezi jednotlivými objekty nebo jejich absolutní vzdálenosti,
- lineární perspektiva – ve skutečnosti rovnoběžné objekty ohraničené liniemi se při promítání na sítnici sbíhají, a to tím více, čím větší je vzdálenost pozorovatele od těchto objektů,
- vržený stín – čím větší je výška sledovaného objektu, tím větší je vzdálenost mezi objektem a jeho stínem,
- gradient textury – na základě sledování objektů na scéně pravidelně rozmístěných, stejného tvaru a velikosti lze získat mnoho informací o prostoru, a to zejm. o poměrné vzdálenosti mezi objekty, jejich poměrné velikosti, o sklonu povrchu vzhledem k ose pohledu a o terénních nerovnostech či zlomech; gradient textury závisí na 3 proměnných, a to na perspektivním gradientu (zmenšení velikosti jednotlivých prvků se zvyšující se vzdáleností), hustotě prvků na ploše a zkrácení poměru šířky a délky prvků vůči ose pohledu,
- výška v zorném poli – člověk sleduje objekty kolem sebe z výšky, to má za následek, že objekty ležící od něj v menších vzdálenostech se promítají do nižších míst na sítnici

než objekty vzdálenější, kdy záleží na úhlu mezi osou pohledu a horizontem; výška v zorném poli umožňuje určení vzdálenosti, ale také velikosti (výšky) objektu,

- atmosférická perspektiva – prostředí, kterým se šíří světlo od povrchu sledovaného objektu, není prázdné (obsahuje prachové částice, molekuly vody apod.), díky tomu dochází k rozptýlení paprsků světla, z nichž jen několik dopadá beze změny na sítnici oka, tj. vzdálené objekty člověk vnímá s nižším kontrastem (špatné rozlišení detailů, nezřetelné obrysy),
- paralaxa pohybu – díky vzájemnému pohybu pozorovatele a prostředí se průběžně proměňuje pozice sledovaných objektů na sítnici, některé objekty se posunou o menší úhlovou vzdálenost, jiné o větší, přičemž toto poměrné proměňování pozice na sítnici je v úzkém vztahu k umístění jednotlivých objektů v prostoru, díky tomu je tak možné zprostředkovat pozorovateli velmi komplexní informaci o prostorovém uspořádání,
- binokulární disparita – nejdůležitější ze všech nápovědí, jedná se o sítnicový údaj, jehož zpracování a vyhodnocení v mozku vede k prostorovému vjemu (sterepsi), a to díky odlišnému vnímání uspořádání objektů v zorném poli z pohledu obou očí.

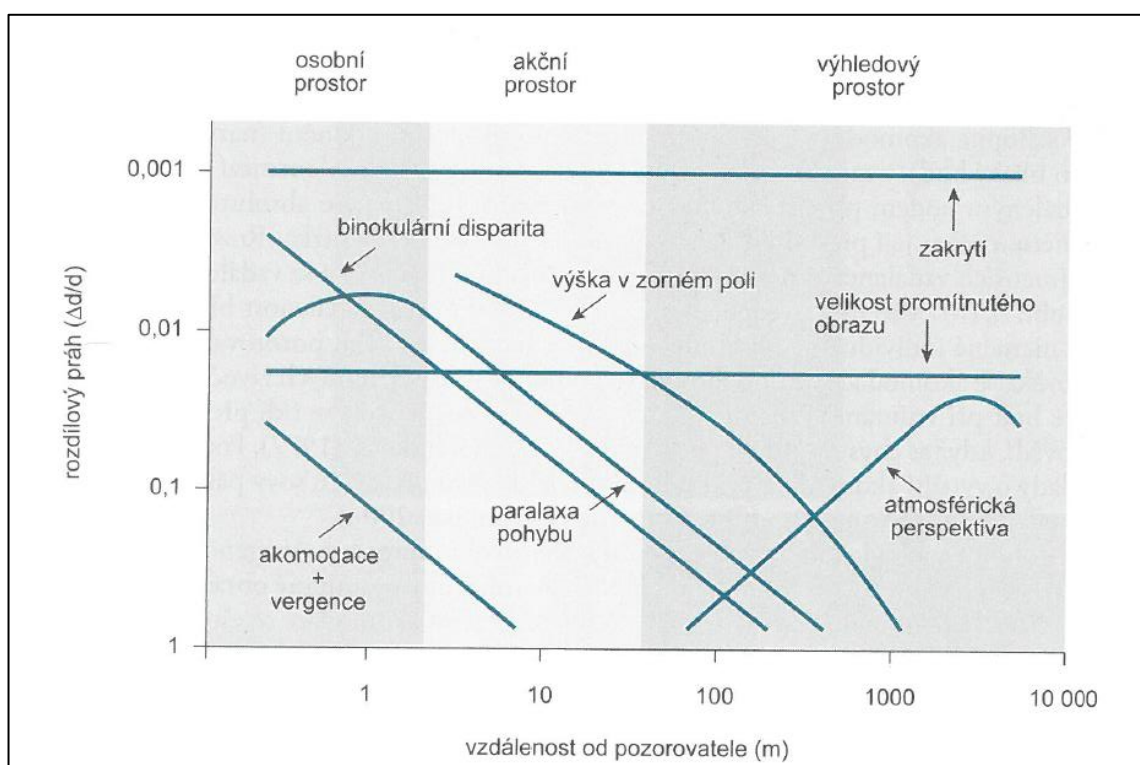
Dle Šikla [42, s. 136] může člověk o některé nápovědy přijít a následky mohou být vážné. Např. v případě ztráty nápovědy paralaxy pohybu řidiči intoxikování alkoholem mají narušený mj. systém pomalých očních pohybů a při řízení vozidla nedokáží dostatečně přesně synchronizovat pohyby svých očí s přesouváním obrazu vybraného objektu po sítnici a mít přehled o jeho měnící se poloze a o prostorovém uspořádání.

Další skupinu tvoří nápovědi fyziologické (neobsažené v sítnicovém obrazu), a to akomodace a vergence, které jsou vzájemně reflexivně spojeny a nelze je oddělit. Pomocí akomodace se všechny paprsky světla sbíhají přesně na sítnici, pomocí vergence je následně zajištěno, že jejich obraz dopadá na místa nejostřejšího vidění, tj. žlutou skvrnu, obou očí. Obě oči vidí objekt z jiného úhlu a osy jejich pohledů se směrem k objektu sbíhají, tedy při sledování bližšího objektu je úhel, který osy svírají, větší než u sledování objektů vzdálenějších. Při sledování objektu, který se přibližuje k očím, se úhel postupně zvětšuje a oči se stácejí směrem k sobě tak, aby udržely obraz stále na žluté skvrně. Mozek současně registruje měnící se napětí v okohybných svalech při stáčení oka a „přiřazuje“ mu určitou vzdálenost. [42, s. 141], [44, s. 218]

Každá z výše uvedených nápověd má pro pozorovatele v jiných vzdálenostech jinou míru informovanosti. U některých se informační potenciál nemění, u některých naopak v různých vzdálenostech klesá či roste, viz **obr. 13**. Na základě těchto rozdílů rozdělili Cutting

s Vishtonem spojitý prostor obklopující pozorovatele do tří pásem vzdáleností (osobní, akční a výhledový), které se odlišují tím, jaké činnosti v nich pozorovatel obvykle provádí a jak je konstruován jeho prostorový vjem [44, s. 227] [42, s. 144]:

- osobní prostor – bezprostřední okolí pozorovatele (cca do vzdálenosti 1,5 m), kde je v kontaktu s objekty, manipuluje s nimi, koordinuje pohyb rukou a očí; v tomto pásmu si vjem vytváří pomocí zakrytí, binokulární disparity, velikosti promítnutého obrazu, akomodace avergence,
- akční prostor – do vzdálenosti 30 m od pozorovatele navazující na osobní prostor, pozorovatel v tomto pásmu komunikuje a prostřednictvím pohybu dosahuje cíle, představu o prostoru získává zejm. pomocí zakrytí, výšky v zorném poli, binokulární disparity, paralaxy pohybu, velikosti promítnutého obrazu, lineární perspektivy a gradientu textury,
- výhledový prostor – ve vzdálenosti od 30 m od pozorovatele, umožňuje získání přehledu o celkové situaci, či plánování pohybu, v tomto pásmu využívá pozorovatel jako nápovědi o prostoru zakrytí, výšku v zorném poli, velikost sítnicového obrazu, lineární perspektivu, gradient textury či atmosférickou perspektivu.



**Obr. 13:** Rozlišovací schopnost vyjádřená rozdílovým prahem v různých vzdálenostech od pozorovatele pro jednotlivé nápovědi o prostoru [42, s. 142]

#### 4.3.4 Vnímání objektů

Pro bezpečné zvládnání dopravních situací v silničním provozu je pro řidiče důležitá nejen detekce významných objektů, ale též jejich diskriminace (rozpoznání) a identifikace. Jak uvádí Šikl [42, s. 168], dokáže člověk ve velké rychlosti a s vysokou přesností nalézt, rozlišit a rozpoznat široké spektrum objektů. Vnímání objektů lze rozdělit do tří procesů, a to detekce, diskriminace (rozpoznání) a identifikace. Informačně nejprostší je proces detekce objektu, tj. určení jeho výskytu v zorném poli pozorovatele, např. pohybující se objekt na okraji vozovky. Detailnější informace lze získat z diskriminace (rozpoznání), kdy dochází k rozlišení mezi větším počtem objektů, např. rozpoznání lidské postavy. Nejkomplexnější informace poté poskytuje identifikace, tj. určení identity sledovaného objektu.

Dle Štikara a kol. [3, s. 96] vnímání dopravních značek demonstruje omezenost lidského vnímání. Na základě provedených experimentů bylo zjištěno, že dvě různé značky mohou být vnímány velmi spolehlivě, pokud má řidič k dispozici pro jejich vnímání dobu alespoň 0,5 s. Současný vjem tří dopravních značek při zachování stejné doby byl úspěšný už jen v 50 % případů. Reagování na dopravní značky se z části řídí podle schématu podmíněných reakcí, ty se se vzrůstající řidičskou zkušeností buď posilují, nebo zeslabují. Podle studií je pravděpodobnost, že je značka skutečně řidičem vnímána, velmi nízká a rozdíly ve vnímání různých značek poměrně velké. Velkým problémem na našich silnicích je velká hustota dopravního značení, jelikož příliš mnoho dopravních značek přetěžuje schopnost percepcie řidičů a omezuje jejich schopnost vnímat důležité podněty.

V dopravní situaci podléhá vnímání dopravních značek řidičem určitým zákonitostem [3, s. 97]:

- více než 3 dopravní značky nemohou být současně vnímány a rozpoznány,
- vnímání jednotlivých značek je situačně podmíněno,
- vnímání je selektivní – dopravní značky, které nemají význam pro určitou situaci, nebudou vnímány, resp. jejich vnímání bude potlačeno.

Z uvedeného vyplývá, že dopravní situace vyžaduje, aby řidič sledoval více zdrojů informací, které mají v daném okamžiku různou důležitost. Řidič musí vybírat ty relevantní a poté je náležitě zpracovat.

#### 4.3.5 Vnímání pohybu

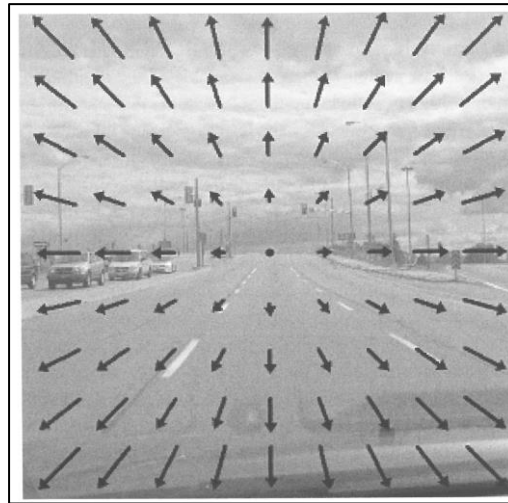
Nebezpečí při dopravních situacích vzniká především v důsledku vzájemného pohybu účastníků silničního provozu. Správný odhad rychlosti a směru pohybu pohybujících se objektů

je tak velmi důležitý. Jak uvádí Šikl [42, s. 27]: „*Nepohyblivé objekty obecně pro nás představují menší nebezpečí, respektive zpravidla nevyžadují soustředěnou pozornost. Proto se také náš mozek v průběhu evoluce vyvinul tak, že je ke změně podstatně více senzitivní než k ustálenému stavu a k pohybujícím se předmětům více než k neměnným, které často ani nezaregistruje.*“

Lidské zrakové vnímání je velmi senzibilní na samotný pohyb, spolehlivě přitahuje pozornost, kdy má člověk tendenci pohlédnout tím směrem, kde probíhá nějaký pohyb, a to vědomě i nevědomě. Při řešení každodenních situací, jako je např. řízení vozidla, je důležité mít přehled o tom, jak rychle a pod jakým úhlem se různé objekty v zorném poli pozorovatele k němu přibližují nebo on k nim. Pohybová informace umožňuje sledovat trajektorii objektu a odhadnout, zda tento objekt dorazí na vybrané místo, případně co je třeba provést, aby nedošlo ke střetu. Prostřednictvím informací o pohybu získává pozorovatel také představu i o vlastním směřování a času zbývajícím do možného střetu. Poměrný pohyb po sítnici oka koresponduje se vzdáleností podnětu od pozorovatele, tedy z pohybové informace lze získat představu o prostorovém uspořádání okolí. Samotný pohyb objektu napomáhá jeho rozpoznání díky tomu, že v mysli je uchována spolu s typickou podobou objektu i informace o jeho pohybu. [42, s. 213]

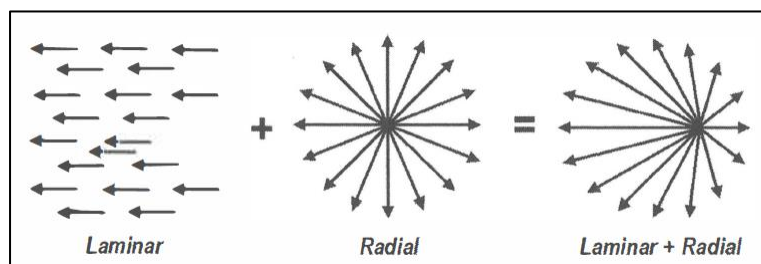
Člověk dokáže vlastní pohyb vnímat díky tomu, že při pohybu dochází k rozsáhlé proměně sítnicového obrazu sledovaného prostředí. Obraz každého bodu v zorném poli se za určitý čas o určitý úsek a určitým směrem po sítnici posune. Toto charakteristicky se měnící uspořádání sítnicového obrazu se nazývá tzv. optický tok (*optic flow*), který pozorovateli přináší mnoho informací k úspěšnému pohybu v prostředí. Tím, jak se pozorovatel přibližuje, se obraz všech objektů v zorném poli paprscitě „rozbíhá“ od sledovaného bodu směrem k periférii. Kromě informace o směru vlastního pohybu lze z optického toku vypočítat čas zbývajícím do střetu, tj. dobu, za níž pozorovatel pohybující se směrem ke sledovanému objektu dosáhne jeho povrchu. Pozorovateli stačí vyhodnotit tempo zvětšování sítnicového obrazu sledovaného objektu (čím rychleji se zvětšuje, tím kratší doba do možného střetu s objektem zbývá). [42, s. 231 až 234]

Green [44, s. 230] tento vymezuje jako pole zobrazující okamžité rychlosti jednotlivých bodů v prostoru na základě pohybu pozorovatele či samotného bodu. Délka a orientace vektoru představují velikost rychlosti a směr pohybu. Příklad optického toku z pohledu řidiče je vyobrazen na následujícím schématickém obrázku, viz **obr. 14**, kde orientace šipek označují směr a rychlost globálního optického toku.



**Obr. 14:** Příklad optického toku [44, s. 230]

Globální optický tok je radiální a všechny body v prostoru se pohybují směrem ven z centrálního fixačního místa (*ang. focus of expansion; zkr. FOE*). Pokud však dojde ke změně úhlu pohledu pozorovatele či posunu sledovaného prostoru v horizontálním směru (např. při odbočování), vytváří se tzv. laminární optický tok, viz **obr. 15**. Vzájemnou kombinací radiálního a laminárního optického toku je umožněna orientace pozorovatele v daném prostoru. [44, s. 234]

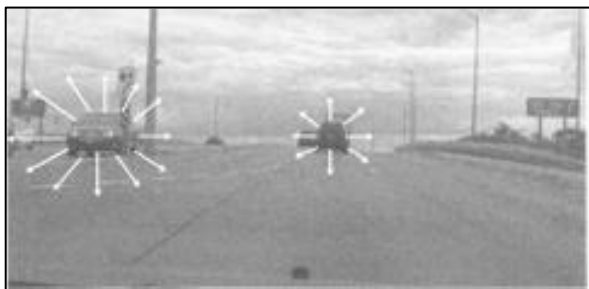


**Obr. 15:** Laminární a radiální optický tok [44, s. 234]

Pokud se ve sledovaném prostoru nachází pohybující se objekt, vytváří vlastní pole tzv. lokálního optického toku, viz **obr. 16**, které je integrováno do globálního optického toku. Pole tohoto lokálního optického toku má vlastní pevné centrum včetně vektorů rychlosti, které v těchto polích začínají na hranách objektu. Díky tomu řidič dokáže rozeznat velikost a druh objektu, jeho rychlost a směr pohybu v prostoru a je tak schopen zabránit kolizním situacím s těmito objekty. [44, s. 234]

Problematice související s optickým tokem se zabývaly též publikace [72] a [74], kterých je autor této práce spoluautorem. Na základě analýzy videozáznamů z eyetrackeru z jízdních zkoušek v reálném silničním provozu a teorií o optickém toku byl ve výpočtovém programu MATLAB vytvořen programový rámec. Výsledky těchto prací mohou být dále

využity např. pro vývoj systému založeného na umělé inteligenci, který automaticky detekuje únavu řidiče, aby se předešlo vzniku dopravní nehody.



**Obr. 16:** Pole lokálních optických toků, vytvořených vpředu jedoucím a protijedoucím vozidlem [44, s. 234]

Dle Štikara a kol. [3, s. 63] je při řízení vozidla odhad rychlosti vozidla a současně i vzdáleností velmi důležitým faktorem. Při jízdě v noci je však tento odhad horší než ve dne, jelikož v noci je omezeno periferní vidění, které je pro tento odhad důležité. Proto bývá odhad doplněn častými rychlými pohyby na tachometru. Při jízdách v noci je dále také menší rozlišitelnost jasů a vyšší citlivost na oslnění. Tyto faktory jsou významné zejména ve viditelnosti chodce, která je primárně závislá na barvě jeho oblečení.

#### 4.3.6 Vnímání jasů a kontrastu

Včasné spatření objektu závisí zejména na jasů a kontrastu vůči okolí. Jak uvádí Smiley [41, s. 14], množství světla, dopadající na povrch, se nazývá intenzita osvětlení a její jednotkou je lux. Intenzita osvětlení je závislá na vzdálenosti od zdroje světla a také na atmosférických podmínkách, jako je mlha nebo déšť. Světlo od světelného zdroje dopadá na povrch a je buď absorbováno, nebo odraženo, přičemž odražené světlo (jas) je závislé na barvě a typu povrchu.

Bradáč uvádí [14, s. 224], že jas je měřítkem pro vjem světlosti svítícího nebo osvětlovaného tělesa tak, jak je vnímá lidské oko. Je fyzikální veličinou, která způsobuje počitek. Různě jasné plochy jsou sítnicí transformovány s různou intenzitou. Jednotkou jasů je kandela na čtvereční metr ( $cd.m^2$ ). „Kdyby konstantní jas působil trvale na stejné elementy sítnice, přestal by být pro oko podnětem. Proto oko vyvolává ustavičně mikropohyby a v důsledku toho se vytváří obraz v každém okamžiku na jiných elementech sítnice, takže světelné podněty vyvolávají v receptoru trvale odezvu.“

Kontrast je vymezen jako určitá charakteristika scény, která určuje, jak dobře vystupuje pro pozorovatele objekt ze svého pozadí. Ve dne existuje mnoho věcí, které pomáhají vytvářet kontrast, např. barva, vzor, jas, stín apod. V nočních podmínkách je kontrast určován především na základě rozdílu jasů sledovaného objektu a okolí. Citlivost vnímání kontrastu se liší dle

osvětlení a úrovně přizpůsobení, kdy přizpůsobené oko dokáže detekovat malé rozdíly v jasech, čímž se zvýší citlivost při vnímání kontrastu. Existuje mnoho metod výpočtu kontrastu, avšak nejběžnější je následující vztah:

$$K = \frac{L_O - L_P}{L_P}$$

kde  $L_O$  je jas sledovaného objektu a  $L_P$  jas pozadí. [41, s. 14]

Dle Bradáče [14, s. 224 a 225] stupeň rozeznatelnosti objektů charakterizuje kontrast objektu. Zvyšováním kontrastu objektu narůstá pravděpodobnost, že řidič objekt zpozoruje. Nejmenší rozlišitelný rozdíl jasů se nazývá práh rozlišitelnosti a jemu odpovídající kontrast je kontrast prahový. Tedy identifikace objektu, který má stejnou barvu jako jeho pozadí, je možná pouze v případě, jestliže rozdíl jasů objektu a pozadí je alespoň roven prahovému rozdílu jasů. *„Prahový kontrastní rozdíl jasů není konstantní, ale závisí na mnoha činitelích; z nichž nejdůležitější jsou: zorný úhel objektu a jas pozadí, na který se pozorovatel adaptuje, a doba, po kterou objekt oko pozoruje.“*

Gaca [45, s. 900] uvádí, že aby byl objekt zpozorován řidičem včas, musí být světlejší nebo tmavší než pozadí. Světlejší pozadí umožňuje zpozorování objektu z větší vzdálenosti, například v případě protijedoucího vozidla, které zezadu osvětluje objekt. Stejný efekt nastává například při osvětlení objektu lampami veřejného osvětlení.

Ve své publikaci Gaca [45, s. 883] také udává, že na proces zrakového vnímání na vozovce má výrazný vliv zejména druh, efektivita a konstrukce světlometu, světelné vlastnosti objektů a pozadí, podmínky počasí a schopnosti člověka ve vnímání.

#### 4.3.7 Oční pohyby

Lidské oko vykonává celou řadu pohybů, pomocí kterých se obraz důležitých objektů dostane do oblasti nejostřejšího vidění.

Štikar a kol. [3, s. 61] uvádí, že rychlost zrakového postřehu je ovlivňována řadou okolností, např. stupněm pozornosti, zaměřenosti na určitý jev, paměti a zkušeností, rozsahem zorného pole a hloubkovým vnímáním, stavem nervové soustavy, její činností a individuálními vlastnostmi. Lidské oko má oblasti s různou rozlišovací schopností. První je oblast centrálního vidění, která má jen několik stupňů a jsou v ní vyvinuty ostrost a barvocit. Druhou je oblast periferního vidění, která dobře rozlišuje pohyb předmětů. Pro optimální využití centrálního vidění je třeba, aby řidič neustále měnil směr úhlu pohledu, tím se učí používat co nejširší rozsah zorného pole. Zrakové vnímání řidičů může být omezeno například v případě oslnění od jiného



protijedoucího vozidla, v tomto případě může dojít k tomu, že chodec přecházející mezi těmito vozidly není vidět vůbec.

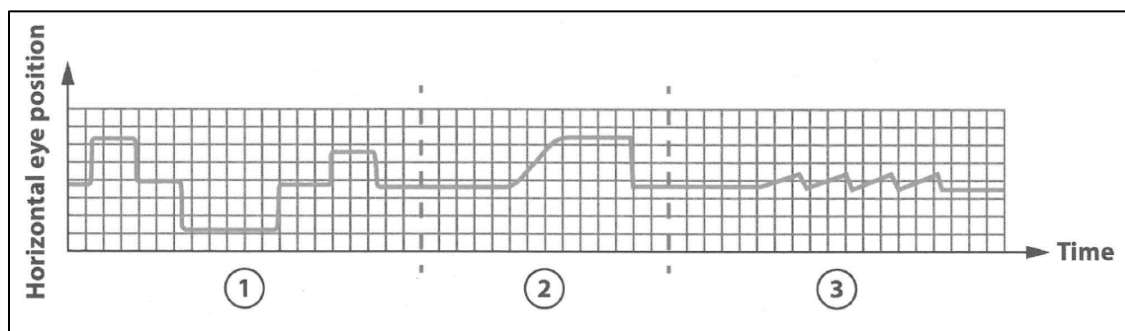
Zorné pole řidiče se rozprostírá v horizontálním směru přibližně v oblasti  $180^\circ$ , přičemž pohyby hlavy a očí umožňují zorné pole mnohem širší. Oblast ostrého vidění, kdy je možné vidět objekty, čísta značky apod. s optimální ostroší, se však nachází pouze 2 až  $3^\circ$  z každé strany osy pohledu. [41, s. 15]

Aby člověk dokázal v dynamické interakci s okolím získat ty nejdůležitější informace a ty co nejefektivněji zpracovat, je nutné do vnímání zapojit systém očních pohybů, pomocí nichž je možné dostat obraz zvoleného cíle do místa nejostřejšího vidění ležícího ve žluté skvrně, v centrální části sítnice, a v tomto místě jej i přes průběžně měnící se pozice pozorovatele a objektu udržet. Obecně se rozlišuje několik druhů očních pohybů a jejich poddruhů [42, s. 223 až 227], [43, s. 47 a 48]:

- sakadické oční pohyby – slouží pro prozkoumání scény, kdy pozorovatel postupně přesouvá pozornost na různá zajímavá místa a vytváří si tak komplexní představu o scéně; oči se vždy na chvíli zaměří na určité místo a po krátké fixaci provedou rychlý pohyb k místu jinému, kde opět zůstanou na chvíli fixované; obvykle fixace trvá 200 až 300 ms a sakáda okolo 30 ms, tedy každou sekundu člověk vykoná v naprosté většině případů nevědomě 3 až 4 sakadické pohyby, doba trvání fixace však záleží na povaze úlohy a na komplexnosti scény, rovněž doba sakády se mění, a to především podle dráhy očního pohybu, samotný pohyb je velmi rychlý (oči se přemísťují z místa na místo rychlostí  $900^\circ/s$ ),
- hladké sledovací oční pohyby – umožňují soustředěné, déletrvající sledování objektu, obraz sledovaného podnětu tak po celou dobu dopadá na žlutou skvrnu a zrakový systém může z promítaného obrazu získat o objektu maximum informací; k efektivnímu provádění sledovacích pohybů musí mít mozek k dispozici 2 druhy údajů, a to sensorické informace (směr a rychlost pohybu objektu) a indicie z prostředí umožňující predikovat budoucí trajektorii pohybu sledovaného objektu; tato schopnost následovat objekt má však určité limity, týkající se zejm. rychlosti a komplexnosti (předvídatelnosti) jeho pohybu, oči začínají zaostávat při sledování proměnlivé pozice objektu cca od rychlosti  $30^\circ/s$ , mozek se toto opoždění poté snaží kompenzovat jednorázovou sakádou ve směru pohybu,
- sbíhavé sledovací oční pohyby – slouží pro stanovení vzdálenosti podnětu, odehrávají se v ose pohledu a pomocí nich lze sledovat objekty, které se přibližují či oddalují;

dochází ke sbíhání či rozbíhání očních pohybů, tj. okohybné svaly pohybují oběma očima v nestejném směru, podnětem k započetí sbíhavých pohybů bývá např. rozmazání sítnicového obrazu v důsledku nesprávné akomodace či posun obrazů jednoho či druhého oka mimo oblast žluté skvrny; ve většině případů jsou zapojeny tyto pohyby s pohyby sakadickými a sledovacími, oproti sakadickým jsou však výrazně pomalejší, při sledování blížícího se objektu většinou nepřesáhnou rychlost  $10^\circ/s$ ,

- kompensační oční pohyby – slouží k vykompenzování pohybů hlavy a celého těla, patří mezi ně:
  - vestibulo-okulární reflex (VOR) – v reakci na změnu pozice hlavy spouští do protisměru oční pohyby, které tuto změnu kompenzují a díky nim zůstávají oči stále upřené na objekt, jehož obraz se tak nerozmaže,
  - optokinetický reflex (OKR) – spouští protisměrné pohyby očí v reakci na proměny v zorném poli přicházejících přímo ze sítnice,
- fixační oční pohyby – při fixacích nezůstávají oči zcela bez pohybu, tedy obraz není perfektně stabilizovaný, jelikož stále dochází k drobným mimovolným pohybům; úkolem fixačních pohybů je předejít vyhasnutí nervové aktivity, k němuž by došlo při neměnnosti stimulace; fixační oční pohyby lze rozdělit na:
  - tremor (třes) – arytmičné pohyby očí nejmenšího rozsahu, a naopak největší frekvence, díky níž chvění způsobené tremorem není zaznamenatelné, a tedy význam tremoru je nejasný,
  - mikrosakády – krátké, trhavé pohyby, svými parametry podobné sakádám, odehrávají se 1x až 2x za sekundu a trvají cca 25 ms; dochází k nim nejčastěji v průběhu cílené, déletrvající fixace, kdy pomáhají udržet objekt v oblasti centrálního vidění, tj. korigují „ujíždění“ očí způsobené driftem,
  - drift – klouzavý pohyb očí po zakřivené dráze, který se odehrává většinou mezi dvěma mikrosakádami.



**Obr. 17:** Grafické znázornění horizontálních očních pohybů: (1) sakády a fixace; (2) hladké sledovací oční pohyby; (3) optokinetický reflex (OKR) [43, s. 48]

Na délku jednotlivých očních pohybů a jejich směřování mají vliv zejm. zkušenosti řidiče. Mourant a Rockwell porovnali pohyby očí šesti nezkušených a čtyř zkušených řidičů a našli v těchto velké rozdíly. Zkušení řidiči mají tendenci sledovat okolí vzdálenější od vozidla a pozorovat tak širší oblast při častém kontrolování zrcátek, naproti tomu řidiči nezkušení se soustředí svými pohledy na oblast bezprostředně před vozidlo a na okraj vozovky. Laya zjistil, že zvyšující se zkušenosti s řízením vozidla vedou ke zkrácení doby jednotlivých pohledů. [43, s. 49]

Délku očních pohledů ovlivňují také aktuální stavy řidiče (vliv alkoholu, drog, únavy), charakteristika a interiér vozidla, nebo např. věk a pohlaví řidiče. Rockwell zjistil, že řidiči nad 45 let potřebovali delší dobu pohledu (cca o 5 %) než řidiči mladší ve věku 35 let a pro dokončení úkolu potřebovali starší řidiči o 20 % pohledů více než řidiči mladší. Délka očních pohledů je u mužů o 11 % delší než u žen. [43, s. 51]

Lachenmayr popisuje obdobně základní princip zrakového vnímání při řízení vozidla. Objekt se zpravidla vynořuje v oblasti periferního vidění a následně je sákadickými pohyby oka přenesen do oblasti centrálního vidění. Poté řidič posoudí závažnost podnětu a rozhodne se pro případnou reakci. V tomto případě, kdy se podnět nachází prvotně v oblasti periferního vidění, překračuje doba reakce 1 s, v případě zvýšených nároků na řidiče to může být doba mnohem delší. [2, s. 53]

Podobnou problematikou se zabýval také Weyde [46], který ve své práci představuje některé aspekty moderních metod a postupů pro vizuální rozpoznatelnost chodců ve tmě z pohledu řidiče jedoucího vozidla.

Pfleger [39] se zabýval rozpoznáním různých objektů řidičem z jedoucího vozidla s ohledem na četnost podnětů pomocí metody Viewpointssystem<sup>®</sup>. Pomocí této metody vyhodnocoval doby fixace pohledu řidiče na určitém objektu a způsob navigace řidiče při různých jízdních situacích. Z velkého počtu pokusů určil dobu pohledu nutnou pro detekci chodce, která se u pohledu na hlavu chodce pohybuje v rozmezí 0,7 až 1,0 s, u pohledu na polovinu těla v rozmezí 0,4 až 0,5 s a u pohledu na pohybující se celé tělo je průměrná doba detekce 0,4 s. V případě kontrolního pohledu na chodce je průměrná doba pohledu 0,4 s.

Dobou pohledu na různé části těla chodce se věnovali také Chen a kol. [47]. Na základě výzkumu, který probíhal v laboratorních podmínkách za použití eyetrackingu a promítání záběrů z jízdních situací, spojených s přecházením chodce či jeho výskytem poblíž vozovky, analyzovali pohledy probandů na chodce. Z výsledků vyplynulo, že pohledy na horní část těla

chodce trvaly průměrně cca 0,7 s, na střední část cca 0,6 s a na spodní část cca 0,5 s. Ve vertikálním směru sledovali probandi chodce více v horní polovině jeho těla, cca 66 % všech pohledů na chodce, v horizontálním směru byly pohledy rozloženy rovnoměrně.

#### 4.3.8 Viditelnost

Možnosti řidiče pro včasné spatření chodce závisí zejména na viditelnosti. Dle Štikara a kol. [3, s. 78] je při řízení vozidla hlavním úkolem řidiče zejména nepřetržitě pozorování jízdní dráhy a přilehlé části okolí až k hranici viditelnosti. Osa pohledu bývá při řízení ve vzdálenosti, která je podle řidiče vzdáleností, na kterou může bezpečně zastavit. Přirozený sklon pohledu je vůči horizontále skloněn pouze o několik stupňů a celá hlavní pozorovaná oblast se ocitá ve středu zorného pole. Tím je zajištěno, aby nejdůležitější informace přicházely z centra zorného pole. Pozorované pole se dělí na tři oblasti: oblast vlastního vozidla, oblast nutná k bezpečnému zastavení a oblast po hranici viditelnosti.

Viditelnost je závislá na výhledu z vozidla a na vnějších podmínkách. Při nepříznivých podmínkách (např. při dešti, mlze, sněhu, mrazu nebo ve tmě) může dojít k tomu, že hranice viditelnosti bude menší než vzdálenost pro bezpečné zastavení.

Dále Štikar a kol. [3, s. 90] uvádějí, že řidič před sebou vidí plochu, na které se pohybuje a na které se nacházejí různé objekty. Pomocí této projekce získá řidič vjem hloubky a odhad vzdálenosti. Hloubkový vjem se dimenzuje řadou vnějších parametrů, např. perspektivou vodicích čar, perspektivou vozovky, okrajovým porostem, budovami apod. Tento hloubkový vjem řidič zpracuje a získá odhad vzdálenosti, na němž zakládá svá rozhodnutí.

Tyrrell a kol. [48] se zabývali rozdíly mezi zpozorováním chodce staršími a mladšími řidiči, který měl na sobě černé oblečení, reflexní vestu nebo reflexní pásek. Zpozorování chodce bylo u starších řidičů podstatně horší než u řidičů mladších. Starší řidiči zaregistrovali chodce v 52 % případů, zatímco mladší řidiči v 70 % případů. Rozdíl byl také ve vzdálenosti, na kterou řidiči na chodce reagovali. U starších řidičů byla tato vzdálenost průměrně 65,0 m, u mladších řidičů 152,9 m.

Význam reflexních vest nebo pásků na viditelnost chodce analyzovali také Wood a kol. [49], kteří porovnávali rozdíly reakcí starších a mladších řidičů na cyklisty v černém oblečení, s reflexní vestou a s reflexní vestou a páskem. Cyklista byl řidiči rozpoznán v 75 až 100 % případů, avšak zásadní pokles rozpoznání cyklisty řidičem nastal u starších řidičů v případě černého oblečení (25 % případů) a reflexní vesty (45 % případů).

Rozdíly mezi rozpoznáváním objektů (figurantů – chodců) řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla v nočních podmínkách porovnávali ve své práci Kledus a kol. [50]. Výsledky této práce vycházejí z rozsáhlých jízdních zkoušek v reálném silničním provozu (v nočních podmínkách na trase Lednice, Valtice, Břeclav), které byly realizovány v úzké spolupráci ÚSI VUT a výzkumného institutu EPIGUS – Institut für ganzheitliche Unfall- und Sicherheitforschung z Rakouska v roce 2010. Na základě výsledků této práce nelze jednoznačně dovozovat, že by vzdálenost potřebná pro rozpoznání chodce při běžné jízdě byla nižší než vzdálenost stanovená statickým měřením. U potkávacích světél se ukázalo, že dynamický pohyb vozidla, zejm. jeho houpání může ve srovnání se statickým měřením vzdálenost, na kterou řidič může při jízdě rozpoznat chodce, prodloužit, naopak složitost jízdní situace a četnost podnětů při jízdě může podstatným způsobem tuto vzdálenost zkrátit. Při měření v této práci byly použity různé druhy oblečení chodců, kdy z výsledků vyhodnocení vyplynulo, že lze obecně tmavě oblečeného chodce rozpoznat zpravidla vždy na kratší vzdálenost, než je tomu u světle oblečeného chodce. U měření s potkávacími světly byla více důležitá kontrastnost oblečení ve spodní části vůči jeho okolí, naopak u měření s dálkovými světly byla více důležitá kontrastnost oblečení na horní části těla chodce.

Obdobně Bradáč a kol. [51] porovnávali rozdíly mezi viditelností a rozpoznatelností objektů (figurantů – chodců) na vozovce mimo obec v nočních podmínkách za využití potkávacích světél halogenových a xenonových světlometů. Z výsledků měření mj. vyplynulo, že řidiči vozidel vybavených xenonovými světlomety byli schopni spatřit chodce na kratší vzdálenost než řidiči vozidel se světlomety halogenovými, a to zejména díky rozdílného rozptylu světla v prostoru před vozidlem. Zatímco halogenové světlomety mají horší světelné parametry a relativně velký rozptyl světla do větší vzdálenosti od vozidla, xenonové světlomety výrazně osvětlují vozovku před vozidlem až k tzv. ostré linii světla (cca 41 m od vozidla). Je tedy o mnoho náročnější pro řidiče vozidel spatřit nebezpečné objekty nacházející se za touto linií, kdy i důvodem může být samotná fyziologie lidského oka, které je schopné přizpůsobit se světlu v okolí, avšak silně osvětlená plocha xenonovými světlomety může díky smršťování duhovky způsobit, že oko nebude schopno vnímat méně osvětlenou plochu za tzv. ostrou linií světla.

Měření, ze kterého vycházela i výše zmíněná poslední publikace, bylo realizováno na ÚSI VUT v roce 2015 v rámci projektu TAČR s názvem „*Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti*“. Jedním z výsledků tohoto projektu byly 2 certifikované metodiky, a to „*Inovovaná metodika výuky*

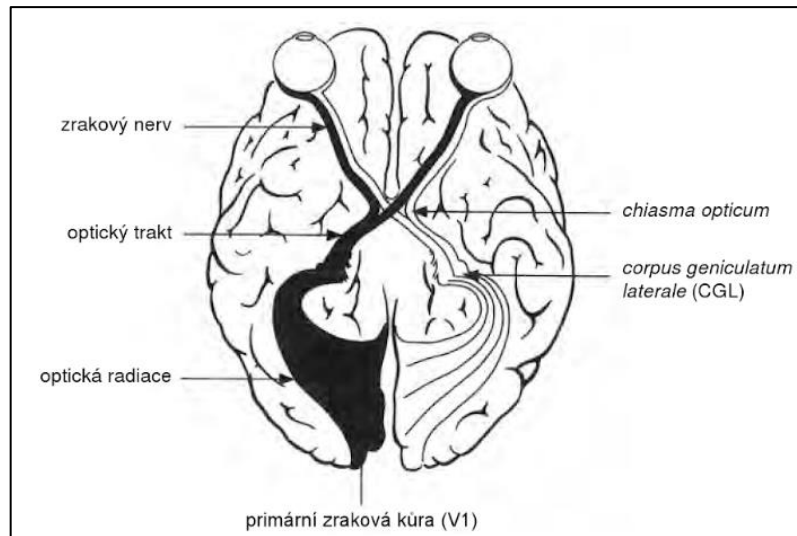
*autoškol – jízda za viditelnosti snížené tmou“ a „Inovovaná metodika zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou“ [12], sloužící pro znalce při analýze dopravních nehod vozidel s chodci.*

#### **4.4 Analýza zpracování informací**

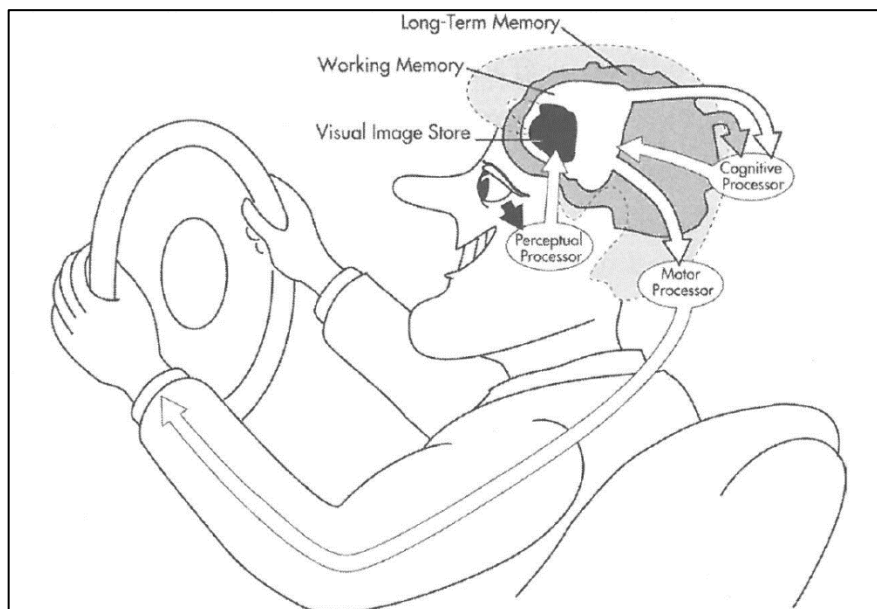
##### **4.4.1 Proces zpracování informací**

Pro řešení výše vymezených problémů lze využít i poznatky o zpracování informací řidičem při řízení vozidla. Přenos informace z oka do mozku popisuje např. Šikl [42, s. 63 až 77] následovně. Z oka je přes slepou skvrnu signál dále přenášen zrakovým nervem přes chiasma opticum, kde dochází k překřížení poloviny axonů z obou očí do příslušné hemisféry dle místa dopadu světla na sítnici, do corpus geniculatum laterale, který moduluje intenzitu signálu vystupujícího z oka na základě informací přicházejících z jiných částí mozku, a dále do primární zrakové kůry v tylním laloku a více než třiceti dalších korových oblastí v tylním, temenním a spánkovém laloku různě senzitivních k barvě, orientaci, směru pohybu a binokulární disparitě (nestejnost obrazů promítnutých na sítnici obou očí), viz **obr. 18**.

Obecně lze proces zpracování informací v lidském mozku popsat dle znázornění na **obr. 19**. Informace ze smyslového orgánu (např. oka) přichází do procesoru vnímání (*Perceptual Processor*), kde je tato informace kódována a přenášena do uložiště sensorických obrazů (*Visual Image Store*), která je součástí tzv. pracovní paměti (*Working Memory*). Pracovní paměť se skládá z částí dlouhodobé paměti (*Long-Term Memory*), které jsou aktivovány na základě daného účelu. Kognitivní procesor (*Cognitive Processor*) přebírá informace z uložiště sensorických obrazů a z dlouhodobé paměti, aby mohlo dojít k danému rozhodnutí o akci, kterou řídí výkonný procesor (*Motor Processor*) na základě iniciace z pracovní paměti. Výkonný procesor poté aktivuje příslušné svalové skupiny, aby provedly požadovanou akci. Jakmile je konání zahájeno, je obdobným způsobem zahájeno zpracování informací z vizuálního a kinetického systému pro ověření, zda bylo dosaženo původně stanoveného cíle. Informace obsažené v uložišti sensorických obrazů a pracovní paměti se rychle vytrácí, jakmile jejich potřeba pomine. Tento efekt pak vysvětluje neschopnost vzpomenout si na podrobnosti vzniklé při rutinní cestě a vysvětluje to také např. nesrovnalosti vyplývající z výpovědí očitých svědků dopravní nehody, jelikož události před dopravní nehodou jsou pro ně zpracovávány jako rutinní informace a nemusí tak být uloženy v dlouhodobé paměti. [43, s. 42] [41, s. 11]



**Obr. 18:** Projekce nervových vláken zrakového nervu z očí do mozkové kůry [42, s. 64]



**Obr. 19:** Schématické znázornění systému zpracování informací [43, s. 42]

Ungerleiderová a Mishkin vymezili 2 oddělené zrakové systémy určené k řešení odlišných zrakových úloh ve vyšších korových centrech, a to dorzální a ventrální proud. Dorzální proud je tvořen oblastmi zrakové kůry, které se nacházejí ve směru z týlního laloku do temenního. Tento proud je zodpovědný za extrakci informace týkající se prostorového upořádání okolních objektů a také jejich pohybu, slouží tedy k zodpovězení otázky „Kde?“. Ventrální proud je tvořen oblastmi směřujícími do spánkového laloku a jeho výstupem je informace o tvaru a barvě objektu, tedy slouží k zodpovězení otázky „Co?“. Goodale a Milner však vymezili činnosti jednotlivých proudů odlišně, a to díky oblastem, kam oba proudy směřují. Dle jejich pojetí je prezentace podoby objektu výsledkem aktivity center pouze ve ventrálním proudu. Dorzální proud pak poskytuje informace nezbytné pro koordinaci

a řízení vlastního pohybu, tj. činnosti přímo řízené zrakem, jako je orientace v prostředí nebo uchopení předmětu, aniž by došlo k uvědomění jejich průběhu. [42, s. 75]

Victor tyto 2 výše zmíněné proudy označuje jako „*Vision-for-Action*“ (VFA) a „*Vision-for-Identification*“ (VFI). Proud VFA umožňuje vizuální kontrolu při provádění různých akcí v prostoru, např. chůzi, řízení vozidla apod., a to za pomoci optického toku. Tento proud je rychlý, prostorově přesný a do značné míry mimovolní. Druhý proud VFI umožňuje samotnou identifikaci objektů. Tento proud využívá informací z dlouhodobé paměti, je pomalejší a jeho výsledky mohou vést k následnému jednání. [41, s. 38]

#### 4.4.2 Pozornost

Pro výběr významných podnětů v silničním provozu slouží řidiči jeho pozornost. Podle Šuchy [2, s. 46] je „*pozornost kognitivní funkcí umožňující vnímajícímu jedinci z okolního prostředí vybírat pouze určité podněty, resp. informace, které se jeví v daný okamžik jako významné, a ostatní umožňuje ignorovat*“.

K tomu Štikar a kol. [3, s. 40] dodávají, že „*pozornost má důležitou biologickou funkci, protože při omezeném rozsahu lidského vědomí není možné, aby člověk vnímal a reagoval současně na všechny podněty a jevy ve svém prostředí*“. Tamtéž rozlišují mezi koncentrovanou a distributivní pozorností, přičemž obě formy pracují odděleně a nikdy současně. Rozdíl mezi nimi je znázorněn v následující tabulce, viz **tab. 2**. Pozornost je nutné chápat jako zaměření duševní činnosti na určitý výsek skutečností a udržení tohoto zaměření po určitou dobu.

**Tab. 2:** Přehled vlastností pozornosti koncentrované a distributivní [3]

	<b>Pozornost koncentrovaná</b>	<b>Pozornost distributivní</b>
Rozpoznatelnost – pozornost	detaily	přehled
Objekty	málo objektů	mnoho objektů
Schopnost orientace	omezená	dobrá
Objem informací	malý	velký
Přesnost informací	velká	malá

Vznik zaměření pozornosti může být záměrný, neúmyslný nebo náhodný a podle toho se rozlišují 2 druhy pozornosti, a to neúmyslná (prvotní, pasivní) a úmyslná (záměrná, aktivní). Hranice mezi aktivní a pasivní pozorností se však prolínají. To, co bylo v jednom okamžiku předmětem pasivní pozornosti (např. pohyb chodce na okraji zorného pole), se v následujícím



momentě může stát předmětem záměrné pozornosti (záměrné sledování jeho vzdálenosti, rychlosti a směru chůze). [3, s. 41]

Mezi základní vlastnosti pozornosti patří [3, s. 42] [41, s. 40]:

- soustředěnost pozornosti – zaměření na vše, co souvisí s dopravní situací, a potlačení ostatních rušivých informací,
- rozsah pozornosti – množství informací, které dokáže řidič současně nebo během krátkého časového úseku postřehnout,
- intenzita pozornosti – míra soustředění pozornosti,
- rozdělení pozornosti – charakteristika organizace pozornosti při sledování více objektů současně nebo při současném vykonávání více činností,
- výběrovost pozornosti (též selektivnost) – výběr důležitých podnětů pro správné řešení dopravní situace, důležité podněty mohou na vozovce upoutat pozornost řidiče reflexivně bez jeho vědomí, např. blikající světla, pohybující se objekty apod.,
- dynamika pozornosti – umožnění rychle a plynule přecházet od jednoho předmětu ke druhému,
- stabilita pozornosti – určena časem, po který se udržuje zaměření na určitý objekt,
- vigilance pozornosti – pohotovost postřehnout řídké, nepravidelně se objevující, náhodné změny v prostředí.

Zvláštním druhem pozornosti je roztržitost, která je chápána jako nedostatečné soustředění, nestálost úmyslné pozornosti, anebo opačně jako hluboké soustředění pozornosti, tedy neschopnost rozdělovat a pružně přenášet pozornost. Je nutno také podotknout, že pozornost není závislá jen na vnějších činitelích, ale také na vnitřních (celkový tělesný a psychický stav). [3, s. 43]

Člověk se nedokáže soustředit na jednu věc příliš dlouho a po chvíli začne myslet na něco jiného. Tento jev byl dle Smallwooda a Schoolera pojmenován „*Mind Wandering*“ (ve volném překladu putování myšlenek). Například při čtení knihy si může člověk povšimnout, že myslí na zcela jiné s knihou nesouvisející věci a jeho oči pokračují ve čtení. Tento efekt se vyskytuje při všech lidských činnostech a může být rizikovým faktorem zejm. při řízení motorového vozidla. [41, s. 41]

Nároky na pozornost se mohou lišit podle osoby řidiče, daného úkolu či charakteristiky jízdy. Zkušenější řidič nemá takové vysoké nároky na pozornost než řidič začínající, obdobně jízda na složitější komunikaci při zhoršených atmosférických podmínkách bude vyžadovat

vyšší nároky na pozornost řidiče. Zbývající část zdroje pozornosti se nazývá volná kapacita. Tato volná kapacita může být při vykonávání více složitých jízdných úkonů najednou téměř nulová a zdroj pozornosti řidiče v daném okamžiku je plně vyčerpán. [41, s. 46]

#### 4.4.3 Paměť

Činnost řidiče dále ovlivňuje paměť. Dle Štikara a kol. [3, s. 67] se tato dělí na krátkodobou a dlouhodobou. Krátkodobá paměť slouží například k uchování obrazu dopravní situace při změně úhlu pohledu jiným směrem, zapamatování značek, měnící se dopravní situace nebo při kontrole dopravní situace vpravo-vlevo. Dlouhodobá paměť umožňuje osvojení základních předpisů a pravidel silničního provozu, nebo zapamatování si trasy, nebezpečných míst, dopravních značek apod.

Informace uložené v krátkodobé paměti jsou nestálé a často dojde k jejich vymazání, jakmile přestávají být relevantní. Tento efekt způsobuje, že mnoho řidičů není schopno si vybavit detaily z jízdy, kterou absolvovali. Bjork a Bjork představili tzv. „teorii nepoužívání“, která je založená na představě, že toto zapomínání zabraňuje zastaralým informacím zasahovat do získávání aktuálně relevantních informací. Anderson a Schooler uvedli, že aktuálnost a četnost, s jakou byla informace užita, je v přímém vztahu s pravděpodobností, že bude v budoucnu znovu využita. Pokud informace nejsou využívány, paměťový systém je zapomeno, aby nedošlo k jeho celkovému přetížení. [41, s. 44]

#### 4.4.4 Rozhodování

Na konci procesu zpracování informací nastává rozhodování řidiče o následném jednání. Štikar a kol. [3, s. 68] uvádějí, že „rozhodování řidiče při řízení vozidla vychází z informací o dané situaci a je také ovlivněno jeho znalostmi a zejména dřívější zkušeností“. Tamtéž je uvedeno, že při řízení často není řidič z časových důvodů schopen využít všech informací, které jsou v daném okamžiku dostupné. Zkušený řidič využívá zejména ty, které jsou nejzávažnější. Rozhodování řidiče je tedy ovlivněno zachycením důležitých podnětů a z hlediska vnímání podnětů mohou nastat 4 varianty:

- objeví se podnět, který řidič správně rozpozná,
- objeví se podnět, který řidič nerozpozná,
- neobjeví se podnět a řidič to správně rozpozná,
- neobjeví se podnět a řidič se domnívá, že ho rozpoznal.

Těmito podněty mohou být dopravní značky, chodci, jiná vozidla apod. K tomu Štikar a kol. [3, s. 68] dodávají, že „*podnět upozorňuje řidiče, že je nutné něco respektovat, provést určitou opravnou nebo odvratnou akci, aby nedošlo k nehodě*“.

Rozhodnutí řidiče o přítomnosti podnětu je závislé na vnímavosti řidiče, která se u jednotlivých řidičů může značně lišit. Rozhodování řidiče v dopravní situaci je ovlivněno dále také stupněm závažnosti volby, rizikem rozhodování, prostředím a ostatními okolnostmi, za kterých k rozhodování dochází. [3, s. 69]

#### **4.5 Analýza jednání**

Při řešení výše vymezených problémů lze využít i poznatky o jednání řidiče. Řešení jízdních situací vyžaduje včasné a správné jednání řidiče. Jak již bylo uvedeno v **kap. 1.5**, chování lze dělit na volní a mimovolní. Volní chování se označuje jako jednání. Palán [52] vymezuje jednání jako druh chování, který je většinou záměrný, intencionální (směřující úmyslně k nějakému cíli), založený na určité motivaci, zaměřený na změnu stávajícího stavu či změnu sociální situace nebo věcí a jevů okolního světa.

Hartl [53] rozlišuje jednání:

- afektivní – charakteristické silnými citovými projevy, většinou bez rozumové kontroly,
- cílevědomé – založené na vědomí cíle a znalosti strategie k jeho dosažení i možných důsledků,
- chybné – poruchy a nepřesnosti v provádění určité činnosti, např. neúmyslné poškození předmětů zaviněné únavou, rozčilením či rozptýlením pozornosti, chybné jednání vychází z podvědomí,
- impulsivní – uskutečnění okamžitého nápadu, bez zábran, provedené se značnou energií a při vědomí,
- konzistentní – jednoznačné, srozumitelné, harmonické a souvislé,
- náhradní – nastupuje spontánně, když se určitému jednání postaví do cesty překážka, je blízké původnímu jednání,
- nutkavé (obsedantní) – opakování, kontrola pravidelných úkolů,
- sociální – účelné, rozumové, poplatné očekávání jiných osob,
- symptomatické – jednání vyjadřující určité příznaky choroby,
- volní – řízené a vědomé uskutečňování cesty k dosažení motivovaného cíle, charakteristické možností volby,

- zkratkové – jednání ukvapené, zbrklé, s jasným cílem a účelem bez ohledu na prostředky a následky.

Štikar a kol. [3, s. 70] rozeznávají u řidiče vozidla dva základní druhy jednání:

- jednání přizpůsobené – řidič prostřednictvím vnímání, myšlení a reagování splňuje požadavky právě se vyskytující v dopravních situacích – řidič umí správně předvídat změny v dopravní situaci a hodnotit svoje schopnosti potřebné k jejich zvládnutí,
- jednání nepřizpůsobené:
  - se zkratovou reakcí – např. stržení volantu na opačnou stranu, úlek, ztuhnutí, skrčení se za volantem, zastírání si očí apod.,
  - s prodlouženou reakcí – např. při myšlení na něco jiného, výcviku, únavě apod.,
  - reakce vyplývající z rozporu mezi očekáváním často se vyskytujícího stereotypního podnětu v dráze vozidla, který se neobjevil.

V rámci řešení komplexního předstřetového děje při analýze dopravních nehod vozidel s chodci je nutné určit nejen skutečný průběh dopravní nehody, ale také možnosti zabránění střetu jednotlivými účastníky, tedy jak účastník dopravní nehody jednal či jak by měl jednat, aby k nehodě nedošlo. Dle Tokaře [13, s. 32] lze vzájemnému střetu zabránit předcházením (jednání před aktivací účastníka) či odvrácením (jednání po aktivaci účastníka). Např. při dopravní nehodě vozidel s chodci může řidič vozidla předcházet střetu tak, že způsob jeho jízdy bude v souladu s právní úpravou, povětrnostními podmínkami či podmínkami okolí apod. Po aktivaci řidiče a uplynutí reakční doby může střetu zabránit odvrácením. Semela [28, s. 65] uvádí, že vznik nehodového děje lze obecně odvracet brzděním, zrychlováním, příčným přemístěním nejčastěji jedním obloukem (tj. vyhýbáním), konstantní jízdou v přímém směru či kombinací vyhýbání a brzdění, přičemž odvrácení lze z technického hlediska dělit na dráhové (je řešen pohyb jednoho objektu téměř bez ohledu na pohyb druhého objektu) a časové, resp. prostorové odvrácení nehody (předpokládá minutí koridorů objektů; záleží na době, která účastníkům zbývala do střetu a jejich účelnému využití k odvrácení).

#### **4.6 Analýza reakční doby řidiče**

Řešení výše vymezených problému úzce souvisí také s problematikou reakční doby. Jak již bylo podrobně popsáno v **kap. 1.5**, skládá se dle Kleduse a kol. [12] reakční doba řidiče ze 3 fází, a to optické, psychické a svalové reakce. Fáze optické reakce začíná v okamžiku

aktivace sítnice oka a v rámci ní dojde k přenesení spatřeného objektu do oblasti centrálního vidění. Aktivací CNS začíná fáze psychické reakce, ve které dochází k rozpoznání objektu a k rozhodování o akci. Poslední třetí fází reakce řidiče je svalová reakce, která začíná aktivací svalové soustavy a která je charakteristická provedením určitých projevů. Při analýze dopravních nehod vozidel s chodci jsou dále součástí komplexního předstřetového děje fáze odezvy vozidla a jeho manévrování.

Dle Šuchy [2, s. 57] je reakční doba úzce spjata s pozorností, při snížené nebo rozptýlené pozornosti se reakční doba až několikanásobně prodlužuje. Reakční dobu dále ovlivňuje mnoho dalších faktorů, například denní doba, počasí, viditelnost, připravenost pro danou činnost, stupeň únavy, nedostatek spánku, množství alkoholu v krvi, věk řidiče, použití mobilního telefonu či jiné formy rozptýlení apod.

Bradáč [14, s. 231, 234] vymezuje reakční dobu jako čas od vjemu do uvedení zařízení v činnost naučeným způsobem. V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu je tato doba mnohem delší. Reakční doba řidiče se dělí na reakci optickou, psychickou a svalovou (po reakční době řidiče následuje odezva vozidla, tj. prodleva a náběh brzd). Průměrné hodnoty reakční doby řidiče byly naměřeny takto:

- 0,64 s – řidič předem přímo sleduje kritický objekt,
- 1,12 s – řidič sledoval jiný objekt v rozsahu do 5°,
- 1,25 s – řidič sledoval jiný objekt v rozsahu nad 5°.

Reakční doba „*Perception-Response Time (PRT)*“, též „*Perception Reaction Time*“ je tedy v mnoha publikacích vymezena jako doba od registrace podnětu k počátku reakce řidiče, tj. např. noha řidiče začne sešlapovat brzdový pedál či ruce otáčet volantem apod. Dle Perchonoka a Pollacka se reakční doba dělí na [43, s. 236 a 237]:

- Detekci
  - Detekce začíná první optickou reakcí řidiče na podnět, tedy je přesunut směr pohledu tak, aby se podnět promítal v oblasti ostrého vidění. Začátek detekce záleží na soustředěnosti řidiče, velikosti podnětu, jeho kontrastu, barvě, příp. pohybu apod.
- Identifikaci
  - Jakmile řidič detekuje podnět, musí dále získat dostatečné informace, aby mohl podnět identifikovat a rozhodnout se o dalším konání. Podrobná identifikace není vždy zcela nutná, řidiči stačí v daném okamžiku informace o existenci objektu na vozovce nebo v její blízkosti, tj. identifikuje objekt jako nebezpečný podnět.

Pokud se objekt pohybuje nebo je schopen pohybu (např. zvíře, chodec, vozidlo), odhaduje řidič v rámci procesu identifikace svoji rychlost a rychlost a pravděpodobnou trajektorii objektu.

- Rozhodování
  - Po dokončení procesu identifikace se řidič musí rozhodnout, jak na vzniklou bude reagovat, příp. reagovat nebude. Typicky dochází k rozhodnutí o změně rychlosti či směru jízdy, příp. k jejich kombinaci.
- Reagování
  - Při tomto stádiu mozek vyšle pokyny příslušným svalovým skupinám k provedení zamýšleného pohybu, proces reakce končí v okamžiku, kdy se např. noha dotkne brzdového pedálu, nebo ruce začnou otáčet volantem.

Celková doba PRT může být ovlivněna dvěma faktory, a to druhem nebezpečí a jeho umístěním, tedy doba se může prodloužit v případě neočekávaného objektu či jeho umístění na neočekávaném místě, přičemž neočekávaný objekt zpomalí jeho identifikaci a objekt na neočekávaném místě může zpomalit či zabránit samotné detekci tohoto objektu. [43, s. 238]

McGee a kol. dospěli na základě rešerše různých literárních zdrojů k odhadům doby PRT, shrnutých v **tab. 3**. Dobu PRT rozdělili do 3 hlavních procesů. První vnímání (*Perception*) zahrnuje latenci (*Latency*), pohyb očí (*Eye Movement*), fixaci (*Fixation*) a rozpoznání (*Recognition*). Latence na začátku tohoto intervalu představuje zpoždění (časovou prodlevu) mezi iniciací jevu a jeho pozorovatelným projevem. Následuje pohyb očí, pomocí něhož je objekt přenesen do oblasti centrálního vidění, a fixace. Rozpoznání odpovídá tomu, co bylo výše popsáno jako identifikace. Výsledné součty pak ukazují při různých percentilech teoretické hodnoty doby PRT, ve kterých jsou obsaženy všechny procesy vč. dílčích (*Total A*), bez latence a pohybu očí (*Total B*) a bez nutnosti rozhodování (*Total C*). [9, s. 148]

**Tab. 3:** Odhady doby PRT [s] [9, s. 148]

Element	Percentile of Drivers					
	50	75	85	90	95	99
1. Perception						
<i>a. Latency</i>	0,24	0,27	0,31	0,33	0,35	0,45
<i>b. Eye Movement</i>	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
<i>c. Fixation</i>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>d. Recognition</i>	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
2. Decision	0,50	0,75	0,85	0,90	0,95	1,00
3. Brake Reaction	0,85	1,11	1,24	1,42	1,63	2,16
Total A (1a-d + 2 + 3)	2,30	2,90	3,20	3,50	3,80	4,60
Total B (1c-d + 2 + 3)	2,00	2,50	2,80	3,10	3,40	4,10
Total C (1a-d + 3)	1,80	2,10	2,30	2,60	2,90	3,60

Reakční doba byla dále měřena pomocí simulátorů v laboratorních podmínkách. Např. Edwards a kol. porovnávali dobu PRT u mladších a starších řidičů, kdy na simulátoru řízení jim byly navozovány různé jízdní situace, z nichž jedna byla náhlý vstup chodce do vozovky. Výsledky u mladších řidičů vykazovaly hodnotu PRT = 0,97 s (s odchylkou 0,46 s) a u starších řidičů PRT = 1,44 s (s odchylkou 0,45 s). [43, s. 248]

Nutno ale podotknout, že ať už teoretické hodnoty či hodnoty získané z různých měření na simulátorech se budou značně lišit od hodnot získaných v rámci měření v reálném silničním provozu, kde na řidiče působí reálné nebezpečí, které nelze při simulovaných laboratorních podmínkách navodit.

Doba PRT je velmi proměnná a závisí čistě na konkrétním řidiči a aspektech jízdní situace. Mnoho studií uvádí, že pokud se nebezpečný objekt nachází přímo nebo přibližně ve směru pohledu řidiče, je doba PRT u většiny řidičů (85 až 95 %) průměrně ve výši 1,5 s. Existují však i práce, které pro stejnou situaci uvádí hodnotu 0,75 s. Hodnotu doby PRT lze tedy uvažovat v rozmezí 0,75 až 1,5 s. Pokud však byla pozornost řidiče v dané situaci odpoutána na jiný podnět (např. prováděl kontrolu ve zpětném zrcátku) může se horní hranice této hodnoty zvýšit o 2,5 až 3,0 s. [43, s. 252]

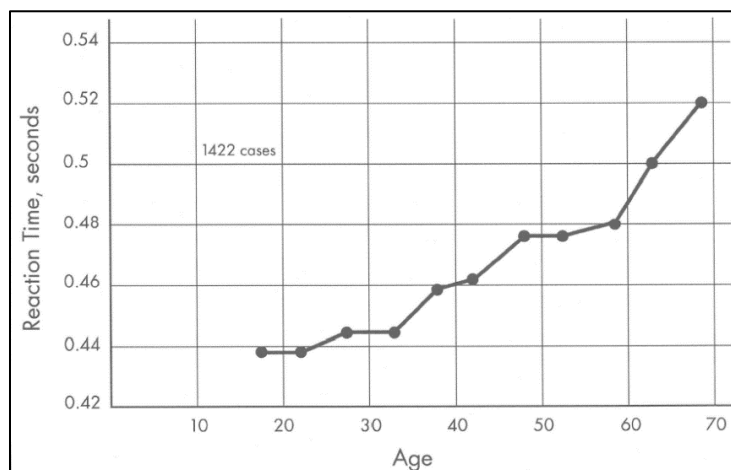
Green vymezil 5 hlavních faktorů ovlivňujících dobu PRT, a to očekávání, naléhavost, věk, pohlaví a zatížení kognitivních procesů, přičemž očekávání je právě nejdůležitějším faktorem ovlivňující dobu PRT. Green stanovil 3 úrovně očekávání podnětů: očekávané, neočekávané a překvapující. Neočekávané a překvapující podněty se liší zejména tím, že neočekávané jsou mnohem častější, příkladem může být např. rozsvícení oranžového světla na semaforu či rozsvícení brzdových světel vpředu jedoucího vozidla. Doba PRT

u očekávaných podnětů se pohybovala v intervalu 0,7 až 0,75 s, zatímco u neočekávaných cca 1,25 s a u překvapujících 1,5 s. Naproti tomu Summala vymezil, že hlavním faktorem ovlivňujícím reakci řidiče, a tím i její rychlost, je kritičnost situace. Muttart dospěl ve své práci k závěru, že na dobu PRT má zásadní vliv 6 faktorů, které se označují zkratkou CASE DR, jedná se o následující [43, s. 253 a 254]:

- kontrast (*Contrast*),
- předvídání (*Anticipation*), též očekávání,
- intenzita podnětů (*Strength of Stimulus*) – počet podnětů a jejich pohyb,
- velikost úhlu mezi osou pohledu řidiče a podnětem (*Eccentricity*), čím je tento úhel větší, tím déle bude řidiči trvat zjištění nebezpečí a tím i celková doba PRT bude delší,
- rozhodování (*Decision Making*) – složité jízdní situace mohou v danou chvíli komplikovat rozhodování řidiče (zvažování různých alternativ),
- složitost odezvy (*Response Complexity*) – např. jednoduchá akce spočívající v brzdění vozidla může být komplikována kluzkým povrchem, aby tedy nevznikla nebezpečná situace, mění řidič strategii samotného reagování.

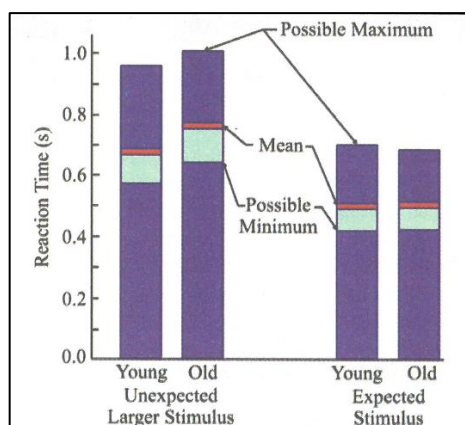
Jak již bylo zmíněno výše, věk považuje Green za jeden z pěti významných faktorů ovlivňujících dobu PRT. Na **obr. 20** jsou zobrazeny výsledky měření doby PRT v závislosti na věku od American Automotive Association. Měření se zúčastnilo cca 1 400 osob a na jednouchém simulátoru bylo jejich cílem sešlápnout na brzdový pedál po rozsvícení světelného signálu. [43, s. 257]

Výsledky jiného měření doby PRT u mladých a starších řidičů na neočekávaný a očekávaný podnět jsou zobrazeny na **obr. 21**, kdy se ukazuje, že v případě očekávaných podnětů jsou rozdíly mezi mladšími a staršími řidiči minimální. [54, s. 191]



**Obr. 20:** Doba PRT v závislosti na věku [43, s. 257]





**Obr. 21:** Výsledky měření doby PRT u mladých a starších řidičů na neočekávaný a očekávaný podnět [54, s. 191]

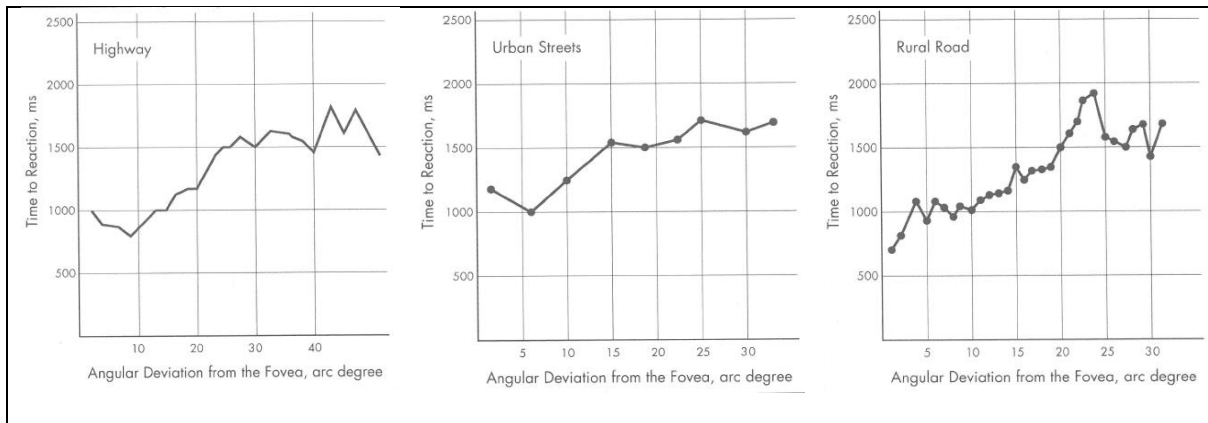
Obdobně byl analyzován i vliv pohlaví, kdy dle měření American Automotive Association, kterého se zúčastnilo 810 žen a 479 mužů, mají ženy tendenci reagovat pomaleji než muži, a to cca o 0,08 s. [43, s. 258]

Podobnou problematikou se zabývali také Hancock a kol. [55], kteří porovnávali toto ovlivnění také podle věku a pohlaví řidičů. Zjistili, že k největšímu nárůstu reakční doby dochází u starších řidiček. Ve většině případů řidiči pro kompenzaci zpomalené reakce intenzivněji sešlapovali brzdový pedál, aby tak zvýšili brzdový účinek vozidla.

Kaplánek [56] analyzoval, jaký vliv má na reakci řidiče použití mobilního telefonu bez použití sady hands-free. Průměrná reakční doba se zvýšila při použití mobilního telefonu v řádech desetin, avšak u maximálních hodnot až o celé sekundy. Toto zdůvodnil krátkodobou ztrátou pozornosti telefonujícího řidiče, který se během hovoru „zapomene“ a soustředí se na obsah hovoru, nikoliv na situaci na vozovce.

Lamble a kol. [57] zkoumali vnímání řidičů s poruchou ostrosti v oblasti centrálního vidění. Vyhodnocování byli řidiči ve věku 40 až 50 let, kteří měli najeto více než 250 tis. km. Výsledkem bylo, že reakce těchto řidičů s poruchou zraku byla o 0,2 s pomalejší než reakce u zdravých řidičů.

Vliv úhlové velikosti mezi osou pohledu řidiče a podnětem zkoumal ve své práci Cohen. Jednotlivé závislosti na dálnici, městských a dalších komunikacích jsou znázorněny na následujícím **obr. 22**. Nejlepších výsledků bylo dosaženo v případě dálnic a dalších komunikací, naopak u městských komunikací byl zjištěn největší vliv na celkovou dobu PRT. Sám autor však uvádí, že tyto naměřené hodnoty dob PRT jsou pravděpodobně lepší, než by odpovídalo reálnému silničnímu provozu, jelikož vycházejí z měření uskutečněného při simulovaných podmínkách, při stálém kontrastu a neměnném podnětu. [43, s. 259]



**Obr. 22:** Doba PRT v závislosti na úhlové velikosti mezi osou pohledu řidiče a podnětem; vlevo na dálnici, ve středu na městských komunikacích, vpravo na dalších komunikacích [43, s. 260]

Obdobně mohou dobu PRT ovlivňovat i další faktory, jako např. denní doba (noc vs. den), kdy při řešení jízdních situací za snížené viditelnosti tmou bývají fáze detekce a identifikace většinou prodlouženy, nebo např. ovlivnění řidiče návykovými látkami, kdy dochází ke zhoršení kognitivních funkcí. [43, s. 256]

Rozdíly ve výsledcích měření dob PRT v laboratorních podmínkách a v reálném silničním provozu jsou zobrazeny na obr. 23. Značné odchylky naměřených hodnot jsou způsobeny různými okolnostmi, za kterých byla jednotlivá měření provedena. [54, s. 192]

Investigators	Year	Sample	Mean Time (s)	Stimulus Comments
Laboratory and Similar Studies				
Greenshields	1936	1461	0.50	Laboratory Automobile
Greenshields	1936	13	0.86	
Greenshields	1936	27	0.74	
Forbes & Katz	1936			
DeSilva & Forbes	1937	907	0.64	
Jones & others	1936	889	0.70	Truck Drivers
Konz & Daccarett	1967	12	0.59	
Konz & Daccarett	1967	40	0.47	
On the Road Studies				
Moss & Allen	1925	46	0.54	Auditory
Mass. Institute of Technology	1934	144	0.66	Men Brake
	1934	36		Women Light
Drew	1968	1000	0.57	Men Alerted
			0.62	Women Alerted
Norman	1953	53	0.73	Alerted
Johansson & Rumar	1971	321	0.75	Expected Audible
	1971	5	0.89	Surprise Audible
Mortimer	1970	80	1.30	Brake Light
Sivak & Others	1981	311	1.23	Brake Light

**Obr. 23:** Souhrn výsledků různých měření dob PRT v laboratorních podmínkách a v reálném silničním provozu [54, s. 193]

#### 4.7 Graficko-početní metody, užívané při analýze dopravních nehod

Při hledání vhodné metody pro zpracování dat o chování řidičů a jejich vyhodnocení (tedy při řešení problému č. 1) lze využít poznatků o různých graficko-početních metodách,

keré se využívají při analýze dopravních nehod pro znázornění průběhu dopravní nehody i možností odvrácení střetu.

Jednou z používaných metod, umožňující zobrazit plynule vzájemnou závislost ujeté dráhy a uplynulého času v průběhu nehodového děje, je tzv. dráha-čas diagram (s-t diagram; STD). Tímto diagramem lze zobrazovat nejen skutečné polohy objektů (resp. jejich rozmezí), ale i možnosti odvrácení střetu či oblasti zakrytého výhledu. V případě střetu vozidla s chodcem je pro vzájemné posouzení polohy objektů v rámci celého nehodového děje a posouzení reálnosti či logiky případné reakce řidičů či chodců ve vztahu ke vzniku nebezpečí doplněn s-t diagram vozidla o s-t diagram znázorňující pohyb chodce. [28, s. 57, 59]

Další metodou pro znázornění vzájemné polohy objektů v určitých intervalech v průběhu nehodového děje je např. intervalový diagram, kdy tento je možné vykreslovat přímo do plánu místa nehody. Spojením s-t diagramu s rozvinutým intervalovým diagramem vzniká tzv. kombinovaná grafická analýza, která je velmi názornou pomůckou pro znázornění vývoje nehodového děje. [14, s. 457, 476]

#### **4.8 Hodnocení nebezpečnosti jízdních situací**

V rámci řešení problému č. 1 a č. 2 bude hledán způsob pro hodnocení nebezpečnosti jízdní situace a současně budou vyhodnocovány hranice pro toto hodnocení. Hodnocením nebezpečnosti jízdní situace se v souvislosti s řešením jiných typů problémů zabývali též Stańczyk a kol. [58], kteří využili tzv. rizikové doby (TTC – Time to Collision). Tato odpovídá době, kterou má řidiči k dispozici od okamžiku první optické reakce na překážku do okamžiku možné kolize s ní. Dle výzkumů autorů délka reakční doby velmi závisí na rizikové době. Když se řidič o vzniklé situaci rozhoduje, nesleduje odděleně rychlost vozidla či vzdálenost od překážky, nýbrž se orientuje dle zbývající doby, aby vhodně reagoval. Pokud má řidič čas na rozhodnutí, reaguje s jistotou po delší době, tedy s rostoucí TTC se prodlužuje i reakční doba řidiče. V nebezpečných nehodových situacích (s krátkou TTC) zůstaly reakční doby ustáleny na stabilní úrovni (okolo cca 1 sekundy při reagování brzděním). Stejně tak dle výzkumu autorů na rizikové době závisí pravděpodobnost vykonání určitého manévru k odvrácení střetu brzděním či vyhybáním, kdy s rostoucí TTC se četnost těchto vykonaných manévru zvyšuje. Při situacích s nejkratšími TTC (méně než 0,8 s) počet řidičů, kteří vykonali určitý manévr, významně klesá.

## 4.9 Shrnutí

Z analýzy zrakového vnímání řidiče (viz **kap. 4.3**) mj. vyplývá, že na většinu podnětů reagují oči mimovolně, a to v okamžiku, kdy se vytvoří podmínky pro vznik zrakového vjemu. V případě, že je podnětem samotný chodec, je z hlediska vizuálních možností pro vnímání řidiče podstatné zejména oblečení chodce, provedení okolí, způsob osvětlení a s tím související kontrast chodce vůči okolí (viz **kap. 4.3.6** a **4.3.8**). Velmi podstatný je také případný pohyb chodce, na který je zrakové vnímání velmi senzibilní a přitahuje pozornost (viz **kap. 4.3.5**).

Existuje však řada rizikových faktorů, které mohou ovlivnit okamžik reakce očí na podnět. Do první skupiny důležitých faktorů lze řadit zejména nepřehlednost a složitost jízdní situace, kterým řidič může čelit různými způsoby. V případě nepřehledné situace se řidič musí např. rozhlédnout, aby rozšířil své zorné pole, a u složité situace např. zpomalit jízdu, aby zvládal zpracovávat velké množství informací. Složitost jízdní situace mj. souvisí s omezenou kapacitou řidiče zpracovávat informace, jejímž limitem dle Wickense (viz **kap. 1.5.2.5**) není množství informací, ale rychlost, kterou může řidič tyto informace zpracovávat.

Do druhé skupiny lze řadit faktory, kterými jsou předvídaní, podmínky okolí, nebezpečné chování jiného účastníka a stav řidiče. Předvídaní úzce souvisí s problematikou tzv. omezené důvěry (popsané v **kap. 1.6.1**), kdy řidič během řízení vozidla předvídá běžné a nepředvídá jakékoliv porušení předpisů ze strany jiného účastníka. Na okamžik vzniku zrakového vjemu mohou mít výrazný vliv také podmínky okolí, které mohou způsobit významné ovlivnění jízdní situace, kdy následně řidič nedostane důležité informace včas, nebo například nebezpečné chování jiného účastníka silničního provozu. Včasné rozpoznání chodce závisí také na faktorech, souvisejících se stavem řidiče, kdy vnímání řidiče může být ovlivněno například únavou, nepozorností, vykonáváním jiných činností, psychickými poruchami, nebo například alkoholem a jinými návykovými látkami.

Pro řešení problémů č. 1 a 2 lze vhodně využít poznatků o způsobech realizací experimentů, které se zabývaly měřením možností řidiče rozpoznat chodce v dynamických podmínkách v reálném silničním provozu (viz **kap. 4.2** a **4.3**), které současně prokazují dobrou využitelnost metody tzv. eyetrackingu pro měření okamžiku první reakce řidiče na podnět v reálném silničním provozu. Nelze však nalézt metody pro vyhodnocení a analýzu chování řidiče při tak komplexním ději, jakým je jízda řidiče v místě přecházení chodců. Pro realizaci experimentu se pak jako velmi vhodné jeví využití zásad pro systémový přístup k realizaci technického experimentu (viz **kap. 4.1**).

## **5 ŘEŠENÍ PROBLÉMU Č. 1: NALÉZT METODU MĚŘENÍ, ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT O CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ**

### **5.1 Volba metody řešení problému č. 1**

Řešení problému č. 1 je nutno založit na experimentální práci a hledání metod pro vyhodnocení složitého děje, spojeného s jízdou řidiče v místě přecházení chodců za velmi rozdílných podmínek okolí, tak, aby z analýzy dat bylo možné hledat nejen společné charakteristiky zkoumaného jevu, ale též specifika vyplývající z různých dopravních řešení, světelných podmínek, situací v silničním provozu apod. Jako vhodná metoda pro měření reakcí řidiče na optické podněty se ukazuje způsob měření založený na metodě tzv. eyetrackingu (viz **kap. 4.2**). Pomocí této metody je možné na základě analýzy sakadických a hladkých sledovacích pohybů očí získávat a vyhodnocovat údaje, dokumentující optické reakce řidiče na vizuální podněty, a to přímo v reálném silničním provozu. Je možné hodnotit nejen okamžik první optické reakce řidiče na chodce, ale též míru jeho pozornosti, kterou věnuje chodci, a rovněž míru pozornosti, kterou věnuje dalším objektům, které jsou pro něj významnými podněty. Pomocí dalších měřicích zařízení ve zkušebních vozidlech lze vyhodnocovat též další činnosti řidiče, popisující způsob ovládání vozidla řidičem i pohyb vozidla.

### **5.2 Vlastní řešení problému č. 1**

#### **5.2.1 Analýza typu experimentu**

Jak vyplývá z **kap. 1.5**, chování řidiče v reálném silničním provozu je složitým a komplexním dějem, a to zejména v situacích spojených s přecházením chodců přes vozovku.

Pro popis typu experimentu je využito členění zavedené Janíčkem [15, s. 16-B]. Pro hledání metody měření (nalezení vhodného uspořádání experimentu) a nalezení vhodného způsobu zpracování a vyhodnocení dat se jeví jako účelné využít vstupního experimentu, na základě kterého bude ověřována řešitelnost problému. Tento bude prováděn jako experiment reálný, technický, přírodní a aktivní.

Bude tedy realizován na reálném aktivovaném objektu (řidiči) s cílem získat objektivizované informace o jeho chování, a to na základě měření. Experiment bude realizován přímo v podmínkách reálného silničního provozu. V rámci experimentu budou měřeny odezvy zkoumaného objektu (řidiče) na podněty, vyplývající ze situací v silničním provozu. Současně budou měřeny odezvy vozidla, ze kterých budou dovozovány projevy řidiče spočívající ve změně způsobu ovládání vozidla. Aktivačním podnětem bude figurant, který na místě

pro přecházení chodců vytvoří jízdní situaci s různou naléhavostí řešení. Dokumentovány budou podmínky ovlivňující chování řidiče, kterými jsou primárně stavební řešení místa pro přecházení, světelné podmínky, přírodní podmínky a silniční provoz.

Experiment bude realizován s cílem využít jeho výsledky pro nalezení vhodné metody měření, zpracování a vyhodnocení dat a pro návazné vhodné uspořádání širšího formulačního experimentu, zaměřeného na získání nových poznatků, umožňujících hodnocení chování řidičů při jízdě v místě přecházení chodců.

## 5.2.2 Návrh experimentu

### 5.2.2.1 Návrh procesní části experimentu

#### ***Experimentální objekt $\Omega_E$***

Jako vhodné se jeví uspořádat experiment dosti obdobně, jak popisují Kledus a kol. [50]. Experimentálním objektem bude v každé jízdní zkoušce řidič jedoucí s vozidlem. Úkolem řidiče bude jet s vozidlem běžným způsobem jízdy při dodržování pravidel silničního provozu a projet stanovenou trasu. Při jízdě bude řidič reagovat na podněty nahodilé dané podmínkami silničního provozu a v měřeném úseku bude reagovat na uměle vytvořenou jízdní situaci, kterou vytvoří figurant (chodec). Figurant bude vstupovat do vozovky a přecházet ji v místě, které je k tomuto účelu určené, tedy na přechodu pro chodce, tak, aby se z pohledu řidiče jednalo o podnět, který může očekávat.

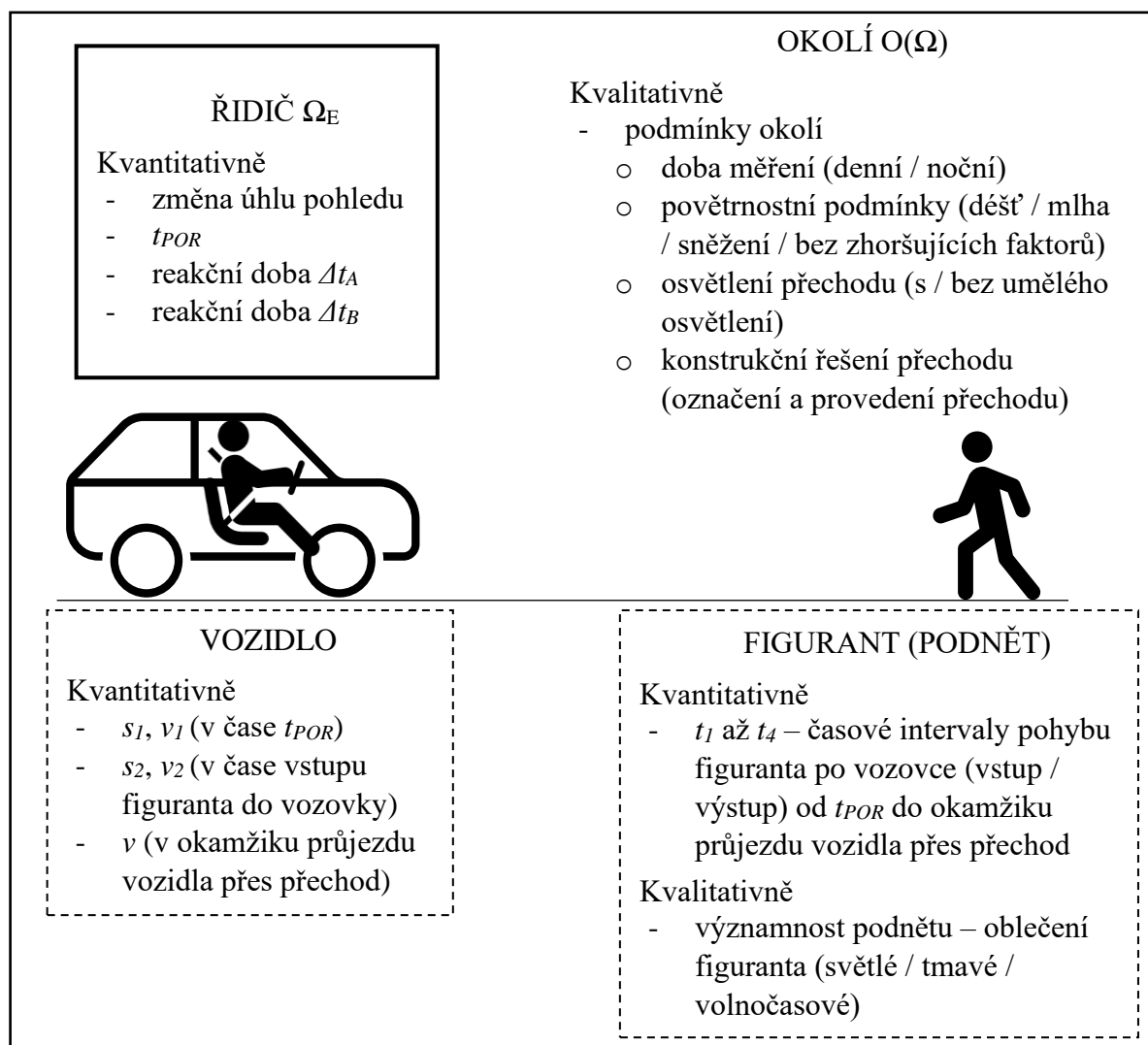
Pro experiment se jeví jako dostatečné měření na vzorku 26 dobrovolných zkušených řidičů (min. 20 tis. km/rok, 3letá praxe) bez očních vad (s dostatečnou kontrastní citlivostí a zrakovou ostrostí; nevyžadující korekci zraku) tak, aby výsledky nebyly ovlivněny zrakovými vadami sledovaných řidičů a aby jízdní zkoušky bylo možné propojit s výzkumem, realizovaným na ÚSI VUT, zaměřeným mj. na tvorbu metodiky zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou [12].

#### ***Aktivační objekt***

Při realizaci experimentu bude aktivačním objektem (podnětem), na který bude řidič reagovat, figurant (chodec), který bude před zkušebním vozidlem na předem stanoveném místě (na přechodu pro chodce) vcházet do vozovky a tuto přecházet ve směru jízdy vozidla vždy zprava tak, aby rozdíly jízdních situací byly primárně dány technickým řešením místa pro přecházení chodců a aby figurant vstupoval z místa mimo vozovku přímo do jízdního koridoru vozidla, a tedy již svým vstupem do vozovky vytvořil řidiči situaci potenciálně nebezpečnou.

### Návrh systému veličin a sledovaných parametrů

Podnětem pro řidiče bude figurant a způsob jeho přecházení přes vozovku. Podněty budou posuzovány jak kvalitativně, tak i kvantitativně. Kvalitativně bude hodnocena významnost podnětu a jeho viditelnost podle oblečení figuranta (figurant se světlým, tmavým anebo volnočasovým oblečením) a kvantitativně bude vyhodnocována okamžitá poloha a pohyb figuranta po vozovce pro vyhodnocení časových intervalů jeho pohybu v jednotlivých úsecích vozovky – okraje, jízdní pruhy, příp. ostrůvky (veličiny  $t_1$  až  $t_4$ ).



**Obr. 24:** Kompletní návrh systému veličin a sledovaných parametrů

Odezvy řidiče na podněty budou posuzovány kvantitativně. Měřena bude změna úhlu pohledu pro vyhodnocení okamžiku první optické reakce (POR) na figuranta (veličina  $t_{POR}$ ). Sledovány budou změny způsobu ovládání vozidla na základě měření okamžiku uvolnění akceleračního (veličina  $t_A$ ) nebo sešlápnutí brzdového pedálu (veličina  $t_B$ ) pro vyhodnocení délky reakčních dob /od okamžiku  $t_{POR}$ / (veličiny  $\Delta t_A$  a  $\Delta t_B$ ). Pohyb vozidla bude hodnocen kvantitativně. Měřena bude okamžitá poloha vozidla pro vyhodnocení vzájemné vzdálenosti

vozidla od přechodu v okamžiku POR řidiče na figuranta (veličina  $s_1$ ) a v okamžiku vstupu figuranta do vozovky (veličina  $s_2$ ). V těchto okamžicích budou též měřeny rychlosti vozidla (veličiny  $v_1$  a  $v_2$ ). Rychlost vozidla bude současně měřena v okamžiku průjezdu vozidla přes přechod (veličina  $v$ ).

S viditelností figuranta v blízkosti přechodu pro chodce souvisí též podmínky okolí, které budou posuzovány kvalitativně, konkrétně měření v denní anebo v noční době, povětrnostní podmínky ovlivňující viditelnost (déšť, mlha, sněžení, bez zhoršujících faktorů), v noční době též umělé osvětlení přechodu (přechod s či bez umělého osvětlení) a dále konstrukční řešení přechodu, a to jeho označení (značení jen vodorovným značením či vodorovným i svislým značením, příp. též s retroreflexním zvýrazněním značení) a provedení (přechod klasický, moderně řešený, s anebo bez středového ostrůvku nebo jiného stavebního opatření).

### ***Návrh měření***

Vstupní měření bude realizováno v běžném silničním provozu, a to za nočních podmínek. Jako místa pro měření budou vybrány 4 přechody pro chodce v intravilánu obcí tak, aby každý měl jiné konstrukční uspořádání s vyznačeným dopravním značením.

### ***Návrh měřicí metody***

K měření projevovalých veličin řidiče bude v rámci experimentu využito měřicí metody tzv. eyetrackingu, viz **kap. 4.2**.

### ***Návrh vyhodnocování měření***

Hledání metody vyhodnocování měření bude předmětem řešení tohoto problému.

#### ***5.2.2.2 Návrh technické části experimentu***

V rámci měření budou využita osobní vozidla, ve kterých bude pro zjišťování měřených veličin osazeno více měřicích zařízení.

Pro sledování směru úhlu pohledu řidiče bude využito měřicí zařízení eyetracker. Při měření pomocí zařízení eyetracker se vychází z poznatků o zrakovém vnímání, viz **kap. 4.3**. Využito bude skutečnosti, že na nahodilé podněty reagují oči mimovolně, a to v okamžiku, kdy se vytvoří podmínky pro vznik zrakového vjemu.

Poloha vozidla a jeho pohyb v průběhu jízdních zkoušek bude měřen pomocí GPS zařízení. Způsob ovládání vozidla, zejm. míra sešlápnutí akceleračního pedálu, otáčky motoru a rychlost vozidla, bude vyhodnocován pomocí údajů z diagnostiky OBD (On-Board Diagnostics), okamžik sešlápnutí brzdového pedálu bude snímán pomocí Infra LED diody,



přípevněné na palubní desce vozidla, propojené s brzdovým světlem vozidla, kdy aktivací brzdové soustavy dojde k rozsvícení této diody. Okamžik rozsvícení diody bude možné vyhodnocovat ze záznamu eyetrackeru.

Figuranti, simulující přecházející chodce, budou oblečeni do běžného volnočasového oblečení a budou přecházet před zkušebním vozidlem přes přechod pro chodce zprava ve směru jízdy vozidla.

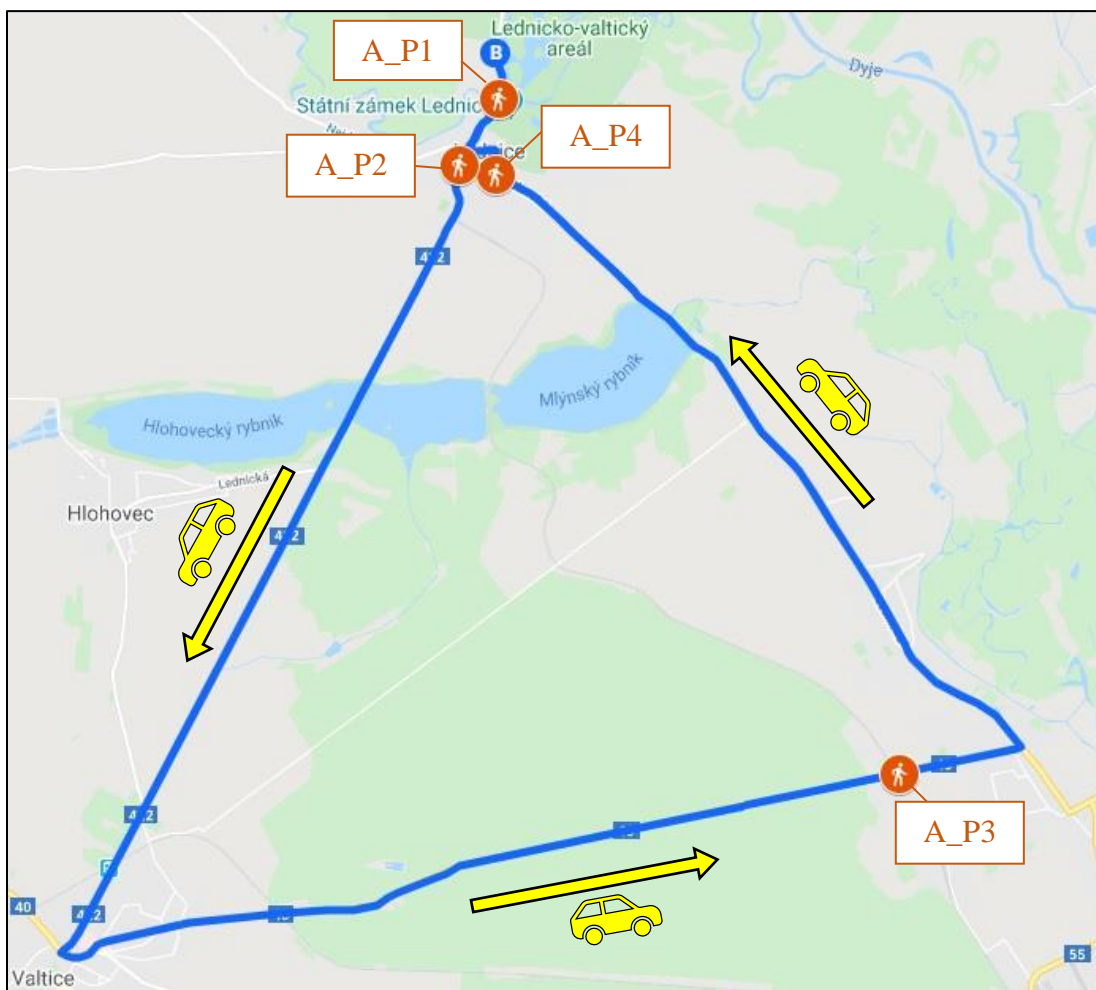
#### 5.2.2.3 Návrh programové části experimentu

Potřebná naměřená data budou v rámci měření zaznamenávána synchronně, příp. budou provedena opatření, aby byla možná jejich dodatečná synchronizace pro potřeby vyhodnocení. K vyhodnocení dat z jednotlivých měření bude využito specializovaného softwaru a následně budou výsledky zpracovány v MS Excel.

#### 5.2.3 Realizace experimentu

Realizovaný experiment je dále pro odlišení označován jako experiment A. Vstupní měření bylo realizováno v rámci měření, uskutečněného v rámci projektu TAČR TD 02239 - *Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti*, na němž se autor aktivně podílel. Tento výzkum byl zaměřen na získání poznatků o vlivu rychlosti jízdy na reakce řidičů na chodce v relativně jednoduchých jízdnicích situacích, kdy se chodec pohyboval při okraji vozovky. V rámci prováděných jízdnicích zkoušek autor navrhnul způsob uspořádání experimentu, zaměřeného na analýzu možností využití použitých metod měření chování řidiče při řešení podstatně složitějších jízdnicích situací, které vznikají v místě přecházení chodců. Pro tento účel připravil měření na 4 přechodech pro chodce. Vlastní měření proběhla v roce 2014 ve dvou měřicích dnech formou jízdnicích zkoušek v běžném silničním provozu. Všechna měření probíhala v noční době za běžných povětrnostních (nezhoršených) podmínek.

Na plánované trase v délce cca 23 km, propojující obce Lednice, Břeclav a Valtice, viz **obr. 25**, byly zvoleny 4 přechody pro chodce s rozdílným stavebním uspořádáním, viz **obr. 26** až **obr. 29**. Na obrázcích je žlutou šipkou znázorněn směr jízdy vozidla a oranžovou směr pohybu chodce (figuranta).



**Obr. 25:** Plánovaná trasa – experiment A [59]

#### Popis míst měření:

Všechny vybrané přechody pro chodce byly opatřeny jak vodorovným, tak i svislým dopravním značením. Kromě přechodu A\_P3 byly všechny osvětleny pomocí lamp veřejného osvětlení, umístěných ve směru jízdy vozidla z pravé strany.

První přechod (A\_P1), viz **obr. 26**, se nachází na rovném úseku vozovky na ulici 21. dubna v obci Lednice, v blízkosti výjezdu z parkoviště. Jedná se klasicky řešený přechod pro chodce, který je navíc v místě bočních vodicích čar a střední dělicí čáry doplněn kruhovými zpomalovacími retardéry, které však svojí konstrukcí významněji neovlivňují průjezd menších vozidel.

Druhý přechod (A\_P2), viz **obr. 27**, se nachází na přehledném úseku vozovky na ulici Valtická v obci Lednice. Jedná se o přechod moderní koncepce se středním dělicím ostrůvkem a se žlutým retroreflexním orámováním svislého dopravního značení, upozorňujícího na umístění přechodu.

Třetí přechod (A\_P3), viz **obr. 28**, se nachází na začátku města Břeclav, na ulici Na Valtické, na rovném přehledném úseku vozovky s klesajícím sklonem. Cca 75 m za přechodem ve směru jízdy vozidla se nachází železniční přejezd se světelným signalizačním zařízením po obou stranách komunikace. Jedná se o klasický přechod pro chodce se žlutým retroreflexním orámováním svislého dopravního značení, upozorňujícího na umístění přechodu.

Čtvrtý přechod (A\_P4), viz **obr. 29**, se nachází na ulici Břeclavská v obci Lednice, na rovném, poměrně členitém úseku vozovky s třemi dalšími přechody a s četným dopravním značením. Jedná se klasicky řešený přechod pro chodce. Vpravo ve směru jízdy vozidla se u přechodu nachází park se vzrostlými stromy, které v místě měření mohou omezovat rozhled na místa přiléhající k vozovce.



**Obr. 26:** Přechod A\_P1 – ulice 21. dubna, Lednice [59]



**Obr. 27:** Přechod A\_P2 – ulice Valtická, Lednice [59]



**Obr. 28:** Přechod A\_P3 – ulice Na Valtické, Břeclav [59]



**Obr. 29:** Přechod A\_P4 – ulice Břeclavská, Lednice [59]

Popis zkušebních vozidel, měřicích zařízení a figurantů:

Pro měření byla použita 2 srovnatelná vozidla značky Škoda Yeti, která se vzájemně lišila typem použitých světlometů a typem převodovky. První vozidlo, viz **obr. 30**, bylo

vybaveno převodovkou s manuálním řazením a světlomety s halogenovými žárovkami. Druhé vozidlo, viz **obr. 31**, bylo vybaveno automatickou převodovkou a světlomety s xenonovými výbojkami.

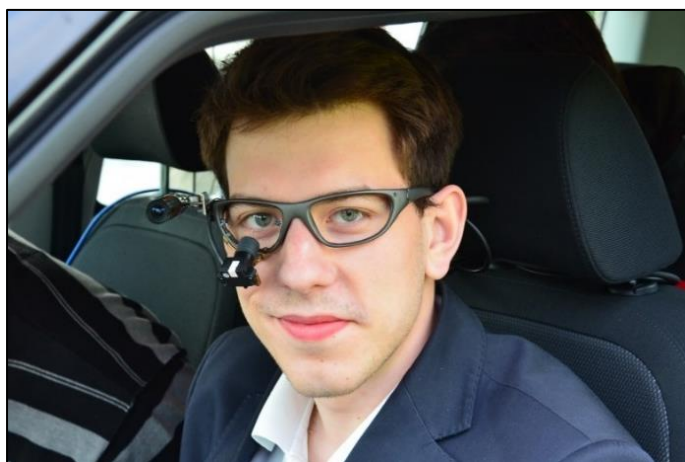


**Obr. 30:** Zkušební vozidlo 1  
[archiv ÚSI VUT]



**Obr. 31:** Zkušební vozidlo 2  
[archiv ÚSI VUT]

Obě vozidla byla pro zjišťování měřených veličin osazena různými měřicími zařízeními. Směr úhlu pohledu řidiče v průběhu jízdy byl měřen eyetrackerem od společnosti Viewpoitsystem<sup>®</sup>, viz **obr. 32**. Pro každého řidiče před započítím nové jízdy bylo nutné zařízení zkalibrovat. Jelikož kamera tohoto zařízení, snímající scénu před řidičem, snímala v infračerveném spektru, byl na střeše zkušebních vozidel umístěn IR reflektor, který zlepšil světelné podmínky pro snímající kameru, neovlivňoval však optický vjem řidiče. Poloha vozidla a jeho pohyb byl měřen pomocí přesného, diferenčního GPS zařízení. Údaje o otáčkách motoru, rychlosti vozidla a míry sešlápnutí akceleračního pedálu (otevření škrticí klapky) byly snímány bezdrátovým OBDII modulem pomocí softwaru Haytham.Obd, který zajišťoval i jejich vzájemnou synchronizaci. Okamžik aktivace brzdového pedálu byl detekován pomocí Infra LED diody propojené s brzdovým světlem vozidla (aktivací brzdové soustavy došlo k rozsvícení diody), která byla připevněna na palubní desce a snímána kamerou eyetrackeru.



**Obr. 32:** Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Viewpoitsystem<sup>®</sup>  
[archiv ÚSI VUT]

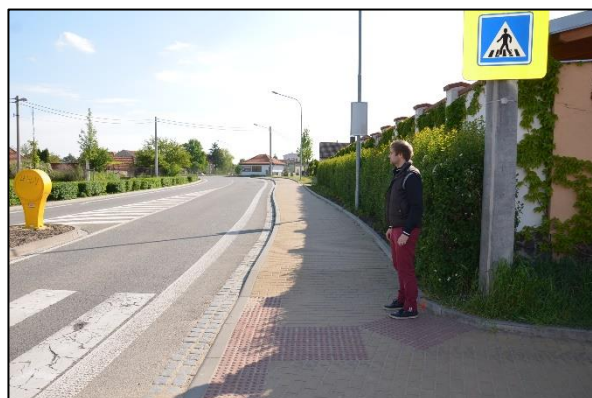


V rámci měření bylo realizováno 26 jízd, při nichž zkušení řidiči (ve věku od 23 do 45 let), aniž by předem byli seznámeni s cíli měření, projížděli běžným způsobem stanovenou trasu, vč. 4 vybraných přechodů pro chodce. V blízkosti těchto přechodů ve směru jízdy vozidla vpravo vyčkávali v průběhu jízd zkoušek figuranti, jejichž úkolem bylo při příjezdu zkušebního vozidla běžným způsobem přejít přes vozovku před přijíždějícím vozidlem, aniž by sami sebe ohrozili.

Všichni 4 figuranti měli různobarevné volnočasové oblečení. Na přechodech A\_P1 a A\_P4 měli oba figuranti černou bundu, tmavé riflové kalhoty a černé boty, viz **obr. 33** a **obr. 36**. Figurant na přechodu A\_P2 měl černou bundu, červené kalhoty a tmavé boty, viz **obr. 34**, a figurant na přechodu A\_P3 měl zelenou bundu, světle modré riflové kalhoty a boty se světlým a tmavým pruhem, viz **obr. 35**.



**Obr. 33:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A\_P1  
[archiv ÚSI VUT]



**Obr. 34:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A\_P2  
[archiv ÚSI VUT]



**Obr. 35:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A\_P3  
[archiv ÚSI VUT]

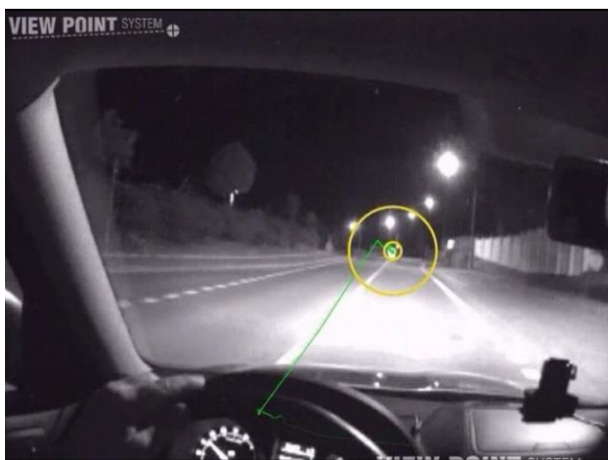


**Obr. 36:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A\_P4  
[archiv ÚSI VUT]

### 5.3 Hledání metody pro zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů

#### 5.3.1 Metoda pro zpracování dat

Pro zpracování optických reakcí řidiče autor využil software VideoEdit, vytvořený přímo pro vyhodnocení jízdních zkoušek realizovaných v rámci výše popsaného projektu, umožňující synchronní zpracování záznamu eyetrackeru a vozidlových dat. Pro kvantitativní zpracování výsledků byl návazně využit software MS Excel. Jak prokazují již dříve provedená měření (např. měření realizované v úzké spolupráci ÚSI VUT a výzkumného institutu EPIGUS – Institut für ganzheitliche Unfall- und Sicherheitforschung z Rakouska v roce 2010, uvedené např. v publikacích [89] a [50]), oči řidiče reagují na vizuálně významné podněty mimovolně. Takovými podněty jsou též chodci, pohybující se ve vozovce nebo v její blízkosti. Řidič tak na ně reaguje rychlou mimovolní změnou úhlu pohledu tak, aby podnět mohl pozorovat v oblasti ostrého vidění oka a následně analyzovat jeho významnost v centrální nervové soustavě. V případě, že při optické reakci je změna úhlu pohledu dostatečně zřetelná, lze s vysokou věrohodností vyhodnotit počátek první optické reakce řidiče (POR) na daný podnět. Příklad POR řidiče na chodce na moderně řešeném přechodu pro chodce se středním dělicím ostrůvkem (přechod A\_P2; viz obr. 27) při noční jízdě je znázorněn na obr. 37 až obr. 38.



**Obr. 37:** Počátek optické reakce (8,56 s a 66,4 m před přechodem); oko řidiče při pohledu v přímém směru periferně registruje figuranta (jízda J12 přechod A\_P2)



**Obr. 38:** Figurant v oblasti ostrého vidění (8,52 s a 65,9 m před přechodem); oko řidiče po změně směru pohledu fixuje figuranta (jízda J12 přechod A\_P2)

#### 5.3.2 Metoda pro vyhodnocení dat

##### 5.3.2.1 Měření a vyhodnocované veličiny

Na základě realizovaného experimentu byla hledána metoda pro způsob vyhodnocení měření. Ze zpracování dat vyšlo najevo, že při vyhodnocení je u jednotlivých jízd na každém ze sledovaných přechodů pro chodce potřebné pracovat s velkým množstvím veličin,

popisujících jak chování řidiče a vzájemný pohyb vozidla, tak chování přecházejícího figuranta.

Pro toto posouzení je tak při vyhodnocení potřebné určit:

- místo křížení trajektorie vozidla a trajektorie figuranta v místě přechodu pro chodce  $s_P$  (toto místo bude voleno jako počátek souřadného systému pro měření vzdáleností  $s$  vozidla od přechodu pro chodce; jako kladný bude volen směr proti směru jízdy vozidla; v místě křížení trajektorií proto platí  $s_P = s = 0$ ),
- okamžik průjezdu vozidla přes přechod pro chodce  $t_P$  a okamžitou rychlost vozidla  $v_0$  při jízdě přes přechod (pro další zpracování výsledků bude čas  $t_P$  volen jako okamžik odpovídající času 0, tj.  $t_P = t = 0$ ),
- okamžik POR řidiče na přecházejícího figuranta  $t_{POR}$  a jemu odpovídající vzdálenost vozidla od přechodu  $s_I$  a okamžitá rychlost vozidla  $v_I$ ,
- okamžik uvolnění akceleračního pedálu řidičem  $t_A$ , příp. též okamžik aktivace brzdového pedálu řidičem  $t_B$  (z těchto veličiny bude možné odvodit odpovídající reakční doby – reakční doba od okamžiku POR do okamžiku uvolnění akceleračního pedálu byla stanovena podle vztahu  $\Delta t_A = t_{POR} - t_A$  a reakční doba od okamžiku POR do okamžiku aktivace brzdového pedálu podle vztahu  $\Delta t_B = t_{POR} - t_B$ ),
- podstatné okamžiky spojené s pohybem figuranta v okolí vozovky a ve vozovce, tento pohyb bude od okamžiku POR řidiče na figuranta do průjezdu vozidla přes přechod rozdělen do jednotlivých časových intervalů ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , příp.  $t_4$ ), jejichž součet bude označen jako  $t$  (jako interval  $t_1$  bude vždy uvažována doba od POR řidiče na figuranta do jeho vstupu do vozovky, jako interval  $t_2$  potom doba pohybu figuranta v jízdním pruhu, v němž se pohybovalo vozidlo; následné intervaly  $t_3$  a  $t_4$  budou odpovídat dobám pohybu figuranta po vystoupení z jízdního pruhu, v němž se pohybovalo vozidlo, tedy jeho vstupu do protisměrného jízdního pruhu, příp. na střední dělicí ostrůvek a poté do protisměrného jízdního pruhu, a dále jeho pohybu na levém okraji vozovky),
- veličiny charakterizující pohyb vozidla, tj. vzdálenosti vozidla od přechodu a okamžité rychlosti vozidla, v okamžiku, kdy nastala POR řidiče na figuranta ( $s_I$ ,  $v_I$ ), a v okamžiku, kdy figurant vstoupil do vozovky ( $s_2$ ,  $v_2$ ),
- kumulované doby ( $\sum t_{POZ}$ ), ve kterých řidič sledoval figuranta v oblasti ostrého vidění, tj. mu věnoval pozornost, rozdělené dle jednotlivých intervalů pohybu chodce v okolí vozovky a ve vozovce,

- míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod (poměrná hodnota bude vyjádřena v procentech podle vztahu  $M_{POZ} = \sum t_{POZ} \cdot 100 / t_{POR}$ , kde  $\sum t_{POZ}$ , je součet časových intervalů, ve kterých řidič sledoval figuranta v oblasti ostrého vidění oka, a  $t_{POR}$  určuje okamžik POR řidiče na figuranta, tj. současně i časový interval od tohoto okamžiku do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod).

S ohledem na nutnost posouzení vzájemných souvislostí nelze tyto veličiny vyhodnocovat pouze tabelárně, ale je nutné nalézt vhodný způsob jejich vyhodnocení pomocí grafických metod. Současně však pro tyto účely nelze využít standardních typů grafů, a proto bude dále hledána vhodná grafická metoda pro jejich vyhodnocení.

### 5.3.2.2 Grafická metoda pro vyhodnocení s využitím s-t diagramu (metoda č. 1)

Jako první je navržena grafická metoda pro vyhodnocení (metoda č. 1), založená na metodě tzv. s-t diagramu (diagramu dráha – čas). Metoda s-t diagramu, která patří mezi základní metody, používané při analýze dopravních nehod, umožňuje hodnotit ve vzájemných souvislostech pohyb účastníků dopravní nehody (viz **kap. 4.7**). Tuto metodu je však nutné přizpůsobit struktuře vyhodnocovaných veličin.

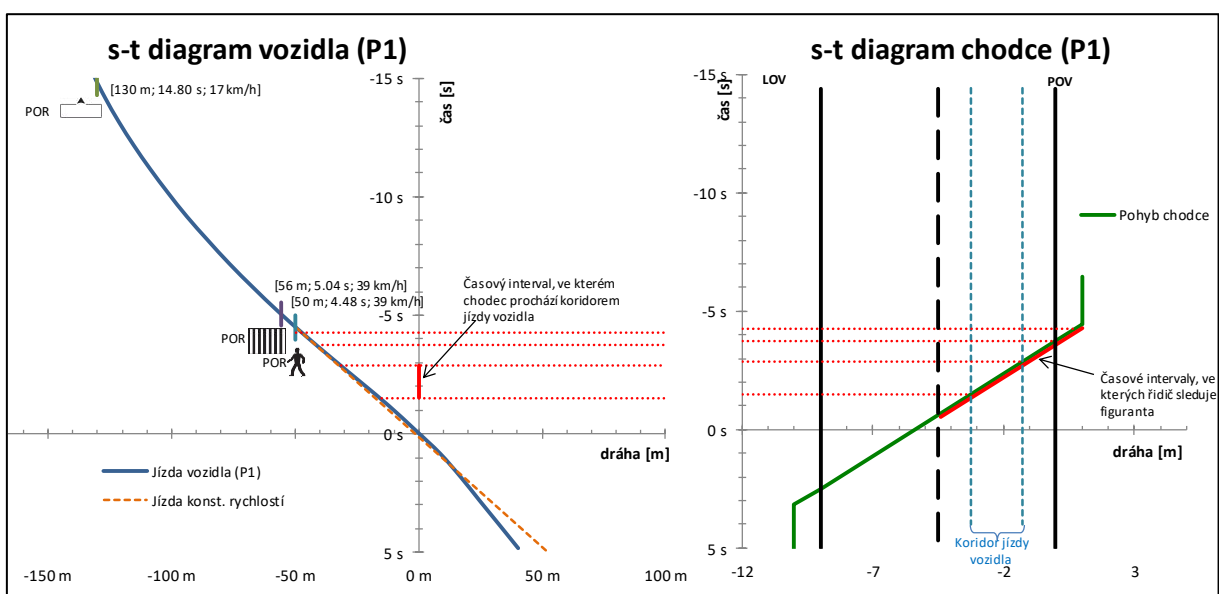
Navržená metoda sestává ze dvou částí, kdy v levé části je v souřadnicích dráha – čas zobrazen průběh jízdy vozidla, které se po vozovce pohybovalo v podélném směru (s-t diagram vozidla) a v pravé části je rovněž v souřadnicích dráha – čas zobrazen průběh pohybu figuranta, který se pohyboval příčně k ose vozovky (dále jen s-t diagram chodce). Počátek souřadného systému, tedy  $t = 0$ , je vždy uvažován jako okamžik, kdy vozidlo přejelo přes přechod, tedy překřížilo trajektorii, po které se figurant na přechodu pohyboval.

V s-t diagramu vozidla se průběh jízdy vozidla vykresluje modrou čarou. Okamžiky POR řidiče na dopravní značky a figuranta jsou označeny příslušnými piktogramy a doplněny o hodnoty vzdálenosti vozidla od přechodu, času do průjezdu přes přechod a rychlosti vozidla v tomto okamžiku. Časový interval (odvozený z s-t diagramu chodce), ve kterém chodec procházel koridorem jízdy vozidla je vyznačen svislou červenou čarou na ose  $t$ . Díky tomu je tak možné z s-t diagramu vozidla vyčíst, v jaké vzdálenosti od figuranta se nacházelo vozidlo v okamžiku, kdy figurant vstupoval do koridoru a opouštěl koridor jízdy vozidla. Průběh jízdy vozidla za předpokladu, že by řidič v okamžiku POR na figuranta nereagoval následným snižováním rychlosti a pokračoval by stejnou rychlostí, je v s-t diagramu znázorněn přerušovanou oranžovou čarou.

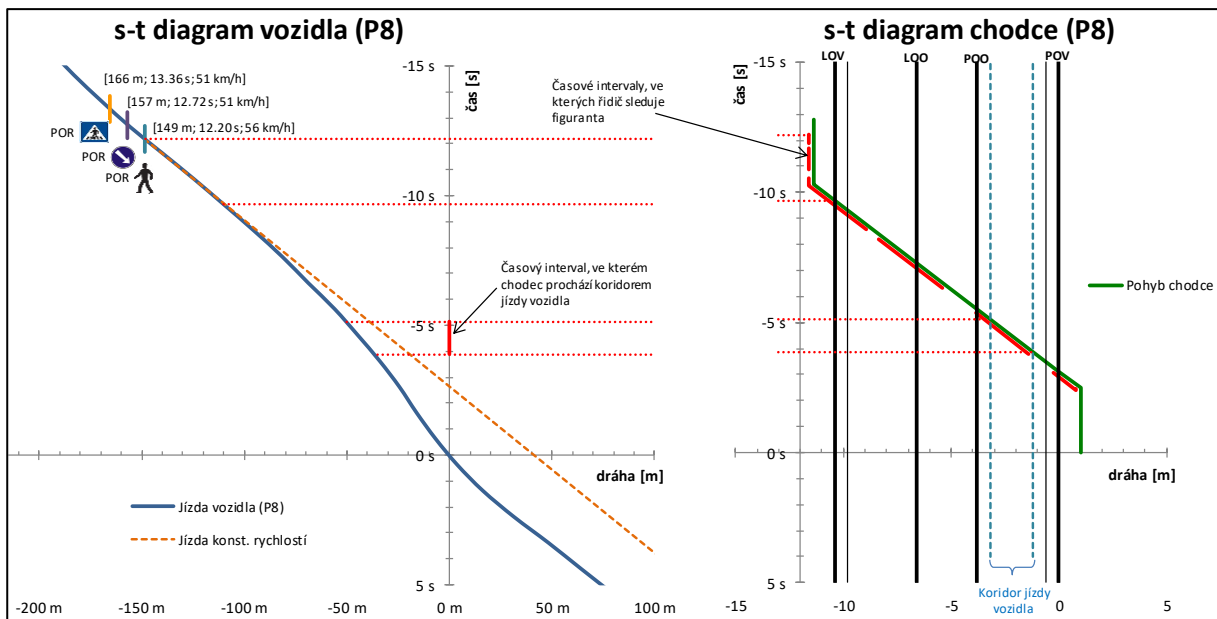


V s-t diagramu chodce (figuranta) se černými svislými čarami znázorňuje vozovka a modrými přerušovanými čarami koridor jízdy vozidla, jehož šířka odpovídá šířce vozidla vč. zpětných zrcátek. Průběh pohybu figuranta je vyznačen zelenou čarou. Podél této křivky jsou vyneseny časové intervaly, ve kterých řidič přímo pozoroval figuranta (červenými čarami). Vzdálenost vozidla v těchto časových intervalech lze odečíst z s-t diagramu vozidla.

Tento způsob grafického vyhodnocení byl aplikován na jízdní zkoušky, které proběhly na klasickém přechodu, označeném pouze vodorovným dopravním značením, viz publikace [88]. Figurant na tomto přechodu přecházel před zkušebním vozidlem zprava doleva. Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na tomto přechodu pomocí s-t diagramu je znázorněna na **obr. 39**. Dále byl aplikován také na jízdní zkoušky, které proběhly na přechodu pro chodce, který byl opatřen středním dělicím ostrůvkem, vodorovným a svislým dopravním značením, které bylo zvýrazněno žlutým retroreflexním orámováním, viz publikace [89]. Figurant přecházel před zkušebním vozidlem ve směru zleva doprava. Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na tomto přechodu pomocí s-t diagramu je znázorněna na **obr. 40**.



**Obr. 39:** Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na přechodu pro chodce klasického typu pomocí s-t diagramu [88]



**Obr. 40:** Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na přechodu pro chodce se středním dělicím ostrůvkem pomocí s-t diagramu [89]

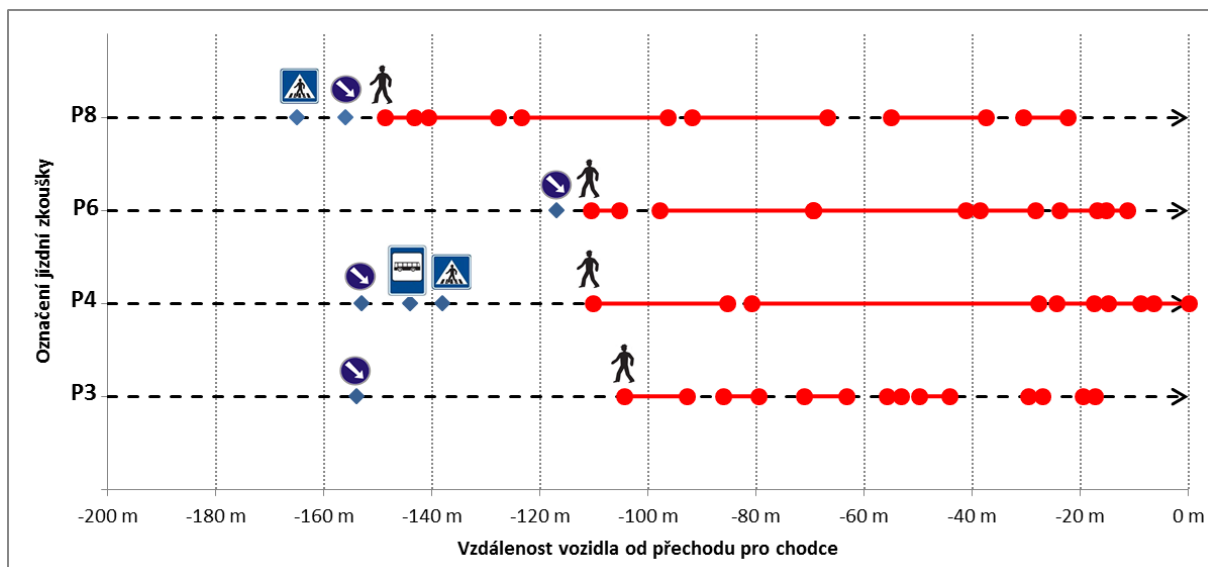
Grafická metoda pro vyhodnocení s využitím s-t diagramu se ukazuje jako vhodná pro detailní posouzení průběhu jízdy, tedy lze pomocí ní vyhodnotit chování řidiče při řešení jízdní situace, spočívající v přecházení chodce přes vozovku, a současně lze vzájemně komparovat pohyb vozidla a chodce po vozovce během této situace.

Nevýhodou užití této grafické metody je, že její zpracování je poměrně pracné. Současně tato metoda neumožňuje vyhodnotit, na jaké další významné podněty řidič reaguje a jak tyto ovlivňují jeho pozornost. Nelze pomocí ní také vzájemně komparovat průběhy jednotlivých jízd na daném přechodu. Pro užití této metody je nutné zjišťovat aktuální polohy vozidla během celé analyzované jízdy pomocí přesného diferenčního GPS zařízení, tedy zvyšuje se tak i náročnost na samotné měření.

### 5.3.2.3 Grafická metoda pro vyhodnocení s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na vzdálenosti vozidla od přechodu (metoda č. 2)

Pro odstranění problému nemožnosti vzájemné komparace průběhu jednotlivých jízd na daném přechodu je navržena druhá grafická metoda pro vyhodnocení s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na vzdálenosti vozidla od přechodu pro chodce (metoda č. 2). V průběhu jednotlivých jízd jsou vyznačeny vzdálenosti vozidla od přechodu v okamžicích, kdy řidiči reagují na dopravní značení, upozorňující zejména na umístění přechodu, a dále intervaly, ve kterých řidiči přecházejícího figuranta přímo sledují, tj. mu věnují pozornost (znázorněny červenými úsečkami).

Tato metoda pro vyhodnocení byla aplikována na jízdní zkoušky, které proběhly na přechodu pro chodce, který byl opatřen středním dělicím ostrůvkem, vodorovným a svislým dopravním značením, které bylo zvýrazněno žlutým retroreflexním orámováním, viz publikace [86], ukázka průběhu jízd z přechodu bez zvláštních okolností je znázorněna na **obr. 41**.



**Obr. 41:** Ukázka grafického znázornění průběhu jízd bez zvláštních okolností na přechodu se středním dělicím ostrůvkem v závislosti na vzdálenosti vozidla od přechodu pro chodce [86]

Nalezená grafická metoda pro vyhodnocení sice umožňuje jednoduchým způsobem komparovat průběhy jednotlivých jízd, avšak obdobně jako u první grafické metody, viz **kap. 5.3.2.2**, je její nevýhodou, že neumožňuje vyhodnotit, na jaké další významné podněty řidič reaguje a jak tyto ovlivňují jeho pozornost. Současně nezohledňuje pohyb chodce po vozovce. Další nevýhodou lze spatřovat také v znázornění průběhu jízd v závislosti na vzdálenosti, kdy s ohledem na charakter vyhodnocovaných veličin se jeví jako vhodnější tyto znázorňovat v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod pro chodce.

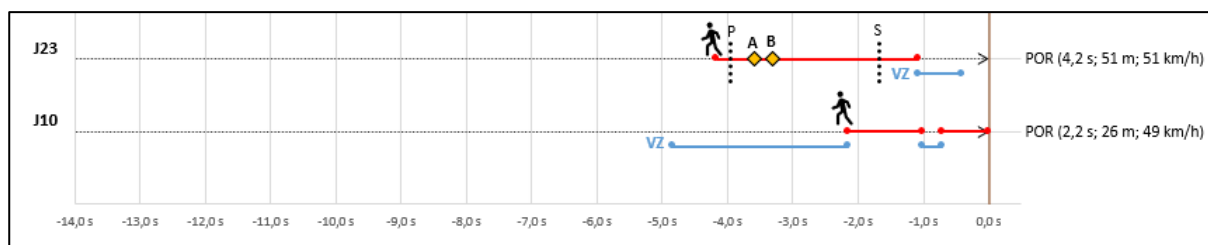
#### 5.3.2.4 Grafická metoda pro vyhodnocení s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času do průjezdu vozidla přes přechod (metoda č. 3)

Pro eliminaci nevýhod obou výše uvedených grafických metod, viz **kap. 5.3.2.2** a **5.3.2.3**, je navržena třetí metoda, a to grafická metoda pro vyhodnocení s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod (metoda č. 3). Průběhy jednotlivých jízd u daného přechodu pro chodce jsou znázorněny pomocí intervalových (procesních) diagramů, v nichž jsou znázorněny:

- pomocí bodů rozhodné okamžiky (POR řidiče na figuranta, uvolnění akceleračního pedálu, sešlápnutí brzdového pedálu, zastavení vozidla),

- pomocí úseček, doplněných zpravidla piktogramy, příp. textem, doby, po které řidič sleduje figuranta, jiné náhodné chodce, jiná náhodná vozidla, vodorovné a svislé značení, příp. další prvky okolí,
- pomocí svislých tečkovaných úseček pohyb figuranta nebo jiných náhodných chodců po přechodu.

Příklad užití této grafické metody pro vyhodnocení průběhu dvou jízd (J23 a J10) na přechodu A\_P1 je znázorněn na **obr. 42**. Po pravé straně průběhů jednotlivých jízd jsou uvedeny hodnoty, týkající se okamžiku POR řidiče na přecházejícího figuranta, tedy  $t_{POR}$  a jemu odpovídající vzdálenost vozidla od přechodu  $s_l$  a okamžitá rychlost vozidla v tomto okamžiku  $v_l$ . V nevyznačených časových intervalech probíhá zpravidla běžná navigace řidiče po vozovce, kontrola přístrojové desky, příp. zpětných zrcátek apod.



**Obr. 42:** Ukázka grafického znázornění průběhu jízd J23 a J10 v rámci přechodu A\_P1

V případě jízdy J23 řidič na figuranta poprvé opticky reagoval v čase cca 4,2 s před průjezdem vozidla přes přechod (ve vzdálenosti 51 m, při rychlosti vozidla 51 km/h), následně v čase cca 4,1 s před průjezdem přes přechod figurant vstoupil do jízdního pruhu, v němž se pohybovalo vozidlo (označeno písmenem P), a tento opouští v čase cca 1,7 s před průjezdem vozidla přes přechod (označeno písmenem S). Řidič vozidla figuranta od POR sledoval až do času 1,1 s před průjezdem vozidla přes přechod (znázorněno červenou úsečkou), kdy se již figurant nacházel v protisměrném jízdním pruhu, následně od času 1,1 s do 0,4 s před průjezdem vozidla přes přechod sledoval řidič vodorovné značení přechodu (VZ; označeno světle modrou úsečkou). V dané jízdě řidič reagoval na přecházejícího figuranta uvolněním akceleračního pedálu (označeno písmenem A; 0,56 s od  $t_{POR}$ ) a sešlápnutím brzdového pedálu (označeno písmenem B; 0,84 s od  $t_{POR}$ ).

Při jízdě J10 řidič před POR řidiče na figuranta sledoval cca 2,7 s vodorovné značení přechodu, na figuranta poprvé opticky reagoval v čase cca 2,2 s před průjezdem vozidla přes přechod (ve vzdálenosti 26 m, při rychlosti vozidla 49 km/h). Figuranta sledoval cca 1,2 s, poté krátce změnil směr pohledu na cca 0,3 s na vodorovné značení přechodu a následně před

samotným průjezdem vozidla přes přechod na dobu cca 0,7 s opět kontroloval figuranta, který se s ohledem na charakter jízdní situace rozhodl nepřecházet.

Vysvětlivky k použitým symbolům, barevnému rozlišení a zkratkám v rámci vytvořené grafické metody pro vyhodnocení jsou uvedeny v **příloze č. 1**.

Tento způsob grafického vyhodnocení byl aplikován také na jízdní zkoušky, realizované na 4 různých přechodech pro chodce ve městě Brně, viz publikace [83].

Navržená grafická metoda pro vyhodnocení s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod, se jeví jako velmi vhodná pro komplexní vyhodnocení chování řidiče při řešení jízdní situace, spojené s přecházením chodce přes vozovku. Současně tato metoda umožňuje komparovat průběhy jednotlivých jízd, zohlednit pohyb chodce po vozovce a vyhodnotit, na jaké další významné podněty řidič reaguje a jak tyto ovlivňují jeho pozornost.

#### **5.4 Závěr k řešení problému č. 1**

Pro vyřešení problému č. 1 bylo nutné navrhnout a realizovat experiment, v rámci něhož proběhlo vstupní měření. V rámci řešení byla zpracována studie proveditelnosti, tj. ověření vhodnosti využití již známých metod měření pro měření chování řidiče při řešení složitějších jízdních situací, které vznikají v místě přecházení chodců, a nalezení vhodného způsobu zpracování a vyhodnocení dat.

Na základě již realizovaných výzkumů byla pro měření využita metoda tzv. eyetrackingu (viz **kap. 4.2**), pomocí níž je možné získávat a vyhodnocovat údaje, dokumentující optické reakce řidiče na vizuální podněty, a to přímo v reálném silničním provozu. Na základě experimentálně získaných dat byla vytvořena metoda pro zpracování a vyhodnocení jízdních zkušek, která dosud pro komplexní analýzu chování řidiče v případě přecházení chodce přes přechod pro chodce neexistovala.

Jelikož měřené a vyhodnocované veličiny nelze z důvodu posouzení vzájemných souvislostí vyhodnocovat pouze tabelárně, byly navrženy 3 grafické metody pro vyhodnocení. V případě, že je cílem výzkumu podobná analýza jízdy bez nutnosti komparace s dalšími jízdami, jeví se pro vyhodnocení jako vhodná grafická metoda č. 1, založená na využití s-t diagramu (viz **kap. 5.3.2.2**). Využití této metody však klade zvýšené nároky na měření, kdy je potřebné zjišťovat aktuální polohy vozidla během celé analyzované jízdy pomocí přesného diferenčního GPS zařízení. Pokud je ale cílem výzkumu zejm. komparace průběhu jednotlivých jízd na daném přechodu, jeví se pro vyhodnocení vhodné využít grafickou metodu

č. 3 (viz **kap. 5.3.2.4**), založenou na využití intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod, která umožňuje komplexní vyhodnocení chování řidiče. Při využití této metody pro vyhodnocení se vzdálenosti vozidla od přechodu stanovují pouze v rozhodných okamžicích (např. pomocí analýzy videozáznamů) a není tak nutné při měření využívat přesného diferenčního GPS zařízení, což podstatně snižuje náročnost a nákladnost celého měření. Tato metoda pro vyhodnocení se pro účely této práce jeví jako nejvhodnější a bude se dle ní dále postupovat při řešení problému č. 2.

Současně se ukazuje, že navržený a realizovaný experiment se jeví jako vhodný pro získání všech měřených a vyhodnocovaných veličin. Na jeho základě tak bude možné navrhnout a realizovat další experimenty při řešení problému č. 2.

## **6 ŘEŠENÍ PROBLÉMU Č. 2: ZÍSKAT VÝZNAMNĚJŠÍ SOUBOR DAT PRO PODROBNOU ANALÝZU CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ**

### **6.1 Volba metody řešení problému č. 2**

Na základě zpracované studie proveditelnosti v rámci řešení problému č. 1 lze řešení problému č. 2 založit na realizaci obdobně uspořádaných experimentů, jako v případě ověřovacího experimentu. Pomocí navazujících experimentů tak budou získávána další data pro podrobnou analýzu chování řidičů za různých jízdních situací, spojených s přecházením chodců přes vozovku.

Cílem další výzkumné práce v souvislosti s řešením problému č. 2 bude porovnat chování řidičů při řešení složitých jízdních situací za rozdílných podmínek (podle denní doby /ve dne, v noci/ a podle míst pro přecházení). Pro vyhodnocení experimentálně získaných dat bude využito navržené metody č. 3, tj. metody pro vyhodnocení měření s využitím intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod, viz **kap. 5.3.2.4**. Pro aplikaci této metody není nezbytné využívat přesného diferenčního GPS zařízení pro zjišťování okamžité polohy vozidla, čímž se významně sníží jak náklady na realizaci měření, tak i jeho náročnost.

### **6.2 Vlastní řešení problému č. 2**

#### **6.2.1 Úvod k řešení problému č. 2**

Pro řešení problému č. 2 bude využito jak výsledků experimentu A, realizovaného v rámci řešení problému č. 1, tak i dalších navazujících experimentů (dále označovaných jako experimenty B, C a D). Návrh experimentů B, C a D bude vycházet ze zkušeností z ověřovacího experimentu A. Experimenty B a C budou zaměřeny na získání dat pro porovnání chování řidičů při řešení jízdních situací, spojených s přecházením chodců na různých typech přechodů v silném silničním provozu při jízdě ve dne. Experiment D bude zaměřen na získání dat pro porovnání chování řidičů při jízdě za obdobných podmínek daných stejným místem pro přecházení tak, aby bylo možno porovnat rozdílnosti při jízdě ve dne a v noci.

Vyhodnocení výsledků bude zaměřeno na nalezení podstatných porovnatelných charakteristik chování řidiče při jízdě v místě přecházení chodců.

## 6.2.2 Návrh navazujících experimentů

### 6.2.2.1 Návrh procesní části navazujících experimentů

Návrh procesní části pro navazující experimenty B, C a D koresponduje s návrhem procesní části experimentu A, viz **kap. 5.2.2.1**, a liší se návrhem jednotlivých měření.

Navazující experimenty B, C a D budou realizovány v běžném silničním provozu ve městě Brně, experimenty B a C při jízdách ve dne a experiment D při jízdách ve dne a v noci. Jako místa pro měření budou vybrány přechody pro chodce různého konstrukčního uspořádání s vyznačeným dopravním značením (experiment B – 4 přechody /vybrané převážně na základě nehodovosti na těchto přechodech/, C – 4 přechody, D – 1 přechod).

Měření budou probíhat s dobrovolnými řidiči (experiment B s 6 řidiči, C s 15 řidiči, D s 12 řidiči). Obdobně jako u experimentu A budou vybíráni zkušení řidiči (min. 20 tis. km/rok, 3letá praxe) bez očních vad (řidiči s dostatečnou kontrastní citlivostí a se zrakovou ostrostí nevyžadující korekci zraku) tak, aby výsledky nebyly ovlivněny zrakovými vadami sledovaných řidičů.

### 6.2.2.2 Návrh technické části navazujících experimentů

V rámci měření budou využita osobní vozidla, která budou pro zjišťování měřených veličin osazena měřicími zařízeními (v přehledu uvedenými v **tab. 4**). Ve všech měřeních bude pro sledování směru úhlu pohledu řidiče využito měřicí zařízení typu eyetracker.

U měření v rámci experimentů B a C bude způsob ovládání vozidla, zejm. otáčky motoru, rychlost vozidla a míra sešlápnutí akceleračního pedálu, vyhodnocován pomocí údajů z diagnostiky OBD (On-Board Diagnostics), okamžik sešlápnutí brzdového pedálu bude snímán pomocí LED diody, připevněné na palubní desce vozidla, propojené s brzdovým světlem vozidla, kdy aktivací brzdové soustavy dojde k rozsvícení této diody. Okamžik rozsvícení diody bude možné vyhodnocovat ze záznamu eyetrackeru.

Měření v rámci experimentu D bude realizováno s využitím moderního měřicího vozidla ÚSI VUT. Měřicí souprava vozidla umožňuje měřit data synchronně v jednotném čase. Způsob ovládání vozidla, zejm. rychlost vozidla, okamžik aktivace brzdové soustavy, bude vyhodnocován pomocí zařízení Mobileye® (ze sběrnice CAN). Poloha vozidla a jeho pohyb v průběhu jízdních zkoušek bude měřen pomocí integrovaného GPS zařízení. Měřicí souprava neumožňuje snímat otáčky motoru a míru sešlápnutí akceleračního pedálu (otevření škrticí klapky).



Figuranti, simulující přecházející chodce, budou během všech měření oblečeni do běžného volnočasového oblečení a budou přecházet před zkušebním vozidlem přes přechod pro chodce zprava ve směru jízdy vozidla.

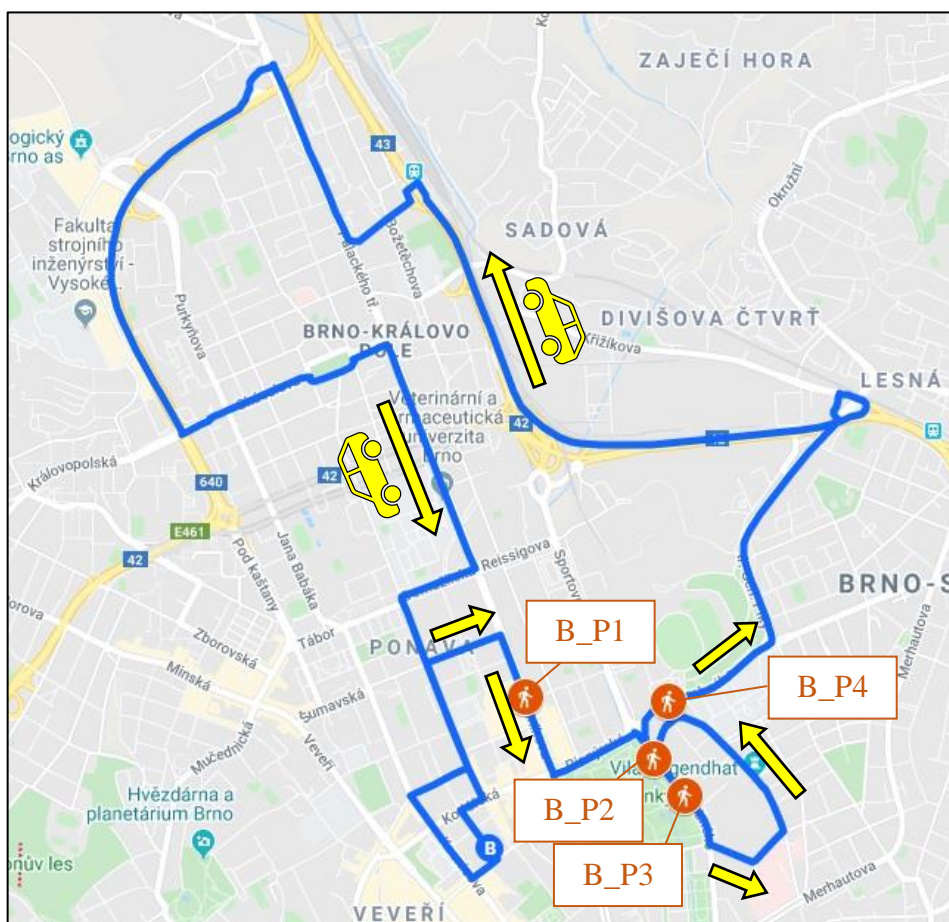
### 6.2.2.3 *Návrh programové části navazujících experimentů*

Návrh programové části pro experimenty B, C a D koresponduje s návrhem procesní části experimentu A, viz **kap. 5.2.2.3**.

## 6.2.3 *Realizace navazujících experimentů*

### 6.2.3.1 *Realizace experimentu B*

Experiment B byl realizován v rámci projektu specifického výzkumu *ÚSI-J-15-2812 Analýza chování řidiče v reálném provozu za využití metody eyetrackingu*, jehož byl autor spoluřešitelem. V rámci tohoto projektu byly na základě údajů o dopravní nehodovosti z období let 2010 až 2014 v městě Brně hledány nebezpečné přechody pro chodce, viz publikace [85], z nichž 3 byly vybrány pro realizaci jízdních zkoušek v rámci experimentu B. Měření byla realizována v roce 2015 formou jízdních zkoušek v běžném silničním provozu ve městě Brně na plánované trase v délce 16 km, viz **obr. 43**, a to ve dne za běžných povětrnostních (nezhoršených) podmínek.



**Obr. 43:** Plánovaná trasa – experiment B [59]

Vlastní měření probíhala na 4 přechodech pro chodce, viz **obr. 44** až **obr. 47**, které byly zvoleny na základě jejich stavebního uspořádání, podmínek okolí a 3 přechody pro chodce na základě jejich nebezpečnosti, posuzované z dopravní nehodovosti v daných místech. Na těchto obrázcích je směr jízdy vozidla vyznačen žlutou šipkou a směr pohybu chodce (figuranta) oranžovou šipkou.

Přechody na ulici Drobného (B\_P2, B\_P3 a B\_P4) patřily mezi nebezpečné přechody, na nichž se udála řada dopravních nehod vozidel s chodci jak s lehkými, tak i s těžkými zraněními chodců.

#### Popis míst měření:

Všechny vybrané přechody byly opatřeny jak vodorovným, tak svislým dopravním značením.

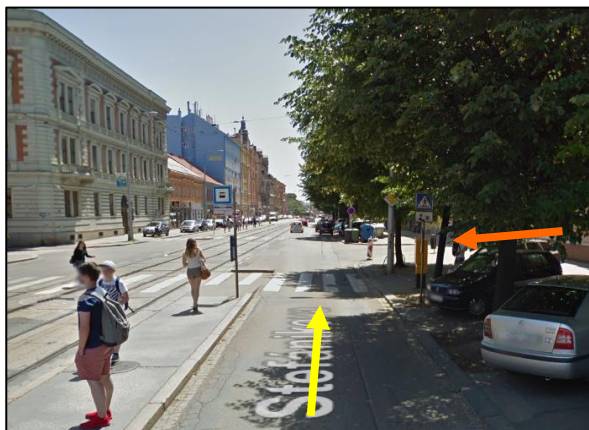
První přechod (B\_P1), viz **obr. 44**, se nachází na rovném úseku vozovky v ulici Štefánikova u tramvajové zastávky Hrnčířská. Přechod vede přes 2 jízdní pruhy, 2 tramvajové pásy a nástupní ostrůvek. Vpravo ve směru jízdy vozidla se před přechodem nachází vzrostlé stromy a parkovací místa umožňující šikmé parkování vozidel, přičemž parkující vozidla zpravidla významně omezují rozhled na místa přiléhající k vozovce, ze kterých vstupují chodci do vozovky.

Druhý přechod (B\_P2), viz **obr. 45**, se nachází na rovném úseku vozovky v ulici Drobného u křižovatky s ulicí Erbenova. Vodorovné dopravní značení přechodu je zvýrazněno červenými pruhy a na umístění přechodu upozorňuje výstražné vodorovné dopravní značení (Jiné nebezpečí), umístěné před přechodem. Přechod je opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem a vede přes 4 jízdní pruhy. Vpravo ve směru jízdy vozidla se u přechodu nachází park se vzrostlými stromy, které v místě měření omezují rozhled na místa přiléhající k vozovce, ze kterých vstupují chodci do vozovky.

Třetí přechod (B\_P3), viz **obr. 46**, se nachází na rovném úseku vozovky v ulici Drobného u ulice Schodová. Před přechodem upozorňuje na přechod výstražné vodorovné dopravní značení (Jiné nebezpečí). Přechod je opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem a vede přes 4 jízdní pruhy. Obdobně jako u přechodu B\_P2 se vpravo ve směru jízdy vozidla u přechodu nachází park se vzrostlými stromy, které v místě měření omezují rozhled na místa přiléhající k vozovce.

Čtvrtý přechod (B\_P4), viz **obr. 47**, se nachází v mírné pravotočivé zatáčce v ulici Drobného u zimního stadionu. Svislé dopravní značení přechodu je zvýrazněno žlutým

retroreflexním orámováním a vodorovné značení červenými pruhy. Přechod je opatřený středním dělicím ostrůvkem a vede přes 5 jízdních pruhů.



**Obr. 44:** Přechod B\_P1 – ulice Štefánikova (u zastávky MHD Hrnčířská), Brno [59]



**Obr. 45:** Přechod B\_P2 – ulice Drobného (u křižovatky s ulicí Erbenova), Brno [59]



**Obr. 46:** Přechod B\_P3 – ulice Drobného (u ulice Schodová), Brno [59]



**Obr. 47:** Přechod B\_P4 – ulice Drobného (u zimního stadionu), Brno [59]

#### Popis zkušebního vozidla, měřicích zařízení a figurantů:

Pro měření bylo využito vozidlo Škoda Octavia II, zapůjčené společností Autonova Brno s.r.o., viz **obr. 48**. Pro sledování směru úhlu pohledu řidiče byl využit eyetracker Pupil Labs (zařízení ÚSI VUT), viz **obr. 49**, které bylo před započítím každé jízdy zkalibrováno. Pro činnost eyetrackeru bylo využito softwaru Pupil Capture a Pupil Player.

Otáčky motoru, rychlost vozidla a míra sešlápnutí akceleračního pedálu byly snímány bezdrátovým OBDII modulem pomocí softwaru Haytham.Obd, který zajišťoval i jejich vzájemnou synchronizaci. Okamžik aktivace brzdového pedálu byl detekován pomocí LED diody propojené s brzdovým světlem vozidla (aktivací brzdové soustavy došlo k rozsvícení diody), která byla připevněna na palubní desce a snímána kamerou eyetrackeru.





**Obr. 48:** Zkušební vozidlo [zdroj vlastní]



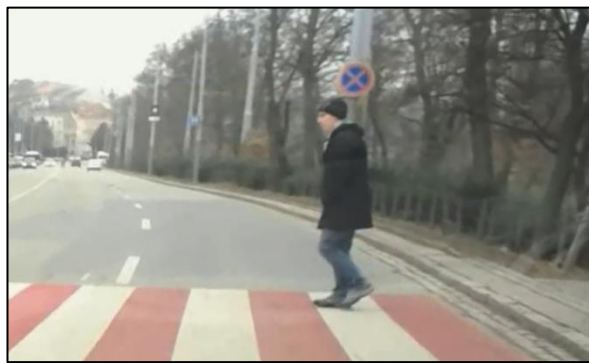
**Obr. 49:** Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Pupil Labs [zdroj vlastní]

V rámci měření bylo realizováno 6 jízd, při nichž zkušební řidiči (ve věku 35 až 45 let), neseznámení s přesnými cíli měření, projížděli běžným způsobem stanovenou trasu, vč. 4 vybraných přechodů pro chodce. V blízkosti těchto přechodů ve směru jízdy vozidla vpravo vyčkávali v průběhu jízdních zkoušek figuranti, jejichž úkolem bylo při příjezdu zkušebního vozidla běžným způsobem přejít přes vozovku před přijíždějícím vozidlem, aniž by sami sebe ohrozili.

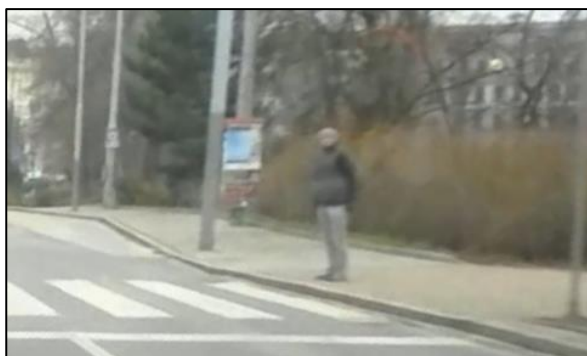
Všichni 4 figuranti měli oblečeno tmavé oblečení. Na přechodu B\_P1 měla figurantka tmavě modrou bundu, černé kalhoty a bílé boty, viz **obr. 50**, na přechodu B\_P2 měl figurant černou čepici, černý kabát, tmavě modré riflové kalhoty a šedé boty, viz **obr. 51**, na přechodu B\_P3 měl figurant šedou čepici, šedočernou bundu, šedé kalhoty a boty, viz **obr. 52**, a na přechodu B\_P4 měla figurantka černý kabát, modré riflové kalhoty a černé vysoké boty, viz **obr. 53**.



**Obr. 50:** Figurantka na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod B\_P1 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]



**Obr. 51:** Figurant na stanovišti při přecházení přes vozovku – přechod B\_P2 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]



**Obr. 52:** *Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod B\_P3*  
[videozáznam; archiv ÚSI VUT]



**Obr. 53:** *Figurantka na stanovišti při přecházení přes vozovku – přechod B\_P4*  
[videozáznam; archiv ÚSI VUT]

### 6.2.3.2 Realizace experimentu C

Experiment C byl realizován s využitím finanční podpory z projektu specifického výzkumu *ÚSI-J-16-3713 Analýza chování řidiče při jízdě přes nehodové přechody pro chodce na území města Brna za využití metody eyetrackingu*, jehož byl autor hlavním řešitelem, a mezifakultního projektu *FEKT/ÚSI-J-16-3549 Komplexní analýza reakční doby řidiče pomocí eyetrackingu a snímání biosignálů*, jehož byl autor spoluřešitelem.

Měření proběhlo v roce 2016 formou jízdních zkoušek v běžném silničním provozu ve městě Brně na plánované trase v délce 10 km, viz **obr. 54**, a to ve dne za běžných povětrnostních (nezhoršených) podmínek, na 4 přechodech pro chodce, viz **obr. 55** až **obr. 58**, zvolených na základě jejich stavebního uspořádání a okolí. Na obrázcích je žlutou šipkou znázorněn směr jízdy vozidla a oranžovou směr pohybu chodce (figuranta).

#### Popis míst měření:

Pro měření byly vybrány 4 různě řešené přechody pro chodce, které byly opatřeny jak vodorovným, tak svislým dopravním značením (kromě přechodů C\_P2 a C\_P4, které v době výběru přechodu a realizace měření nebyly označeny svislou dopravní značkou upozorňující na přechod pro chodce).

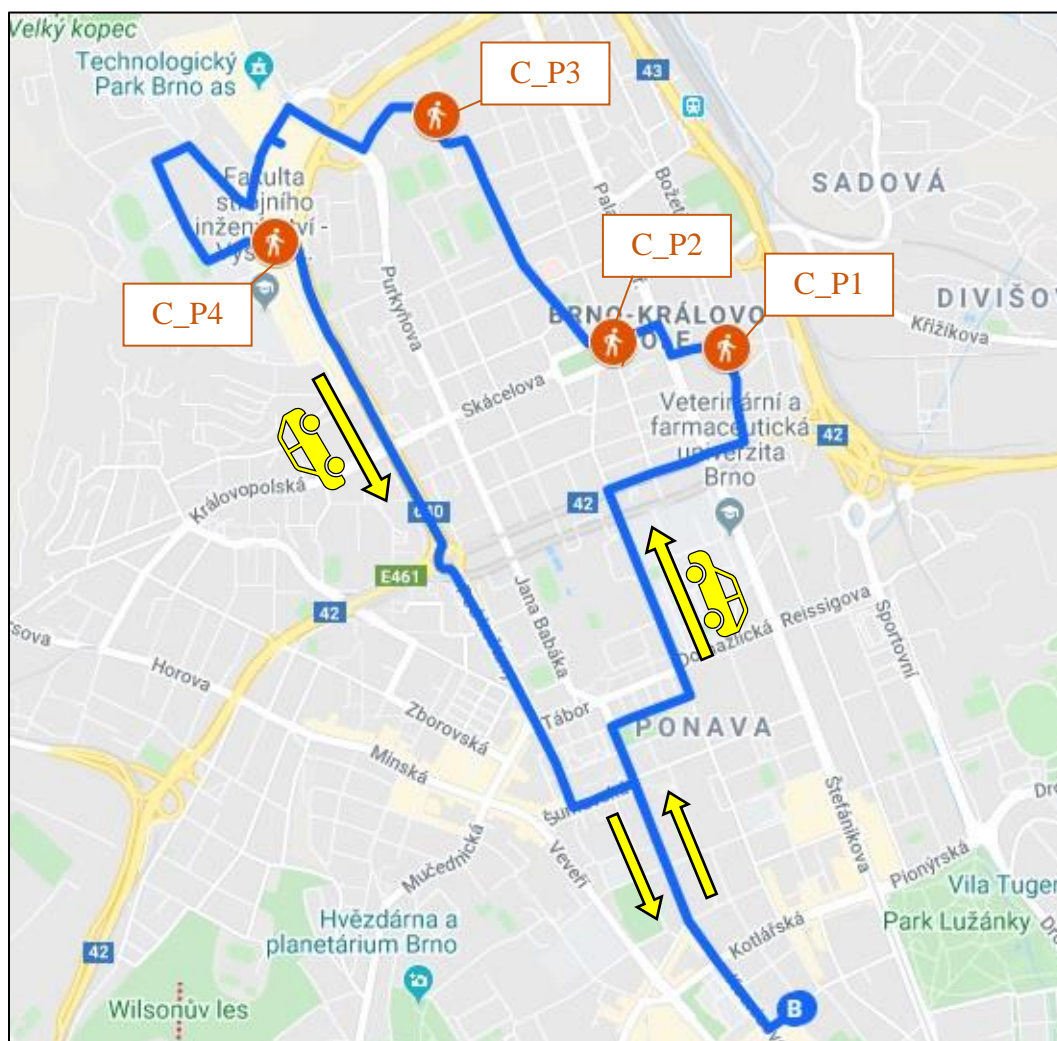
První přechod (C\_P1), viz **obr. 55**, se nachází na rovném úseku vozovky na Rostislavově náměstí u křižovatky s ulicí Malátovou a Chaloupkovou. Přechod je opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem, kdy pravá strana dopravního stínu ve směru jízdy vozidla je před středním dělicím ostrůvkem ohraničena retardéry se směrovými deskami.

Druhý přechod (C\_P2), viz **obr. 56**, se nachází na rovném úseku vozovky na ulici Husitská před vjezdem na Slovanské náměstí. Jedná se o klasicky řešený typ přechodu.

Po pravě straně přechodu ve směru jízdy vozidla je trvale umístěn malý reklamní poutač s reklamní figurínou.

Třetí přechod (C\_P3), viz **obr. 57**, se nachází na rovném úseku vozovky na ulici Herčíkova před levotočivou zatáčkou. Přechod je opatřen zpomalovacími retardéry v klikatém tvaru před a za vodorovným značením přechodu. Vpravo ve směru jízdy vozidla je před přechodem častý výskyt podélně zaparkovaných vozidel, která v místě měření mohou omezovat rozhled na místa přiléhající k vozovce.

Čtvrtý přechod (C\_P4), viz **obr. 58**, se nachází cca 80 m za křižovatkou s ulicí Kolejní na rovném úseku vozovky na ulici Technická. Jedná se o klasicky řešený typ přechodu. Vpravo ve směru jízdy vozidla se u přechodu nachází porosty vzrostlých stromů, které v místě měření mohou omezovat rozhled na místa přiléhající k vozovce.



**Obr. 54:** Plánovaná trasa – experiment C [59]





**Obr. 55:** Přechod C\_P1 – Rostislavovo náměstí, Brno [zdroj vlastní]



**Obr. 56:** Přechod C\_P2 – ulice Husitská, Brno [zdroj vlastní]



**Obr. 57:** Přechod C\_P3 – ulice Herčíkova, Brno [zdroj vlastní]



**Obr. 58:** Přechod C\_P4 – ulice Technická, Brno [zdroj vlastní]

Popis zkušebního vozidla, měřicího zařízení a figurantů:

Pro měření bylo využito vozidlo Škoda Octavia III, zapůjčené společností Autonova Brno s.r.o., viz **obr. 59**. Při měření bylo využito stejné zařízení pro sledování směru pohledu řidiče jako v případě měření B, stejně tak bylo využito stejného způsobu získávání vozidlových dat (otáčky motoru, rychlost vozidla a míra sešlápnutí akceleračního pedálu) bezdrátovým OBDII modulem pomocí softwaru Haytham.Obd, který zajišťoval i jejich vzájemnou synchronizaci, a LED diody, indikující aktivaci brzdové soustavy vozidla, viz **obr. 60**.



**Obr. 59:** Zkušební vozidlo [zdroj vlastní]



**Obr. 60:** LED dioda indikující aktivaci brzdové soustavy [zdroj vlastní]

V rámci měření bylo realizováno 15 jízd ve 2 dnech měření. Měření se zúčastnili zkušení řidiči (ve věku 24 až 55 let). Způsob provádění jízdních zkoušek včetně pohybu figurantů po přechodech byl obdobný jako u měření B.

Figuranti na přechodech měli oblečeno různobarevné volnočasové oblečení. Na přechodu C\_P1 měla figurantka modré riflové kraťasy a tmavě modré tričko bez rukávů, viz **obr. 61**, na přechodu C\_P2 měl figurant červené kraťasy a červenobílé tričko s krátkým rukávem, viz **obr. 62**, na přechodu C\_P3 modré riflové kraťasy a červené tričko s krátkým rukávem, viz **obr. 63**, a na přechodu C\_P4 černé kraťasy a modré tričko s krátkým rukávem, viz **obr. 64**.



**Obr. 61:** Figurantka na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C\_P1 [zdroj vlastní]



**Obr. 62:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C\_P2 [zdroj vlastní]



**Obr. 63:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C\_P3 [zdroj vlastní]



**Obr. 64:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C\_P4 [zdroj vlastní]

### 6.2.3.3 Realizace experimentu D

Experiment D byl realizován pro potřeby této dizertační práce a dalších diplomových a dizertačních prací na ÚSI VUT.

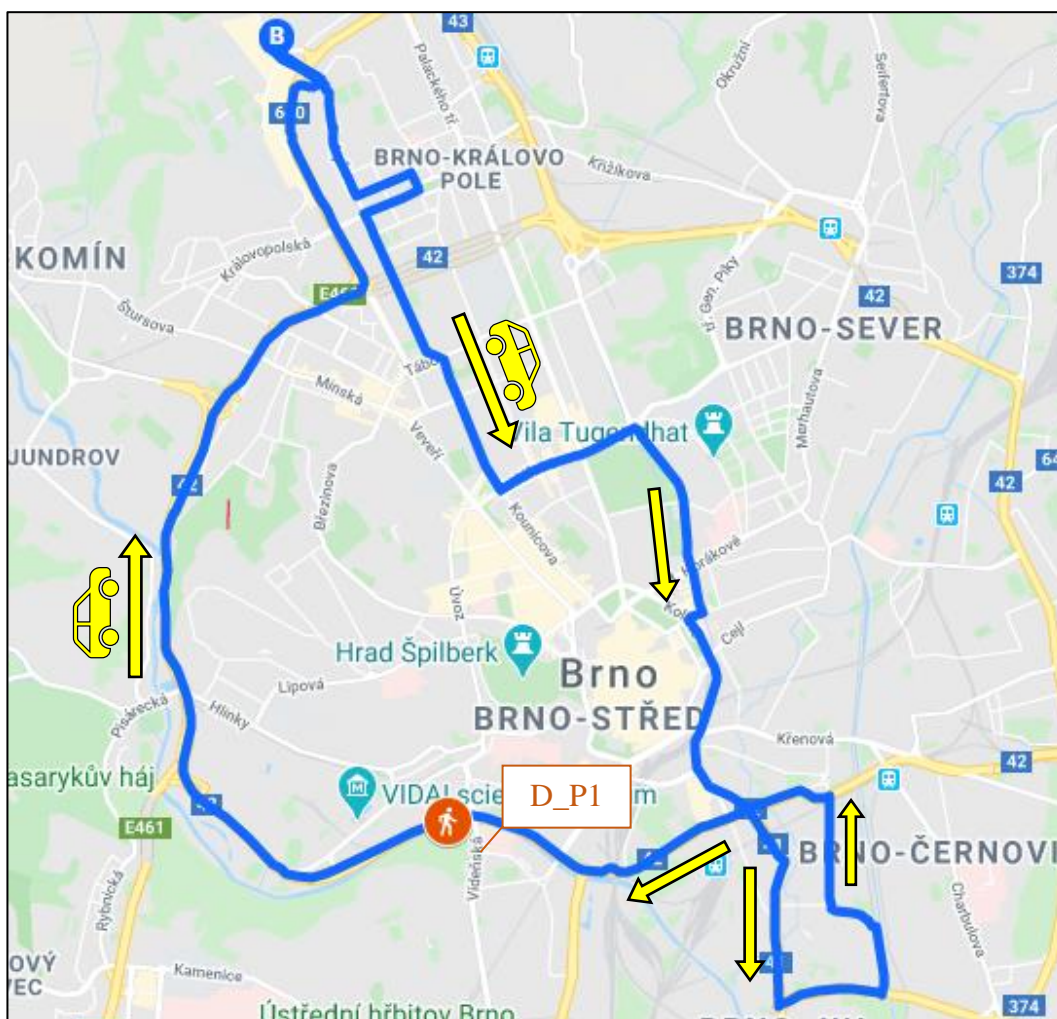
Měření proběhlo v roce 2019 formou jízdních zkoušek v běžném silničním provozu ve městě Brně na plánované trase v délce 22 km, viz **obr. 65**, a to v denní a noční době



za běžných povětrnostních (nezhoršených) podmínek, na 1 přechodu pro chodce, viz **obr. 66**, který byl zvolen na velmi frekventovaném úseku městského okruhu na základě jeho stavebního uspořádání a okolí. Na obrázku je žlutou šipkou znázorněn směr jízdy vozidla a oranžovou směr pohybu chodce (figuranta).

#### Popis místa měření:

Pro měření byl vybrán přechod pro chodce, opatřený vodorovným a svislým dopravním značením a osvětlený pomocí lamp veřejného osvětlení, umístěných po obou stranách komunikace. Přechod (D\_P1), viz **obr. 66**, se nachází na rovném úseku vozovky na ulici Poříčí u křižovatky s ulicí Rybářskou. Přechod vede přes 4 jízdní pruhy a kolejový pás uprostřed přechodu. Svislé dopravní značení přechodu je zvýrazněno žlutým retroreflexním orámováním a vodorovné značení červenými pruhy. Před přechodem se nachází červeně obarvená bezpečnostní protismyková úprava vozovky, tzv. Rocbinda, pro zajištění zkrácení brzdné dráhy vozidel a optického zvýraznění přechodu. Na umístění přechodu upozorňuje před přechodem také výstražné svislé i vodorovné dopravní značení (Pozor, přechod pro chodce).



**Obr. 65:** Plánovaná trasa – experiment D [59]



**Obr. 66:** Přechod D\_P1 – ulice Poříčí, Brno [59]

Popis zkušebního vozidla, měřicího zařízení a figuranta:

Pro měření bylo využito vozidlo BMW 530xD, viz **obr. 67**, které bylo pořízeno ÚSI VUT pro výukové účely. Vozidlo bylo vybaveno měřicí soupravou Vehicle Testing Kit (dále jen VTK) od společnosti Ergoneers, viz **obr. 69** a **obr. 70**, která se skládala z počítače a měřicích a analytických modulů a která umožňovala v jednotném čase měřit a zaznamenávat rozmanitá data, a to:

- směr úhlu pohledu řidiče – pomocí eyetrackeru Dikabliss, viz **obr. 68**, které bylo zapotřebí před započítím každé nové jízdy zkalibrovat,
- data z vozidla (rychlost vozidla, okamžik aktivace brzdové soustavy) – pomocí zařízení Mobileye<sup>®</sup> (ze sběrnice CAN); otáčky motoru a míru sešlápnutí akceleračního pedálu (otevření škrticí klapky) nebylo možné tímto zařízením snímat,
- polohu vozidla – pomocí GPS zařízení (součást VTK),
- nebo například dění v interiéru a exteriéru vozidla pomocí kamer a mikrofonů.



**Obr. 67:** Zkušební vozidlo [zdroj vlastní]



**Obr. 68:** Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Dikabliss [zdroj vlastní]



**Obr. 69:** Ergoneers PC umístěný v zavazadlovém prostoru zkušebního vozidla [archiv ÚSI VUT]



**Obr. 70:** Ovládací monitor připevněný na sedadle spolujezdce [archiv ÚSI VUT]

Celá měřicí souprava byla řízena softwarem D-Lab, umožňujícím plánovat, měřit a vyhodnocovat data z připojených zařízení a snímačů v jednotném čase (synchronně). Více informací o měřicím vozidle a jeho vybavení je popsáno v publikaci [71], které je autor této práce spoluautorem.

V rámci měření bylo realizováno 12 jízd ve dne a 12 jízd v noci, při nichž zkušební řidiči (ve věku 22 až 37 let), neseznámení s cíli měření, projížděli běžným způsobem stanovenou trasu vč. vybraného přechodu pro chodce.

V blízkosti tohoto přechodu ve směru jízdy vozidla vpravo vyčkával v průběhu jízdních zkoušek figurant, který na sobě měl oblečené tmavé oblečení (modré boty, černé kalhoty, šedou bundu a tmavou čepici, viz **obr. 71**).

Úkolem figuranta bylo při příjezdu zkušebního vozidla běžným způsobem přejít přes vozovku před příjíždějícím vozidlem, aniž by sám sebe ohrozil. Přecházení figuranta před zkušebním vozidlem na tomto přechodu je zobrazeno na **obr. 72**.



**Obr. 71:** Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod D\_P1 [zdroj vlastní]



**Obr. 72:** Přecházení figuranta před zkušebním vozidlem – přechod D\_P1 [zdroj vlastní]



#### 6.2.4 Zpracování experimentálně zjištěných dat

Pro zpracování měření bylo využito dat ze 4 realizovaných experimentů (experimenty A, B, C, D), v rámci kterých bylo uskutečněno 71 jízd na 13 typech přechodů pro chodce, v rámci kterých bylo provedeno 212 jízdních zkoušek, 96 jízdních zkoušek bylo provedeno ve dne a 116 v noci. Základní údaje o těchto experimentech jsou shrnuty v **tab. 4**.

**Tab. 4:** Základní údaje o realizovaných experimentech

	<b>Experiment A</b>	<b>Experiment B</b>	<b>Experiment C</b>	<b>Experiment D</b>
Rok realizace	2014	2015	2016	2019
Denní doba realizace	Noc	Den	Den	Den i noc
Použitá vozidla	2 srovnatelná vozidla Škoda Yeti	Škoda Octavia II	Škoda Octavia III	BMW 530dX
Počet jízd	26	6	15	12 a 12
Počet řidičů (věk)	26 (23 až 45 let)	6 (35 až 45 let)	15 (24 až 55 let)	12 (22 až 37 let)
Počet přechodů	4	4	4	1
Počet realizovaných jízdních zkoušek	104	24	60	24
<b>Měřené veličiny a zařízení pro jejich měření / signalizaci</b>				
Směr úhlu pohledu řidiče	Eyetracker (Viewpointssystem®)	Eyetracker (Pupil Labs)	Eyetracker (Pupil Labs)	Eyetracker (Dikabliss)
Okamžitá poloha vozidla	GPS zařízení	-	-	GPS zařízení (součást VTK)
Otáčky motoru	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	-
Rychlost vozidla	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	Bezdrátový OBDII modul	Mobileye® (ze sběrnice CAN)
Použití akceleračního pedálu (otevření škrtkové klapky)	Bezdrátový OBDII modul	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	LED dioda propojená se snímačem polohy brzdového pedálu	Mobileye® (ze sběrnice CAN)
<b>Využitý software při realizaci měření</b>				
Software pro eyetrackery	Viewpointssystem®	Pupil Capture, Pupil Player	Pupil Capture, Pupil Player	D-Lab
Záznam vozidlových dat a jejich synchronizace	Haytham.Obd	Haytham.Obd	Haytham.Obd	D-Lab

Pro zpracování videozáznamů a následné zpracování dat bylo použito více softwarů. V případě experimentu A byl využit software VideoEdit, v případě experimentů B a C volně dostupný software VirtualDub, který umožňuje posun videí po jednotlivých snímcích,

a v případě experimentu D software D-Lab. Pro kompletní zpracování dat (vč. vozidlových dat, příp. údajů o poloze vozidla) byl následně užít software MS Excel. Shrnutí softwarů, využitých pro zpracování dat, je uvedeno v **tab. 5**.

**Tab. 5:** Software využitý pro zpracování dat

	<b>Experiment A</b>	<b>Experiment B</b>	<b>Experiment C</b>	<b>Experiment D</b>
Vyhodnocovací software	VideoEdit	VirtualDub (pro analýzu videozáznamů)	VirtualDub (pro analýzu videozáznamů)	D-Lab
Software pro finální zpracování výsledků	MS Excel	MS Excel	MS Excel	MS Excel

### **6.3 Vyhodnocení a souhrnná prezentace výsledků experimentů**

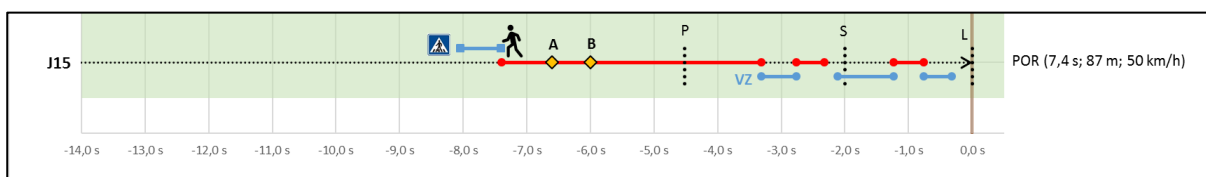
#### **6.3.1 Vyhodnocení jednotlivých jízdních zkoušek**

Jelikož všechny realizované experimenty byly vysoce náročné z hlediska množství vytvářených dat a nutnosti jejich přesné synchronizace, z důvodu nedostatků v záznamech dat nebo v jejich synchronizaci, nebylo možné vyhodnotit všechna měření. Z celkových 212 uskutečněných jízdních zkoušek bylo možné vyhodnotit a dále zpracovat celkem 129 jízdních zkoušek, a to 41 zkoušek, uskutečněných ve dne, a 88 zkoušek, uskutečněných v noci.

Výsledky byly vyhodnocovány vytvořenou metodou č. 3, tedy analyticko-početním a grafickým zpracováním, založeným na využití intervalového (procesního) diagramu v závislosti na času, zbývajícím do průjezdu vozidla přes přechod, viz **kap. 5.3.2.4**. V každé jízdni zkoušce bylo hodnoceno chování řidiče v místě přechodu pro chodce a byla posuzována složitost jízdni situace. Vyhodnocovány byly optické reakce řidiče na dopravní značení, na figuranta, na jiné náhodné účastníky silničního provozu či na jiné významné podněty v blízkosti přechodu. Dále byly analyzovány doby, po které řidič tyto pro něj významné objekty přímo sledoval. V rozhodných okamžicích, tj. v okamžiku POR (první optické reakce) řidiče na figuranta, při vstupu figuranta do vozovky a při průjezdu vozidla přes přechod, byly vyhodnocovány vzdálenosti vozidla od přechodu a okamžité rychlosti vozidla v těchto okamžicích. Dále byly vyhodnocovány reakce řidiče na přecházejícího figuranta, a to okamžik uvolnění akceleračního pedálu a aktivace brzdového pedálu, vždy ve vztahu k pohybu figuranta v jednotlivých úsecích vozovky a v jejím okolí.

Příklad podrobného vyhodnocení jízdni zkoušky č. 15 na přechodu A\_P1 s využitím intervalového (procesního) diagramu je uveden na **obr. 73** (viz též stejné vyhodnocení v souhrnné **příloze č. 2**, zařazené mezi další hodnocené jízdni zkoušky). Vysvětlivky

k použitým symbolům, barevnému rozlišení a zkratkám jsou uvedeny v **příloze č. 1**. Z diagramu, viz **obr. 73**, vyplývá, že řidič před POR (první optickou reakcí) na figuranta po dobu 0,6 s sledoval svislé dopravní značení přechodu, následně na figuranta poprvé opticky reagoval v čase cca 7,4 s před průjezdem vozidla přes přechod (ve vzdálenosti 87 m, při rychlosti vozidla 50 km/h). V čase cca 4,5 s před průjezdem přes přechod figurant vstoupil do jízdního pruhu, v němž se pohybovalo vozidlo (označeno písmenem P), a tento pruh figurant opustil v čase cca 2,0 s před průjezdem vozidla přes přechod (označeno písmenem S). Z levého jízdního pruhu figurant vystoupil v okamžiku průjezdu vozidla přes přechod. Řidič vozidla figuranta od POR sledoval po dobu 4,1 s až do času 3,3 s před průjezdem vozidla přes přechod (znázorněno červenou úsečkou), kdy se figurant stále nacházel v jízdním pruhu, v němž se pohybovalo vozidlo. Následně řidič střídavě sledoval vodorovné značení přechodu (VZ; označeno světle modrou úsečkou) po dobu 0,6 s, figuranta po dobu 0,4 s, vodorovné značení po dobu 0,9 s, figuranta po dobu 0,5 s a opět vodorovné značení po dobu 0,4 s. V dané jízdě řidič reagoval na přecházejícího figuranta uvolněním akceleračního pedálu (označeno písmenem A; 0,80 s od  $t_{POR}$ ) a sešlápnutím brzdového pedálu (označeno písmenem B; 1,40 s od  $t_{POR}$ ).



**Obr. 73:** Vyhodnocení průběhu jízdy J15 v rámci přechodu A\_P1

Souhrnné výsledky z vyhodnocení všech 129 jízdních zkoušek jsou uvedeny v **příloze č. 2**.

V rámci vyhodnocení jednotlivých jízdních zkoušek byla pozornost věnována nejen způsobu chování řidiče, ale též posouzení nebezpečnosti jízdní situace. Na základě podrobného vyhodnocení chování řidičů v jednotlivých jízdních situacích byly jízdy rozděleny do čtyř základních kategorií podle těchto hodnotících kritérií:

- 1) Jízdy zcela bezpečné – jedná se o jízdy, při kterých řidiči opticky reagovali na figuranta v dostatečné vzdálenosti a jízdní situace proto nevyžadovala bezprostřední jednání řidiče; vzniklá jízdní situace zejména nevyžadovala, aby řidič reagoval okamžitým uvolněním akceleračního pedálu, příp. i sešlápnutím brzdy, a pro její řešení postačovalo, aby řidič jen běžným způsobem zpomalil jízdu vozidla a figurant bez problémů přešel vozovku.

- 2) Jízdy se zvýšeným nebezpečím – jedná se o jízdy, ve kterých řidiči na figuranta opticky reagovali později než v kategorii jízd zcela bezpečných, řidiči často již bezprostředně po POR na figuranta korigovali jízdu vozidla, intenzivněji zpomalovali, ale nemuseli zastavit s vozidlem před přechodem.
- 3) Jízdy nebezpečné – jedná se o jízdy, ve kterých řidiči na figuranta opticky reagovali ještě později než v kategorii jízd zcela bezpečných, řidiči bezprostředně po POR na figuranta korigovali jízdu vozidla a museli již brzdit do zastavení, aby figurant mohl přejít přes vozovku.
- 4) Jízdy kritické – jedná se o jízdy, ve kterých řidiči na figuranta opticky reagovali pozdě, případně vůbec a figurant situaci vyhodnotil jako vysoce nebezpečnou a přecházení vozovky vůbec nezahájil.

Pro celkovou přehlednost byly kategorie nebezpečnosti jízdních situací barevně rozlišeny: Jízdy zcela bezpečné jsou označovány barvou zelenou, jízdy se zvýšeným nebezpečím barvou modrou, jízdy nebezpečné barvou oranžovou a jízdy kritické barvou žlutou (viz **příloha č. 2**).

### 6.3.2 Určení kategorií nebezpečnosti jízdních situací

Aby bylo možné kvantifikovat zařazení jednotlivých jízdních situací do jednotlivých kategorií nebezpečnosti, bylo nutné najít vhodný parametr pro hodnocení. Posuzováním nebezpečnosti jízdních situací se zabývali např. autoři Stańczyk a kol. [58], kteří využívali parametr TTC, viz **kap. 4.8**. Parametr TTC je však kvantifikován pouze na základě času zbývajícím do střetu, za předpokladu rovnoměrného pohybu vozidla. Tento parametr se tak pro hodnocení situace na přechodu ukazuje jako nedostatečný, jelikož nijak nezohledňuje specifika dané situace, kdy řidič po optické reakci na chodce musí v řadě případů snížit rychlost vozidla, aby umožnil chodci bezpečné přejetí vozovky. Zároveň s tímto parametrem nelze dále pracovat při analýze dopravní nehody při posuzování příčin jejího vzniku.

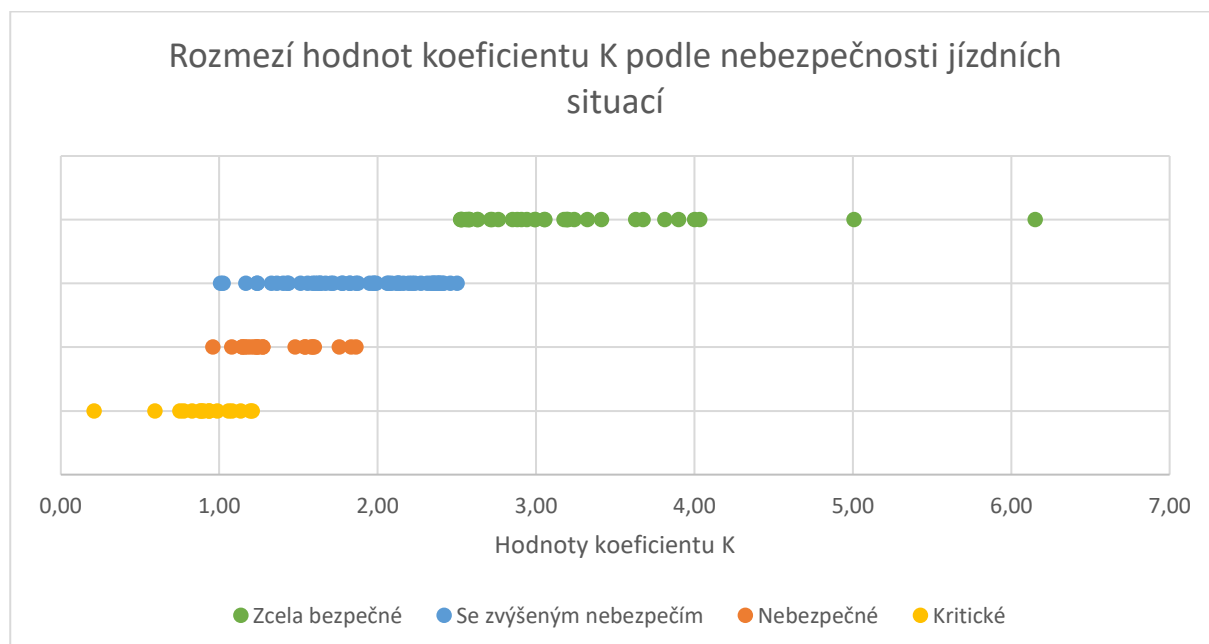
Z výše uvedeného důvodu tak autor sám navrhl pro hodnocení nebezpečnosti situace tzv. koeficient nebezpečnosti  $K$ , který je dán poměrem vzdálenosti vozidla od místa přecházení chodce v okamžiku POR řidiče na chodce a dráhy potřebné na zastavení vozidla z tohoto okamžiku. Dráha potřebná na zastavení vozidla tak zohledňuje jak dráhu ujetou během reakční doby řidiče, tak i brzdnou dráhu vozidla, což jsou při řešení konkrétní dopravní nehody veličiny relativně snadno kvantifikovatelné.

Koeficient  $K$  tak lze vyjádřit vztahem (1), ve kterém  $s_1$  udává vzdálenost vozidla od místa přecházení chodce v okamžiku POR řidiče na chodce a  $s_{bmin}$  udává dráhu potřebnou na zastavení vozidla z tohoto okamžiku. Pro výpočet dráhy  $s_{bmin}$  je uvažováno s běžně udávanou reakční dobou ( $t_r$ ) 1 s a dosažitelným zpomalením vozidla ( $a$ )  $5,8 \text{ m/s}^2$  (tj. takové zpomalení, které lze po řidiči běžně požadovat při vzniku nebezpečné situace). Vlastní vztah pro zjištění koeficientu  $K$  vychází přímo z výpočtu dráhy potřebné na zastavení, a implicitně tak zohledňuje reakční dobu řidiče, rychlost vozidla i adhezní podmínky v místě měření, resp. při praktickém využití při analýze dopravních nehod podmínky v místě dopravní nehody. Podle tohoto vztahu byl pro každou jízdní situaci stanoven koeficient  $K$ . Následně byly jednotlivé jízdy na daných přechodech pro chodce dle jeho výše seřazeny, viz **příloha č. 2**.

$$K = \frac{s_1}{s_{bmin}} = \frac{s_1}{\left( v_1 \cdot t_r + \frac{v_1^2}{2 \cdot a} \right)} \quad (1)$$

Ze vzájemného porovnání výsledků rozdělení jízdních zkoušek do příslušných kategorií nebezpečnosti dle daných kritérií a ze stanovených hodnot koeficientu  $K$  byly dále hledány mezní hodnoty koeficientu  $K$ .

Rozmezí hodnot koeficientu  $K$  podle nebezpečnosti situací, stanovených u všech vyhodnocovaných jízdních zkoušek, je patrné z **obr. 74**.



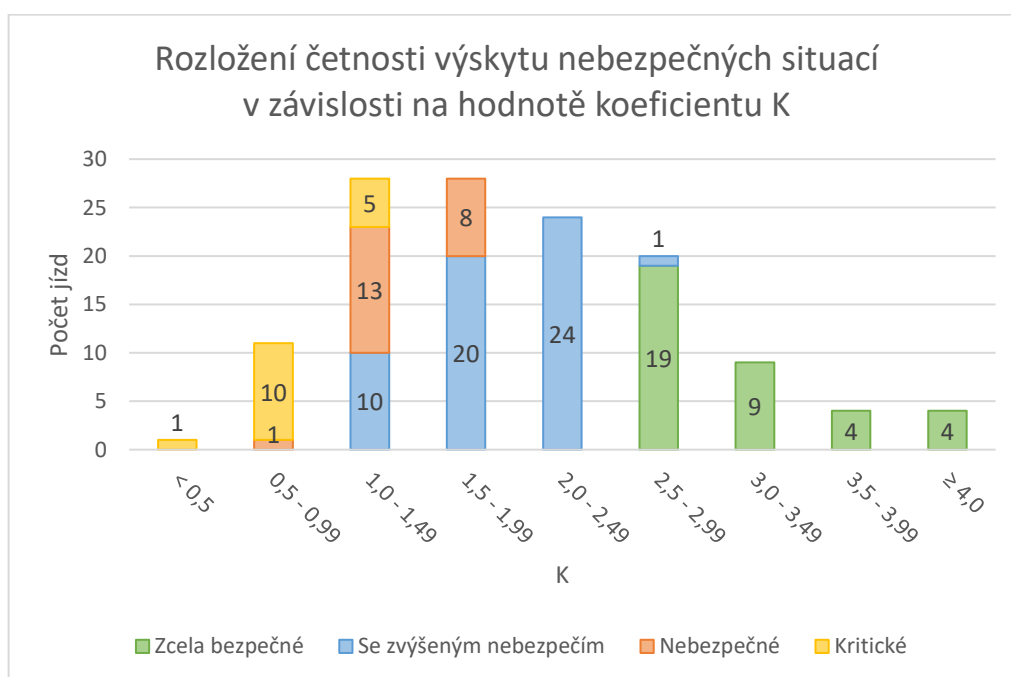
**Obr. 74:** Rozmezí hodnot koeficientu  $K$  podle nebezpečnosti jízdních situací

Z vyhodnocení vyplývá, že jako zcela bezpečné byly vyhodnoceny jízdní situace s hodnotami koeficientu  $K$  vyšším než 2,50. U jízdních situací se zvýšeným nebezpečím se



hodnoty koeficientu  $K$  pohybovaly v intervalu od 1,01 do 2,50, u nebezpečných jízdních situací v intervalu od 0,96 do 1,86 a u kritických jízdních situací v intervalu od 0,21 do 1,21.

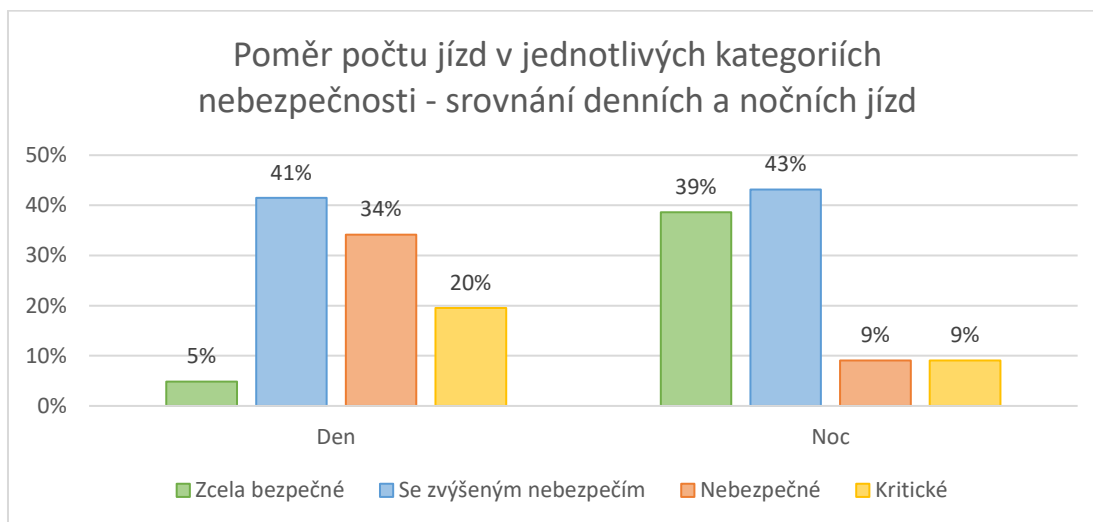
Rozložení četnosti výskytu nebezpečných situací v závislosti na hodnotě koeficientu  $K$  je patrné na **obr. 75**. Z tohoto vyhodnocení vyplývá, že do kategorie jízd zcela bezpečných spadalo celkem 36 jízd (28 % z celkového počtu jízd), kdy u většiny z těchto jízd se pohybovaly hodnoty koeficientu  $K$  v intervalu od 2,50 do cca 4,00, u dvou jízd byly tyto hodnoty výrazně vyšší, a to 5,01 a 6,15. Nejpočetnější skupinu tvořily jízdy se zvýšeným nebezpečím – 55 jízd (43 % z celkového počtu jízd), kdy největší četnosti výskytu těchto situací byly v intervalu hodnot koeficientu  $K$  od 1,50 do 2,50. Do kategorie jízd nebezpečných spadalo celkem 22 jízd (17 % z celkového počtu jízd), u nichž se hodnoty koeficientu  $K$  pohybovaly v intervalu od 0,96 do 1,86 s největší četností výskytu těchto situací v intervalu od 1,00 do 1,49. Hodnoty koeficientu  $K$  menší než 1,00 bylo u této kategorie dosaženo pouze v jedné jízdě ( $K = 0,96$ ). Do kategorie jízd kritických spadalo celkem 16 jízd (12 % z celkového počtu jízd) a hodnota koeficientu  $K$  se u nich pohybovala v intervalu od 0,21 do 1,21 s největší četností výskytu těchto situací v intervalu hodnot 0,50 do 0,99. Hodnoty koeficientu  $K$  vyšší než 1,00 bylo dosaženo v 5 jízdách.



**Obr. 75:** Rozložení četnosti výskytu nebezpečných situací v závislosti na hodnotě koeficientu  $K$

Z porovnání jízd ve dne a v noci vyplývá, že četnost výskytu nebezpečných situací je ve dne vyšší než v noci. Jak vyplývá z **obr. 76**, v případě jízd, realizovaných ve dne (41 vyhodnocovaných jízd), do kategorie jízd zcela bezpečných spadaly 2 jízdy (5 % ze všech

denních jízd), do kategorie jízd se zvýšeným nebezpečím 17 jízd (41 % ze všech denních jízd), do kategorie jízd nebezpečných 14 jízd (34 % ze všech denních jízd) a do kategorie jízd kritických 8 jízd (20 % ze všech denních jízd). Naopak u jízd, realizovaných v noci (88 vyhodnocovaných jízd), spadalo do kategorie jízd zcela bezpečných 34 jízd (39 % ze všech nočních jízd), do kategorie jízd se zvýšeným nebezpečím 38 jízd (43 % ze všech nočních jízd), do kategorie jízd nebezpečných 8 jízd (9 % ze všech nočních jízd) a do kategorie jízd kritických 8 jízd (9 % ze všech nočních jízd).



**Obr. 76:** Poměr počtu jízd v jednotlivých kategoriích nebezpečnosti – srovnání denních a nočních jízd

Z procentuálního porovnání vyplývá, že u jízd, realizovaných ve dne, byla četnost výskytu situací, spadajících do kategorií situací kritických a nebezpečných, vyšší (54 %) než u jízd, realizovaných v noci (18 %). Z podrobné analýzy jednotlivých jízd pak lze dovozovat, že tato skutečnost je v případě jízd, realizovaných ve dne, způsobena zejména vyšší hustotou provozu a vyšším množstvím podnětů, na které museli řidiči při řešení daných dopravních situací reagovat.

Vliv hustoty provozu, jako významného faktoru ovlivňujícího nebezpečnost jízdní situace, potvrzuje například vyhodnocení jízdních zkoušek na přechodu pro chodce na ulici Poříčí (přechod D\_P1, viz **obr. 66**), který ležel v místě s velmi vysokou hustotou provozu. Z vyhodnocení vyplývá, že ve srovnání s ostatními analyzovanými přechody pro chodce převažovaly na tomto přechodu situace, spadající do kategorií situací nebezpečných a kritických, a to jak ve dne, tak i v noci. O vysoké nebezpečnosti tohoto přechodu vypovídá i skutečnost, že pár týdnů po realizaci měření, se na tomto přechodu odehrála dopravní nehoda vozidla s chodkyní, která následkům střetu na místě podlehla. Následně byl přechod spolu s lávkou uzavřen s tím, že bude vybudován přechod nový a bezpečný.

Na základě komplexní analýzy lze dovozovat, že ve všech jízdnicích situacích, tedy jak ve dne, tak v noci, nezávisle na typu přechodu pro chodce, lze uvažovat stejné mezní hodnoty koeficientu  $K$ , které se ukazují jako obecně použitelné pro celé spektrum měřených jízdnicích situací a které odpovídají těmto hodnotám:

- do 1,00 – situace kritické,
- od 1,00 do 1,20 – situace zpravidla kritické či nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím,
- od 1,20 do 2,00 – situace zpravidla nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím,
- od 2,00 do 2,50 – situace se zvýšeným nebezpečím,
- nad 2,50 – situace zcela bezpečné.

### 6.3.3 Další vyhodnocení

#### 6.3.3.1 Způsob zpracování dalších posouzení

Další vyhodnocení jízdnicích situací na přechodech pro chodce je uvedeno v **příloze č. 3**. Na každém z 13 sledovaných přechodů byly posuzovány rozdíly okamžiků POR řidičů na figuranty, okamžiků uvolnění akceleračního pedálu a aktivace brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu. Tyto jízdnicí situace byly uspořádány dle vymezených kategorií nebezpečnosti jízdnicí situace a dle stanoveného koeficientu  $K$ .

V rámci vymezených kategorií nebezpečnosti jízdnicí situace byly následně na každém sledovaném přechodu stanoveny průměrné hodnoty vzdáleností vozidel od přechodu v okamžiku  $t_{POR}$  a vstupu figuranta do vozovky, rychlostí vozidel v těchto okamžicích a rychlostí v okamžiku průjezdu vozidla přes přechod, reakčních dob řidičů (tj. dob od okamžiku POR do okamžiku uvolnění akceleračního pedálu a aktivace brzdového pedálu) a poměrných dob pozorování figuranta řidičem.

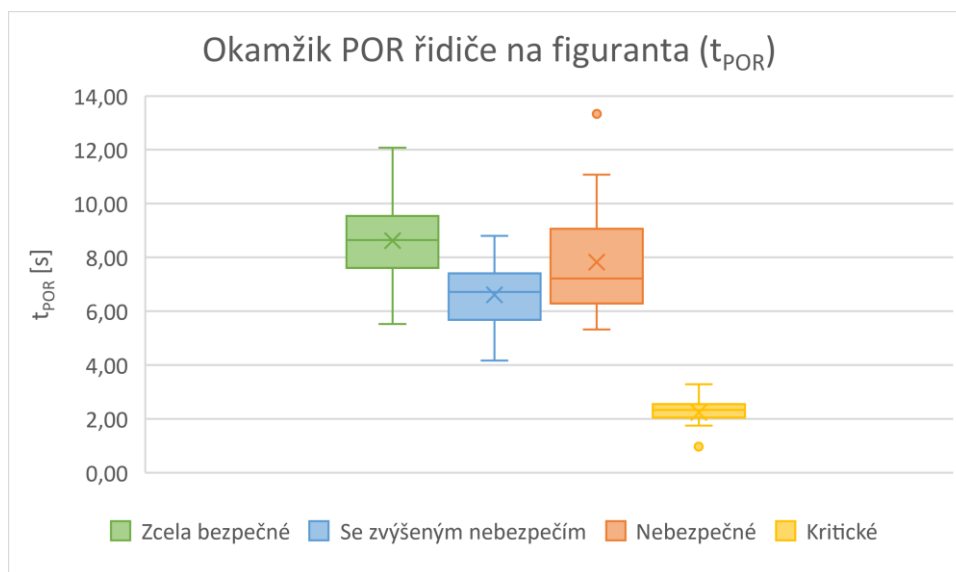
Na základě těchto podrobných vyhodnocení jízdnicích situací na přechodech pro chodce se následná souhrnná vyhodnocení zabývají problematikou:

- 1) okamžiku POR řidiče na chodce a vzdálenosti vozidla od přechodu v tomto okamžiku,
- 2) reakční doby, tj. doby od okamžiku POR řidiče na figuranta do okamžiku aktivace brzdového pedálu,
- 3) míry pozornosti, kterou řidič figurantovi věnoval.

### 6.3.3.2 *Vyhodnocení č. 1: První optická reakce (POR) řidiče na chodce*

S mírou nebezpečnosti jízdní situace úzce souvisí okamžik POR (první optické reakce) řidiče na figuranta a vzdálenost vozidla od místa přecházení v tomto okamžiku.

Okamžiky, kdy se pro řidiče figurant stal v dynamických podmínkách významným vizuálním podnětem, tedy kdy na něj poprvé opticky reagoval ( $t_{POR}$ ), jsou ze všech vyhodnocovaných jízd patrné z **obr. 77** a **tab. 6**. Statisticky zpracované hodnoty  $t_{POR}$  jsou rozděleny dle kategorií nebezpečnosti jednotlivých jízdních situací. Z vyhodnocení vyplývá, že s rostoucí nebezpečností situací se střední hodnoty  $t_{POR}$  zkracují. V případě kategorie jízd zcela bezpečných je střední hodnota okamžiku POR řidiče na figuranta do průjezdu vozidla přes přechod 8,64 s, u kategorií jízd se zvýšeným nebezpečím 6,72 s, u kategorií jízd nebezpečných 7,22 s a u kategorie jízd kritických 2,33 s. Na základě komplexního vyhodnocení, provedeného v **příloze č. 2** a **č. 3**, lze uvést, že hodnoty  $t_{POR}$  závisí zejména na stavebním uspořádání přechodu pro chodce, jeho okolí, hustotě provozu a významnosti podnětu (figuranta).

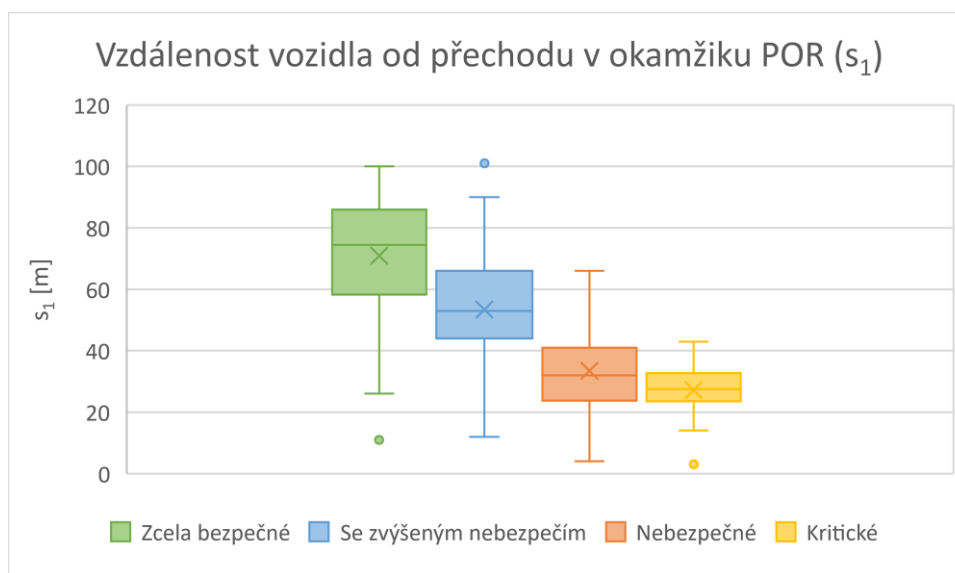


**Obr. 77:** Okamžik POR řidiče na figuranta ( $t_{POR}$ ) – všechny jízdy

**Tab. 6:** Hodnoty  $t_{POR}$  – všechny jízdy

	Kategorie nebezpečnosti			
	Zcela bezpečné	Se zvýšeným nebezpečím	Nebezpečné	Kritické
<b>25. percentil</b>	7,61 s	5,68 s	6,28 s	2,05 s
<b>Medián</b>	8,64 s	6,72 s	7,22 s	2,33 s
<b>75. percentil</b>	9,54 s	7,40 s	9,07 s	2,55 s
<b>Průměr</b>	8,62 s	6,61 s	7,82 s	2,23 s

Obdobně jako okamžiky POR řidiče na figuranta byly statisticky zpracovány také hodnoty vzdáleností vozidla od přechodu v těchto okamžicích ( $s_1$ ), viz **obr. 78** a **tab. 7**. Z vyhodnocení vyplývá, že střední hodnota vzdálenosti vozidla od přechodu pro chodce, při níž řidiči poprvé opticky reagovali na figuranta, je u kategorie jízd zcela bezpečných 75 m, u jízd se zvýšeným nebezpečím 53 m, u jízd nebezpečných 32 m a u jízd kritických 28 m.

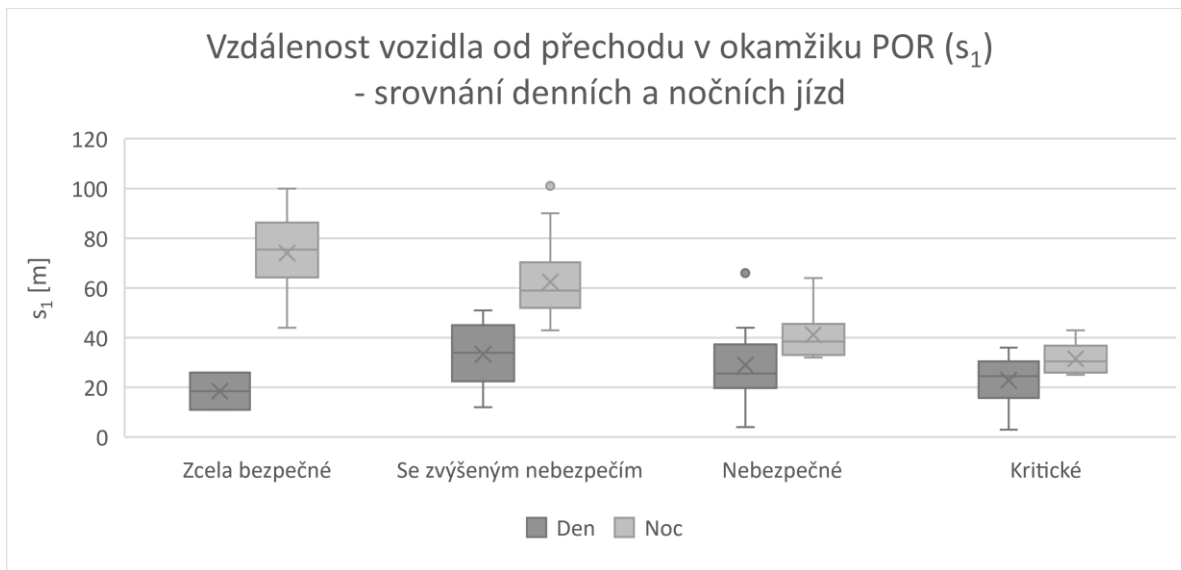


**Obr. 78:** Vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – všechny jízdy

**Tab. 7:** Hodnoty vzdálenosti vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – všechny jízdy

	Kategorie nebezpečnosti			
	Zcela bezpečné	Se zvýšeným nebezpečím	Nebezpečné	Kritické
<b>25. percentil</b>	58 m	44 m	24 m	24 m
<b>Medián</b>	75 m	53 m	32 m	28 m
<b>75. percentil</b>	86 m	66 m	41 m	33 m
<b>Průměr</b>	71 m	53 m	33 m	27 m

Z provedeného porovnání jízd, realizovaných ve dne a v noci, viz **obr. 79** a **tab. 8**, vyplývá, že při nočních jízdách řidiči poprvé opticky reagovali na figuranta v delších vzdálenostech od přechodu pro chodce než v jízdách, realizovaných ve dne. Oproti tomu střední hodnoty okamžiků, ve kterých řidiči poprvé opticky reagovali na chodce ( $t_{POR}$ ), se v rámci denních a nočních jízd v jednotlivých kategoriích nebezpečnosti nijak významně nelišily.



**Obr. 79:** Vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – srovnání denních a nočních jízd

**Tab. 8:** Hodnoty vzdálenosti vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – srovnání denních a nočních jízd

	Kategorie nebezpečnosti							
	Zcela bezpečné		Se zvýšeným nebezpečím		Nebezpečné		Kritické	
	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc
<b>25. percentil</b>	-	64 m	23 m	52 m	20 m	33 m	16 m	26 m
<b>Medián</b>	19 m	76 m	34 m	59 m	26 m	39 m	25 m	31 m
<b>75. percentil</b>	-	86 m	45 m	70 m	37 m	46 m	31 m	37 m
<b>Průměr</b>	19 m	74 m	33 m	62 m	29 m	41 m	23 m	32 m

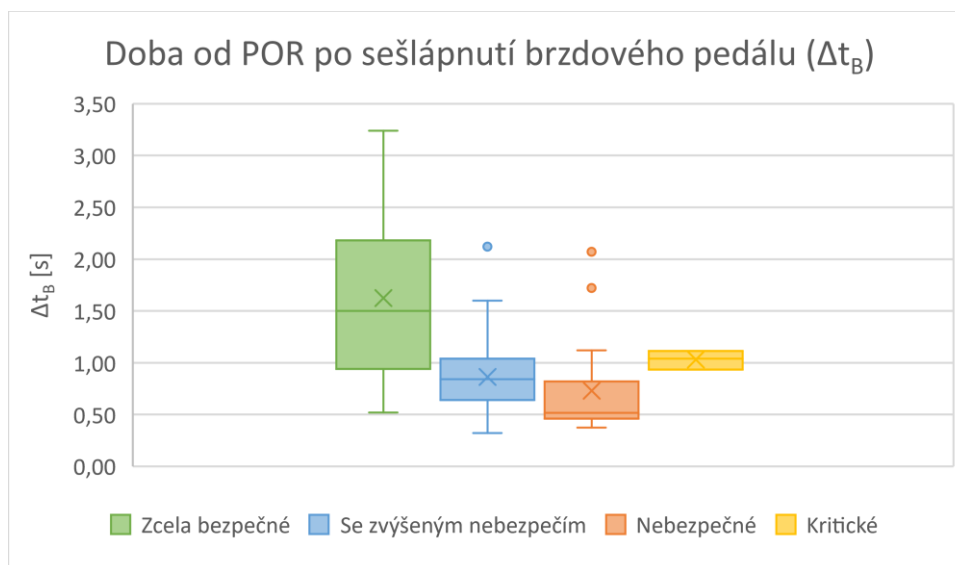
### 6.3.3.3 Vyhodnocení č. 2: Reakční doba ( $\Delta t_B$ )

Míra nebezpečnosti jízdní situace významně ovlivňuje délku reakční doby řidiče, resp. dobu od okamžiku POR řidiče na figuranta do okamžiku aktivace brzdového pedálu.

Při vyhodnocení byly z okamžiků aktivace brzdového pedálu  $t_B$  vypočteny odpovídající délky reakčních dob od okamžiku POR řidiče na figuranta dle vztahu  $\Delta t_B = t_{POR} - t_B$ . Délky reakčních dob řidiče na figuranta v závislosti na nebezpečnosti jízdní situace jsou ze všech vyhodnocovaných jízd patrné z **obr. 80** a **tab. 9**.

Z vyhodnocení délky této doby vyplývá, že vzrůstající nebezpečnost jízdní situace vyvolává potřebu jejího okamžitého řešení a vede ke zkrácení reakční doby. Spodní hranice je však přirozeně omezena schopnostmi člověka. Střední hodnota reakční doby byla u kategorie jízd zcela bezpečných 1,50 s, se zvýšeným nebezpečím 0,84 s, nebezpečných 0,52 s a u kategorie jízd kritických 1,04 s. Z celkového počtu jízd spadajících do kategorie jízd

kritických (16 jízd) reagovali řidiči na figuranta aktivací brzdového pedálu pouze ve 3 jízdách (tj. v 19 % případů). V ostatních kategoriích takto reagovali řidiči v 75 až 90 % případů.



**Obr. 80:** Doba od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – všechny jízdy

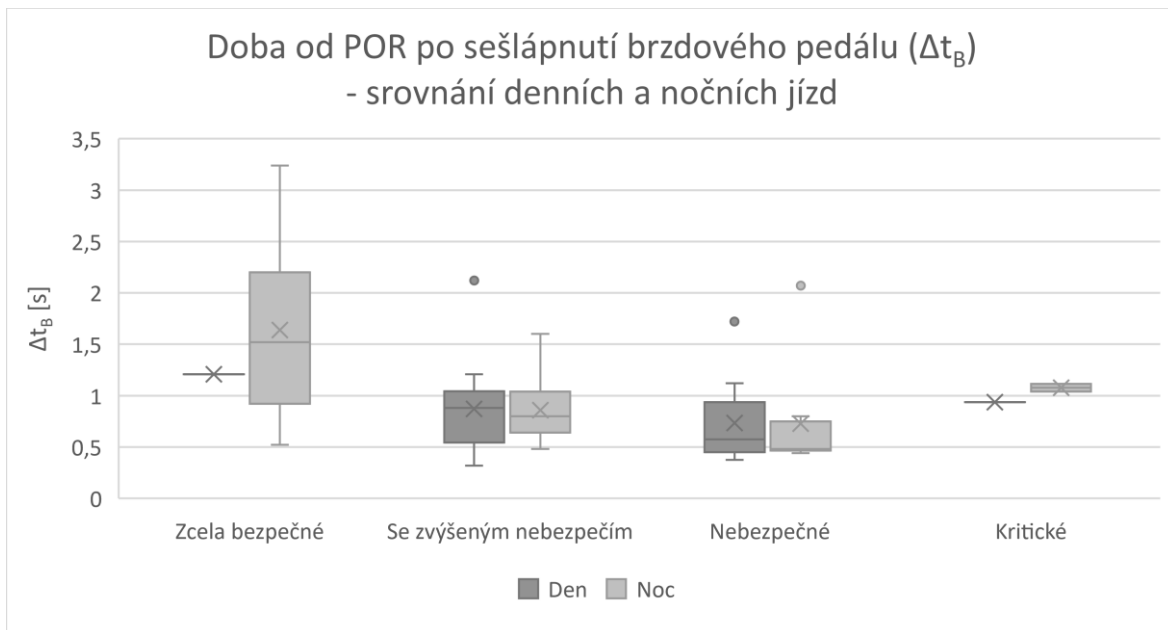
**Tab. 9:** Hodnoty doby od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – všechny jízdy

	Kategorie nebezpečnosti			
	Zcela bezpečné	Se zvýšeným nebezpečím	Nebezpečné	Kritické
<b>25. percentil</b>	0,94 s	0,64 s	0,46 s	0,94 s
<b>Medián</b>	1,50 s	0,84 s	0,52 s	1,04 s
<b>75. percentil</b>	2,18 s	1,04 s	0,82 s	1,11 s
<b>Průměr</b>	1,62 s	0,86 s	0,73 s	1,03 s

Z porovnání jízd, realizovaných ve dne a v noci, viz **obr. 81** a **tab. 10**, vyplývá, že střední hodnoty reakčních dob u kategorií, u nichž lze vycházet z dostatečného počtu hodnot, tj. kategorií situací se zvýšeným nebezpečím a situací nebezpečných, byly u nočních jízd ve srovnání s jízdami denními mírně nižší.

**Tab. 10:** Hodnoty doby od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – srovnání denních a nočních jízd

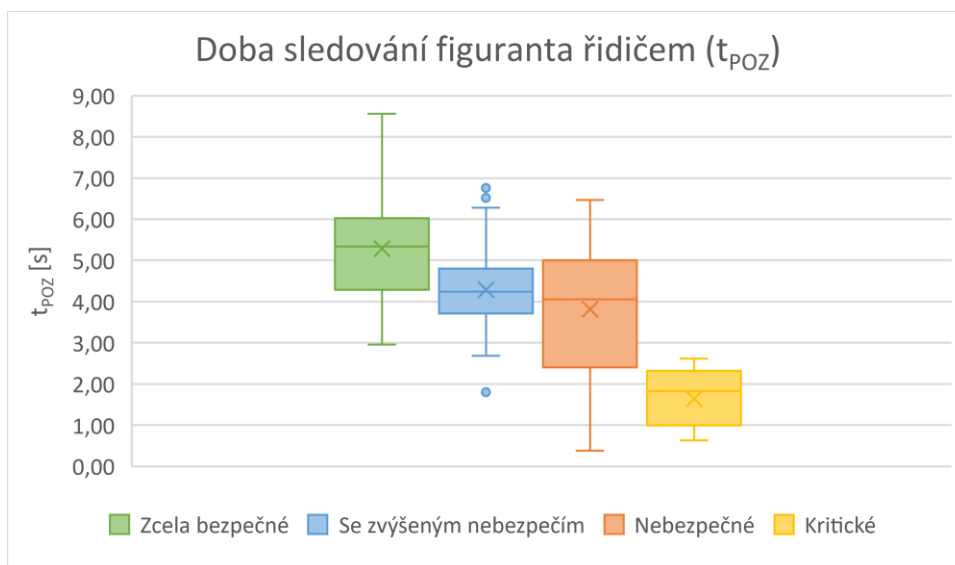
	Kategorie nebezpečnosti							
	Zcela bezpečné		Se zvýšeným nebezpečím		Nebezpečné		Kritické	
	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc
<b>25. percentil</b>	-	0,92 s	0,54 s	0,64 s	0,45 s	0,46 s	-	-
<b>Medián</b>	1,21 s	1,52 s	0,88 s	0,80 s	0,57 s	0,48 s	0,94 s	1,08 s
<b>75. percentil</b>	-	2,20 s	1,04 s	1,04 s	0,94 s	0,75 s	-	-
<b>Průměr</b>	1,21 s	1,64 s	0,87 s	0,86 s	0,73 s	0,73 s	0,94 s	1,08 s



**Obr. 81:** Doba od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – srovnání denních a nočních jízd

#### 6.3.3.4 Vyhodnocení č. 3: Míra pozornosti $M_{POZ}$ , kterou řidič věnoval figurantovi

Nebezpečnost jízdní situace také významně ovlivňuje míru pozornosti, kterou řidič figurantovi věnoval. Z vyhodnocení realizovaných měření obecně vyplývá, že míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidič věnoval figurantovi, roste se zvyšující se nebezpečností jízdní situace. Čím kratší čas má řidič na řešení jízdní situace ( $t_{POR}$ ; viz **obr. 77** a **tab. 6**), tím větší část doby, kterou má k dispozici, věnuje přímému pozorování nebezpečného objektu ( $t_{POZ}$ ; viz **obr. 82** a **tab. 11**). V kategorii jízd zcela bezpečných přímo sledovali řidiči figuranta po dobu se střední hodnotou 5,34 s, oproti tomu v kategorii jízd kritických to bylo již jen 1,83 s.



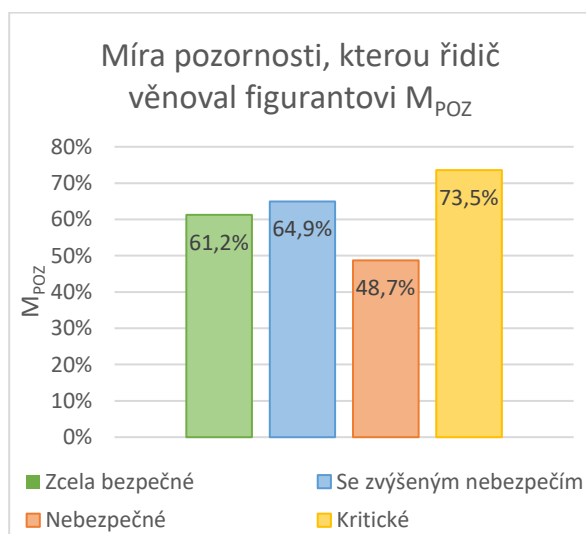
**Obr. 82:** Doba sledování figuranta řidičem ( $t_{POZ}$ ) – všechny jízdy



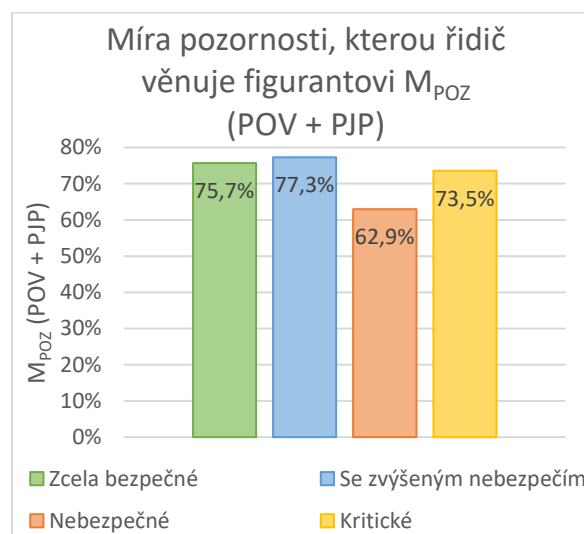
**Tab. 11:** Hodnoty doby sledování figuranta řidičem ( $t_{POZ}$ ) – všechny jízdy

	Kategorie nebezpečnosti			
	Zcela bezpečné	Se zvýšeným nebezpečím	Nebezpečné	Kritické
<b>25. percentil</b>	4,29 s	3,71 s	2,41 s	1,00 s
<b>Medián</b>	5,34 s	4,24 s	4,05 s	1,83 s
<b>75. percentil</b>	6,02 s	4,80 s	5,01 s	2,32 s
<b>Průměr</b>	5,28 s	4,29 s	3,81 s	1,64 s

Skutečnost, že míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidič věnoval figurantovi, roste se zvyšující se nebezpečností jízdní situace, vyplývá zejména z vyhodnocení jízd uskutečněných v nočních podmínkách, viz **obr. 87**. V případě denních jízd tvoří výjimku jízdy v kategorii jízd nebezpečných, viz **obr. 85**, při nichž byli řidiči nuceni brzdit před přechodem pro chodce do zastavení vozidla a během tohoto zastavení přesouvali často svoji pozornost také na další podněty, zejm. jiné náhodné účastníky provozu, např. jiné chodce přecházející po předmětném přechodu apod. Souhrnné výsledky míry pozornosti  $M_{POZ}$  ze všech vyhodnocených jízd jsou znázorněny na **obr. 83**.

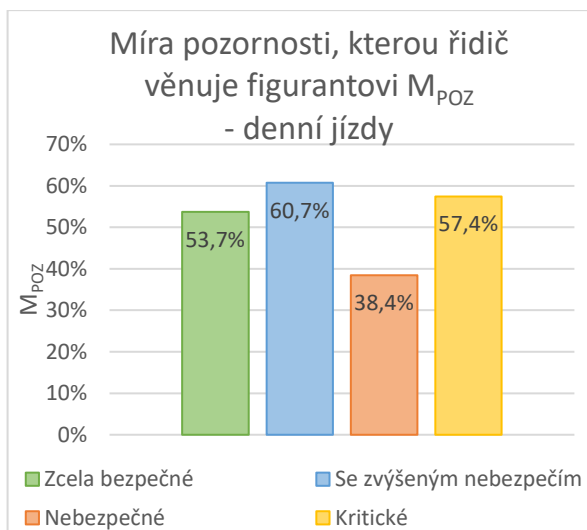


**Obr. 83:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – všechny jízdy

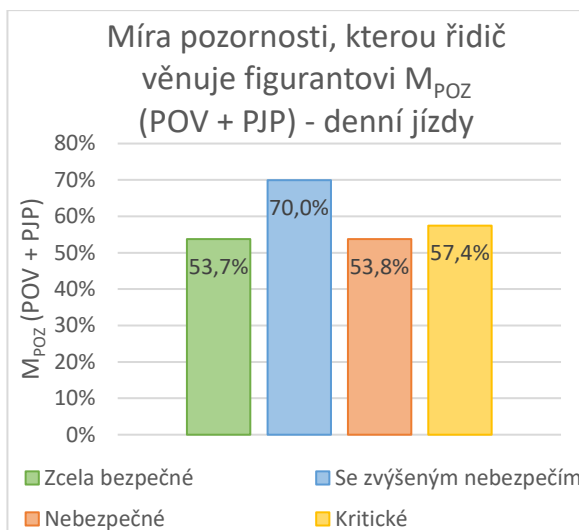


**Obr. 84:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – všechny jízdy

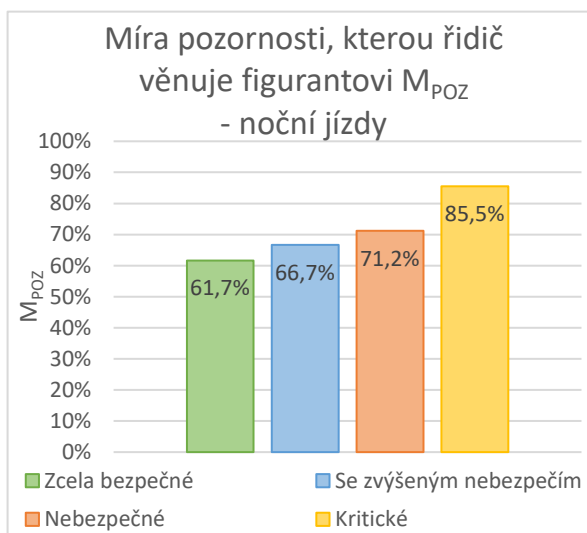
Z porovnání vyhodnocení denních a nočních jízd dále vyplývá, že větší míru pozornosti věnovali řidiči figurantovi v průběhu nočních jízd, a to zejména z důvodu nižší hustoty provozu, kdy nemuseli tak často svoji pozornost přesouvat mezi další náhodné účastníky silničního provozu, viz srovnání **obr. 85** a **obr. 87**.



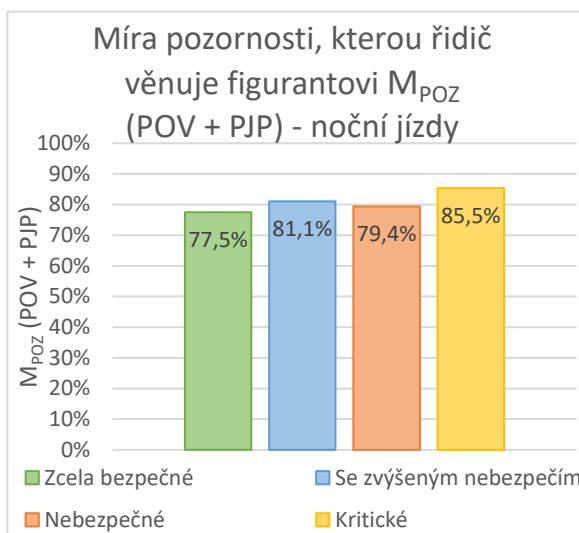
**Obr. 85:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – denní jízdy



**Obr. 86:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – denní jízdy



**Obr. 87:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – noční jízdy



**Obr. 88:** Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – noční jízdy

Největší pozornost figurantovi věnovali řidiči před vstupem do vozovky a během jeho pohybu v pravém jízdním pruhu, viz **obr. 84**, **obr. 86** a **obr. 88**, a to především v době, kdy se figurant pohyboval v koridoru jízdy vozidla. Jak vyplývá z **obr. 84**, věnovali řidiči figurantovi před vstupem do vozovky a během jeho pohybu v pravém jízdním pruhu míru pozornosti průměrně ve výši cca 63 až 77 % z doby, po kterou se figurant v těchto místech pohyboval. Jakmile však figurant opustil pravý jízdní pruh, tedy jízdní pruh, ve kterém se pohybovalo vozidlo, jemu věnovaná míra pozornosti řidiči výrazně klesla průměrně na cca

9 až 30 % z doby od opuštění pravého jízdního pruhu do průjezdu vozidla přes přechod pro chodce.

#### 6.3.4 Aplikace koeficientu nebezpečnosti K při analýze dopravních nehod

##### Aplikace koeficientu nebezpečnosti K při analýze skutečného průběhu dopravní nehody

Nalezených hranic pro hodnocení míry nebezpečnosti situace je vhodné využít při analýze dopravních nehod.

Na základě analýzy pohybu vozidla před střetem se dovodí okamžik, kdy řidič na chodce opticky reagoval. Návazně se podle vztahu (1) stanoví koeficient nebezpečnosti  $K$ . Porovnáním se zjištěnými mezními hodnotami pro koeficient  $K$  se přímo určí míra nebezpečnosti dané nehodové situace v okamžiku dovozené reakce řidiče. V případech, kdy okamžik první optické reakce řidiče nelze při analýze dopravní nehody dovodit, jelikož řidič na chodce opticky nereagoval, nelze hodnotu koeficientu  $K$  pro posouzení nebezpečnosti nehodové situace stanovit, neboť nebezpečnost těchto situací je dána právě skutečností, že řidič na chodce nereagoval.

##### Aplikace koeficientu nebezpečnosti K při analýze možností zabránění střetu

Koeficientu  $K$  se návazně využije též v rámci analýz souvisejících s posuzováním možností zabránění střetu jednotlivými účastníky dopravní nehody.

V případech, kdy se posuzuje, zda řidič mohl nehodě zabránit včasnější reakcí, se při analýze dopravní nehody zjistí okamžik možné POR řidiče na chodce v daném místě dopravní nehody (např. konkretizačním experimentem). Podle vztahu (1) se stanoví koeficient nebezpečnosti  $K$  pro tuto variantu a zhodnotí se nebezpečnost dané situace.

V případech, kdy se posuzuje, zda řidič mohl nehodě zabránit jízdou povolenou rychlostí, se vyjde z povolené rychlosti v místě dopravní nehody. Podle vztahu (1) se stanoví koeficient nebezpečnosti  $K$  pro tuto variantu a zhodnotí se nebezpečnost dané situace.

Pro další podrobnější analýzy se mohou též využít vztahy (2) a (3), odvozené ze vztahu (1), pomocí kterých lze dovozovat varianty chování řidiče, které by odpovídaly např. situaci zcela bezpečné, příp. situaci se zvýšeným nebezpečím apod. Dosazením mezních hodnot koeficientu  $K$  a vhodně zvolených hodnot veličin  $v_1$ ,  $t_r$  a  $a$  do těchto vztahů lze stanovit mezní vzdálenosti vozidla od chodce či mezní rychlosti vozidla v okamžiku POR řidiče na chodce.

$$s_1 = K \cdot \left( v_1 \cdot t_r + \frac{v_1^2}{2 \cdot a} \right) \quad (2)$$

$$v_1 = \frac{-2 \cdot a \cdot t_r \cdot K + \sqrt{(2 \cdot a \cdot t_r \cdot K)^2 - 4 \cdot K \cdot (-2 \cdot a \cdot s_1)}}{2 \cdot K} \quad (3)$$

#### 6.4 Závěr k řešení problému č. 2

Data pro řešení problému č. 2 byla získána analýzou rozsáhlého souboru 129 jízdnic zkoušek, které ukazují dobrou využitelnost koeficientu  $K$  pro posuzování nebezpečnosti jízdnic situací, které vznikají v místech přecházení chodců. Tyto lze vhodně rozlišovat podle hodnot koeficientu  $K$  a jako vhodné mezní hodnoty tohoto koeficientu se ukazují hodnoty 1,00, 1,20, 2,00 a 2,50. Na základě těchto mezních hodnot lze dobře rozlišit mezi 5 typy jízdnic situací. Při hodnotách koeficientu  $K$  1,00 a nižších se vždy jedná o situace kritické, při hodnotách koeficientu  $K$  od 1,00 do 1,20 se jedná o situace zpravidla kritické či nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, při hodnotách koeficientu  $K$  od 1,20 do 2,00 se jedná o situace zpravidla nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, při hodnotách koeficientu  $K$  od 2,00 do 2,50 se jedná o situace se zvýšeným nebezpečím a při hodnotách koeficientu  $K$  nad 2,50 se jedná o situace zcela bezpečné. Z výsledků realizovaných experimentů lze dovozovat, že tyto nalezené mezní hodnoty koeficientu  $K$  jsou obecně použitelné pro velmi široké spektrum jízdnic situací.

Mezní hodnoty koeficientu  $K$  lze návazně též vhodně využít při analýze dopravních nehod jak pro posouzení nebezpečnosti situace při analýze skutečného průběhu nehody, tak i při posuzování možností účastníků nehody zabránit střetu. Pomocí vztahu pro stanovení koeficientu  $K$  (1) lze dovést, jak nebezpečná situace by nastala, pokud by řidič včas reagoval, anebo by jel povolenou rychlostí. Současně pomocí odvozených vztahů (2) a (3) pro stanovení mezních vzdáleností a rychlostí lze dovozovat varianty chování řidiče, které by odpovídaly např. situaci zcela bezpečné, příp. situaci se zvýšeným nebezpečím.

Z provedených analýz dále vyplývá, že s rostoucí nebezpečností jízdnic situace se zkracují střední hodnoty času, ve kterém se pro řidiče figurant stal v dynamických podmínkách významným vizuálním podnětem, tedy kdy na něj poprvé opticky reagoval. V případě kategorie jízd zcela bezpečných byla střední hodnota okamžiku POR řidiče na figuranta do průjezdu vozidla přes přechod 8,64 s (se střední hodnotou vzdálenosti vozidla od přechodu 75 m), u kategorií jízd se zvýšeným nebezpečím 6,72 s (se střední hodnotou vzdálenosti vozidla od přechodu 53 m), u kategorií jízd nebezpečných 7,22 s (se střední hodnotou vzdálenosti vozidla od přechodu 32 m) a u kategorie jízd kritických 2,33 s (se střední hodnotou vzdálenosti vozidla od přechodu 28 m).

Dále se ukazuje, že vzrůstající nebezpečnost jízdní situace vyvolává potřebu jejího okamžitého řešení a vede ke zkrácení reakční doby. Spodní hranice je však přirozeně omezena schopnostmi člověka. Střední hodnota reakční doby byla u kategorie jízd zcela bezpečných 1,50 s, se zvýšeným nebezpečím 0,84 s, nebezpečných 0,52 s a u kategorie jízd kritických 1,04 s. Z celkového počtu jízd spadajících do kategorie jízd kritických (16 jízd) reagovali řidiči na figuranta aktivací brzdového pedálu pouze ve 3 jízdách (tj. v 19 % případů). V ostatních kategoriích takto reagovali řidiči v 75 až 90 % případů.

Z provedených analýz také vyplývá, že míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi, roste se zvyšující se nebezpečností jízdní situace. Čím kratší čas má řidič na řešení jízdní situace, tím větší část doby, kterou má k dispozici, věnuje přímému pozorování chodce, a to zejména před jeho vstupem do vozovky a během přecházení jízdního pruhu, v němž se pohybuje řidič s vozidlem, a to zejména v době pohybu figuranta v koridoru jízdy vozidla. Před vstupem do vozovky a během jeho pohybu v pravém jízdním pruhu věnovali řidiči figurantovi míru pozornosti průměrně ve výši cca 63 až 77 % z doby, po kterou se figurant v těchto místech pohyboval. Jakmile však figurant opustil pravý jízdní pruh (tj. jízdní pruh, ve kterém se pohybovalo vozidlo), jemu věnovaná míra pozornosti řidiči výrazně klesla průměrně na cca 9 až 30 % z doby od opuštění pravého jízdního pruhu do průjezdu vozidla přes přechod pro chodce.

## **7 ŘEŠENÍ PROBLÉMU Č. 3: VERIFIKOVAT EXPERIMENTÁLNĚ ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY**

### **7.1 Úvod k řešení problému č. 3**

Při řešení dopravních nehod a související analýze možností účastníků zabránit jejímu vzniku se setkáváme s problémem absence kritérií pro posouzení nebezpečnosti situace, která vedla k dopravní nehodě (dále DN). Nebezpečnou situaci v místě určeném pro přecházení chodců může vytvořit jak řidič, tak i chodec. Řidič typicky tím, že v daném místě jede rychlostí vyšší než v místě povolenou, anebo se nevěnuje řízení a na přecházejícího chodce reaguje opožděně či nereaguje vůbec. Chodec pak typicky tím, že vstoupí do vozovky, aniž by se dostatečně ujistil, zda může vozovku bezpečně přejít, a vstoupí do vozovky bezprostředně před blížícím se vozidlem. K řešení této situace mohou významně napomoci nalezené mezní hodnoty koeficientu  $K$ , pomocí nichž je možné dobře rozlišit mezi 5 typy jízdních situací (tj. situace kritické, situace zpravidla kritické či nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, situace zpravidla nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, situace se zvýšeným nebezpečím a situace zcela bezpečné). Jelikož realizované jízdní zkoušky byly organizovány tak, aby při nich nedošlo k DN, jeví se jako potřebné tyto mezní hodnoty verifikovat na základě analýz, založených na využití výsledků z řešení skutečných DN.

### **7.2 Vstupní údaje pro řešení problému č. 3**

Pro ověření vhodnosti nalezených mezních hodnot koeficientu  $K$  bylo využito 8 řešených reálných DN vozidel s chodci, které vznikly v místě přecházení chodců.

Data, popisující posuzované nehodové situace, byla získána z databáze řešených znaleckých posudků z archivu Ústavu soudního inženýrství VUT a doc. Ing. Bc. Marka Semely, Ph.D. Vycházeno bylo z dat poskytnutých v anonymizované podobě pro výzkumné účely. Podrobné informace o jednotlivých uvažovaných DN jsou uvedeny v **příloze č. 4**.

U vybraných DN byly nejprve zhodnoceny podmínky, za kterých k DN došlo. Sledována byla 4 kritéria, kterými jsou:

- místo DN,
- denní doba v době vzniku DN,
- způsob pohybu chodce přes vozovku a
- závažnost zranění chodce.

Uspořádané údaje podle těchto kritérií jsou v přehledu uvedeny v **tab. 12**.

Ze zhodnocení podmínek, za kterých k DN došlo, vyplývá, že z hlediska místa DN se v 7 případech jednalo o DN v intravilánu obcí a v 1 případě v extravilánu obce.

Z hlediska denní doby se v 5 případech jednalo o DN, ke kterým došlo v denních podmínkách, a ve 3 případech o DN, ke kterým došlo v nočních podmínkách.

Z hlediska způsobu pohybu chodce přes vozovku u 4 DN chodci přecházeli přes vozovku ve směru jízdy vozidla zleva, a to mimo přechod pro chodce, u 2 DN chodci přecházeli vozovku po přechodu pro chodce zprava, u 1 DN přecházel chodec vozovku po přechodu zleva a u 1 DN přecházel chodec komunikaci zleva v blízkosti přechodu pro chodce.

Lze shrnout, že použitý soubor DN tak odpovídá velmi širokému spektru podmínek při vzniku DN.

Z hlediska závažnosti zranění chodce došlo k těžkému zranění chodců u 3 DN a ke smrtelnému zranění chodců u 5 ze sledovaných DN. Podrobně viz **tab. 12** níže.

**Tab. 12: Základní údaje o dopravních nehodách**

DN	Extravilán / intravilán		Denní doba			Pohyb chodce po vozovce	Závažnost zranění chodce
	Místo DN	Obec	Měsíc	Čas DN	Doba DN		
DN č. 1	v obci	Nový Přerov	prosinec	17:35	noc – astronomický soumrak	zleva – přecházející vozovku	smrtelné
DN č. 2	v obci	Svatobořice – Místřín	prosinec	19:00	noc	zleva – přecházející vozovku	těžké zranění
DN č. 3	mimo obec	Zádveřice-Raková	prosinec	16:44	noc – nautický soumrak	zleva – přecházející vozovku	smrtelné
DN č. 4	v obci	Velké Němčice	květen	20:10	den – konec zlaté hodiny	zprava – přecházející vozovku po přechodu pro chodce	smrtelné
DN č. 5	v obci	Luhačovice	leden	15:25	den – zlatá hodina	zleva – přecházející vozovku po přechodu pro chodce	těžké zranění
DN č. 6	v obci	Letovice	listopad	16:43	noc – nautický soumrak	zleva – přecházející vozovku v blízkosti přechodu pro chodce	smrtelné
DN č. 7	v obci	Letovice	leden	15:50	den – začátek zlaté hodiny	zprava – přecházející vozovku po přechodu pro chodce	těžké zranění
DN č. 8	v obci	Jičín	leden	18:54	noc	zleva – přecházející vozovku	smrtelné

Z výsledků řešení výše popsaných DN byly v přehledu zpracovány hlavní závěry ve vztahu k možnostem řidiče a chodce zabránit střetu tak, jak byly uvedeny v použitých znaleckých posudcích, a na základě shodných charakteristik byly DN rozděleny do 3 skupin podle níže uvedených kritérií (viz **tab. 13**) na:

- 1) situace, ve kterých řidiči podle závěrů znaleckých posudků neměli možnost zabránit střetu s chodcem (3 DN – DN č. 4, 6 a 3),
- 2) situace, ve kterých podle závěrů znaleckých posudků mohli řidiči střetu s chodcem zabránit jízdou povolenou rychlostí (2 DN – DN č. 1 a 8),
- 3) situace, ve kterých podle závěrů znaleckých posudků mohli řidiči střetu s chodcem zabránit včasnou reakcí na chodce (3 DN – DN č. 2, 5 a 7).

**Tab. 13:** Možnosti zabránění střetu

DN	Možnosti zabránění střetu	
	řidičem	chodcem
DN, ve kterých řidiči neměli možnost střetu s chodcem zabránit		
DN č. 4	NE – v okamžiku, kdy mohla řidička rozpoznat úmysl chodkyně přejít vozovku tím, že se natočila k přechodu, již neměla možnost střetu zabránit	<b>ANO – pokud by chodkyně vyčkala s přecházením do přjetí vozidla</b>
DN č. 6	NE – řidič měl zakrytý výhled na chodce	<b>ANO – pokud by chodec využil k přecházení přechod pro chodce</b>
DN č. 3	NE – řidička mohla DN zabránit pouze teoreticky, pokud by předpokládala, že v místě, které není určeno pro přecházení, bude přecházet chodkyně v tmavém oblečení a pohybovala se s vozidlem jen nízkou rychlostí, přiměřenou rozhledu na tmavě oblečenou chodkyni	<b>ANO – pokud by chodkyně využila podchodu, či vyčkala s přecházením do přjetí vozidla</b>
DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí		
DN č. 1	<b>ANO – pokud by se řidič s vozidlem pohyboval v místě povolenou rychlostí (50 km/h)</b>	ANO – pokud by chodkyně vyčkala s přecházením do přjetí vozidla
DN č. 8	<b>ANO – pokud by se řidič s vozidlem pohyboval v místě povolenou rychlostí (40 km/h)</b>	ANO – pokud by chodec vyčkal s přecházením do přjetí vozidla
DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit včasnou reakcí na chodce		
DN č. 2	<b>ANO – pokud by řidič na chodce včasné reagoval, nejpozději v okamžiku, kdy byl chodec uprostřed komunikace</b>	ANO – pokud by chodec vyčkal s přecházením do přjetí vozidla



DN	Možnosti zabránění střetu	
	řidičem	chodcem
DN č. 5	ANO – pokud by řidič včasné registroval chodce jdoucí po přechodu a nenáhlým brzděním jim umožnil přejít komunikaci	ANO – pokud by chodci vyčkali s přecházením do přejetí vozidla
DN č. 7	ANO – pokud by řidička na chodkyni včasné reagovala v okamžiku jejího vstupu do vozovky	ANO – pokud by chodkyně vyčkala s přecházením do přejetí vozidla

### 7.3 Vlastní řešení a výsledky z řešení problému č. 3

Pro další zpracování dat z reálných DN byly využity výsledky výzkumu obsaženého v této práci. U jednotlivých DN byla pro okamžik, kdy řidič na chodce podle provedené analýzy poprvé opticky reagoval, stanovena hodnota koeficientu nebezpečnosti  $K$  dané nehodové situace dle vztahu (1) a porovnáním s mezními hodnotami, nalezenými v této práci, byla určena míra nebezpečnosti situace pro okamžiky, odpovídající POR řidičů dle analýz skutečného průběhu DN.

Návazně byly znovu posuzovány možnosti zabránění střetu jednotlivými účastníky DN s využitím mezních hodnot koeficientu  $K$ .

Pro situace, kdy řidiči mohli střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí v místě DN, byl při uvažování této povolené rychlosti v okamžiku POR řidiče na chodce znovu stanoven koeficient  $K$  podle vztahu (1) a byla zhodnocena nebezpečnost dané situace při jízdě povolenou rychlostí.

Pro situace, kdy řidiči mohli střetu zabránit včasnější reakcí, a při analýze dopravní nehody byla zjišťována vzdálenost, na kterou již mohl řidič na chodce poprvé opticky reagovat, byl při uvažování této zjištěné vzdálenosti v okamžiku POR řidiče na chodce znovu stanoven koeficient  $K$  podle vztahu (1) a byla zhodnocena nebezpečnost dané situace při včasné reakci řidiče.

S využitím mezních hodnot koeficientu  $K$  a vztahů (2) a (3) byla návazně provedena podrobná analýza variant chování řidiče tak, aby bylo ověřeno, zda zjištěné závěry budou relevantní s vlastním řešením DN.

Výsledky provedených analýz jsou uvedeny níže, vždy samostatně pro každou ze 3 skupin DN dle členění popsaného výše.

### 7.3.1 Skupina DN, ve kterých řidiči neměli možnost zabránit střetu s chodcem

První skupinu pro vyhodnocení tvoří tři DN, u nichž řidiči neměli možnost střetu zabránit, viz **tab. 14** (DN č. 4, DN č. 6 a DN č. 3). Všechny tyto nehodové situace spadaly do kategorie kritických situací, resp. velmi kritických, neboť výše hodnot koeficientu  $K$  u uvažovaných okamžiků POR řidičů na chodce byly ve všech případech významně nižší než 1,0 (pohybovaly se v rozmezí od 0,47 do 0,72).

V případě DN č. 4 a 6 neměli řidiči možnost zabránit střetu s chodci, a to z důvodů vyplývajících z analýzy DN. V případě DN č. 4 v okamžiku, kdy mohla řidička rozpoznat úmysl chodkyně přejít vozovku tím, že se natočila k přechodu, již neměla řidička možnost střetu zabránit. V případě DN č. 6 měl řidič zakrytý výhled na chodce. U DN č. 3 měla řidička pouze teoretickou možnost střetu zabránit tím, že by předpokládala na místě DN (mimo obec v blízkosti podchodu pro chodce) výskyt chodkyně v tmavém oblečení a pohybovala se s vozidlem rychlostí významně nižší než v místě povolenou, která by byla přiměřená rozhledu na chodce v tmavém oblečení bez jakéhokoliv označení reflexními prvky, tedy jela by rychlostí do 50 km/h ( $K = 1,05$ ). Za těchto podmínek by DN teoreticky zabránit dokázala, z hodnoty koeficientu  $K = 1,05$  je však zřejmé, že by se jednalo o situaci kritickou či významně nebezpečnou, minimálně však se zvýšeným nebezpečím. Použité hodnocení tak dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

**Tab. 14:** Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých nemohli řidiči střetu zabránit

DN	Popis okamžiku, kdy řidič/ka mohl/a na chodce reagovat	Poloha chodce v tomto okamžiku	Čas do střetu	Vzdálenost vozidla do střetu ( $s_1$ )	Rychlost vozidla ( $v_1$ )	$K$	Kategorie nebezpečnosti
DN č. 4	počátek reakce řidičky na změnu natočení chodkyně (14 m mezi objekty)	cca 2 m před místem střetu směřovala na přechod pro chodce	1,2 s	16 m	49 km/h	0,54	kritická
			1,2 s	14 m	49 km/h	0,47	kritická
DN č. 6	nejdřívější možnost spatření chodce	částečně v protisměrném jízdním pruhu	1,6 s	20 m	47 km/h	0,72	kritická
	nejzazší možnost spatření chodce	ve střetu komunikace	1,2 s	15 m	45 km/h	0,58	kritická
DN č. 3	možnost rozpoznání chodkyně (rozmezí rychlosti)	0,5 m za dělicí čarou	1,5 s	32 m	75 km/h	0,55	kritická
		0,5 m za dělicí čarou	1,5 s	32 m	79 km/h	0,50	kritická

### 7.3.2 Skupina DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí

Druhou skupinu pro vyhodnocení tvoří dvě DN, u nichž měli řidiči možnost střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí, viz **tab. 15** (DN č. 1 a DN č. 8). Všechny tyto nehodové situace spadaly do kategorie kritických situací, resp. velmi kritických, neboť výše hodnot koeficientu  $K$  u uvažovaných okamžiků POR řidičů na chodce byly ve všech případech významně nižší než 1,0 (pohybovaly se v rozmezí od 0,60 do 0,83).

U DN č. 1 řidič podle provedené analýzy skutečného průběhu DN poprvé opticky reagoval na chodkyni nejdříve v čase 2,2 s před střetem, ve vzdálenosti vozidla 41 m do střetu, při rychlosti vozidla 68 km/h ( $K = 0,83$ ) a nejpozději v čase 1,6 s před střetem, ve vzdálenosti vozidla 30 m do střetu, při rychlosti vozidla 68 km/h ( $K = 0,60$ ). Pokud by se v místě DN řidič pohyboval s vozidlem jízdou povolenou rychlostí (tj. 50 km/h), pak pro zjištěné rozmezí dovozené POR na chodkyni platí, že v případě nejdřívější reakce by se jednalo o situaci odpovídající hodnotě koeficientu  $K = 1,34$ , v případě nejpozdější reakce by se jednalo o situaci odpovídající hodnotě koeficientu  $K = 0,98$ . Z analýzy je tedy zřejmé, že i při jízdě řidiče povolenou rychlostí by se jednalo o situaci kritickou, nejméně však se zvýšeným nebezpečím. Aby se jednalo o situaci zcela bezpečnou ( $K > 2,50$ ), lze s využitím vztahu (3) dovodit, že by se řidič musel v okamžiku nejdřívější POR na chodkyni pohybovat s vozidlem rychlostí menší než 33 km/h, v okamžiku nejpozdější POR na chodkyni pak rychlostí nižší než 26 km/h, tedy v obou případech rychlostí významně nižší než v místě povolenou. Tato doplněná analýza tak opět dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

U DN č. 8 řidič podle provedené analýzy skutečného průběhu DN poprvé opticky reagoval na chodce v čase 1,9 s před střetem, ve vzdálenosti vozidla 32 m do střetu, při rychlosti vozidla 62 km/h ( $K = 0,75$ ). Pokud by se v místě DN řidič pohyboval s vozidlem jízdou povolenou rychlostí (tj. 40 km/h), jednalo by se o situaci odpovídající hodnotě koeficientu  $K = 1,47$ . Z analýzy je tedy zřejmé, že i při jízdě řidiče povolenou rychlostí by se jednalo o situaci nebezpečnou, nejméně však se zvýšeným nebezpečím. Aby se jednalo o situaci zcela bezpečnou ( $K > 2,50$ ), lze s využitím vztahu (3) dovodit, že by se řidič musel v okamžiku POR na chodce pohybovat s vozidlem rychlostí menší než 28 km/h, tedy rychlostí nižší než v místě povolenou. I v tomto případě tak tato doplněná analýza dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

**Tab. 15:** Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí

DN	Popis okamžiku, kdy řidič/ka mohl/a na chodce reagovat	Poloha chodce v tomto okamžiku	Čas do střetu	Vzdálenost vozidla do střetu ( $s_I$ )	Rychlost vozidla ( $v_I$ )	$K$	Kategorie nebezpečnosti
DN č. 1	nejdřívější počátek optické reakce řidiče	začátek příčného pohybu přes komunikaci	2,2 s	41 m	68 km/h	0,83	kritická
	nejpozdější počátek optické reakce řidiče	cca uprostřed levého jízdního pruhu	1,6 s	30 m	68 km/h	0,60	kritická
DN č. 8	počátek reakce řidiče vozidla na chodce	těsně za středem vozovky, 2,4 m před místem střetu	1,9 s	32 m	62 km/h	0,75	kritická

### 7.3.3 Skupina DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit včasnou reakcí na chodce

Třetí skupinu pro vyhodnocení tvoří tři DN, u nichž měli řidiči možnost střetu zabránit včasnější reakcí na chodce, viz **tab. 16** (DN č. 2, DN č. 5 a DN č. 7).

U DN č. 2 řidič podle provedené analýzy skutečného průběhu DN na chodce nereagoval, koeficient  $K$  tak nelze pro okamžik POR řidiče na chodce stanovit, neboť kritičnost dané situace je dána právě skutečností, že řidič na chodce nereagoval. Analýzou DN bylo zjištěno, že řidič se před střetem pohyboval s vozidlem rychlostí 47 km/h. Vyšetřovacím pokusem bylo zjištěno, že řidič mohl na chodce poprvé opticky reagovat ve vzdálenosti vozidla 40 m před místem střetu, tedy při rychlosti 47 km/h v čase 3,0 s před střetem. Pokud by řidič na chodce reagoval v této zjištěné vzdálenosti, hodnota koeficientu  $K$  by byla 1,44, a tedy v daném případě by se jednalo o situaci nebezpečnou, minimálně však se zvýšeným nebezpečím. Aby se jednalo o situaci zcela bezpečnou ( $K > 2,50$ ), lze s využitím vztahu (2) dovodit, že by řidič musel na chodce reagovat ve vzdálenosti min. 69 m, což ale s ohledem na mezní vzdálenost, zjištěnou při vyšetřovacím pokusu (40 m), nebylo možné. Tato doplněná analýza tak opět dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

U DN č. 5 řidič podle provedené analýzy skutečného průběhu DN na chodce také nereagoval, i v tomto případě tak nelze koeficient  $K$  pro okamžik POR řidiče na chodce stanovit. Analýzou DN bylo zjištěno, že se řidič před střetem pohyboval s vozidlem rychlostí 44 km/h. Dále bylo analýzou DN zjištěno, že řidič měl nejzazší možnost spatření chodců při možném omezeném výhledu ve vzdálenosti vozidla 37 m do střetu, tedy při rychlosti 44 km/h v čase 3,0 s před střetem. Pokud by řidič na chodce reagoval v této zjištěné vzdálenosti, hodnota koeficientu  $K$  by byla 1,47 a jednalo by se tak o situaci nebezpečnou, minimálně však

se zvýšeným nebezpečím. Aby se jednalo o situaci zcela bezpečnou ( $K > 2,50$ ), lze s využitím vztahu (2) dovodit, že by řidič musel na chodce reagovat ve vzdálenosti min. 63 m, což ale s ohledem na mezní vzdálenost, zjištěnou při analýze dané DN, nebylo možné. Tato doplněná analýza tak opět dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

U DN č. 7 řidička podle provedené analýzy skutečného průběhu DN poprvé opticky reagovala na chodkyni v čase 1,0 s před střetem, ve vzdálenosti vozidla 13 m do střetu, při rychlosti vozidla 46 km/h. Tato situace spadala do kategorie kritických situací, resp. velmi kritických, jelikož hodnota koeficientu  $K$  byla 0,48, tedy výrazně nižší než 1,0. Analýzou DN bylo zjištěno, že v okamžiku POR na chodkyni se řidička s vozidlem pohybovala rychlostí 46 km/h. Pokud by řidička reagovala na chodkyni již při vstupu chodkyně do jízdního pruhu vozidla, tj. ve vzdálenosti vozidla 33 m od místa přecházení chodkyně, jednalo by se o situaci odpovídající hodnotě koeficientu  $K = 1,23$ . Z analýzy je tedy zřejmé, že při této variantě by se jednalo o situaci nebezpečnou, nejméně však se zvýšeným nebezpečím. Aby se jednalo o situaci zcela bezpečnou ( $K > 2,50$ ), lze s využitím vztahu (2) dovodit, že by řidička musela na chodkyni reagovat ve vzdálenosti min. 67 m. I v tomto případě tak tato doplněná analýza dobře dokresluje danou dopravní situaci z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

**Tab. 16:** Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit včasnou reakcí

DN	Popis okamžiku, kdy řidič/ka mohl/a na chodce reagovat	Poloha chodce v tomto okamžiku	Čas do střetu	Vzdálenost vozidla do střetu ( $s_I$ )	Rychlost vozidla ( $v_I$ )	$K$	Kategorie nebezpečnosti
DN č. 7	počátek reakce řidičky vozidla na chodkyni	cca ve středu jízdního pruhu vozidla	1,0 s	13 m	46 km/h	0,48	kritická
DN č. 2	řidič na chodce nereagoval					-	-
DN č. 5	řidič na chodce nereagoval					-	-

#### 7.4 Závěr k řešení problému č. 3

Na základě provedené analýzy se ve všech posuzovaných případech potvrdil předpoklad, že situace, které vedou k dopravním nehodám, jsou situace kritické, u nichž jsou hodnoty koeficientu  $K$  menší než 1,0. V posuzovaných případech se tyto hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,47 až 0,83. Samotné stanovení hodnoty koeficientu  $K$  pro danou nehodovou situaci tak umožňuje posoudit míru nebezpečnosti dané situace. Výjimkou jsou jen situace, ve kterých řidiči na chodce nereagují, u nichž je však jejich kritičnost dána právě touto skutečností.

U všech řešených dopravních nehod se potvrdilo, že interpretace, dovozené s využitím koeficientu  $K$ , velmi dobře korespondují s výsledky řešení reálných dopravních nehod, použitých pro ověření. Navíc se i ukázalo, že použití koeficientu  $K$  umožňuje u těchto nehod lépe objasnit příčinné souvislosti z hlediska možností účastníků dopravní nehody zabránit jejímu vzniku.

V případech, kdy z řešení dopravních nehod vyplývá, že řidiči neměli možnost střetu s chodcem zabránit a tomuto mohli zabránit pouze chodci, se hodnocení pomocí koeficientu  $K$  použije jen pro posouzení míry nebezpečnosti dané nehodové situace, ale nevyužije se při analýze možností zabránění střetu, neboť koeficient  $K$  zohledňuje pouze chování řidiče.

Významně lze však koeficientu  $K$  využít v případech, kdy je opodstatněné zabývat se možnostmi zabránění střetu řidičem vozidla. Koeficient  $K$  umožňuje v rámci analýzy možností zabránění střetu řidičem posuzovat míru nebezpečnosti uvažovaných variant zabránění střetu, např. jízdou povolenou rychlostí nebo včasnou reakcí na chodce. Současně je možné na základě stanovení mezních hodnot vzdáleností od chodce a rychlostí vozidla v okamžiku POR řidiče na chodce dovozovat varianty chování řidiče, které by odpovídaly např. situaci zcela bezpečné, příp. situaci se zvýšeným nebezpečím apod. Provedenou analýzou je tak možné zpřesnit závěry znaleckých analýz.

## 8 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Tato dizertační práce, podle názoru autora, přináší ucelené poznatky o chování řidičů při řešení složitých jízdních situací, spojených s přecházením chodců přes vozovku. Na základě realizovaných experimentů byly nalezeny vhodné metody pro měření, zpracování a vyhodnocení dat o chování řidičů.

Na základě rozsáhlé experimentální práce a dalšího výzkumu, založeného na podrobné analýze 129 jízdních zkoušek, byla vytvořena kritéria, umožňující vhodně dělit jízdní situace v místě přecházení chodců podle míry nebezpečnosti při hodnocení výsledků jízdních zkoušek. Současně byl nalezen vhodný kvantifikační parametr pro členění jednotlivých jízdních situací v silničním provozu do kategorií nebezpečnosti, kterým je navržený koeficient nebezpečnosti  $K$ . Na základě podrobného vyhodnocení 129 jízdních zkoušek byly návazně též nalezeny mezní hodnoty tohoto koeficientu, které umožňují určovat jednotlivé kategorie nebezpečnosti jízdních situací v místě přecházení chodců. Práce prokazuje, že při hodnotách koeficientu  $K$  1,00 a nižších se vždy jedná o situace kritické, při hodnotách koeficientu  $K$  od 1,00 do 1,20 se jedná o situace zpravidla kritické či nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, při hodnotách koeficientu  $K$  od 1,20 do 2,00 se jedná o situace zpravidla nebezpečné, minimálně však se zvýšeným nebezpečím, při hodnotách koeficientu  $K$  od 2,00 do 2,50 se jedná o situace se zvýšeným nebezpečím a při hodnotách koeficientu  $K$  nad 2,50 se jedná o situace zcela bezpečné.

Z výsledků realizovaných experimentů a z následného ověření s využitím analýz skutečných dopravních nehod lze dovozovat, že tyto nalezené mezní hodnoty jsou obecně použitelné pro velmi široké spektrum jízdních situací. Současně práce ukazuje, že nalezených mezních hodnot koeficientu  $K$  lze též velmi dobře využít při analýze dopravních nehod, zejména při podrobných analýzách možností zabránění střetu účastníky nehod, což přispívá i možnosti lépe posoudit příčinné souvislosti spojené s dopravními nehodami z hlediska potřeb dalšího právního posouzení.

Z hlediska vědeckého přínosu tato práce odstranila nedostatek, spočívající v absenci hodnotících kritérií pro posuzování chování řidičů v jízdních situacích, spojených s přecházením chodců přes vozovku. V práci byly objasněny též důležité charakteristiky chování řidičů při jízdě v místě přecházení chodců. Mj. bylo zjištěno, že s rostoucí nebezpečností jízdní situace se zkracují střední hodnoty času, ve kterém se stává chodec v dynamických podmínkách silničního provozu významným vizuálním podnětem pro řidiče.

Dále bylo zjištěno, že vzrůstající nebezpečnost jízdní situace vyvolává potřebu jejího okamžitého řešení a vede ke zkrácení reakční doby řidiče. Naopak míra pozornosti, kterou řidiči věnují přecházejícím chodcům, roste se zvyšující se nebezpečností jízdní situace. Čím kratší čas má řidič na řešení jízdní situace, tím větší část doby, kterou má k dispozici, věnuje přímému pozorování chodce, a to zejména před jeho vstupem do vozovky a během přecházení jízdního pruhu, v němž se pohybuje řidič s vozidlem. Současně byly v práci podrobně analyzovány strategie chování řidičů při pozorování objektů na různých typech přechodů pro chodce.

Z hlediska praktického přínosu lze výsledky této práce dobře využít při praktickém výkonu znalecké činnosti při analýze dopravních nehod. Na základě nalezených kritérií, která umožňují posuzovat nebezpečnost konkrétní nehodové situace podle vymezených kategorií nebezpečnosti situací, je možné analyzovat možnosti zabránění střetu podstatně podrobněji, což umožňuje lépe objasnit příčinné souvislosti nehodového děje. Pro jednotlivé varianty možností zabránění střetu řidičem vozidla je možné na základě vymezených kritérií stanovovat jejich míru nebezpečnosti, současně je také možné dovozovat varianty chování řidiče, které by odpovídaly např. situaci zcela bezpečné, příp. situaci se zvýšeným nebezpečím apod. Praktické využití mají i zjištěné podrobné poznatky o chování řidičů při řešení jízdních situací v místě přecházení chodců.

Nový zákon o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech, který je účinný od roku 2021, klade mj. též přísnější požadavky na kvalitu znaleckých posudků, čemuž tato práce v dané oblasti napomáhá.

Z hlediska pedagogického přínosu mohou být výsledky této práce dobře využity pro přípravu výukových textů, sloužících pro vzdělávání jak znalců v odborných kurzech, tak i studentů v magisterských studijních programech zaměřených na dopravu, studentů v autoškolách anebo i další odborné veřejnosti. Současně mohou být výsledky využity při inovaci standardů, upravujících znaleckého postupy při analýze dopravních nehod.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] POLICIE ČR. *Ročenka nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2019* [online]. 2020. Dostupné také z: <https://www.policie.cz/soubor/rocenka-nehodovosti-2019-pdf.aspx>.
- [2] ŠUCHA, M. *Dopravní psychologie pro praxi: výběr, výcvik a rehabilitace řidičů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2013, 216 s. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-4113-0.
- [3] ŠTIKAR, J., J. ŠMOLÍKOVÁ a J. HOSKOVEC. *Psychologie v dopravě*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 275 s. Učební texty (Univerzita Karlova. Filozofická fakulta). ISBN 80-246-0606-2.
- [4] SULLIVAN, J. M. a M. J. FLANNAGAN. *Differences in geometry of pedestrian crashes in daylight and darkness*. Journal of Safety Research. vol. 42. 2011, 42(1), 33-37. DOI: 10.1016/j.jsr.2010.11.005.
- [5] HABIBOVIC, A., E. TIVESTEN, N. UCHIDA, J. BÄRGMAN a M. L. AUST. *Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM)*. Accident Analysis. vol. 50. 2013, 50, 554-565. DOI: 10.1016/j.aap.2012.05.034.
- [6] MACKIE, H. W., S. G. CHARLTON, P. H. BAAS a P. C. VILLASENOR. *Road user behaviour changes following a self-explaining roads intervention*. Accident Analysis. vol. 50. 2013, 50, 742-750. DOI: 10.1016/j.aap.2012.06.026.
- [7] *Přecházení chodců přes pozemní komunikace: metodika*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2010, 58, 112 s. ISBN 978-80-86502-06-9.
- [8] CORBEN, B., M. CAMERON, T. SENSERRICK a G. RECHNITZER. *Development of the Visionary Research Model - Application to the Car /Pedestrian Conflict*. Report No. 229. Melbourne: Monash University, Accident Research Centre, 2004. ISBN 0732617391.
- [9] SHINAR, D. *Traffic safety and human behavior*. 1st edition. Bingley: Emerald, 2007. ISBN 978-0-08-045029-2.
- [10] ŠUCHA, M., D. DOSTÁL a R. RISSER. *Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings*. Accident Analysis and Prevention [online]. 2017, 2017(102), 41-50. DOI: 10.1016/j.aap.2017.02.018. ISSN 00014575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001457517300805>.
- [11] SEMELA, M. *Systémové pojetí analýzy silničních nehod: The System Approach to Road Accident Analysis*. Brno, 2018, 139 s. Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [12] KLEDUS, R., M. SEMELA, A. BRADÁČ a A. VÉMOLA. *Inovovaná metodika zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou* [online]. 1. vyd. Brno: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 2015. Dostupné z: <http://disk1.usi.vutbr.cz/znalci/>.

- [13] TOKAŘ, S. *Zpracování vybrané terminologie při analýze silničních nehod*. Brno, 2017. Dizertační práce. Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
- [14] BRADÁČ, A. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1997, 725 s. ISBN 80-720-4133-9.
- [15] JANÍČEK, P. *Systémová metodologie: Brána do řešení problémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8.
- [16] HELUS, Z. *Úvod do psychologie: učebnice pro střední školy a bakalářská studia na VŠ*. Praha: Grada, 2011. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3037-0.
- [17] JANDOUREK, J. *Slovník sociologických pojmů*. 1. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3679-2.
- [18] PLHÁKOVÁ, A. *Učebnice obecné psychologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1086-6.
- [19] JANÍČEK, P. a J. MAREK. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 592 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.
- [20] MICHON, J. A. *A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do?: What Do We Know, What Should We Do?*. Boston, MA: Springer US, 1985, s. 485-524. DOI: 10.1007/978-1-4613-2173-6\_19. ISBN 978-1-4613-2173-6. Dostupné také z: [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2173-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2173-6_19).
- [21] FULLER, R. *Towards a general theory of driver behaviour*. Accident Analysis & Prevention. vol. 37. 2005, 37(3), 461-472. DOI: 10.1016/j.aap.2004.11.003. ISSN 00014575. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001457505000102>.
- [22] WICKENS, C. D. *Engineering psychology and human performance*. 2nd ed. New York, NY: HarperCollins Publishers, 1992. ISBN 06-734-6161-0.
- [23] ENDSLEY, M. R. *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. vol. 37. 2016, 37(1), 32-64. DOI: 10.1518/001872095779049543. ISSN 0018-7208. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1518/001872095779049543>.
- [24] *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.*
- [25] *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů.*
- [26] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 6 Tdo 143/2011 ze dne 29. 3. 2011: K výkladu zásady tzv. omezené důvěry v dopravě.*
- [27] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 8 Tdo 1221/2010 ze dne 15. 12. 2010: Zkoumání subjektivní stránky trestného činu ublížení na zdraví orgány činnými v trestním řízení.*

- [28] SEMELA, M. *Analýza silničních nehod I* [online]. 2. vyd. Brno: VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2014. ISBN 978-80-214-5037-0.
- [29] *Rozhodnutí Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 7 Tz 247/2000 ze dne 14. 11. 2000: Chodec jako účastník silničního provozu.*
- [30] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 7 Tdo 1012/2008 ze dne 08. 10. 2008.*
- [31] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 6 Tdo 687/2016 ze dne 16. 6. 2016: Naplnění znaku skutkové podstaty usmrcení z nedbalosti.*
- [32] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 4 Tdo 806/2017 ze dne 3. 8. 2017: Zavinění dopravní nehody v důsledku náhlé překážky na vozovce.*
- [33] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 6 Tdo 394/2019 ze dne 9. 4. 2019: Ublížení na zdraví z nedbalosti; hodnocení důkazů.*
- [34] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 3 Tdo 1260/2019 ze dne 27. 11. 2019: Těžké ublížení na zdraví v souvislosti s porušením důležité povinnosti.*
- [35] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 3 Tdo 1459/2017 ze dne 6. 12. 2017: Zavinění; usmrcení z nedbalosti; řidič; nedbalost; dokazování.*
- [36] *Usnesení Nejvyššího soudu ČR sp. zn. 6 Tdo 901/2012 ze dne 30. 8. 2012: Zavinění řidiče a srážka s nezletilým chodcem na přechodu pro chodce.*
- [37] ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací*. 2006.
- [38] ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací - Změna Z1*. 2010.
- [39] PFLEGER, E. *Hazard recognition and reaction in practice – exact time proof by visualization analysis*. In: Sborník výroční konference EVU 2012. Brašov (Rumunsko), 2012. ISBN 978-973-0-13537-4.
- [40] JANÍČEK, P. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí: učební texty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-555-6.
- [41] SMILEY, A. a G. J. ALEXANDER. *Human factors in traffic safety*. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Pub Co, 2016. ISBN 978-1933264882.
- [42] ŠIKL, R. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
- [43] KRAUSS, D. A. a P. L. OLSON. *Forensic aspects of driver perception and response*. Fourth edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., 2015. ISBN 978-1936360338.
- [44] GREEN, M. *Roadway human factors: From Science to Application*. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., 2018. ISBN 978-1-930056-60-2.

- [45] GACA, S. *Wypadki drogowe: vademecum biegłego sądowego*. Kraków: Wydaw. Instytutu Ekspertyz Sądowych, 2002. ISBN 83-87425-65-6.
- [46] WEYDE, M. *Rekonstruktion der Erkennbarkeit von Fussgängern bei Dunkelheitsunfällen unter dynamischen Realbedingungen*. In: XIX. výroční konference EVU: Praha 2010 : sborník příspěvků : česká verze. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribun EU, 2010. Librix.eu. ISBN 978-80-7399-128-9.
- [47] CHEN, W., X. ZHUANG, Z. CUI a G. MA. *Drivers' recognition of pedestrian road-crossing intentions: Performance and process*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. vol. 64. 2019, 64, 552-564. DOI: 10.1016/j.trf.2019.07.004. ISSN 13698478. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1369847819300348>.
- [48] TYRRELL, R. A., J. M. WOOD, A. CHAPARRO et al. *Seeing pedestrians at night: Visual clutter does not mask biological motion*. In: Accident Analysis [online]. vol. 41. 2009, 41(3), s. 506-512. DOI: 10.1037/e578302012-003.
- [49] WOOD, J. M., R. A. TYRRELL, R. MARSZALEK, P. LACHEREZ, T. CARBERRY a B. S. CHU. *Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night*. In: Accident Analysis [online]. vol. 45. 2012, 45, s. 726-730. DOI: 10.1016/j.aap.2011.09.038.
- [50] KLEDUS, R., M. SEMELA a A. BRADÁČ. *Experimental research on the differences in a driver's perception of objects from stationary and moving vehicles*. International Journal of Forensic Engineering. vol. 1. 2012, 1(2). DOI: 10.1504/ijfe.2012.050416.
- [51] BRADÁČ, A., M. SEMELA, J. ŠKODA, S. SUMEC, R. KLEDUS a M. BILÍK. *Comparison of Halogen and Xenon Headlamps in Terms of Pedestrians' Visibility*. Proceedings of the 21st International Conference LIGHT SVĚTLO 2015. Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT, 2015, 133-137. DOI: 10.13164/conf.light.2015.133. ISBN 978-80-214-5244-2. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/51653>.
- [52] PALÁN, Z. *Jednání*. In: Andromedia [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.andromedia.cz/andragogicky-slovník/jednani>.
- [53] HARTL, P. a H. HARTLOVÁ. *Velký psychologický slovník*. 4. vyd. Praha: Portál, 2010. ISBN 978-80-7367-686-5.
- [54] FRICKE, L. B. *Traffic Crash Reconstruction*. Second Edition. Evanston, Illinois: Northwestern University Center for Public Safety, 2010. ISBN 0-912642-03-3.
- [55] HANCOCK, P. A., M. LESCH a L. SIMMONS. *The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver*. In: Accident Analysis [online]. vol. 35. 2003, 35(4), s. 501-514 [cit. 2014-11-30]. DOI: 10.1016/s0001-4575(02)00028-3.

- [56] KAPLÁNEK, A. *Analýza reakcí řidičů na složené podněty*. In: Sborník XX. mezinárodní vědecké konference soudního inženýrství 2011. Brno: VUT v Brně, 2011. ISBN 978-80-214-4238- 2.
- [57] LAMBLE, D., H. SUMMALA a L. HYVÄRINEN. *Driving performance of drivers with impaired central visual field acuity*. In: SUMMALA, Heikki. Accident Analysis [online]. vol. 34. 2002, 34(5), s. 711-716. DOI: 10.1016/s0001-4575(01)00071-9.
- [58] STAŃCZYK, T. L., Z. LOZIA, W. PIENIAŻEK a R. S. JURECKI. *Research on Driver Reaction to Vehicles Incomming from the Right*. In: 19th EVU Congress: Prague 2010: proceedings: english version. Brno: Tribun EU, 2010, s. 41-54. ISBN 978-80-7399-136-4.
- [59] *GoogleMaps* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>.
- [60] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 591-3/2018: Analýza dopravní nehody vozidla Toyota RAV4 s chodkyní*. 2018.
- [61] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 595-7/2018: Analýza dopravní nehody vozidla Škoda Felicia s chodcem*. 2018.
- [62] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 596-8/2018: Analýza dopravní nehody vozidla Škoda Fabia Combi s chodkyní*. 2018.
- [63] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 598-10/2018: Analýza dopravní nehody vozidla BMW s chodkyní*. 2018.
- [64] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 599-11/2018: Analýza dopravní nehody vozidla Škoda Superb s dvěma chodci*. 2018.
- [65] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 610-22/2017: Analýza dopravní nehody vozidla Mercedes-Benz s chodcem*. 2018.
- [66] SEMELA, M. *Znalecký posudek č. 630-20/2019: Analýza dopravní nehody vozidla Renault s chodkyní*. 2020.
- [67] BRADÁČ, A., M. KŘIŽÁK, M. SEMELA a A. VÉMOLA. *Revizní znalecký posudek č. C 1734: Analýza dopravní nehody vozidla Škoda Octavia s chodcem*. ÚSI VUT, 2020.

## **SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA**

- [68] NĚMCOVÁ, A., V. SVOZILOVÁ, K. BUCSUHÁZY, R. SMÍŠEK, M. MÉZL, B. HESKO, M. BELÁK, M. BILÍK, P. MAXERA, M. SEITL, T. DOMINIK, M. SEMELA, M. ŠUCHA a R. KOLÁŘ. *Multimodal Features for Detection of Driver Stress and Fatigue: Review*. IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2020, p. 1-20. DOI: 10.1109/TITS.2020.2977762. ISSN: 1558-0016.
- [69] BUCSUHÁZY, K., M. SEMELA, M. BELÁK, P. MAXERA, M. BILÍK, V. RÁBEK a R. ZŮVALA. *Analysis of selected off-road glances during driving in real road traffic*. In Transportation Research Procedia. Transportation Research Procedia. Elsevier, 2020. s. 580-586. ISSN: 2352-1465.
- [70] BUCSUHÁZY, K., M. SEMELA, M. BELÁK, V. SVOZILOVÁ, M. BILÍK, I. STÁŇA, P. MAXERA, R. KLEDUS a A. VÉMOLA. *Driver behaviour measured by eyetracking, acquisition of biosignals and vehicle data in regular road traffic*. Barcelona, Spain: EVU, 2019. s. 95-100.
- [71] MAXERA, P., M. BELÁK a M. SEMELA. *Měřicí vozidlo Ústavu soudního inženýrství*. Soudní inženýrství [online]. Akademické nakladatelství CERM, 2018, 29(3), 54-55. ISSN 1211-443X. DOI:10.13164/SI.2018.3.54.
- [72] PANČÍK, J., P. MAXERA, M. BELÁK a R. KLEDUS. *Metóda pre spracovanie video záznamov z vozidlovej kamery s integrovaným snímačom polohy očí*. 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.
- [73] KLEDUS, R., M. SEMELA, A. BRADÁČ, P. MAXERA a M. BELÁK. *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.
- [74] PANČÍK, J., P. MAXERA, R. KLEDUS, M. BELÁK a M. BILÍK. *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. Dostupné z: doi:10.4108/eai.6-11-2018.2279712
- [75] PANČÍK, J. a P. MAXERA. *Control of Hydraulic Pulse System Based on the PLC and State Machine Programming*. Designs, 2018, roč. 2, č. 4, s. 1-11. ISSN: 2411-9660.
- [76] BILÍK, M., M. SEMELA, A. BRADÁČ, M. BELÁK, M. KŘIŽÁK, P. MAXERA, R. MIKULEC, K. BUCSUHÁZY, P. DVOŘÁKOVÁ, A. OBRÁTILOVÁ a I. STÁŇA. *CRASHDAY 2017*. 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.

- [77] BILÍK, M.; M. SEMELA, A. BRADÁČ, R. KLEDUS, M. BELÁK, P. MAXERA, I. STÁŇA, K. BUCSUHÁZY a A. VÉMOLA. *Noční nehoda trolejbusu a chodce*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2017.
- [78] BILÍK, M., M. SEMELA, A. BRADÁČ, M. BELÁK, M. KŘIŽÁK, P. MAXERA, R. MIKULEC, K. BUCSUHÁZY, P. DVOŘÁKOVÁ, A. OBRÁTILOVÁ a I. STÁŇA. *CRASHDAY 2016 - prezentace výsledků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2017.
- [79] MAXERA, P., M. BELÁK, R. KLEDUS, M. SEMELA, K. BUCSUHÁZY a V. SVOZILOVÁ. *Analysis of Drivers Conduct while Driving over Three Different Pedestrian Crossings by Using Eyetracking Method*. In International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, November 24 - 25, 2016. 1. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2016. s. 1081-1091. ISBN: 978-86-916153-3-8.
- [80] BUCSUHÁZY, K.; V. SVOZILOVÁ, O. VALLOVÁ, M. SEMELA, J. SEKORA, M. BELÁK, P. MAXERA a R. KLEDUS. *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. s. 68-74. ISBN: 978-86-916153-3-8.
- [81] BELÁK, M., P. MAXERA, M. SEMELA, R. KLEDUS a A. BRADÁČ. *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.
- [82] BELÁK, M. a P. MAXERA. *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.
- [83] MAXERA, P. *Analýza chování řidiče při jízdě ve dne přes rizikové přechody pro chodce v městě Brně*. In Junior Forensic Science Brno 2016 - sborník příspěvků. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2016. s. 16-16. ISBN: 978-80-214-5336-4.
- [84] MAXERA, P., R. KLEDUS a M. SEMELA. *Analysis of Drivers' Conduct while Driving over Pedestrian Crossing by Using Eyetracking Method*. In Proceedings of International Scientific Conference Modern Safety Technologies in Transportation - MOSATT. 1st edition. Kosice, Slovakia: PERPETIS, s.r.o., 2015. s. 140-146. ISBN: 978-80-971432-2-0. ISSN: 1338-5232.
- [85] MAXERA, P. *Analýza nehodových kritických přechodů pro chodce u dopravních nehod vozidel s chodci*. In Junior Forensic Science Brno 2015 - sborník příspěvků. 1. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2015. s. 41-41. ISBN: 978-80-214-5145-2.
- [86] KLEDUS, R., M. SEMELA, P. MAXERA a A. BRADÁČ. *Souhrnná analýza chování řidiče při jízdě přes moderně řešený přechod pro chodce*. Soudní inženýrství, 2015, roč. 26, č. 1, s. 22-33. ISSN: 1211-443X.

- [87] MAXERA, P. *Chování řidiče při jízdě přes přechod pro chodce v místě čteného dopravního značení*. In Junior Forensic Science Brno 2014 - sborník příspěvků. 1. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2014. s. 55-55. ISBN: 978-80-214-4935-0.
- [88] MAXERA, P., M. KUNOVSKÝ a P. KAKÁČ. *Chování řidiče při jízdě přes přechod pro chodce označený pouze vodorovným značením*. In Junior Forensic Science Brno 2013 - sborník příspěvků. 1. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2013. s. 60-60. ISBN: 978-80-214-4704-2.
- [89] KLEDUS, R., M. SEMELA, P. MAXERA a M. KUNOVSKÝ. *Analysis Of Drivers Conduct While Driving Over Modern Pedestrian Crossings*. In Proceedings 22nd Annual Congress Firenze 2013. Florencie: EVU Italia, 2013. s. 107-117. ISBN: 978-88-903072-7-0.
- [90] KLEDUS, R., M. SEMELA, P. MAXERA, M. KUNOVSKÝ a M. KŘIŽÁK. *Analýza chování řidiče při jízdě přes přechod pro chodce*. In ExFoS 2013 - XXII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství – sborník příspěvků. 1. Brno: ÚSI VUT v Brně, 2013. s. 68-105. ISBN: 978-80-214-4675-5.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1:</b>	Počty usmrcených chodců dle viditelnosti a místa vzniku nehody [1, s. 17] .....	16
<b>Obr. 2:</b>	Počty chodců účastných na dopravních nehodách, rozlišených dle závažnosti jejich zranění [1, s. 85].....	17
<b>Obr. 3:</b>	Osm možných variant trajektorie vozidla a chodce těsně před střetem [5] .....	19
<b>Obr. 4:</b>	Pravděpodobnost úmrtí či vážného zranění chodce v závislosti na rychlosti vozidla [8, s. 26] .....	20
<b>Obr. 5:</b>	Michonův model hierarchického rozhodování [20, s. 489] .....	27
<b>Obr. 6:</b>	Vztah mezi požadavky na pozornost a její míra přidělená řidičem [9, s. 65].....	28
<b>Obr. 7:</b>	Model obtížnosti jízdní úlohy a kapacity řidiče [21] .....	29
<b>Obr. 8:</b>	Obecný model zpracování informací s omezenou kapacitou [22].....	31
<b>Obr. 9:</b>	Model situačního povědomí a efektivního zpracovávání informací [23, s. 40].....	34
<b>Obr. 10:</b>	Dekompozice struktury experimentu z funkčního hlediska [15, s. 12-B] .....	48
<b>Obr. 11:</b>	Spektrum elektromagnetického záření; zvětšená viditelná část [42, s. 43] .....	51
<b>Obr. 12:</b>	Rozmístění čípků a tyčinek na sítnici [42, s. 58] .....	52
<b>Obr. 13:</b>	Rozlišovací schopnost vyjádřená rozdílovým prahem v různých vzdálenostech od pozorovatele pro jednotlivé nápovědi o prostoru [42, s. 142] .....	55
<b>Obr. 14:</b>	Příklad optického toku [44, s. 230] .....	58
<b>Obr. 15:</b>	Laminární a radiální optický tok [44, s. 234].....	58
<b>Obr. 16:</b>	Pole lokálních optických toků, vytvořených vpředu jedoucím a protijedoucím vozidlem [44, s. 234] .....	59
<b>Obr. 17:</b>	Grafické znázornění horizontálních očních pohybů: (1) sakády a fixace; (2) hladké sledovací oční pohyby; (3) optokinetický reflex (OKR) [43, s. 48] .....	62
<b>Obr. 18:</b>	Projekce nervových vláken zrakového nervu z očí do mozkové kůry [42, s. 64] ...	67
<b>Obr. 19:</b>	Schématické znázornění systému zpracování informací [43, s. 42] .....	67
<b>Obr. 20:</b>	Doba PRT v závislosti na věku [43, s. 257].....	76
<b>Obr. 21:</b>	Výsledky měření doby PRT u mladých a starších řidičů na neočekávaný a očekávaný podnět [54, s. 191] .....	77
<b>Obr. 22:</b>	Doba PRT v závislosti na úhlové velikosti mezi osou pohledu řidiče a podnětem; vlevo na dálnici, ve středu na městských komunikacích, vpravo na dalších komunikacích [43, s. 260].....	78
<b>Obr. 23:</b>	Souhrn výsledků různých měření dob PRT v laboratorních podmínkách a v reálném silničním provozu [54, s. 193] .....	78
<b>Obr. 24:</b>	Kompletní návrh systému veličin a sledovaných parametrů .....	83

<b>Obr. 25:</b> Plánovaná trasa – experiment A [59] .....	86
<b>Obr. 26:</b> Přejchod A_P1 – ulice 21. dubna, Lednice [59].....	87
<b>Obr. 27:</b> Přejchod A_P2 – ulice Valtická, Lednice [59] .....	87
<b>Obr. 28:</b> Přejchod A_P3 – ulice Na Valtické, Břeclav [59].....	87
<b>Obr. 29:</b> Přejchod A_P4 – ulice Břeclavská, Lednice [59].....	87
<b>Obr. 30:</b> Zkušební vozidlo 1 [archiv ÚSI VUT].....	88
<b>Obr. 31:</b> Zkušební vozidlo 2 [archiv ÚSI VUT].....	88
<b>Obr. 32:</b> Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Viewpoitsystem® [archiv ÚSI VUT].....	88
<b>Obr. 33:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A_P1 [archiv ÚSI VUT] .....	89
<b>Obr. 34:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A_P2 [archiv ÚSI VUT] .....	89
<b>Obr. 35:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A_P3 [archiv ÚSI VUT] .....	89
<b>Obr. 36:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod A_P4 [archiv ÚSI VUT] .....	89
<b>Obr. 37:</b> Počátek optické reakce (8,56 s a 66,4 m před přechodem); oko řidiče při pohledu v přímém směru periferně registruje figuranta (jízda J12 přechod A_P2).....	90
<b>Obr. 38:</b> Figurant v oblasti ostrého vidění (8,52 s a 65,9 m před přechodem); oko řidiče po změně směru pohledu fixuje figuranta (jízda J12 přechod A_P2).....	90
<b>Obr. 39:</b> Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na přechodu pro chodce klasického typu pomocí s-t diagramu [88] .....	93
<b>Obr. 40:</b> Ukázka grafického znázornění průběhu jízdy na přechodu pro chodce se středním dělicím ostrůvkem pomocí s-t diagramu [89] .....	94
<b>Obr. 41:</b> Ukázka grafického znázornění průběhu jízd bez zvláštních okolností na přechodu se středním dělicím ostrůvkem v závislosti na vzdálenosti vozidla od přechodu pro chodce [86] .....	95
<b>Obr. 42:</b> Ukázka grafického znázornění průběhu jízd J23 a J10 v rámci přechodu A_P1 ....	96
<b>Obr. 43:</b> Plánovaná trasa – experiment B [59].....	101
<b>Obr. 44:</b> Přejchod B_P1 – ulice Štefánikova (u zastávky MHD Hrnčířská), Brno [59].....	103
<b>Obr. 45:</b> Přejchod B_P2 – ulice Drobného (u křižovatky s ulicí Erbenova), Brno [59].....	103
<b>Obr. 46:</b> Přejchod B_P3 – ulice Drobného (u ulice Schodová), Brno [59] .....	103
<b>Obr. 47:</b> Přejchod B_P4 – ulice Drobného (u zimního stadionu), Brno [59] .....	103
<b>Obr. 48:</b> Zkušební vozidlo [zdroj vlastní].....	104

<b>Obr. 49:</b> Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Pupil Labs [zdroj vlastní]	104
<b>Obr. 50:</b> Figurantka na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod B_P1 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]	104
<b>Obr. 51:</b> Figurant na stanovišti při přecházení přes vozovku – přechod B_P2 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]	104
<b>Obr. 52:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod B_P3 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]	105
<b>Obr. 53:</b> Figurantka na stanovišti při přecházení přes vozovku – přechod B_P4 [videozáznam; archiv ÚSI VUT]	105
<b>Obr. 54:</b> Plánovaná trasa – experiment C [59]	106
<b>Obr. 55:</b> Přechod C_P1 – Rostislavovo náměstí, Brno [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 56:</b> Přechod C_P2 – ulice Husitská, Brno [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 57:</b> Přechod C_P3 – ulice Herčíkova, Brno [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 58:</b> Přechod C_P4 – ulice Technická, Brno [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 59:</b> Zkušební vozidlo [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 60:</b> LED dioda indikující aktivaci brzdové soustavy [zdroj vlastní]	107
<b>Obr. 61:</b> Figurantka na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C_P1 [zdroj vlastní]	108
<b>Obr. 62:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C_P2 [zdroj vlastní]	108
<b>Obr. 63:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C_P3 [zdroj vlastní]	108
<b>Obr. 64:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod C_P4 [zdroj vlastní]	108
<b>Obr. 65:</b> Plánovaná trasa – experiment D [59]	109
<b>Obr. 66:</b> Přechod D_P1 – ulice Poříčí, Brno [59]	110
<b>Obr. 67:</b> Zkušební vozidlo [zdroj vlastní]	110
<b>Obr. 68:</b> Řidič s nasazeným zařízením pro sledování směru pohledu Dikabliss [zdroj vlastní]	110
<b>Obr. 69:</b> Ergoneers PC umístěný v zavazadlovém prostoru zkušebního vozidla [archiv ÚSI VUT]	111
<b>Obr. 70:</b> Ovládací monitor připevněný na sedadle spolujezdce [archiv ÚSI VUT]	111
<b>Obr. 71:</b> Figurant na stanovišti před vstupem do vozovky – přechod D_P1 [zdroj vlastní]	111
<b>Obr. 72:</b> Přecházení figuranta před zkušebním vozidlem – přechod D_P1 [zdroj vlastní]	111
<b>Obr. 73:</b> Vyhodnocení průběhu jízdy J15 v rámci přechodu A_P1	114
<b>Obr. 74:</b> Rozmezí hodnot koeficientu K podle nebezpečnosti jízdních situací	116

<b>Obr. 75:</b> Rozložení četnosti výskytu nebezpečných situací v závislosti na hodnotě koeficientu $K$ .....	117
<b>Obr. 76:</b> Poměr počtu jízd v jednotlivých kategoriích nebezpečnosti – srovnání denních a nočních jízd .....	118
<b>Obr. 77:</b> Okamžik POR řidiče na figuranta ( $t_{POR}$ ) – všechny jízdy .....	120
<b>Obr. 78:</b> Vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – všechny jízdy .....	121
<b>Obr. 79:</b> Vzdálenost vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – srovnání denních a nočních jízd .....	122
<b>Obr. 80:</b> Doba od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – všechny jízdy .....	123
<b>Obr. 81:</b> Doba od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – srovnání denních a nočních jízd .....	124
<b>Obr. 82:</b> Doba sledování figuranta řidičem ( $t_{POZ}$ ) – všechny jízdy .....	124
<b>Obr. 83:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – všechny jízdy .....	125
<b>Obr. 84:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – všechny jízdy .....	125
<b>Obr. 85:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – denní jízdy .....	126
<b>Obr. 86:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – denní jízdy .....	126
<b>Obr. 87:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi od okamžiku POR do průjezdu vozidla přes přechod ( $M_{POZ}$ ) – noční jízdy .....	126
<b>Obr. 88:</b> Průměrná míra pozornosti, kterou řidič věnoval figurantovi ( $M_{POZ}$ ) při jeho pohybu po pravém okraji vozovky (POV) a v pravém jízdním pruhu (PJP) – noční jízdy .....	126

## **SEZNAM TABULEK**

<b>Tab. 1:</b> Možné typy opatření pro přecházení chodců v mezikřižovatkových úsecích dvoupruhových místních komunikacích [38, s. 7].....	42
<b>Tab. 2:</b> Přehled vlastností pozornosti koncentrované a distributivní [3].....	68
<b>Tab. 3:</b> Odhady doby PRT [s] [9, s. 148] .....	75
<b>Tab. 4:</b> Základní údaje o realizovaných experimentech.....	112
<b>Tab. 5:</b> Software využitý pro zpracování dat .....	113
<b>Tab. 6:</b> Hodnoty $t_{POR}$ – všechny jízdy .....	120
<b>Tab. 7:</b> Hodnoty vzdálenosti vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – všechny jízdy	121
<b>Tab. 8:</b> Hodnoty vzdálenosti vozidla od přechodu v okamžiku POR ( $s_1$ ) – srovnání denních a nočních jízd .....	122
<b>Tab. 9:</b> Hodnoty doby od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – všechny jízdy ....	123
<b>Tab. 10:</b> Hodnoty doby od POR po sešlápnutí brzdového pedálu ( $\Delta t_B$ ) – srovnání denních a nočních jízd .....	123
<b>Tab. 11:</b> Hodnoty doby sledování figuranta řidičem ( $t_{POZ}$ ) – všechny jízdy.....	125
<b>Tab. 12:</b> Základní údaje o dopravních nehodách .....	131
<b>Tab. 13:</b> Možnosti zabránění střetu .....	132
<b>Tab. 14:</b> Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých nemohli řidiči střetu zabránit	134
<b>Tab. 15:</b> Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit jízdou povolenou rychlostí.....	136
<b>Tab. 16:</b> Posouzení nebezpečnosti situací u DN, ve kterých mohli řidiči střetu zabránit včasnou reakcí.....	137

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1:** Legenda ke grafickému znázornění průběhu jednotlivých jízd (1 strana)

**Příloha č. 2:** Grafické znázornění průběhu jednotlivých jízd (14 stran)

**Příloha č. 3:** Prezentace výsledků měření (26 stran)

**Příloha č. 4:** Posouzení nebezpečnosti reálných dopravních nehodových situací (24 stran)

# **CURRICULUM VITAE**

## **Ing. Pavel Maxera**

### **Základní údaje**

Datum narození: 14.07.1988  
Adresa: Sadová 339/27, 679 04 Adamov, Česká republika  
Telefon: +420 774 272 002  
E-mail: Pavel.Maxera@vut.cz

### **Vzdělání a akademická kvalifikace**

2012 – dosud

- Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství
- doktorský studijní program Soudní inženýrství, obor Soudní inženýrství

2012 – 2013

- Vysoké učení technické v Brně, Institut celoživotního vzdělávání
- doplňující pedagogické studium

2010 – 2012 | Ing.

- Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství
- magisterský studijní program Soudní inženýrství, obor Expertní inženýrství v dopravě

2007 – 2010 | Bc.

- Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská
- bakalářský studijní program Systémové inženýrství a informatika, obor Manažerská informatika

### **Pracovní zkušenosti**

06/2015 – 11/2020

- Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství
- odborný pracovník

12/2020 – dosud

- Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství
- asistent

### **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

## **Univerzitní aktivity**

### Akademický senát VUT

- člen (2014 – 2021)
- místopředseda AS VUT (2016 – 2019)
- předseda SK AS VUT (2016 – 2019)
- člen:
  - Legislativní komise AS VUT (2014 – 2021)
  - Komise pro tvůrčí činnost AS VUT (2014 – 2021)

### Rada vysokých škol

- delegát VUT v SK RVŠ (2015 – 2018)
- člen:
  - Komise pro doktorské studium SK RVŠ (2015 – 2018)
  - Komise pro vědeckou činnost RVŠ (2015 – 2018)

### Rada pro vnitřní hodnocení VUT


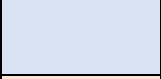

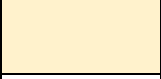
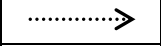




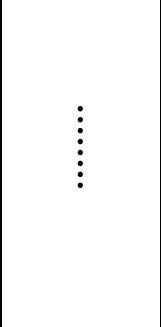
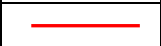




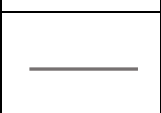

- člen (2017 – 2021)
- člen:
  - Komise k oblasti vzdělávací činnosti (2017 – 2021)
  - Komise k oblasti vnější spolupráce, tzv. třetí role (2017 – 2021)

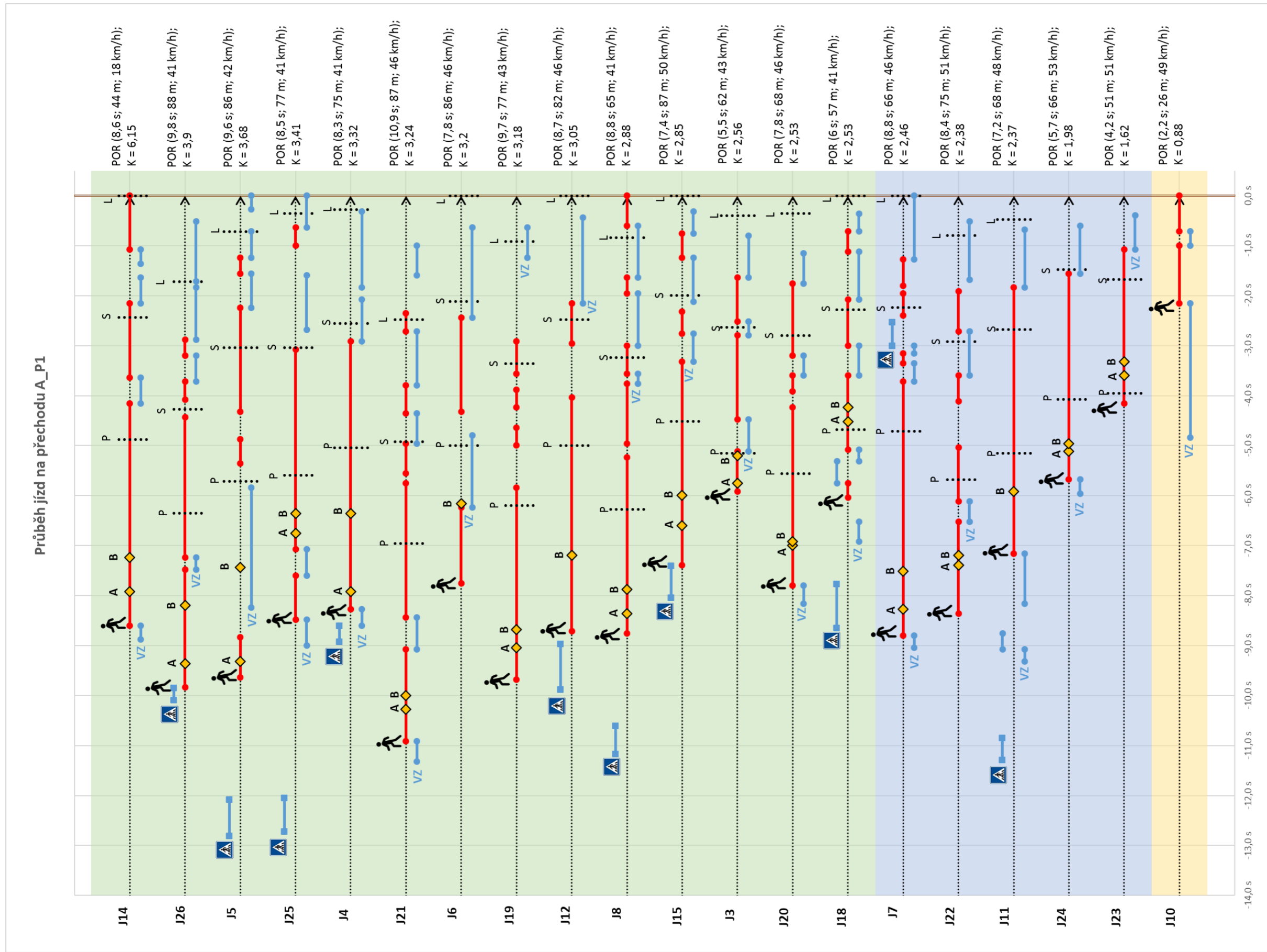
### Poradní orgány VUT

- člen:
  - Disciplinární komise VUT (2017 – 2021)
  - Knihovnická rada (2014 – 2021)
  - Kolegium ředitele ÚSI (2014 – 2021)
  - Malé kolegium rektora (2016 – 2019)
  - Kolegium rektora (2016 – 2019)
  - Dozorčí rada Kolejí a menz (2016 – 2017)

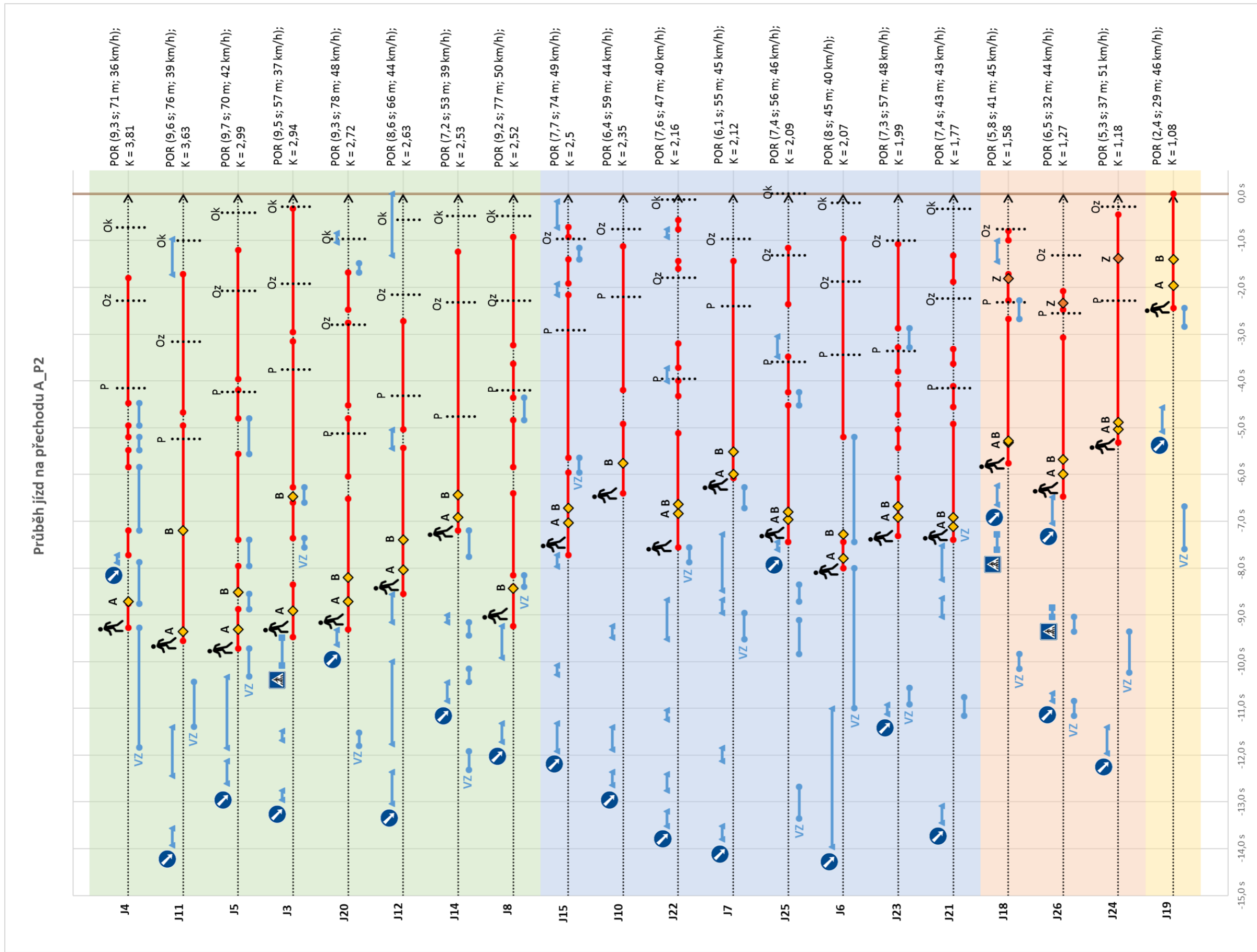


**LEGENDA KE GRAFICKÉMU ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU  
JEDNOTLIVÝCH JÍZD**

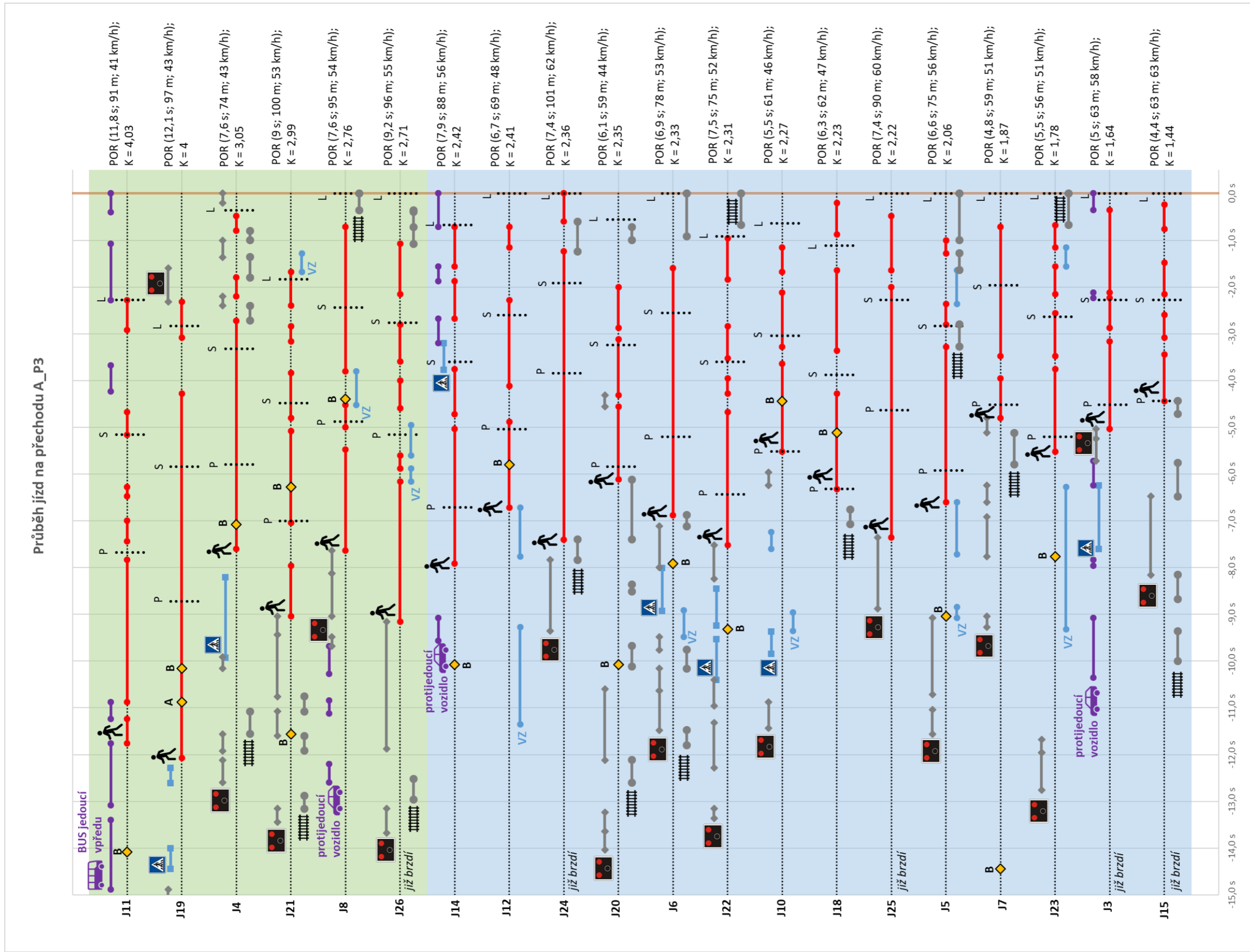
	průběh jízdy spadá do kategorie jízd „zcela bezpečných“, kdy řidič běžně zpomaluje
	průběh jízdy spadá do kategorie jízd „se zvýšeným nebezpečím, kdy řidič intenzivně zpomaluje
	průběh jízdy spadá do kategorie jízd „nebezpečných“, kdy řidič brzdí do zastavení
	průběh jízdy spadá do kategorie jízd „kritických“, kdy figurant nevstupuje do vozovky a řidič včas nereaguje
	časový průběh zkušebních jízd do okamžiku průjezdu vozidla kolem figuranta
	okamžik POR řidiče na figuranta
<b>A</b> 	časový okamžik, kdy řidič uvolňuje akcelerační pedál
<b>B</b> 	časový okamžik, kdy řidič sešlapuje brzdový pedál
<b>Z</b> 	časový okamžik, kdy vozidlo před přechodem zastavuje
	časový okamžik, kdy figurant <ul style="list-style-type: none"> <li>• vstupuje do vozovky (P), tj. do pravého jízdního pruhu, v němž jede vozidlo,</li> <li>• překračuje střední dělicí čáru (S) či dělicí čáru v rámci dvoupruhového jízdního pásu (SJP), příp. vstupuje na dělicí ostrůvek (Oz) – tj. opouští pravý jízdní pruh, v němž jede vozidlo,</li> <li>• vystupuje z dělicího ostrůvku (Ok),</li> <li>• vystupuje z vozovky (L).</li> </ul> <p><i>Obdobně jsou znázorněny vstupy / výstupy jiných náhodných chodců (CH) – zvýrazněny zelenou barvou.</i></p>
	doba, po kterou řidič sleduje figuranta
	doba, po kterou řidič sleduje jiné náhodné chodce ( <i>doplněno o lokaci chodce</i> )
	doba, po kterou řidič sleduje svislé (zprav. znázorněno nad průběhem jízdy) / vodorovné (VZ /vodorovné značení přechodu/, V + značka, „!“) dopravní značení (zprav. znázorněno pod průběhem jízdy) – <i>doplněno o konkrétní značení, příp. jeho lokaci v okolí přechodu</i>
	doba, po kterou řidič sleduje jiné náhodné vozidlo ( <i>doplněno, o jaké vozidlo se jedná</i> )
	doba, po kterou řidič sleduje jiné náhodné zaparkované vozidlo ( <i>doplněno o lokaci vozidla</i> )
	doba, po kterou řidič sleduje železniční přejezd (zprav. znázorněno pod průběhem jízdy) / světelné signalizační zařízení přejezdu (zprav. znázorněno nad průběhem jízdy) – týká se přechodu A_P3
	doba, po kterou řidič sleduje figurínu, umístěnou u pravého okraje přechodu – týká se přechodu C_P2



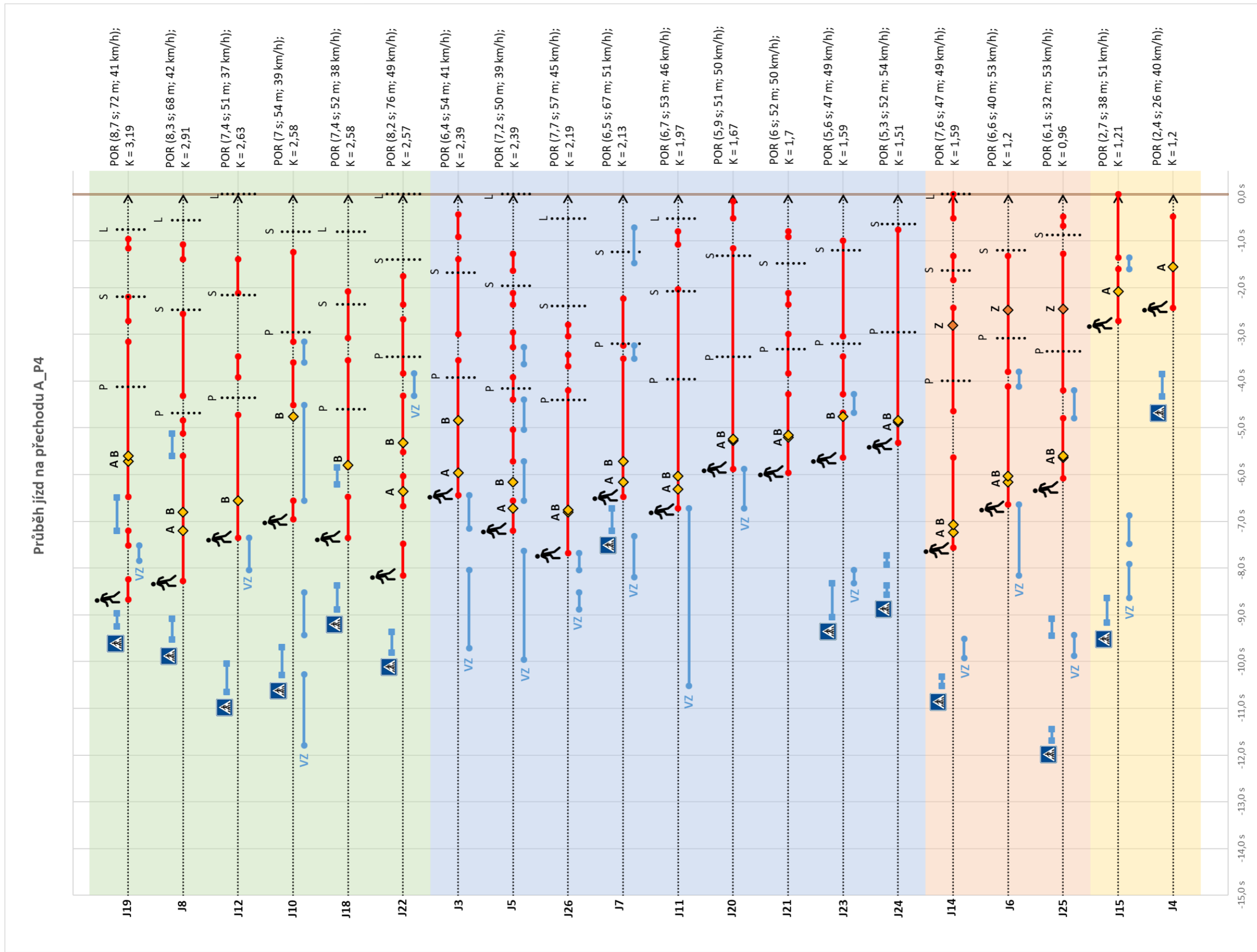
Obr. 1: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu A\_P1



Obr. 2: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu A\_P2

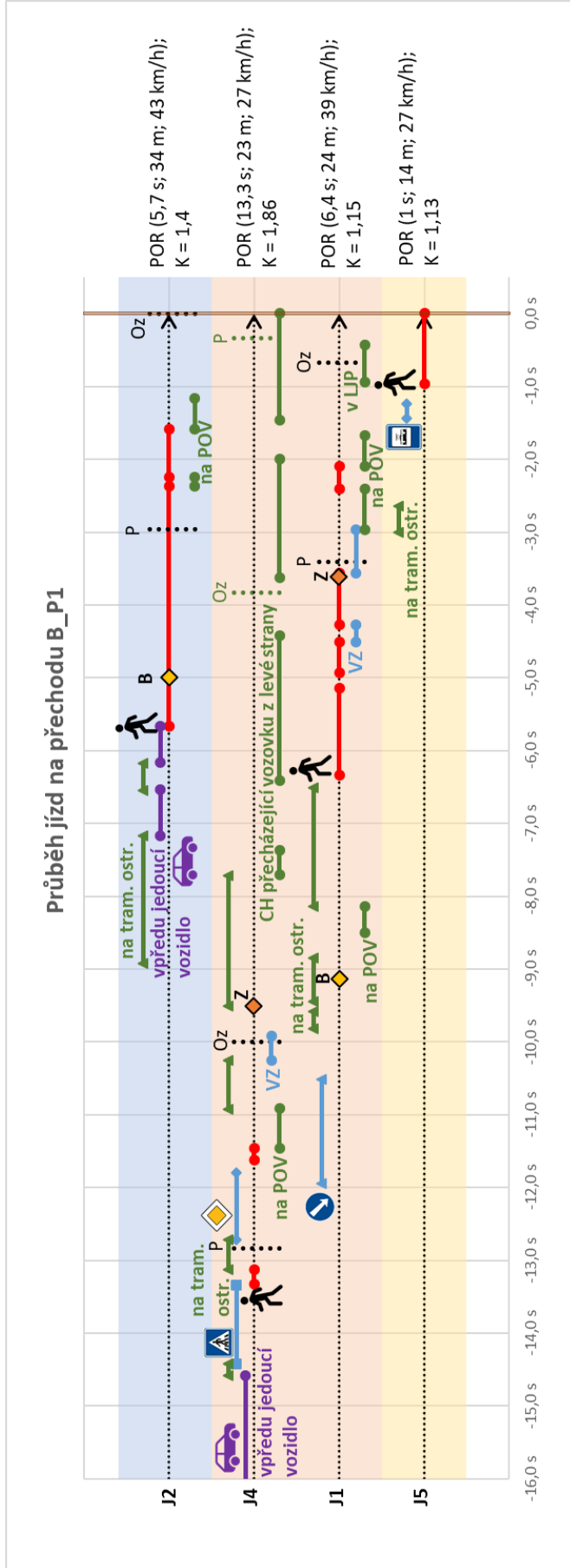


Obr. 3: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu A\_P3

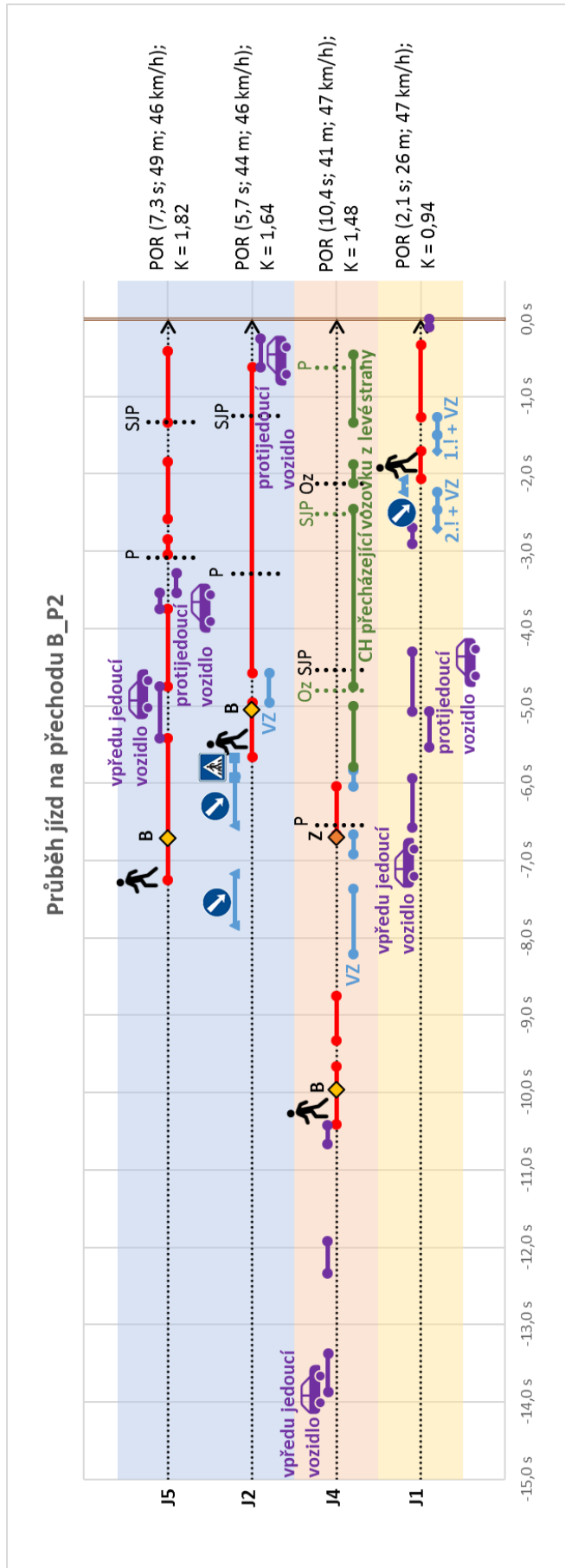


Obr. 4: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu A\_P4

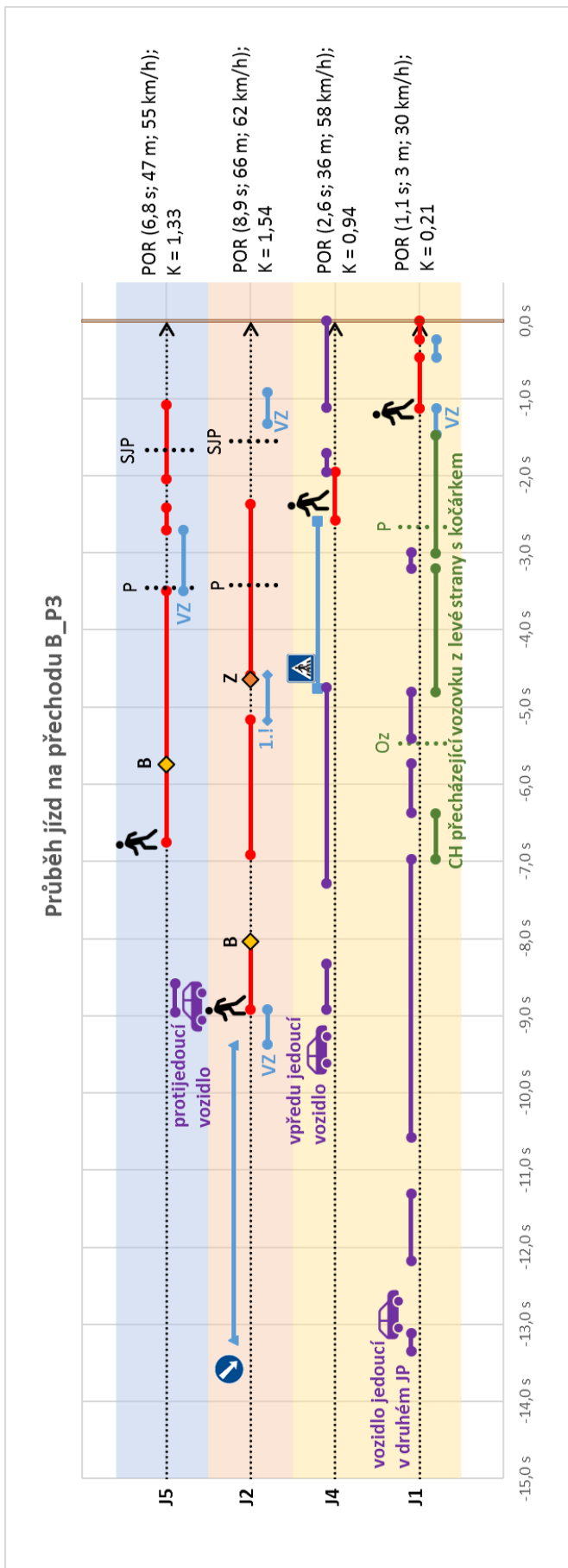




Obr. 5: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu B\_P1

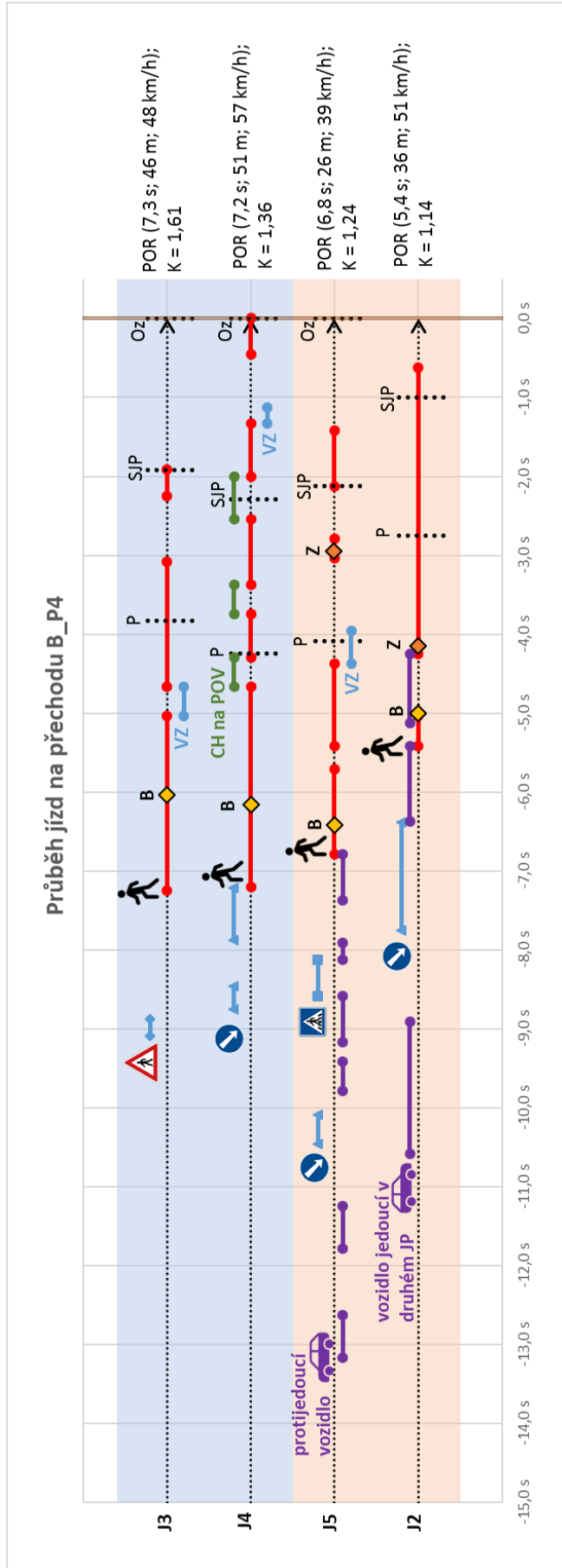


*Obr. 6: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu B\_P2*

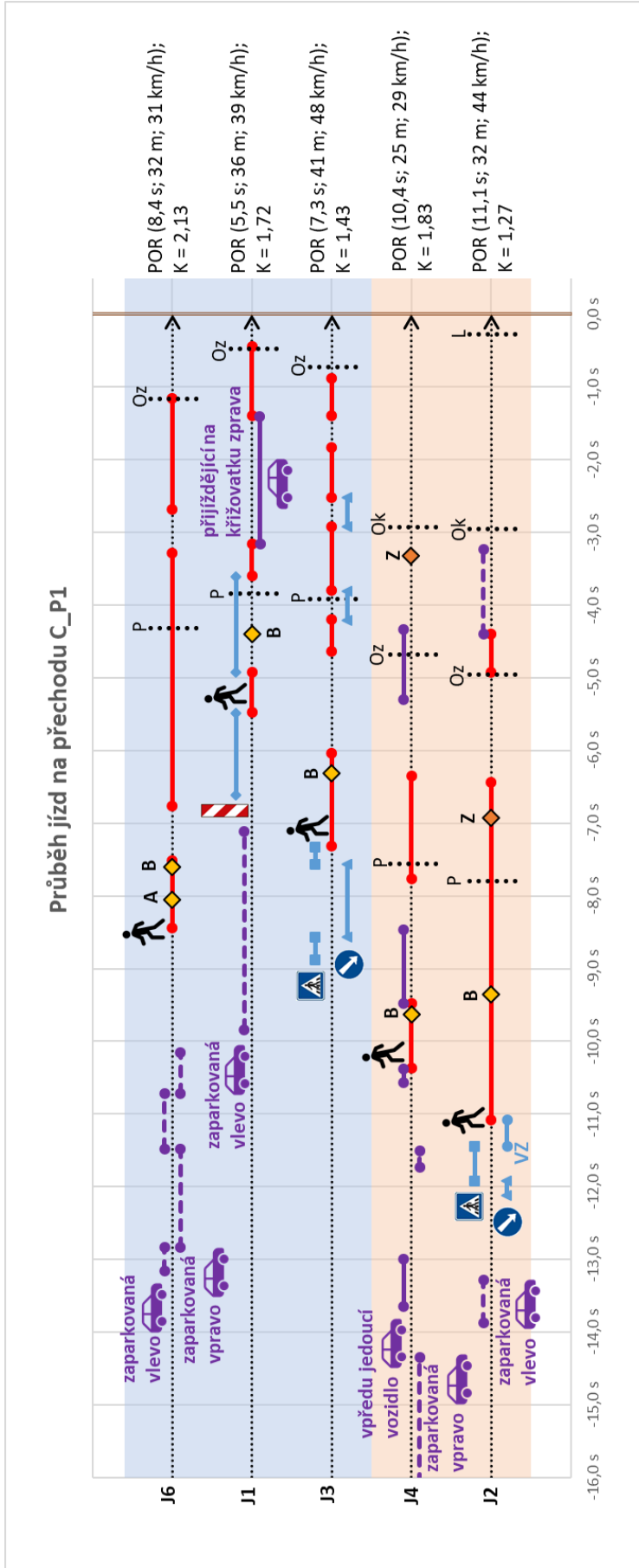


*Obr. 7: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu B\_P3*

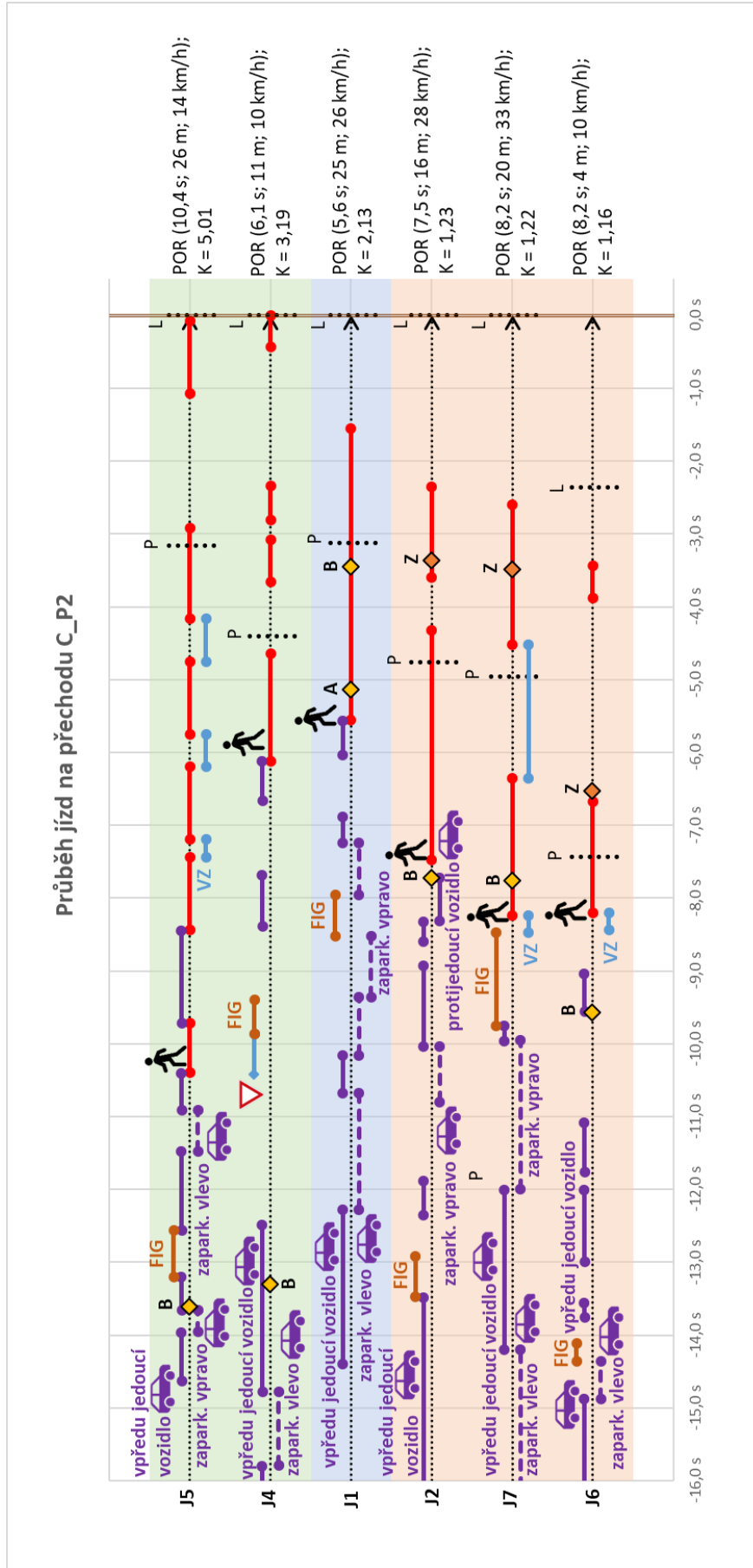




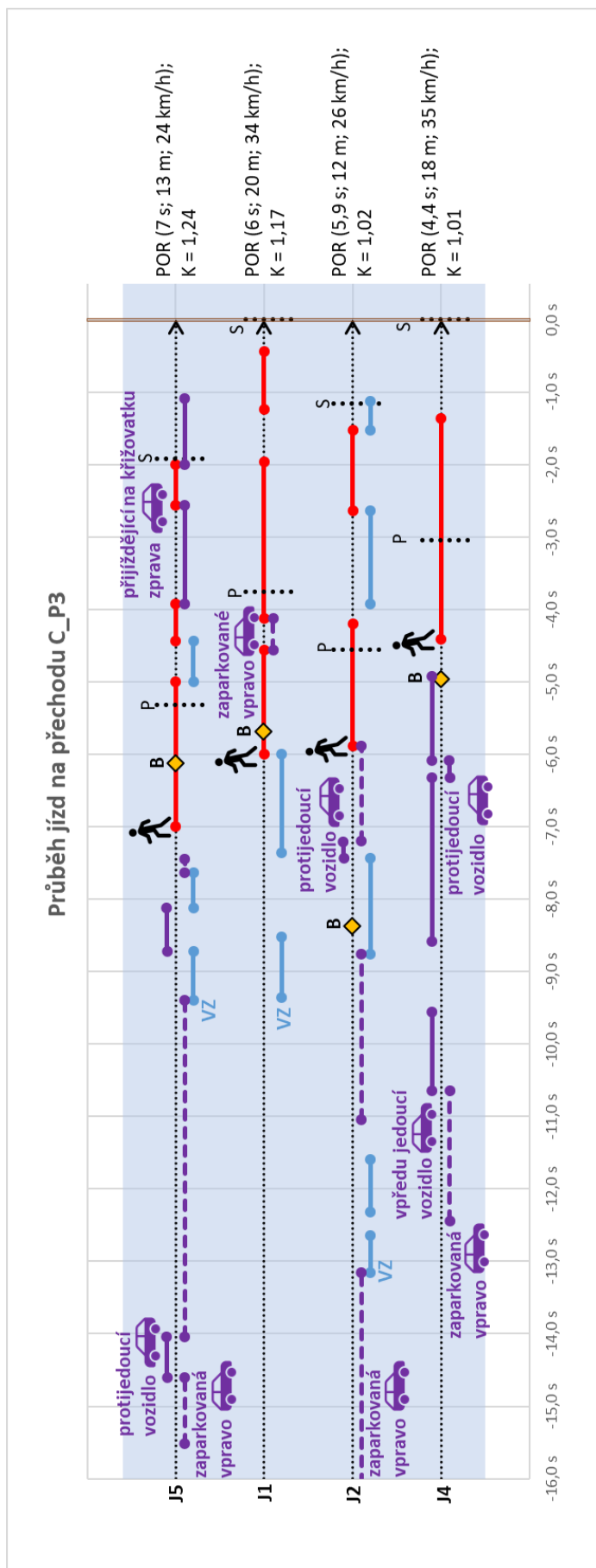
**Obr. 8:** Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu B\_P4



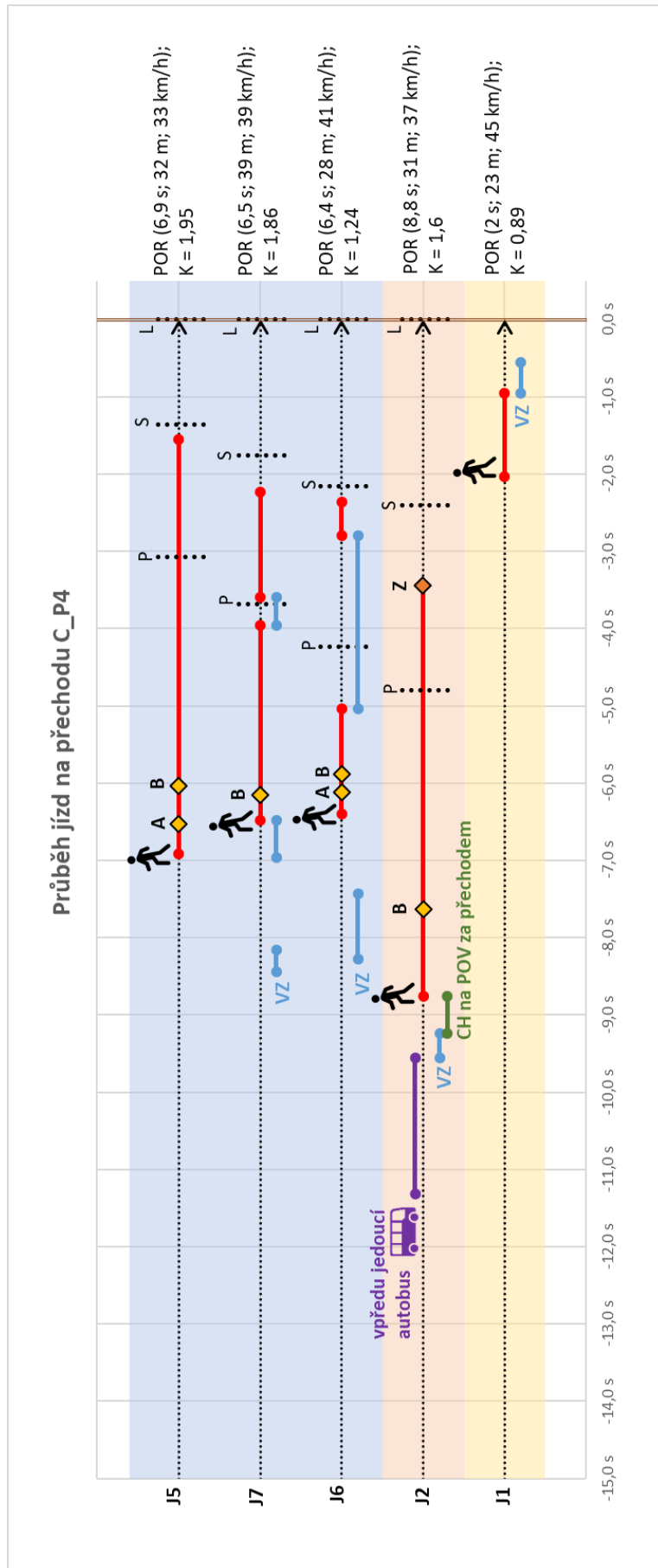
*Obr. 9: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu C\_P1*



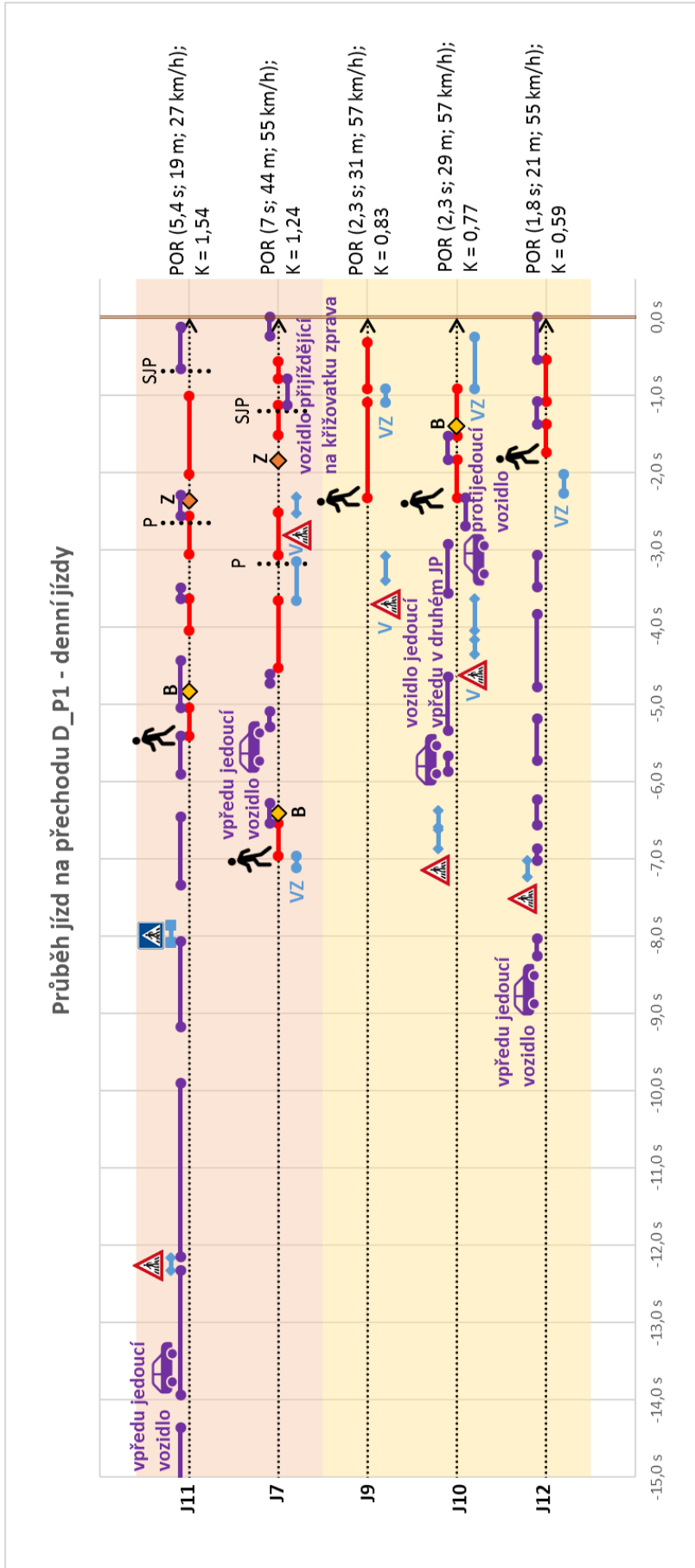
*Obr. 10: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu C\_P2*



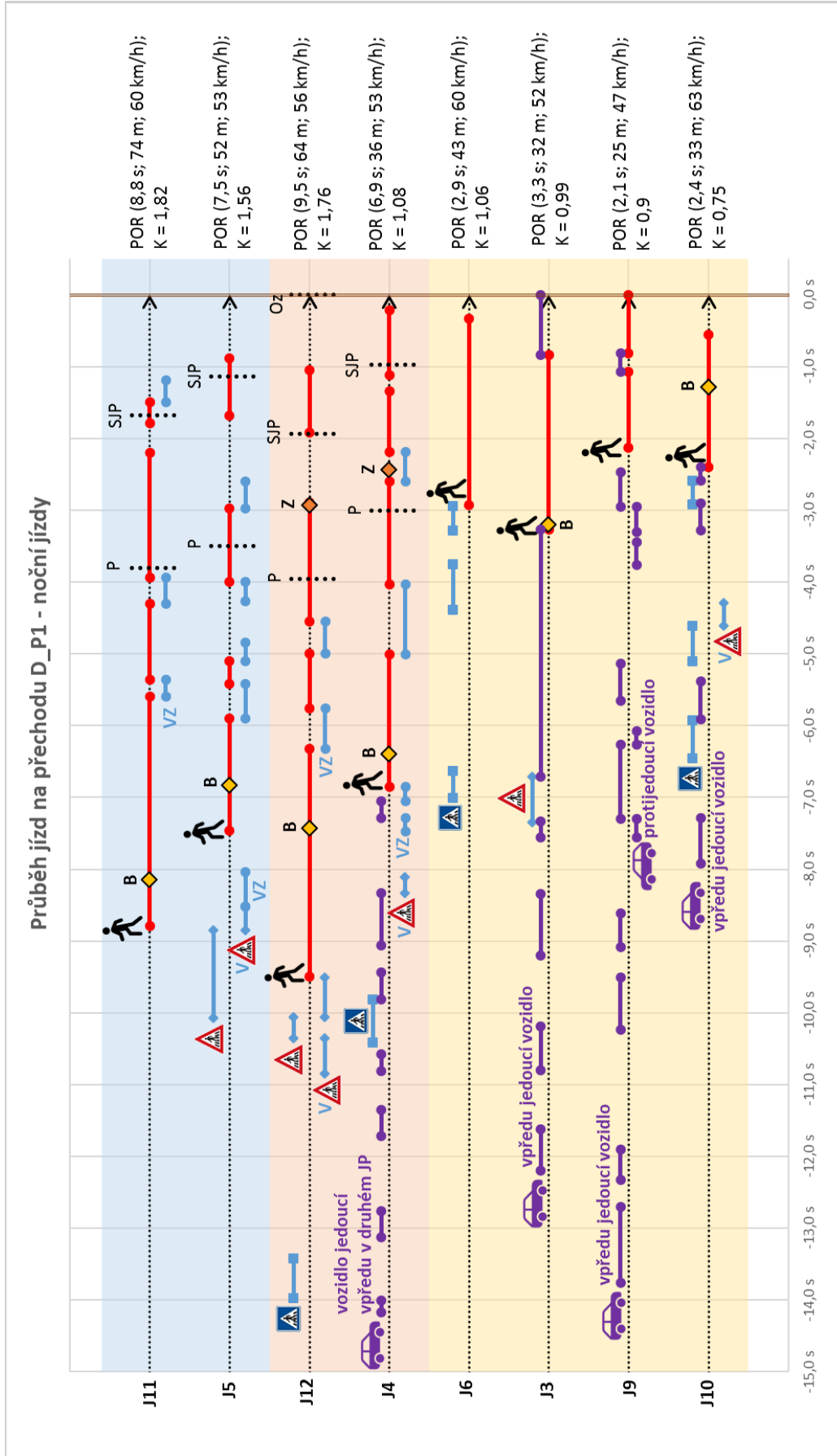
*Obr. 11: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu C\_P3*



Obr. 12: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu C\_P4



**Obr. 13:** Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu D\_P1 – denní jízdy



Obr. 14: Grafické znázornění průběhu jízdy na přechodu D\_P1 – noční jízdy

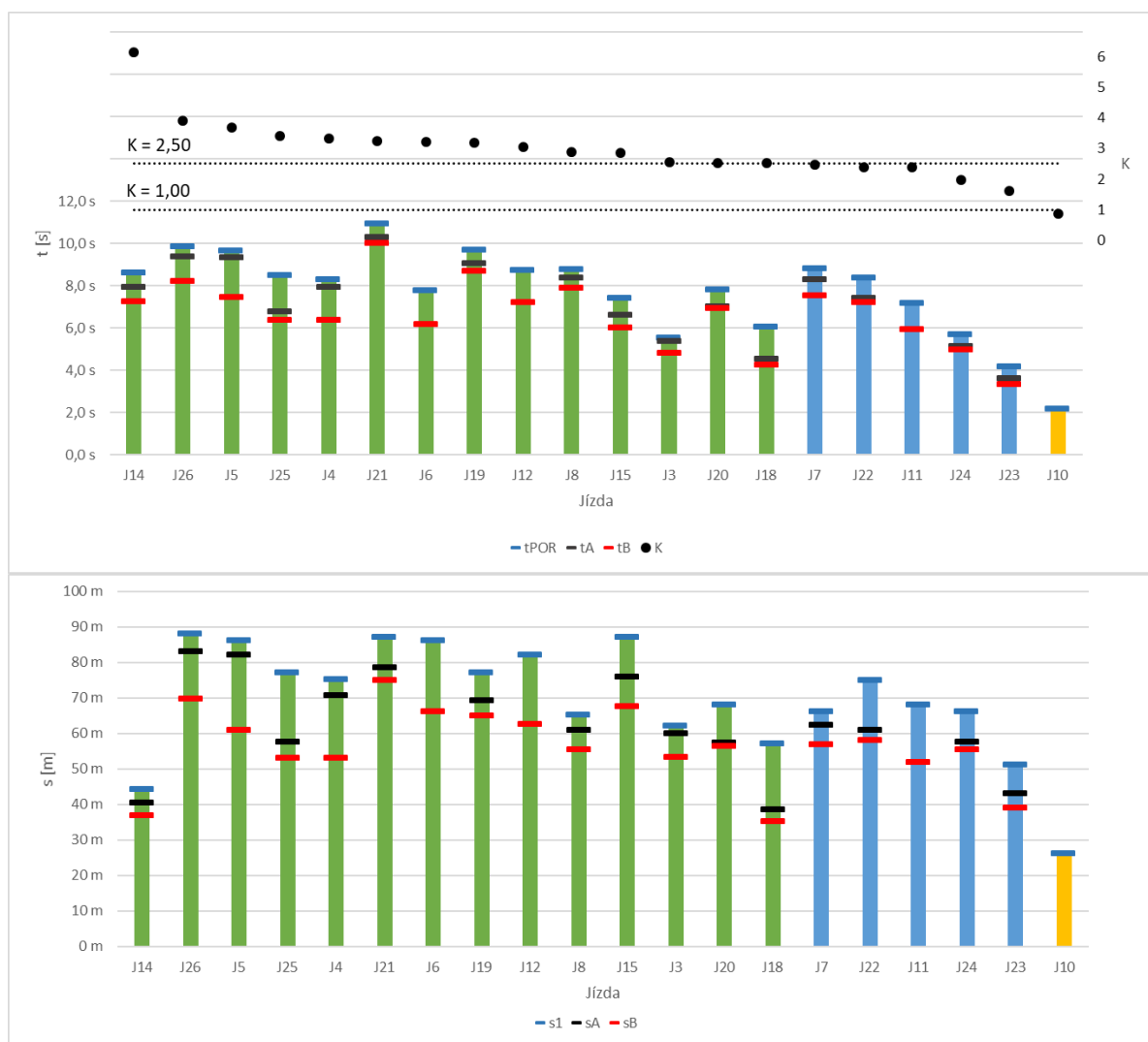
## PREZENTACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

### I Prezentace výsledků měření v rámci experimentu A

#### I.A Přejchod A\_P1

Výsledky měření na přechodu A\_P1 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 1**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 1**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 1**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 20 řidičů 14 dokázalo na figuranta reagovat v dostatečné vzdálenosti a v řadě případů ani bezprostředně neaktivovali brzdový pedál ( $K > 2,5$ ), 5 řidičů muselo intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem. Žádný řidič nemusel brzdit do zastavení. Pouze 1 řidič reagoval značně pozdě ( $K = 0,88$ ). Figurant v tomto případě správně vyhodnotil riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



**Obr. 1:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu A\_P1



## Příloha č. 3,

### str. 2

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 1**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 8,0 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,9 s, což činilo 61 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost mu věnovali v době před vstupem do vozovky a při pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,3 s, což činilo 86 % z doby 2,7 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 2,5 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,9 s, což činilo 76 % doby, kterou měli k dispozici.

V žádné jízdě nebyly POR řidičů na figuranta, ani míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, ovlivněny jinými účastníky silničního provozu. Vodorovné dopravní značení tohoto přechodu bylo v místě bočních vodicích čar a střední dělicí čáry doplněno kruhovými zpomalovacími retardéry. Jak vyplývá z grafického znázornění průběhu jízdy v **příloze č. 2, str. 1**, bylo díky tomuto dodatečnému prvku vodorovné značení přechodu pro řidiče významným optickým podnětem.

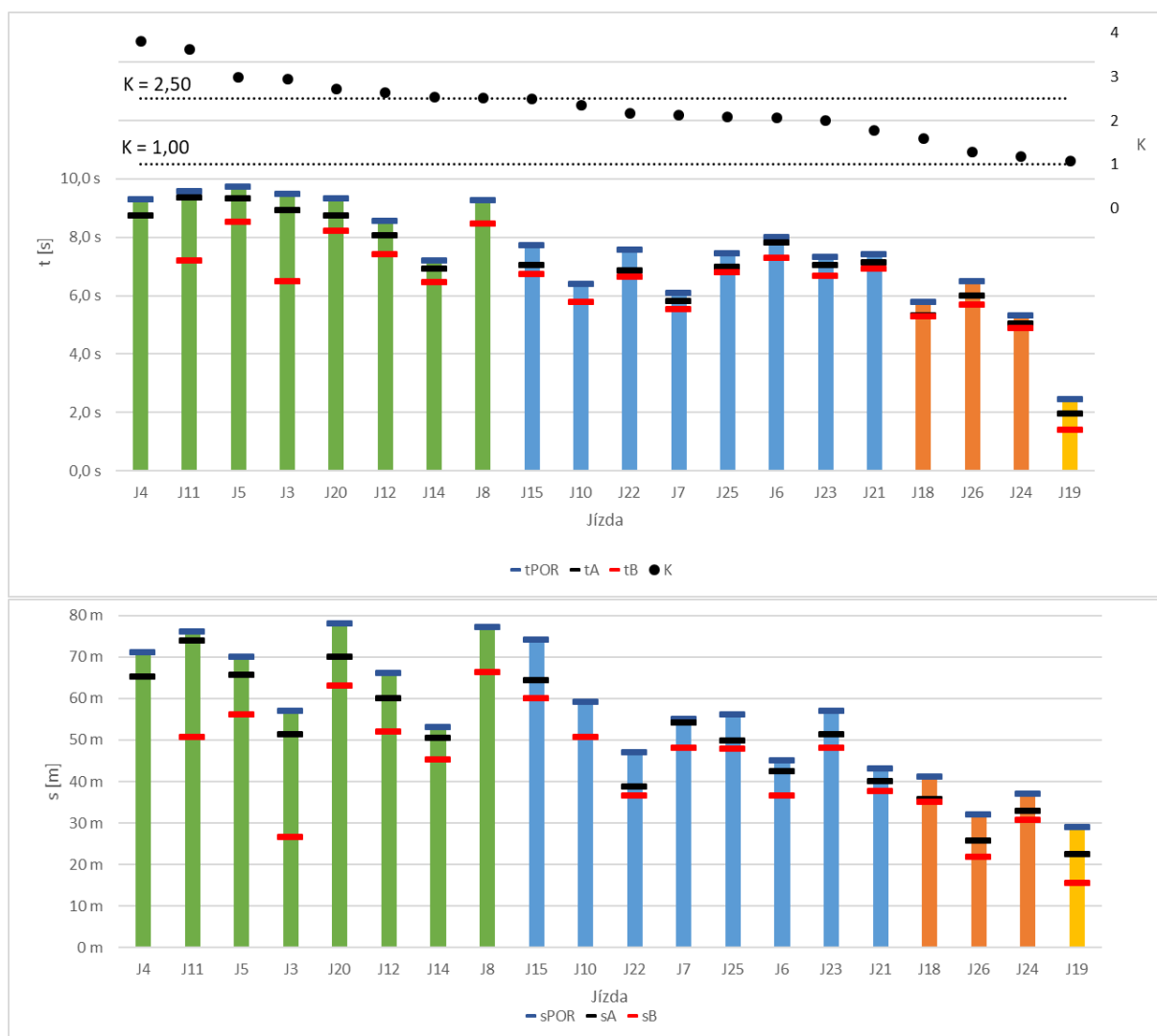
**Tab. 1:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod A\_P1

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	14 měření	5 měření	žádné měření	1 měření
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	74 m / 42 km/h	65 m / 50 km/h	-	26 m / 49 km/h
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	43 m / 35 km/h	41 m / 43 km/h	-	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod $v$	26 km/h	28 km/h	-	38 km/h
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	0,71 s / 1,43 s	0,65 s / 1,05 s	-	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t(\sum t_{POZ})$	8,39 s (4,6 s)	6,7 s (4,6 s)	-	2,16 s (1,88 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	59 %	67 %	-	87 %

### I.B Přejchod A\_P2

Výsledky měření na přechodu A\_P2 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 2**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 2**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 2**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 20 řidičů 8 dokázalo na figuranta reagovat v dostatečné vzdálenosti a také většinou bezprostředně neaktivovali brzdový pedál ( $K > 2,5$ ), 8 řidičů muselo intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 3 řidiči museli brzdit do zastavení. Jen 1 řidič reagoval pozdě ( $K = 1,08$ ). Figurant v tomto případě rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



**Obr. 2:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu A\_P2

### Příloha č. 3,

#### str. 4

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 2**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,8 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 5,2 s, což činilo 67 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 3,4 s, což činilo 81 % z doby 4,2 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 1,9 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,4 s, což činilo 71 % doby, kterou měli k dispozici.

V žádné jízdě nebyly POR řidičů na figuranta, ani míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, ovlivněny jinými účastníky silničního provozu. V daném případě se jednalo o přechod moderní koncepce se středním dělicím ostrůvkem a se žlutým retroreflexním orámováním svíslého dopravního značení, upozorňujícího na umístění přechodu. Jak vyplývá z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 2**, bylo dopravní značení středního dělicího ostrůvku výrazným optickým podnětem, kdy na toto řidiči reagovali ve všech realizovaných jízdách.

**Tab. 2:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod A\_P2

Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		8 měření	8 měření	3 měření	1 měření
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	69 m / 42 km/h	55 m / 44 km/h	37 m / 47 km/h	29 m / 46 km/h
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	24 m / 25 km/h	13 m / 22 km/h	4 m / 11 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	20 km/h	15 km/h	0 km/h	36 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	0,45 s / 1,49 s	0,42 s / 0,70 s	0,40 s / 0,57 s	0,48 s / 1,04 s
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum I_{POZ})$	9,05 s (6,28 s)	7,24 s (4,58 s)	5,85 s (4,17 s)	2,44 s (2,44 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	69 %	63 %	71 %	100 %

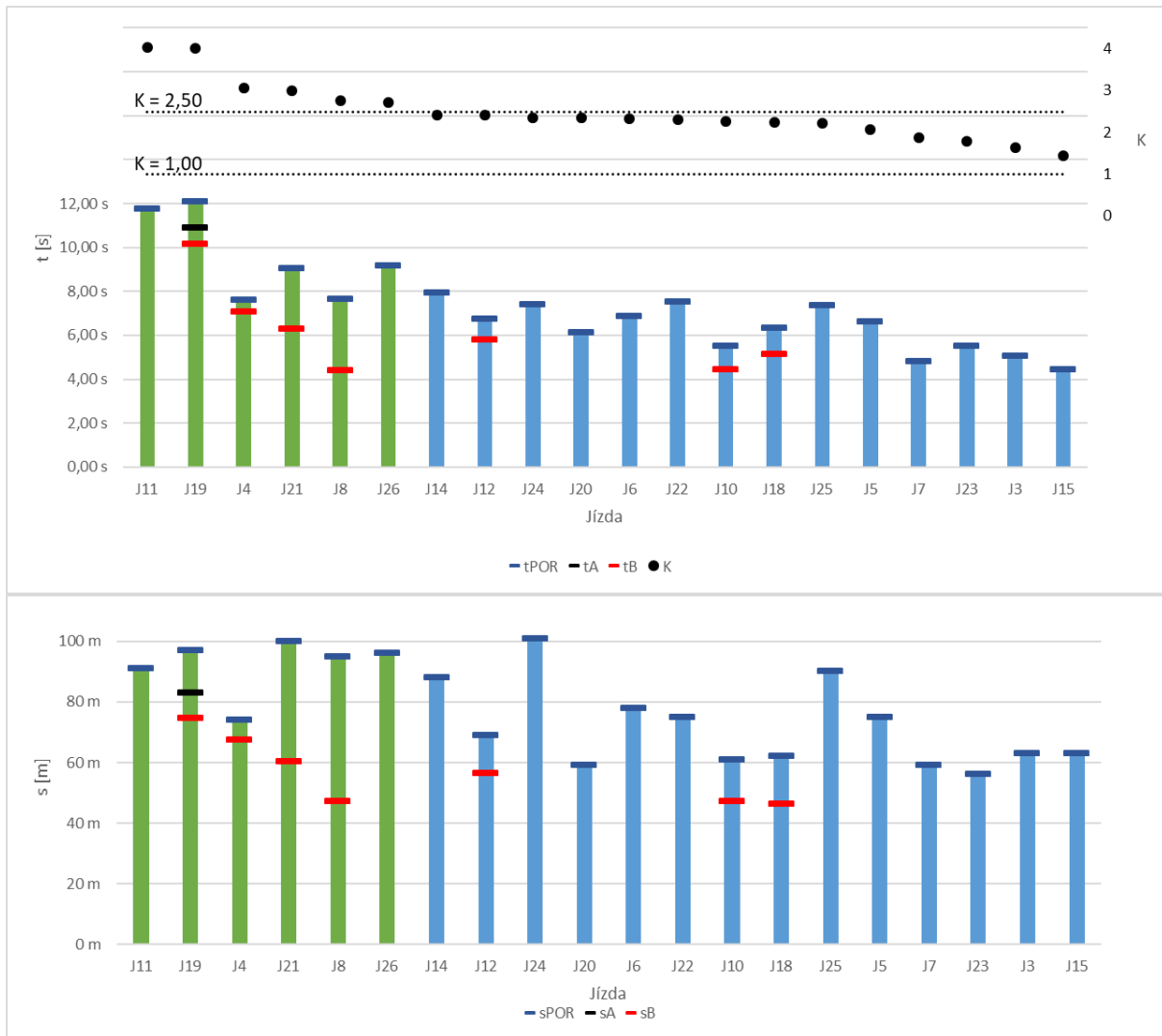
### **I.C Přejechod A\_P3**

Výsledky měření na přechodu A\_P3 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 3**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 3**.

V daném případě se přechod pro chodce na nacházel ve směru jízdy vozidla na rovném přehledném úseku vozovky s klesajícím sklonem, na začátku obce. Z tohoto důvodu řada řidičů snižovala rychlost vozidla brzděním již před samotným vjezdem do obce a po spatření figuranta v tomto brzdění pokračovala. Současně se cca 75 m za přechodem ve směru jízdy vozidla nacházel železniční přejezd se světelným signalizačním zařízením po obou stranách komunikace.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 3**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 20 řidičů 6 dokázalo na figuranta reagovat v dostatečné vzdálenosti ( $K > 2,5$ ), u zbývajících 14 řidičů spadaly jejich jízdy do kategorie jízd se zvýšeným nebezpečím. U žádné jízdy nemuseli řidiči s vozidlem brzdit do zastavení, nedošlo ani k žádné kritické situaci, při které by řidiči reagovali pozdě.

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 3**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,3 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,9 s, což činilo 67 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 1,7 s, což činilo 89 % z doby 1,9 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 2,5 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 2,1 s, což činilo 84 % doby, kterou měli k dispozici.



**Obr. 3:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu A\_P3

Ve 4 jízdách se v blízkosti přechodu pro chodce vyskytovala jiná náhodná jedoucí vozidla, a to v 1 případě vpředu jedoucí autobus a ve 3 případech protijedoucí vozidla, viz grafické znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 3**. POR řidičů na figuranta však nebyla těmito nijak negativně ovlivněna, pouze v některých případech byla jen nepatrně ovlivněna míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, avšak až po jeho opuštění koridoru jízdy vozidla, resp. pravého jízdního pruhu. Z grafického znázornění průběhu jízd je rovněž patrné, že světelná signalizace železničního přejezdu i samotný přejezd byly pro řidiče výrazným optickým podnětem, a to zejména před samotným spatřením figuranta.

**Tab. 3:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod A\_P3

Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		6 měření	14 měření	žádná	žádná
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	92 m / 48 km/h	71 m / 53 km/h	-	-
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	55 m / 43 km/h	56 m / 52 km/h	-	-
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	24 km/h	31 km/h	-	-
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	1,2 s / 2,11 s	- / 1,07 s	-	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	9,55 s (6,00 s)	6,30 s (4,49 s)	-	-
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	63 %	71 %	-	-

#### I.D Přechod A\_P4

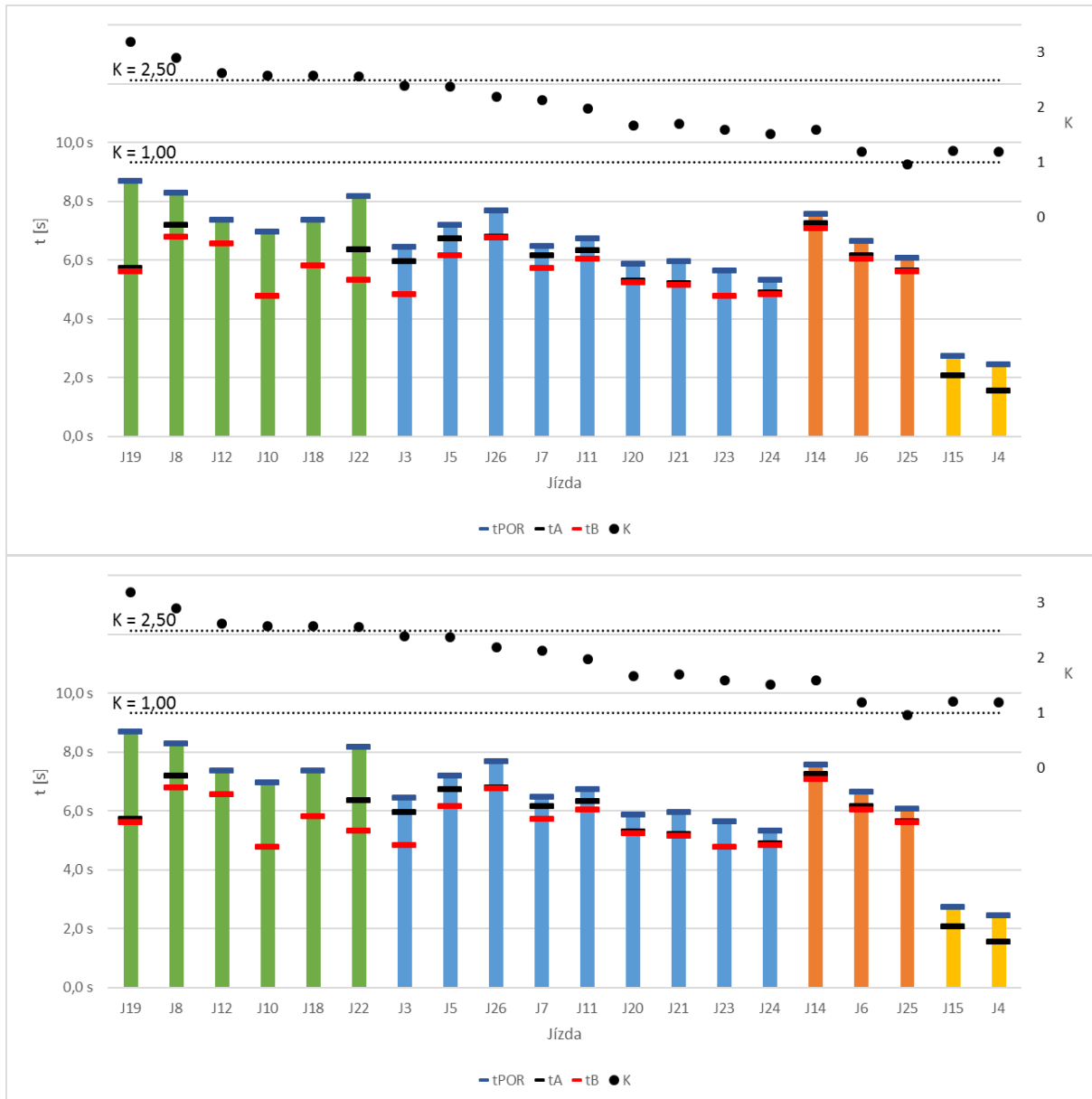
Výsledky měření na přechodu A\_P4 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 4**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 4**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 4**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 20 řidičů 6 dokázalo na figuranta reagovat v dostatečné vzdálenosti ( $K > 2,5$ ), 9 řidičů muselo intenzivněji brzdít, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 3 řidiči museli brzdít do zastavení. 2 řidiči reagovali pozdě ( $K = 1,2$ ). Figurant v těchto případech rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 4**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 6,9 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,3 s, což činilo 62 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,5 s, což činilo 78 % z doby 3,2 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru

pohyboval 2,1 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,5 s, což činilo 71 % doby, kterou měli k dispozici.

V žádné jízdě nebyly POR řidičů na figuranta, ani míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, ovlivněny jinými účastníky silničního provozu.



Obr. 4: Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu A\_P4

**Tab. 4:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod A\_P4

Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		6 měření	9 měření	3 měření	2 měření
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	62 m / 41 km/h	54 m / 47 km/h	40 m / 52 km/h	32 m / 46 km/h
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	21 m / 31 km/h	21 m / 32 km/h	3 m / 17 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	13 km/h	18 km/h	0 km/h	40 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	1,95 s / 1,99 s	0,55 s / 0,87 s	0,41 s / 0,52 s	0,76 s / -
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	7,8 s (4,22 s)	6,37 s (4,1 s)	6,76 s (4,85 s)	2,58 s (2,22 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	54 %	64 %	72 %	86 %

## **II Prezentace výsledků měření v rámci experimentu B**

### **II.A Přechod B\_P1**

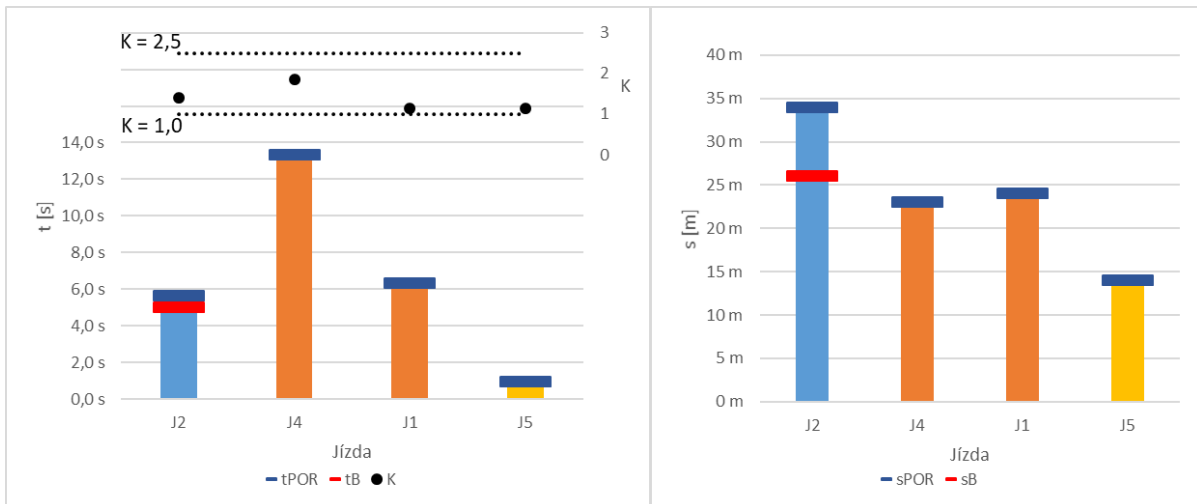
Výsledky měření na přechodu B\_P1 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 5**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 5**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 5**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že ze 4 řidičů 1 musel intenzivněji brzdit, nemusel však zastavit s vozidlem před přechodem a 2 řidiči museli brzdit do zastavení. 1 řidič reagoval pozdě ( $K = 1,13$ ). Figurant v tomto případě rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 5**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 8,5 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 2,6 s, což činilo 31 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 1,8 s, což činilo 86 % z doby 2,1 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru



pohyboval 2,9 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 0,8 s, což činilo 28 % doby, kterou měli k dispozici.



Obr. 5: Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu B\_P1

Tab. 5: Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod B\_P1

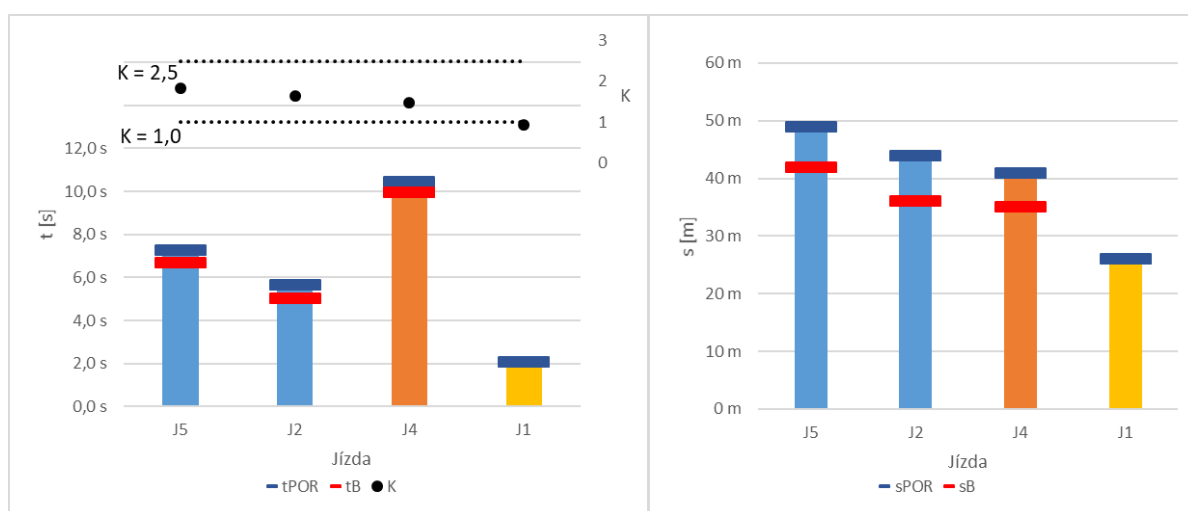
Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		žádná	1 měření	2 měření	1 měření
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	-	34 m / 43 km/h	24 m / 33 km/h	14 m / 27 km/h
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	-	16 m / 26 km/h	9 m / 13 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	-	20 km/h	0 km/h	30 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 0,67 s	- / -	- / -
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	-	5,67 s (3,96 s)	9,84 s (1,86 s)	0,97 s (0,97 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	-	70 %	19 %	100 %

Sledovaný přechod pro chodce se nacházel u tramvajového nástupního ostrůvku a jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v příloze č. 2, str. 5, měl na okamžik POR řidiče na figuranta a zejména na míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, vliv velký počet podnětů v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucí vozidla, chodci na tramvajovém ostrůvku, v levém jízdním pruhu, na pravém okraji vozovky a přecházející vozovku z levé strany.

## II.B Přejchod B\_P2

Výsledky měření na přechodu B\_P2 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 6**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 6**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 6**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že ze 4 řidičů 2 museli intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 1 řidič musel brzdit do zastavení. 1 řidič reagoval pozdě ( $K = 0,94$ ). Figurant v tomto případě rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



**Obr. 6:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu B\_P2

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 6**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,8 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 3,8 s, což činilo 49 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,1 s, což činilo 60 % z doby 3,5 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu se figurant v průměru pohyboval 1,9 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,2 s, což činilo 63 % doby, kterou měli k dispozici.

**Tab. 6:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod B\_P2

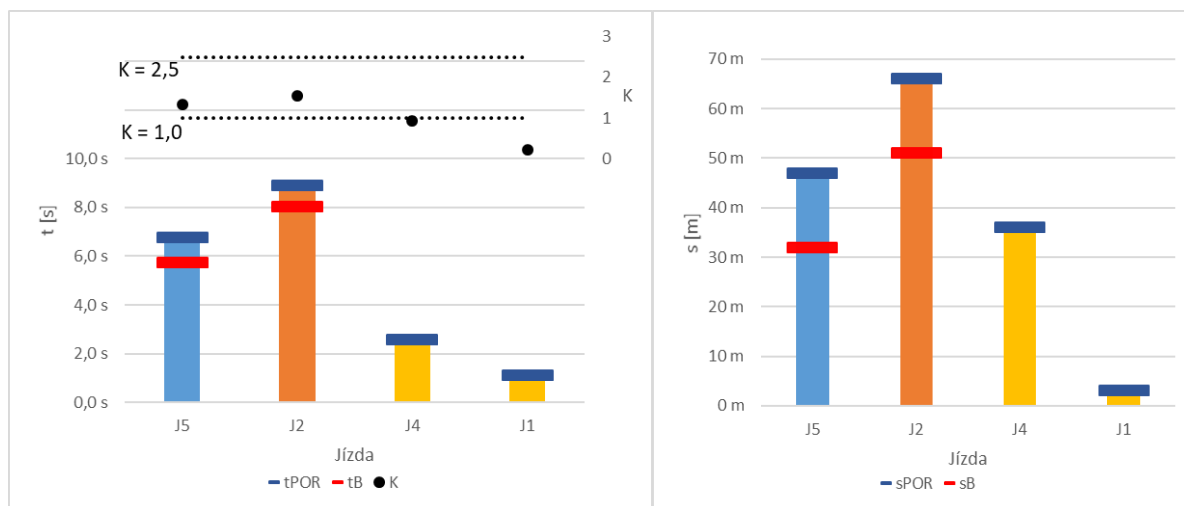
Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		žádná	2 měření	1 měření	1 měření
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	-	47 m / 46 km/h	41 m / 47 km/h	26 m / 47 km/h
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	-	17 m / 32 km/h	5 m / 18 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	-	25 km/h	0 km/h	49 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 0,58 s	- / 0,46 s	- / -
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	-	6,46 s (4,68 s)	10,43 s (1,96 s)	2,07 s (1,30 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	-	72 %	19 %	63 %

Sledovaný přechod pro chodce byl opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem a vedl přes 4 jízdní pruhy. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 6**, měl na míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, vliv velký počet podnětů v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucí a protijedoucí vozidla a chodci přecházející vozovku z levé strany. POR řidiče na figuranta byla v 1 případě nepatrně ovlivněna jiným náhodným vpředu jedoucím vozidlem.

### II.C Přechod B\_P3

Výsledky měření na přechodu B\_P3 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 7**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 7**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 7**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že ze 4 řidičů 1 musel intenzivněji brzdít, nemusel však zastavit s vozidlem před přechodem a 1 řidič musel brzdít do zastavení. 2 řidiči reagovali pozdě ( $K = 0,94, 0,21$ ). Figurant v těchto případech rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



Obr. 7: Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu B\_P3

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 7**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,8 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,7 s, což činilo 60 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 3,5 s, což činilo 80 % z doby 4,4 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu se figurant v průměru pohyboval 1,8 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 0,9 s, což činilo 50 % doby, kterou měli k dispozici.

Tab. 7: Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod B\_P3

Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		žádná	1 měření	1 měření	2 měření
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	-	47 m / 55 km/h	66 m / 62 km/h	20 m / 44 km/h
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	-	11 m / 24 km/h	4 m / 7 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	-	22 km/h	0 km/h	46 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 1,00 s	- / 0,88 s	- / -
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	-	6,75 s (4,50 s)	8,92 s (4,83 s)	1,86 s (0,77 s)

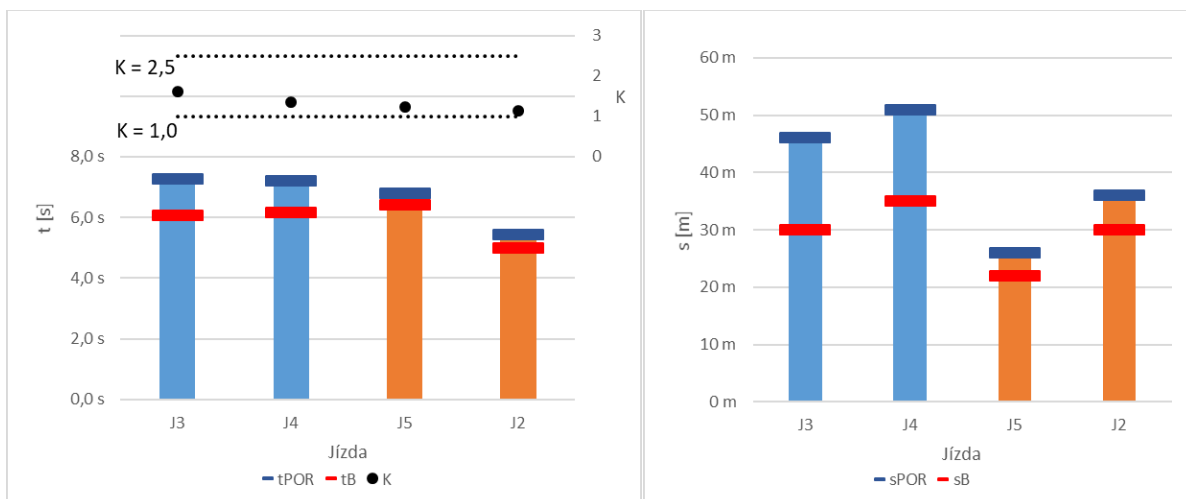
Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	-	67 %	54 %	41 %

Obdobně jako přechod pro chodce B\_P2 byl i tento opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem a vedl přes 4 jízdní pruhy. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 7**, měli na POR řidičů na figuranta, a to v jízdách, v nichž řidič reagoval pozdě a figurant do vozovky nevstoupil, tedy v jízdách kritických, vliv jiní náhodní účastníci silničního provozu, a to v jedné jízdě vozidlo jedoucí vpředu a v druhé vozidlo jedoucí v druhém jízdním pruhu ve směru jízdy a chodci přecházející vozovku po přechodu z levé strany s kočárkem. Míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, byla ovlivněna v první z těchto kritických jízd vpředu jedoucím vozidlem.

## II.D Přechod B\_P4

Výsledky měření na přechodu B\_P4 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 8**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 8**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivaci brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 8**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že ze 4 řidičů 2 museli intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 2 řidiči museli brzdit do zastavení. Žádný z řidičů na tomto místě nereagoval pozdě.



**Obr. 8:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu B\_P4

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 8**. Z porovnání zkoušek, při kterých

figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 6,7 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,0 s, což činilo 60 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,4 s, což činilo 83 % z doby 2,9 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu pravého jízdního pásu se figurant v průměru pohyboval 1,9 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,0 s, což činilo 53 % doby, kterou měli k dispozici.

**Tab. 8:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod B\_P4

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	2 měření	2 měření	žádná
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	49 m / 53 km/h	31 m / 45 km/h	-
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	-	14 m / 30 km/h	7 m / 19 km/h	-
Průjezd vozidla přes přechod $v$	-	19 km/h	0 km/h	-
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 1,13 s	- / 0,40 s	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t (\sum t_{POZ})$	-	7,24 s (4,38 s)	6,11 s (3,55 s)	-
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	-	60 %	58 %	-

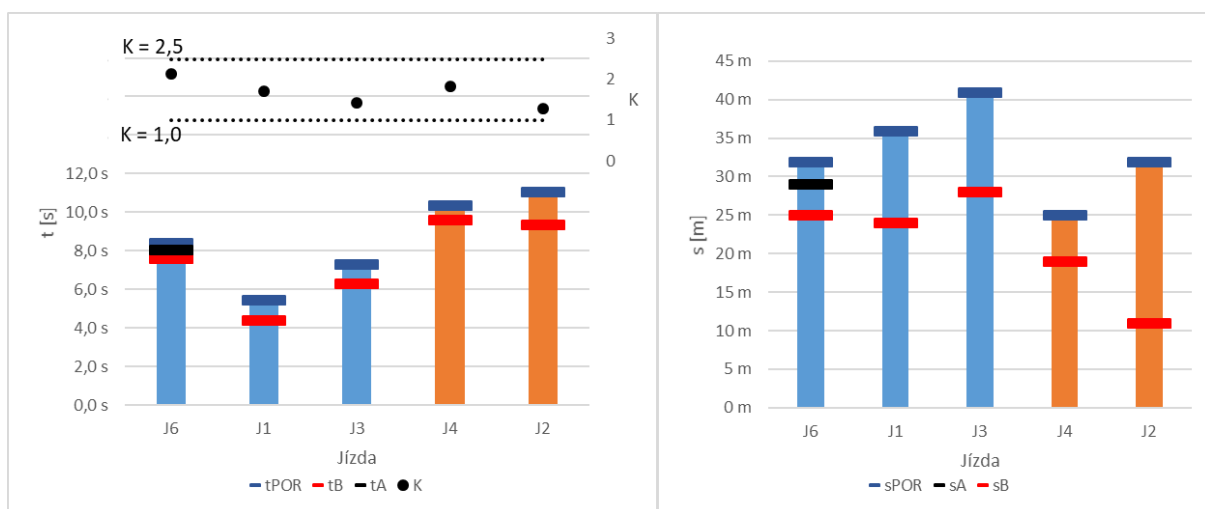
Sledovaný přechod pro chodce byl opatřený středním dělicím ostrůvkem a vedl přes 5 jízdních pruhů. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v příloze č. 2, str. 8, měli na POR řidičů na figuranta, a to v jízdách v kategorii jízd nebezpečných, vliv jiná náhodná vozidla, a to v jedné jízdě protijedoucí vozidlo a v druhé vozidlo jedoucí v druhém jízdním pruhu ve směru jízdy. Toto vozidlo jedoucí v druhém jízdním pruhu rovněž nepatrně ovlivnilo míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidič figurantovi věnoval. Míra pozornosti  $M_{POZ}$  byla mírně ovlivněna také při jízdě v kategorii se zvýšeným nebezpečím, a to díky náhodnému chodci na pravém okraji vozovky.

### III Prezentace výsledků měření v rámci experimentu C

#### III.A Přechod C\_P1

Výsledky měření na přechodu C\_P1 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 9**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 9**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 9**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 5 řidičů 3 museli intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 2 řidiči museli brzdit do zastavení. Žádný z řidičů na tomto místě nereagoval pozdě.



**Obr. 9:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu C\_P1

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 9**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 8,5 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 3,8 s, což činilo 45 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,0 s, což činilo 65 % z doby 3,1 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 3,1 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,8 s, což činilo 58 % doby, kterou měli k dispozici.

**Tab. 9:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod C\_P1

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	3 měření	2 měření	žádná
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	36 m / 39 km/h	29 m / 37 km/h	-
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	-	13 m / 24 km/h	5 m / 18 km/h	-
Průjezd vozidla přes přechod $v$	-	9 km/h	0 km/h	-
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	-	0,39 s / 0,97 s	- / 1,23 s	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t (\sum t_{POZ})$	-	7,08 s (3,89 s)	10,73 s (3,73 s)	-
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	-	55 %	35 %	-

Sledovaný přechod pro chodce byl opatřený nevyvýšeným středním dělicím ostrůvkem, kdy pravá strana dopravního stínu ve směru jízdy vozidla byla před středním dělicím ostrůvkem ohraničena retardéry se směrovými deskami. Z analyzovaných 5 jízd na tyto desky reagoval 1 řidič. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 9**, měl na míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, vliv velký počet podnětů v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucí vozidlo, vozidlo přijíždějící na křižovatku za přechodem zprava či zaparkovaná vozidla. Zaparkovaná vozidla po obou stranách komunikace sledovali řidiči před příjezdem na přechod pro chodce ve většině analyzovaných jízd, POR řidiče na figuranta však nebyla těmito nijak negativně ovlivněna.

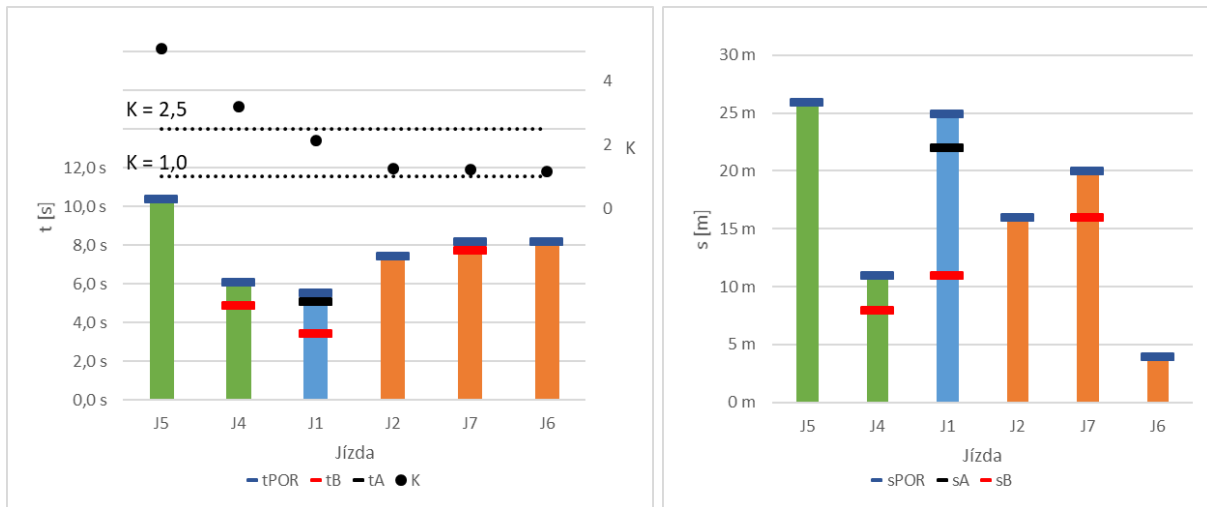
### III.B Přechod C\_P2

Výsledky měření na přechodu C\_P2 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 10**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 10**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 10**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 6 řidičů 2 dokázali na figuranta reagovat v dostatečné vzdálenosti ( $K > 2,5$ ), 1 musel intenzivněji brzdít, nemusel však zastavit s vozidlem před přechodem a 3 řidiči museli brzdít do zastavení. Žádný z řidičů na tomto místě nereagoval pozdě. Ve 4 jízdách řidiči aktivovali brzdový pedál ještě před



samotnou POR řidiče na figuranta, a to z důvodu příjezdu na přechod pro chodce, na který navazoval kruhový objezd.



**Obr. 10:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu C\_P2

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 10**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,7 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 3,8 s, což činilo 49 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,3 s, což činilo 77 % z doby 3,0 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 4,3 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,5 s, což činilo 35 % doby, kterou měli k dispozici.

Sledovaný přechod pro chodce byl klasický typ přechodu, který vedl přes 1 jízdní pruh. Po pravě straně přechodu ve směru jízdy vozidla byl trvale umístěn malý reklamní poutač s reklamní figurínou. Na tuto figurínu reagovali všichni řidiči, a to před okamžikem POR řidiče na figuranta. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 10**, sledovali řidiči před POR řidiče na figuranta řadu podnětů v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucích a protijedoucích vozidel či vozidel zaparkovaných po obou stranách komunikace, POR řidiče na figuranta však nebyla těmito nijak významně ovlivněna. Míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, byla nepatrně ovlivněna pouze v jedné jízdě díky sledování vpředu jedoucího vozidla, v dalších jízdách nebyla míra pozornosti  $M_{POZ}$  nijak ovlivněna.

**Tab. 10:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod C\_P2

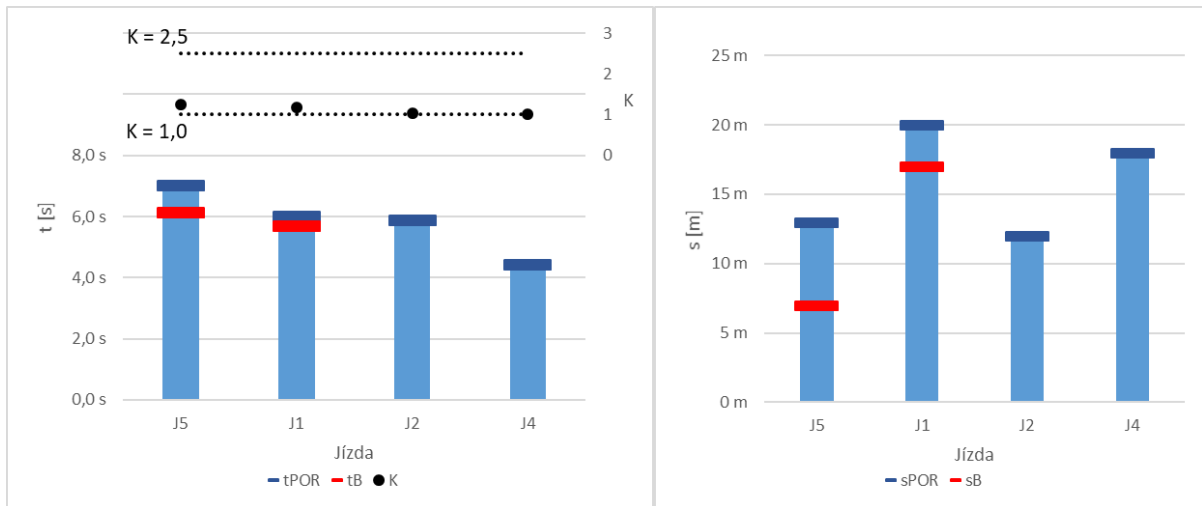
Kategorie nebezpečnosti		zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič		běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant		přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření		2 měření	1 měření	3 měření	žádná
POR řidičů na figuranta	$s_1 / v_1$	19 m / 12 km/h	25 m / 26 km/h	13 m / 24 km/h	-
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	4 m / 10 km/h	8 m / 26 km/h	3 m / 10 km/h	-
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	6 km/h	12 km/h	0 km/h	-
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	- / 1,21 s	0,43 s / 2,12 s	- / 0,48 s	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	8,27 s (4,44 s)	5,56 s (4,00 s)	7,97 s (3,39 s)	-
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	54 %	72 %	42 %	-

### III.C Přechod C\_P3

Výsledky měření na přechodu C\_P3 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 11**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 11**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 11**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že všechny 4 analyzované jízdy spadaly do kategorie se zvýšeným nebezpečím, kdy museli řidiči intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem. Ve 2 jízdách řidiči aktivovali brzdový pedál ještě před samotnou POR řidiče na figuranta. Žádný z řidičů na tomto místě nereagoval pozdě.

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 11**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 5,8 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 3,3 s, což činilo 57 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 1,7 s, což činilo 100 % z doby 1,7 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 3,4 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,7 s, což činilo 50 % doby, kterou měli k dispozici.



Obr. 11: Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu C\_P3

Tab. 11: Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod C\_P3

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	4 měření	žádná	žádná
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	16 m / 30 km/h	-	-
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	-	6 m / 24 km/h	-	-
Průjezd vozidla přes přechod $v$	-	7 km/h	-	-
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 0,60 s	-	-
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t (\sum t_{POZ})$	-	5,82 s (3,33 s)	-	-
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	-	57 %	-	-

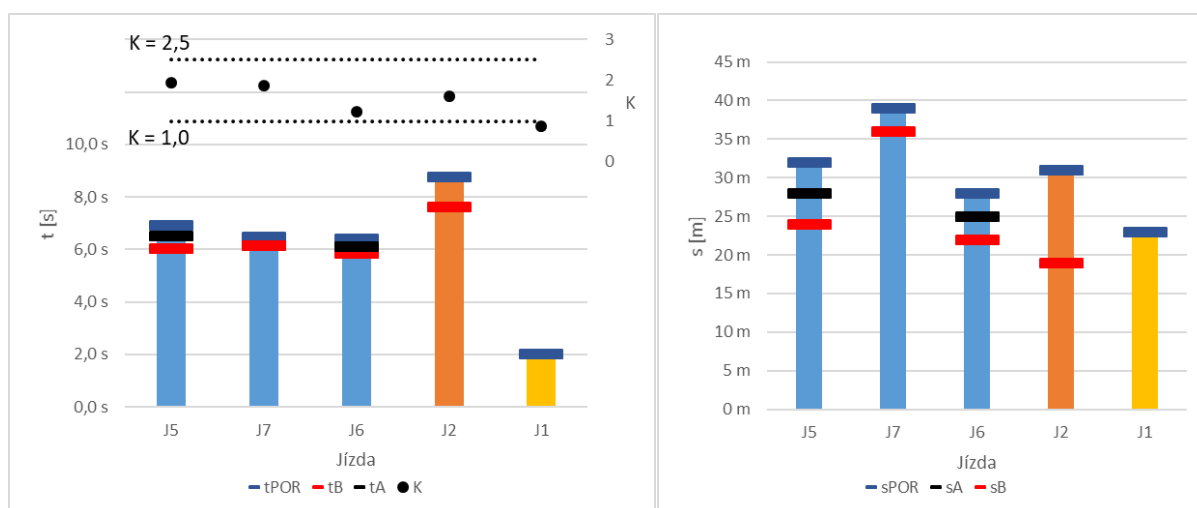
Sledovaný přechod pro chodce byl opatřen zpomalovacími retardéry v klikatém tvaru před a za vodorovným značením přechodu. Díky těmto retardérům řidiči výrazně snižovali rychlost před samotným přechodem a při jeho přejíždění. Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v příloze č. 2, str. 11, byla míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, ovlivněna v 1 jízdě, a to díky vozidlu přijíždějícímu na křižovatku za přechodem zprava, v další jízdě byla nepatrně ovlivněna vozidlem zaparkovaným vpravo před přechodem. Před POR řidiče na figuranta řidiči sledovali řadu podnětů v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucích a protijedoucích vozidel či vozidel zaparkovaných po obou stranách komunikace. POR řidiče na figuranta byla ovlivněna

zejm. posledními zaparkovanými vozidly vpravo pár metrů před sledovaným přechodem, díky nimž vznikala oblast zakrytého výhledu a pro řidiče byl figurant ve většině případů viditelný až při průjezdu kolem těchto vozidlem.

### III.D Přejchod C\_P4

Výsledky měření na přechodu C\_P4 a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 12**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 12**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky uvolnění akceleračního pedálu a aktivaci brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 12**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 5 řidičů 3 museli intenzivněji brzdit, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 1 řidič musel brzdit do zastavení. 1 řidič reagoval pozdě ( $K = 0,89$ ). Figurant v tomto případě rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



**Obr. 12:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu C\_P4

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 12**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 7,1 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 4,1 s, což činilo 58 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 2,9 s, což činilo 91 % z doby 3,2 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 2,0 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,2 s, což činilo 60 % doby, kterou měli k dispozici.

**Tab. 12:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod C\_P4

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	3 měření	1 měření	1 měření
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	33 m / 38 km/h	31 m / 37 km/h	23 m / 45 km/h
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	-	12 m / 23 km/h	3 m / 14 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod $v$	-	15 km/h	0 km/h	48 km/h
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	-	0,34 s / 0,57 s	- / 1,12 s	- / -
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t(\sum t_{POZ})$	-	6,60 s (3,68 s)	8,76 s (5,32 s)	2,04 s (1,08 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	-	56 %	61 %	53 %

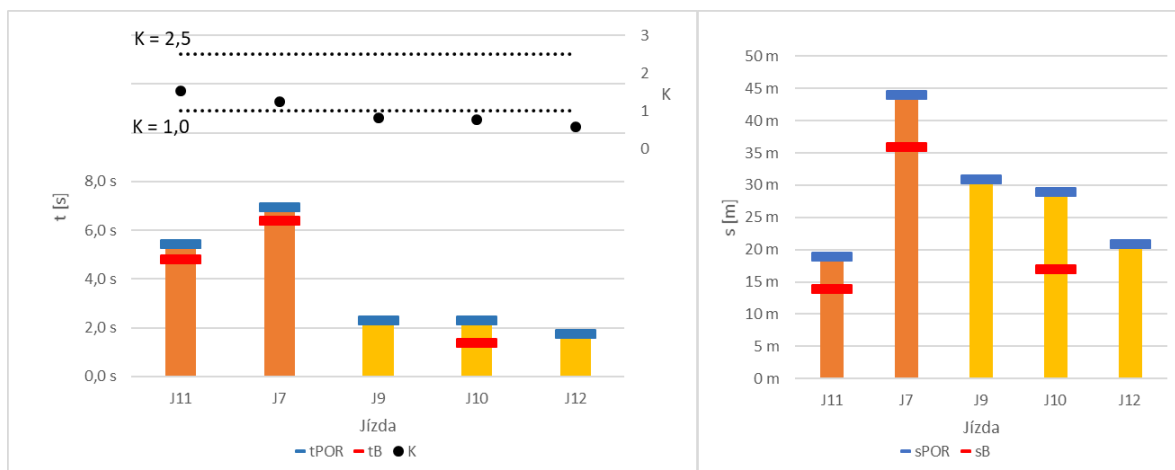
V 1 jízdě, která spadá do kategorie jízd nebezpečných, se v blízkosti přechodu pro chodce vyskytoval vpředu jedoucí autobus a jiný náhodný chodec, nacházející se na pravém okraji vozovky za přechodem, viz grafické znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 12**. POR řidiče na figuranta však nebyla těmito nijak negativně ovlivněna, stejně tak nebyla těmito jinými účastníky silničního provozu ovlivněna míra pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali.

## **IV Prezentace výsledků měření v rámci experimentu D**

### **IV.A Přechod D\_P1 – denní jízdy**

Výsledky měření na přechodu D\_P1 v denních podmínkách a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 13**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 13**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 13**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 5 řidičů 2 museli s vozidlem před přechodem brzdit do zastavení a 3 řidiči reagovali pozdě ( $K = 0,83, 0,77, 0,59$ ). Figurant v těchto případech rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



**Obr. 13:** Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu D\_P1 – denní jízdy

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 13**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 6,2 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 2,4 s, což činilo 39 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 1,2 s, což činilo 36 % z doby 3,3 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 2,0 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,0 s, což činilo 50 % doby, kterou měli k dispozici.

**Tab. 13:** Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod D\_P1 (denní jízdy)

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	žádná	2 měření	3 měření
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	-	32 m / 41 km/h	27 m / 56 km/h
Vstup figuranta do vozovky $s_2 / v_2$	-	-	7 m / 11 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod $v$	-	-	0 km/h	56 km/h
Reakční doby $\Delta t_A / \Delta t_B$	-	-	- / 0,57 s	- / 0,94 s
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje) $t (\sum t_{POZ})$	-	-	6,20 s (2,36 s)	2,14 s (1,28 s)

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem $M_{POZ}$	-	-	38 %	60 %

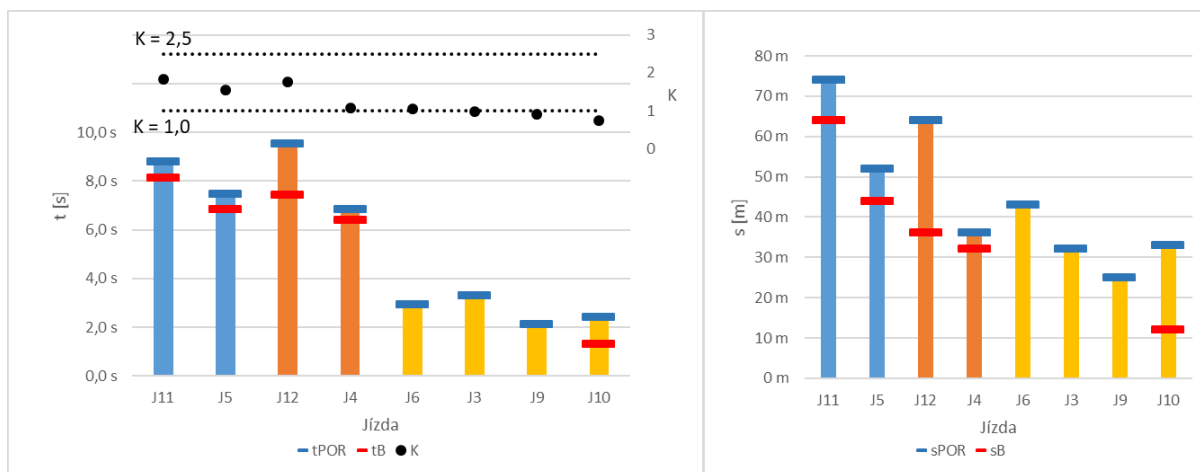
Sledovaný přechod pro chodce vedl přes 4 jízdní pruhy a kolejový pás uprostřed přechodu. Svislé dopravní značení přechodu bylo zvýrazněno žlutým retroreflexním orámováním a vodorovné značení červenými pruhy. Před přechodem se nacházela červeně obarvená bezpečnostní protismyková úprava vozovky, tzv. Rocbinda, a na umístění přechodu upozorňovalo před přechodem také výstražné svislé i vodorovné dopravní značení (Pozor, přechod pro chodce). I přes tyto prvky byly analyzované jízdy na tomto přechodu z pohledu bezpečnosti ve srovnání s ostatními přechody nejhorší, a to jak při denních, tak i nočních podmínkách.

Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 13**, měly na míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, vliv podněty v podobě jiných náhodných účastníků silničního provozu, a to vpředu jedoucí vozidla, vozidlo jedoucí vpředu v druhém jízdním pruhu a vozidlo přijíždějící na křižovatku za přechodem zprava. Na POR řidičů na figuranta měli vliv ve většině analyzovaných jízd, tedy jak jízd nebezpečných, tak kritických, jiní náhodní účastníci silničního provozu, a to vpředu jedoucí vozidla a v 1 případě vozidlo jedoucí vpředu v druhém jízdním pruhu a protijedoucí vozidlo.

#### **IV.B Přechod D\_P1 – noční jízdy**

Výsledky měření na přechodu D\_P1 v nočních podmínkách a provedená vyhodnocení jsou graficky porovnány na **obr. 14**. Podrobněji jsou průběhy jízd graficky zpracovány v **příloze č. 2, str. 14**.

Okamžiky POR řidičů na figuranta, okamžiky aktivací brzdového pedálu a jím odpovídající vzdálenosti vozidla od přechodu jsou znázorněny na grafech na **obr. 14**. Z provedeného vyhodnocení je zřejmé, že z 8 řidičů 2 museli intenzivněji brzdít, nemuseli však zastavit s vozidlem před přechodem a 2 řidiči museli brzdít do zastavení. 4 řidiči reagovali pozdě ( $K = 1,06, 0,99, 0,90, 0,75$ ). Figurant v těchto případech rozpoznal riziko a do vozovky vůbec nevstoupil.



Obr. 14: Porovnání výsledků jízdních zkoušek na přechodu D\_P1 – noční jízdy

Průměrné hodnoty charakteristických veličin včetně délky reakčních dob a poměrných dob pozorování figuranta řidiči jsou uvedeny v **tab. 14**. Z porovnání zkoušek, při kterých figurant přecházel vozovku, vyplývá, že průměrná doba od okamžiku POR do okamžiku průjezdu vozidla přes přechod byla 8,2 s. Po tuto dobu řidiči v průměru přímo pozorovali figuranta po dobu 5,4 s, což činilo 66 % z doby, kterou měli k dispozici. Největší pozornost věnovali řidiči figurantovi v době před vstupem do vozovky a při jeho pohybu v pravém jízdním pruhu. Průměrná doba pozorování figuranta před vstupem do vozovky byla 3,5 s, což činilo 76 % z doby 4,6 s, kterou měli řidiči k dispozici. V pravém jízdním pruhu se figurant v průměru pohyboval 2,1 s. Po tuto dobu ho řidiči přímo pozorovali v průměru 1,3 s, což činilo 62 % doby, kterou měli k dispozici.

Jak je patrné z grafického znázornění průběhu jízd v **příloze č. 2, str. 14**, měla na míru pozornosti  $M_{POZ}$ , kterou řidiči figurantovi věnovali, ve 2 jízdách nepatrný vliv vpředu jedoucí vozidla. V dalších jízdách nebyla míra pozornosti  $M_{POZ}$  nijak ovlivněna. Na POR řidičů na figuranta měli vliv ve většině nebezpečných a kritických jízd jiní náhodní účastníci silničního provozu, a to zejm. vpředu jedoucí vozidla a dále také vozidlo jedoucí vpředu v druhém jízdním pruhu a protijedoucí vozidlo.

Tab. 14: Průměrné hodnoty sledovaných veličin podle nebezpečnosti jízdních situací – přechod D\_P1 (noční jízdy)

Kategorie nebezpečnosti	zcela bezpečná	se zvýšeným nebezpečím	nebezpečná	kritická
Řidič	běžně zpomaluje	intenzivně zpomaluje	brzdí do zastavení	včas nekoná
Figurant	přechází	přechází	přechází	nevstupuje do vozovky
Počet měření	žádná	2 měření	2 měření	4 měření
POR řidičů na figuranta $s_1 / v_1$	-	63 m / 57 km/h	50 m / 55 km/h	33 m / 56 km/h



**Příloha č. 3,**  
**str. 26**

<b>Kategorie nebezpečnosti</b>		<b>zcela bezpečná</b>	<b>se zvýšeným nebezpečím</b>	<b>nebezpečná</b>	<b>kritická</b>
Vstup figuranta do vozovky	$s_2 / v_2$	-	12 m / 26 km/h	4 m / 11 km/h	nevstoupil
Průjezd vozidla přes přechod	$v$	-	20 km/h	0 km/h	53 km/h
Reakční doby	$\Delta t_A / \Delta t_B$	-	- / 0,65 s	- / 1,26 s	- / 1,11 s
Doba pohybu figuranta po komunikaci od POR řidiče na něj (doba, po kterou jej řidič sleduje)	$t (\sum t_{POZ})$	-	8,13 s (5,00 s)	8,18 s (5,75 s)	2,69 s (2,19 s)
Poměrná doba pozorování figuranta řidičem	$M_{POZ}$	-	61 %	70 %	82 %

**POSOUZENÍ NEBEZPEČNOSTI REÁLNÝCH DOPRAVNÍCH  
NEHODOVÝCH SITUACÍ**

**1) Dopravní nehoda č. 1**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 1 vozidla Toyota RAV4 s chodkyní, přecházející vozovku zleva, v obci Nový Přerov na silnici č. III/4144 v km 4,86. Řidič vozidla Toyota reagoval na přecházející chodkyni intenzivním brzděním a vyhýbáním vlevo. I přes tuto snahu narazilo vozidlo Toyota svou pravou přední stranou do chodkyně. Chodkyně upadla na kapotu a byla odhozena k pravému okraji komunikace, na místě zemřela. V době ohledání byla noční doba, sucho. Veřejné osvětlení vpravo (výbojkové) bylo funkční, vlevo funkční LED světla, teplota 1 °C. Chodkyně měla oblečeny tmavé tepláky a tmavě modré tričko s potiskem. [60, s. 4]

Z analýzy předstřetového pohybu mj. vyplynulo, že chodkyně se pohybovala před střetem zleva doprava od levého okraje komunikace a řidič vozidla Toyota v reakci na tento pohyb reagoval vyhnutím do protipohybu chodkyně, tj. vlevo za současného intenzivního brzdění na mezi adheze a možností vozidla Toyota. Počátek optické reakce řidiče vozidla Toyota nastal nejpozději v čase 1,6 sekundy před střetem, když byl s vozidlem cca nejbliže 30 m před místem střetu s chodkyní ( $v = 68 \text{ km/h}$ ) a chodkyně mohla být cca uprostřed levého jízdního pruhu. V čase 2,2 sekundy před střetem mohlo být vozidlo Toyota cca 41 m před místem střetu ( $v = 68 \text{ km/h}$ ) a chodkyně mohla započít příčný pohyb přes komunikaci, lze uvažovat také s nejdřívějším počátkem optické reakce řidiče. [60, s. 17, 16]

Řidič vozidla Toyota měl možnost DN zabránit i z dolní hranice rozmezí počátku optické reakce 30 m, pokud by se v daném místě a čase bezprostředně před vznikem DN pohyboval rychlostí do 50 km/h a na pohyb chodkyně by reagoval intenzivním brzděním bez nutnosti změny směru, tj. v pravém jízdním pruhu. Z horního rozmezí počátku optické reakce řidiče (vzdálenost 41 m a reakční doba řidiče 1,2 sekundy) by v případě výchozí rychlosti do 50 km/h nebylo nutné intenzivní brzdění, ale postačovalo by brzdění poloviční dosažitelné. [60, s. 20, 21]

Chodkyně měla možnost DN zabránit, pokud by vyčkala s přecházením do přejetí vozidla, k čemuž jí nebránila žádná okolnost. Chodkyně měla možnost vidět světla přibližujícího se vozidla výrazně dříve, než byly možnosti spatření chodkyně řidičem vozidla Toyota. [60, s. 22]

Střet vozidla s chodkyní vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 1**.

**Tab. 1:** Stanovení koeficientu *K* v rozhodných okamžicích

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient K</b>
Nejdřívější počátek optické reakce řidiče	2,2 s	41 m	68 km/h	<b>0,83</b>
Nejpozdější počátek optické reakce řidiče	1,6 s	30 m	68 km/h	<b>0,60</b>



**2) Dopravní nehoda č. 2**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 2 vozidla Škoda Felicia s chodcem, který přecházel vozovku zleva doprava ve směru jízdy vozidla, na silnici č. II/422 ulici Hlavní v obci Svatobořice – Místřín. Chodec byl nárazem odhozen vpravo na chodník, při DN utrpěl těžká poranění. V době ohledání byla noční doba, v místě se nacházelo veřejné osvětlení, které bylo v činnosti, všechny lampy veřejného osvětlení byly funkční. Místo bylo dobře osvětleno. Teplota vzduchu  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , foukal slabý proměnlivý vítr. [61, s. 3, 4] Při dokumentaci vozidla Škoda po DN byl zjištěn ztížený výhled z vozidla v důsledku znečištění, resp. zamlžení čelního skla. Toto znečištění mohlo být způsobeno klimatickými podmínkami v místě a čase DN. [61, s. 25]

Z analýzy předstřetového pohybu účastníků DN mj. vyplynulo, že vzájemná dohlednost účastníků v rozhodné době nebyla podstatným způsobem omezena, což bylo ověřeno i vyšetřovacím pokusem. Řidič vozidla Škoda reagoval brzděním až na vlastní střet s chodcem. V čase *1 sekunda* před střetem se chodec mohl nacházet již v koridoru pohybu vozidla Škoda cca *1,3 m* před místem střetu a pohybovat se rychlostí cca *4,5 km/h*, vozidlo Škoda se mohlo nacházet cca *13 m* před místem střetu a pohybovat se rychlostí cca *47 km/h*. V čase cca *2,3 sekundy* před střetem se chodec mohl nacházet cca *2,9 m* před místem střetu a pohybovat se v oblasti dělicí čáry ulice Hlavní, z jeho pohybu mohlo být zřejmé, že vstupuje do jízdního pruhu vozidla Škoda, které se v té době mohlo pohybovat rychlostí cca *47 km/h* a nacházet se cca *30 m* před místem střetu. Chodec mohl začít přecházet vozovku (vstoupit do levého protisměrného jízdního pruhu) cca *5 sekund* před střetem s vozidlem Škoda, v tomto okamžiku se vozidlo Škoda mohlo při uvažované předstřetové rychlosti *47 km/h* nacházet cca *65 m* před místem střetu. [61, s. 10]

Řidič vozidla Škoda měl možnost DN zabránit, pokud by se řádně věnoval situaci před vozidlem a na výskyt chodce, přecházejícího komunikaci, nejpozději, když byl chodec uprostřed komunikace, reagoval nenáhlým zpomalením svého vozidla tak, aby mu umožnil přejít komunikaci. Na základě skutečností zjištěných při vyšetřovacím pokusu bylo zjištěno, že řidič vozidla rozpoznal figuranta na vzdálenost cca *40 m*. Chodec tedy mohl být pro řidiče viditelný po dobu nejméně *3 sekundy* před střetem, kdy se pohyboval ve středu protisměrného jízdního pruhu směrem k dělicí čáře komunikace ( $v = 47\text{ km/h}$ ). V době, kdy chodec vstupoval do pravého jízdního pruhu, bylo vozidlo Škoda v takové vzdálenosti, ze které bylo možno před koridorem chodce zastavit (cca *30 m*). Při dokumentaci vozidla Škoda po DN, byl zjištěn snížený výhled z vozidla v důsledku znečištění čelního skla, které mohlo být způsobeno

**Příloha č. 4,  
str. 5**

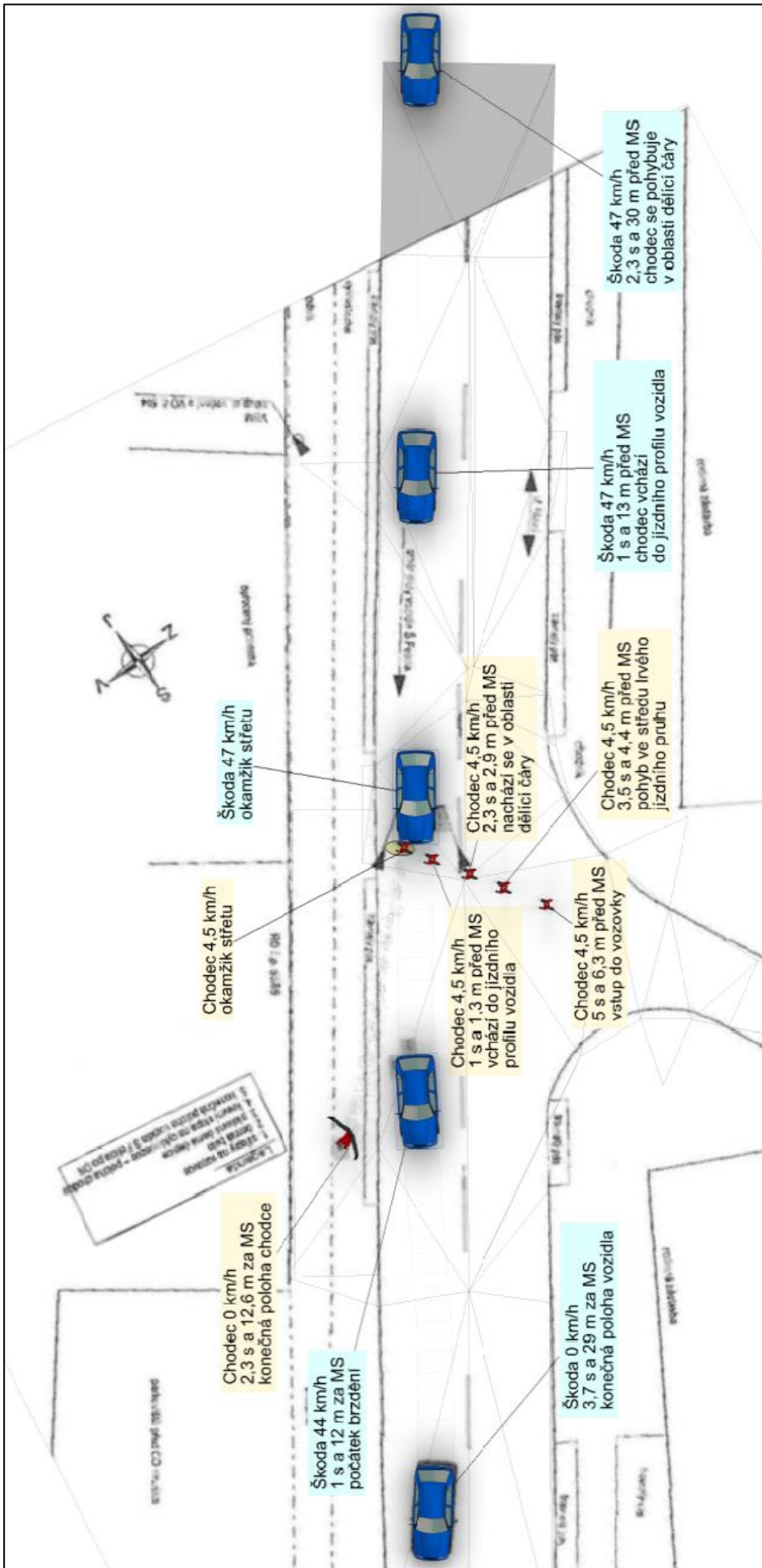
atmosférickými podmínkami v místě a čase DN (ujeta krátká vzdálenost se studeným motorem, kdy čelní sklo mohlo být zamlženo). Pokud byl takto snížený výhled z vozidla Škoda i v době DN, mohlo se jednat o jednu z možných příčin střetu s chodcem, kdy řidič vozidla Škoda uvedl, že chodce vůbec neviděl, i když přecházel celou komunikaci zleva. [61, s. 20, 21]

Chodec měl možnost DN zabránit, pokud by nevstupoval do koridoru jízdy vozidla. Nicméně v době, kdy chodec vstupoval do komunikace, bylo vozidlo v dostatečné vzdálenosti na to, aby k DN nedošlo, a to za předpokladu, že řidič chodce registruje a na jeho pohyb reaguje pouze mírným snížením rychlosti svého vozidla. [61, s. 22, 23]

Střet vozidla s chodcem vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 2**.

**Tab. 2:** Stanovení koeficientu *K* v rozhodném okamžiku

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient K</b>
Rozpoznání chodce – vyšetřovací pokus	3,0 s	40 m	47 km/h	<b>1,44</b>



Obr. 2: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla Škoda Felicia s chodcem [61]

**3) Dopravní nehoda č. 3**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu a protokolu o ohledání místa činu došlo k dopravní nehodě č. 3 vozidla Škoda Fabia Combi s chodkyní na silnici I. třídy č. 49 v km 20,645 v katastru obce Zádveřice-Raková. K DN došlo tím, že řidička vozidla, jedoucí po sil. č. I/49 ve směru od Zlína do Vizovic, narazila pravou přední částí karoserie vozidla do chodkyně, která přecházela vozovku zleva ve směru jízdy vozidla. V místě DN se nacházelo veřejné osvětlení, které bylo v provozu. Při DN došlo ke smrtelnému zranění chodkyně, která měla oblečeny tmavě modré tepláky, fleecovou mikinu s kapucí tmavě šedé barvy a bílou pletenou šálu na krku. Oblečení nebylo vybaveno žádnými reflexními prvky. [62, s. 3 až 7]

Vzájemná dohlednost účastníků v rozhodné době nebyla omezena žádnou překážkou, pouze noční dobou – nautickým soumrakem. [62, s. 25]

Z analýzy předstřetového pohybu mj. vyplynulo, že v čase cca 1,5 sekundy před střetem byla chodkyně nakročena cca 0,5 m za dělicí čarou, vozidlo Škoda se v té době mohlo pohybovat rychlostí cca 75 až 79 km/h a nacházet se cca 32 m před místem střetu, z této vzdálenosti mohla posádka vozidla Škoda rozpoznat osobu pohybující se v oblasti středu komunikace (figurant na středové čáře byl dle znaleckého experimentu rozpoznatelný nejvýše na vzdálenost cca 30 m). V čase 1 sekunda před střetem chodkyně mohla vstoupit do koridoru pohybu vozidla Škoda cca 1,1 m před místem střetu a pohybovat se rychlostí cca 4 km/h, vozidlo Škoda se mohlo nacházet cca 21,3 m před místem střetu a pohybovat se rychlostí cca 75 až 79 km/h, v tuto dobu mohla řidička již sundat nohu z pedálu akcelérátoru v reakci na autobus stojící v zastávce. Řidička vozidla Škoda reagovala brzděním až po vlastním střetu s chodkyní, před střetem pouze sundala nohu z pedálu akcelérátoru a mohla proběhnout pouze dílčí malá část změny natočení vozidla směrem vlevo po reakční době. [62, s. 26]

Řidička vozidla Škoda měla možnost DN zabránit, pouze pokud by měla předpokládat a očekávat na silnici I. třídy č. 49 mimo obec v místě, kde byl právě z důvodu zastávek autobusů vybudován podchod pro chodce, pohyb chodců v tmavém oblečení ve vozovce a přízpusobila by rychlost svého vozidla dosvitu na tmavě oděnou chodkyni. Pokud by řidička reagovala na chodkyni až v okamžiku možného rozpoznání (tedy na vzdálenost cca 30 m dle znaleckého experimentu), DN by zabránila tím, že by do místa střetu dokázala zastavit z výchozí rychlosti cca 50 km/h (za předpokladu nejkratší možné reakční doby řidičky o délce 1 sekundy s využitím dosažitelného zpomalením v závislosti na adhezi cca  $\mu = 0,7$ ). Všechny další varianty dřívější reakce řidičky na chodkyni, či nižší výchozí rychlosti vozidla by byly zcela bezpečné. [62, s. 26, 27]

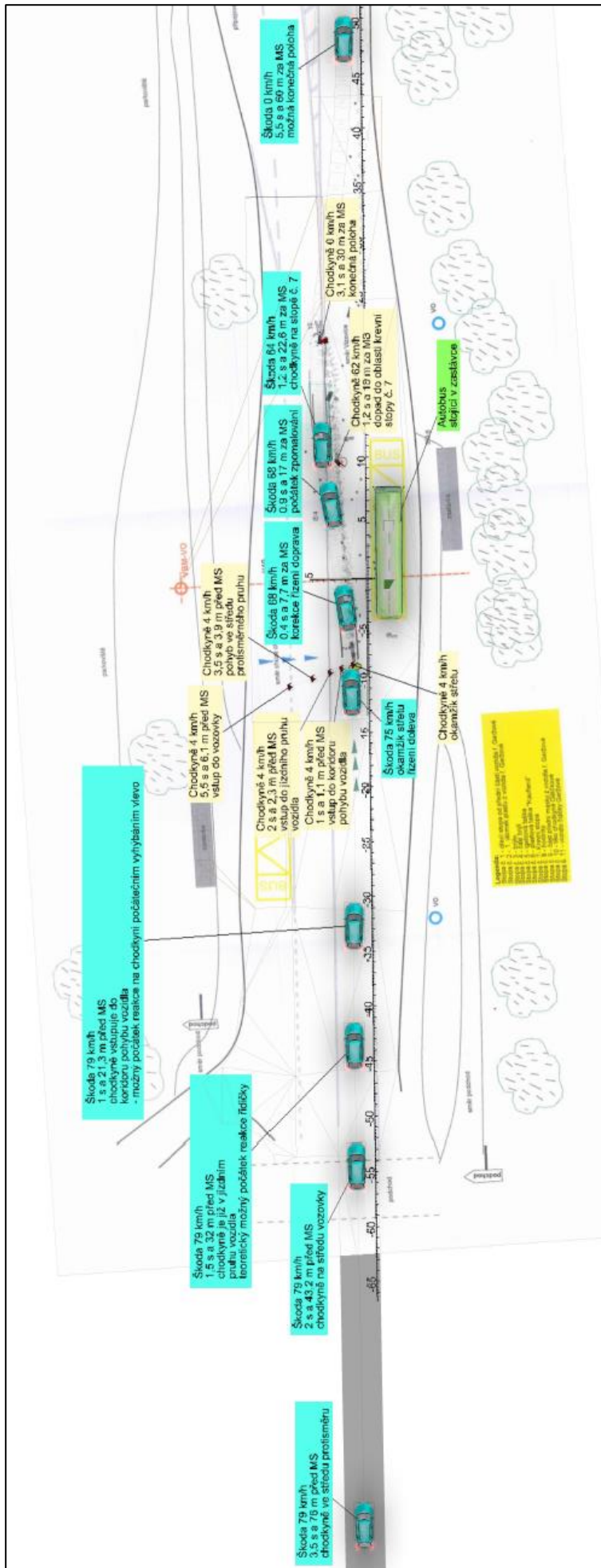


Chodkyně měla možnost DN s vozidlem Škoda zabránit, a to zejména, pokud by užila v místě vybudovaného podchodu, či vyčkala s přecházením do přejetí vozidla. Chodkyně svým rozhodnutím přejít vozovku silnice č. I/49 mezi autobusovými zastávkami vytvořila řidiče vozidla Škoda neočekávanou překážku, tedy takovou, která vznikla v rozporu s pravidly silničního provozu. [62, s. 28]

Střet vozidla s chodkyní vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 3**.

**Tab. 3:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodném okamžiku

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient <math>K</math></b>
Možnost rozpoznání chodce	1,5 s	32 m	75 km/h	<b>0,55</b>
			79 km/h	<b>0,50</b>



Obr. 3: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla Škoda Fabia Combi s chodkyni [62]

**4) Dopravní nehoda č. 4**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 4 vozidla BMW 390L s chodkyní v obci Velké Němčice na silnici č. II/425 v *km 14,041* na ulici Brněnské. Při přijíždění k přechodu pro chodce na přechod z pravé strany před vozidlo vešla chodkyně, která vedla jízdní kolo, řidička vozidla nedokázala na tuto situaci dostatečně zareagovat a došlo ke střetu pravé přední části vozidla a chodkyně. Po nárazu vozidla byla chodkyně vymrštěna na čelní sklo vozidla a poté dopadla na komunikaci, kde zůstala ležet. Při střetu vozidla s chodkyní došlo k těžkému zranění chodkyně v oblasti hlavy. Na následky zranění chodkyně po převozu do nemocnice zemřela. [63, s. 4]

Přechod pro chodce byl označen vodorovným dopravním značením na komunikaci i svislou dopravní značkou vpravo vedle chodníku a byl rozdělen středním dělicím ostrůvkem. V době ohledání místa DN byla noc (při DN stmívání). Na místě DN se nacházelo veřejné osvětlení. [63, s. 4, 5]

Z analýzy předstřetového pohybu mj. vyplynulo, že se chodkyně pohybovala před střetem vůči vozidlu zprava doleva od pravého okraje komunikace a řidička vozidla BMW v reakci na tento pohyb reagovala vyhnutím vlevo a následným brzděním. S ohledem na výpovědi svědků jedoucích ve vozidlech před a za vozidlem BMW bylo zřejmé, že chodkyně vedla jízdní kolo po pravé straně komunikace od křižovatky a chystala se přejít po přechodu pro chodce komunikaci, šla tedy původně zády ke směru pohybu vozidla. Počátek reakce řidičky vozidla BMW na změnu natočení chodkyně, vedoucí jízdní kolo, nastal nejpozději v čase *1,2 sekundy* před střetem, v daném čase bylo vozidlo cca *16 m* před místem střetu (mezi objekty cca *14 m*;  $v = 49 \text{ km/h}$ ), chodkyně cca *2 m* před místem střetu směřovala na přechod pro chodce. V následné fázi nastalo mírné natočení vozidla BMW směrem vlevo. [63, s. 17 až 19]

Chodkyně měla možnost DN zabránit, pokud by nevstoupila na přechod pro chodce v době, kdy se k přechodu pro chodce blížilo vozidlo BMW. Svým vstupem na přechod vozidlu, jedoucímú přiměřenou rychlostí, vytvořila náhlou překážku, tedy takovou, která vznikla na vzdálenost kratší, než by bylo vozidlo BMW schopno před místem střetu zastavit. Vozidlo BMW by i při intenzivním brzdění (zpomalení  $8 \text{ m/s}^2$ ) po reakční době řidičky o délce *1 sekunda* potřebovalo na zastavení dráhu nejméně *26 m*, na dráze *16 m* by do chodkyně narazilo rychlostí *46 km/h*. [63, s. 19, 20]

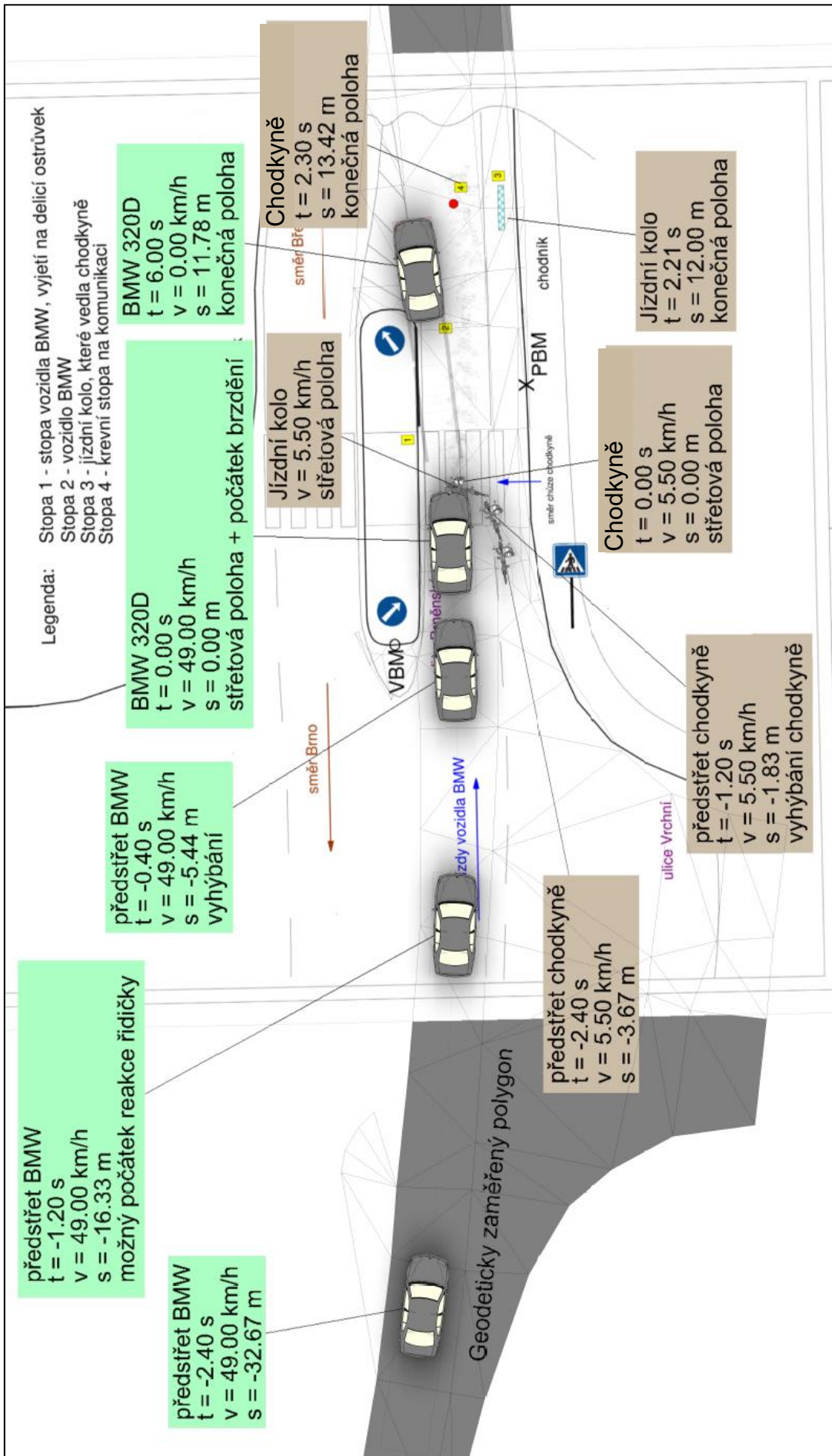
Řidička vozidla BMW mohla DN zabránit pouze v případě, že by v čase *2,4 sekundy* před střetem a ve vzdálenosti *33 m* před místem střetu předpokládala, že chodkyně, jdoucí

při pravém okraji komunikace v blízkosti přechodu pro chodce, následně užije tento přechod a po reakční době by započala brzdění (zastavila by 2 m od chodkyně). Pokud by reagovala řidička až na viditelné natočení chodkyně na vzdálenost vozidla BMW 16 m od chodkyně, ke střetu by došlo prakticky shodnou rychlostí jako v době DN, neměla tedy možnost DN zabránit. [63, s. 20, 21]

Střet vozidla s chodkyní vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 4**.

**Tab. 4:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodném okamžiku

Okamžik	Čas do střetu	Vzdálenost do střetu	Rychlost vozidla	Koeficient $K$
Počátek reakce řidičky na změnu natočení chodkyně	1,2 s	16 m	49 km/h	0,54
		14 m (mezi objekty)		0,47



Obr. 4: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla BMW s chodkyní [63]

**5) Dopravní nehoda č. 5**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 5 vozidla Škoda Superb a 2 chodců na silnici č. II/492 v Luhačovicích na ulici Masarykově. Chodci přecházeli po přechodu pro chodce vůči vozidlu zleva doprava, oba utrpěli těžká zranění. Přechod pro chodce byl označen vodorovným a svislým dopravním značením. V době ohledání se začínalo stmívat, místo bylo osvětleno veřejným osvětlením, které bylo v činnosti, stejně jako nasvícení přechodu pro chodce. [64, s. 4]

Z analýzy předstřetového pohybu mj. vyplynulo, že na přecházející chodce řidič vozidla Škoda nijak nereagoval, resp. je vůbec neregistroval. Vzájemná dohlednost účastníků v rozhodné době nebyla omezena žádnou překážkou. V době DN byla denní doba, viditelnost tedy nebyla omezena ani noční dobou. Jedinou možností omezení výhledu připadající do úvahy bylo částečné omezení vzájemné pozorovatelnosti účastníků v důsledku průjezdu vozidla v protisměru jízdy vozidla Škoda před vstupem chodců do komunikace. Chodci mohli vstoupit na přechod pro chodce v čase cca 4,7 *sekundy* před střetem, když bylo vozidlo Škoda cca 57 *m* od místa střetu, před vstupem do komunikace se mohli po dobu nejméně 2 *sekund* přesvědčovat o možnosti vstupu, vozidlo Škoda mohlo být v této době při uvažování rovnoměrného pohybu ve vzdálenosti cca 82 *m* od místa střetu. V okamžiku vstupu chodců do pravého jízdního pruhu v čase cca 1,7 *sekundy* a 1,9 *m* před místem střetu bylo vozidlo Škoda při rychlosti 44 *km/h* ve vzdálenosti cca 21 *m* před místem střetu. [64, s. 19]

Při uvažování protijedoucího vozidla, jedoucího rychlostí 50 *km/h*, které projelo bezprostředně před vstupem chodců, pak mohla být viditelnost chodců ze strany řidiče dílčím způsobem omezena, konkrétně řidič by mohl chodce registrovat v čase cca 3,3 *sekundy* před střetem, když bylo vozidlo Škoda cca 40 *m* před místem střetu a chodci cca 3,7 *m* před místem střetu. Při uvažování rychlosti tohoto vozidla 30 *km/h*, které projelo bezprostředně před vstupem chodců, by řidič mohl chodce registrovat v čase cca 3,0 *sekundy* před střetem, když bylo vozidlo Škoda cca 37 *m* před místem střetu ( $v = 44 \text{ km/h}$ ) a chodci cca 3,3 *m* před místem střetu. Tato varianta, tedy nejzazší možnost spatření chodců při možném omezeném výhledu protijedoucím vozidlem, byla využita pro posouzení nebezpečnosti. [64, s. 20, 21]

Řidič vozidla Škoda měl možnost DN zabránit, pokud by registroval chodce, jdoucí po přechodu pro chodce, v okamžiku nejzazší reakce a umožnil jim přejít komunikaci nenáhlým brzděním, chodci by tak stihli opustit koridor jízdy vozidla a s vozidlem nebylo třeba před chodci ani zastavovat. [64, s. 21]

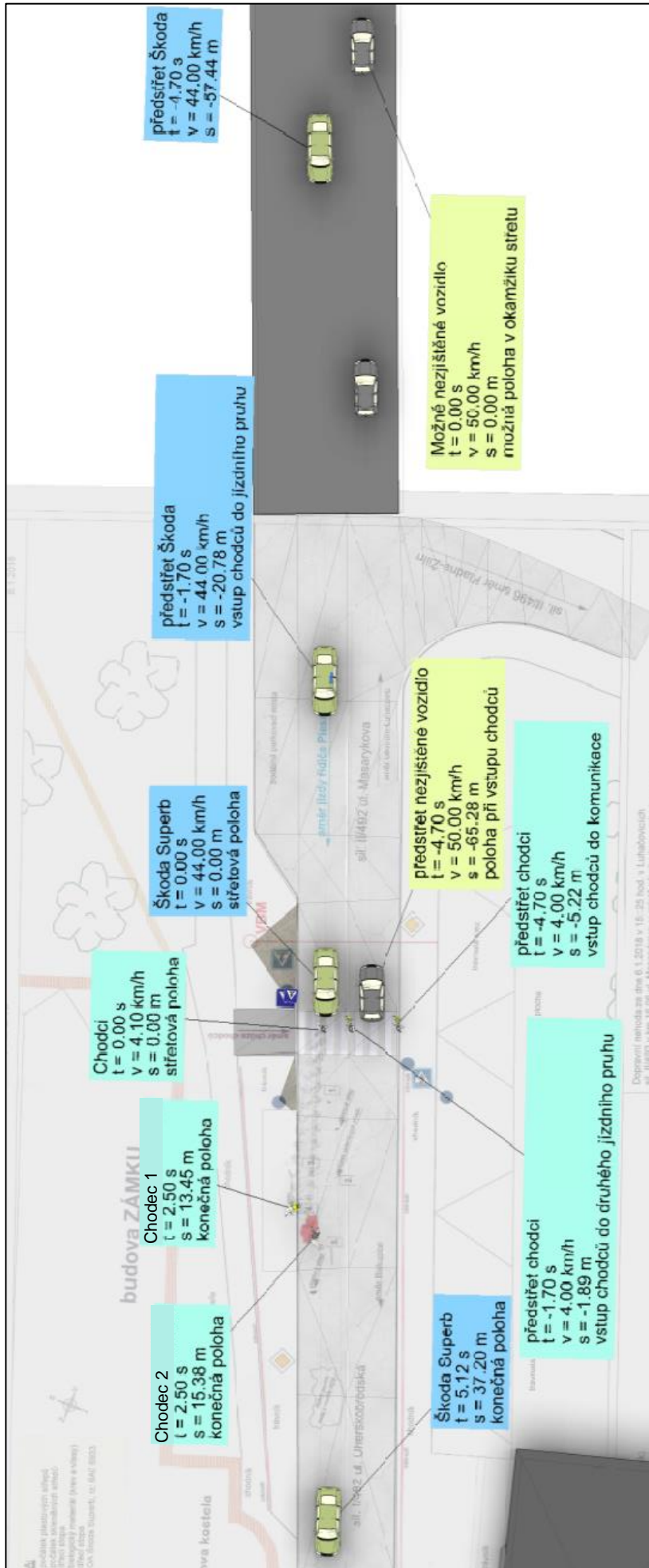
Chodci měli možnost DN zabránit pouze pokud by umožnili průjezd vozidla Škoda a teprve poté by přešli komunikaci. V daném případě i s ohledem na přiměřenou rychlost vozidla Škoda chodci nevstoupili na přechod náhle, ani nevytvořili řidiči vozidla Škoda náhlou či neočekávanou překážku, na kterou by musel řidič vozidla Škoda reagovat náhlým brzděním, tudíž neměli účinnou možnost DN zabránit. [64, s. 23]

Střet vozidla s chodcem vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 5**.

**Tab. 5:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodném okamžiku

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient <math>K</math></b>
Nejzazší možnost spatření chodců při možném omezeném výhledu	3,0 s	37 m	44 km/h	1,47





Obr. 5: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla Škoda Superb s chodci [64]



**6) Dopravní nehoda č. 6**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 6 vozidla Mercedes a chodce na silnici I. třídy č. 43 v *km 39,225* na ulici Pražské v Letovicích. Chodec přecházel komunikaci zleva doprava. Na následky zranění při převozu do nemocnice zemřel. Od pravděpodobného místa střetu vozidla Mercedes s chodcem byl ve vzdálenosti *34,5 m* přechod pro chodce, který byl opatřen vodorovným a svislým dopravním značením a středním dělicím ostrůvkem. Svislé dopravní značení bylo zvýrazněno žlutým reflexním orámováním. V místě DN se nacházely dva sloupy veřejného osvětlení, v činnosti v době ohledání. V době ohledání byl povrch komunikace mokrá, neznečištěný, vodorovné i svislé značení přehledné, bez závad, teplota  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [65, s. 3, 4]

Z analýzy předstřetového pohybu mj. vyplynulo, že vzájemná dohlednost účastníků byla omezena. Částečně byla omezena noční dobou, když nastal nautický soumrak. Místo DN bylo částečně osvětleno lampami veřejného osvětlení. V protisměru pohybu vozidla Mercedes se pohybovalo vozidlo Škoda. Chodec vstoupil do protisměrného jízdního pruhu v čase cca *3,5 sekundy* před střetem, a to cca *12 m* před vozidlo Škoda, jedoucí rychlostí nižší než *50 km/h*, na což řidič vozidla Škoda dle své výpovědi reagoval brzděním a vyhýbáním vlevo, ke střetu s chodcem nedošlo. V tento okamžik mohlo být vozidlo Mercedes, jedoucí rychlostí *50 km/h*, cca *46 m* před místem střetu, chodec v tuto dobu nebyl pro řidiče vozidla Mercedes podnětem, na který by mohl řidič vozidla Mercedes začít reagovat. Po minutí chodce vozidlem Škoda (objetí chodce zleva) byl chodec až do času nejméně *1,6 sekundy* v zákrytu za vozidlem Škoda a nejdříve k reakci na pohyb chodce přišel pro řidiče vozidla Mercedes nejdříve v tento okamžik, když byl s vozidlem Mercedes cca *20 m* od chodce, v tento okamžik byl však chodec pravděpodobně ještě částečně v protisměrném jízdním pruhu. V čase cca *1,2 sekundy* před střetem byl chodec za předpokladu rovnoměrné rychlosti přebíhání komunikace přibližně na jejím středu a byl dostatečným a jednoznačným podnětem pro reakci řidiče, možnou oblast počátku reakce lze tedy vymezit časovým intervalem *1,2 až 1,6 sekundy* před střetem, když bylo vozidlo *15 až 20 m* od místa střetu. [65, s. 22 až 24]

Řidič vozidla Mercedes neměl na způsob chůze chodce možnost účinně reagovat a střet tak odvrátit, přestože se pohyboval rychlostí přiměřenou, resp. nižší než v místě stanovenou, a na chodce reagoval vyhýbáním vlevo (do protisměru pohybu chůze chodce) s následným brzděním. Možnost reagovat na chodce mu byla dána přímým výhledem na chodce až v okamžiku, kdy byl chodec v oblasti středu komunikace a nadále pokračoval v přecházení

šikmo vůči směru komunikace v místě, kde bylo přecházení chodců omezeno z důvodu blízkosti řádně označeného a osvětleného přechodu pro chodce. [65, s. 25]

Chodec měl primárně možnost DN zabránit, pokud by zvolil jinou trajektorii přecházení komunikace, tj. užil by řádně přechod pro chodce, který byl ve vzdálenosti kratší než 50 m od místa, kde přecházel komunikaci ke svému zaparkovanému vozidlu. Chodec vstoupil do jízdnic pruhů před vozidla náhle, když řidič vozidla Škoda stihl vyhnutím a brzděním střetu zabránit, ale řidič vozidla Mercedes i s ohledem na výhled zakrytý vozidlem Škoda a světly tohoto vozidla již vyhnout tak, aby došlo k minutí koridorů i přes vyhýbání vlevo do protipohybu chodce, nestihl. [65, s. 25, 26]

Střet vozidla s chodcem vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 6**.

**Tab. 6:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodných okamžicích

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient <math>K</math></b>
Nejdřívější možnost spatření chodce	1,6 s	20 m	47 km/h	<b>0,72</b>
Nejzazší možnost spatření chodce	1,2 s	15 m	45 km/h	<b>0,58</b>



**7) Dopravní nehoda č. 7**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 7 vozidla Renault s chodkyní na silnici I. třídy č. 43 v *km 39,193* na ulici Pražské v Letovicích. Chodkyně přecházela pozemní komunikaci po přechodu pro chodce z pohledu řidičky vozidla zprava doleva a utrpěla těžká zranění. Přechod pro chodce byl označen vodorovným a svislým (zvýrazněným žlutým retroreflexním orámováním) dopravním značením a byl rozdělen středním dělicím ostrůvkem. Ve směru jízdy vozidla se před místem DN nacházel sloup veřejného osvětlení, na kterém se nacházelo svislé dopravní značení „Pozor, přechod pro chodce“. V místě DN se nacházely dva sloupy veřejného osvětlení, v době ohledání místa DN v činnosti, bez závad. V době ohledání byla noc, drobný déšť (mrholení), teplota vzduchu cca 7 °C. [66, s. 3 až 5]

Ve své výpovědi chodkyně mj. uvedla, že na sobě měla tmavé oblečení černé barvy (kalhoty, bunda, kapuce) a nad kotníky pletené béžové návleky. [66, s. 8]

Z analýzy předstřetového pohybu a možnosti vzájemné spatřitelnosti mj. vyplynulo, že vzájemná dohlednost účastníků nebyla významným způsobem omezena. Chodkyně vstoupila do jízdního pruhu vozidla Renault v čase cca 2,6 *sekundy* před střetem, a to cca 33 *m* před vozidlo Renault jedoucí rychlostí cca 46 *km/h*, tedy ve vzdálenosti, která umožňovala řidičce i z rychlosti do 50 *km/h* zastavit vozidlo před přechodem pro chodce, a to s užitím nenáhlého zpomalení. V čase cca 1 *sekunda* před střetem byla chodkyně za předpokladu rovnoměrné rychlosti chůze přibližně na středu jízdního pruhu vozidla Renault. Za konkrétní počátek reakce řidičky vozidla Renault lze uvažovat čas nejdříve cca 1 *sekunda* před střetem, když bylo vozidlo Renault cca 12,8 *m* od místa střetu /a nejpozději bezprostředně před střetem v řádu desetin sekundy/ ( $v = 46 \text{ km/h}$ ), s následným brzděním vozidla Renault nejpozději v okamžiku střetu s chodkyní a mírným vyhýbáním vlevo, což bylo v zásadě v korespondenci s výpovědí řidičky vozidla Renault, která uvedla, že na chodkyni reagovala brzděním až v době střetu. Taková reakce se jeví z technického hlediska jako jednoznačně opožděná. [66, s. 26, 27]

Řidička vozidla Renault měla možnost účinně reagovat na vstup chodkyně do vozovky a střet tak odvrátit tím, že by nejpozději v čase 2,6 *sekund* před střetem (tedy při vstupu chodkyně na přechod pro chodce) reagovala po reakční době 1,0 *sekundy* nenáhlým brzděním o intenzitě 4  $\text{m/s}^2$  (přibližně polovičním z maximálně dosažitelného), čímž by zastavila 0,7 *m* před místem střetu. Současně by chodkyně stihla opustit koridor pohybu vozidla. Pokud by se navíc vozidlo Renault pohybovalo při pravém okraji komunikace, případně středem jízdního pruhu, postačovalo by ze stejné vzdálenosti a rychlosti 50 *km/h* po reakční době 1,0 *sekundy*

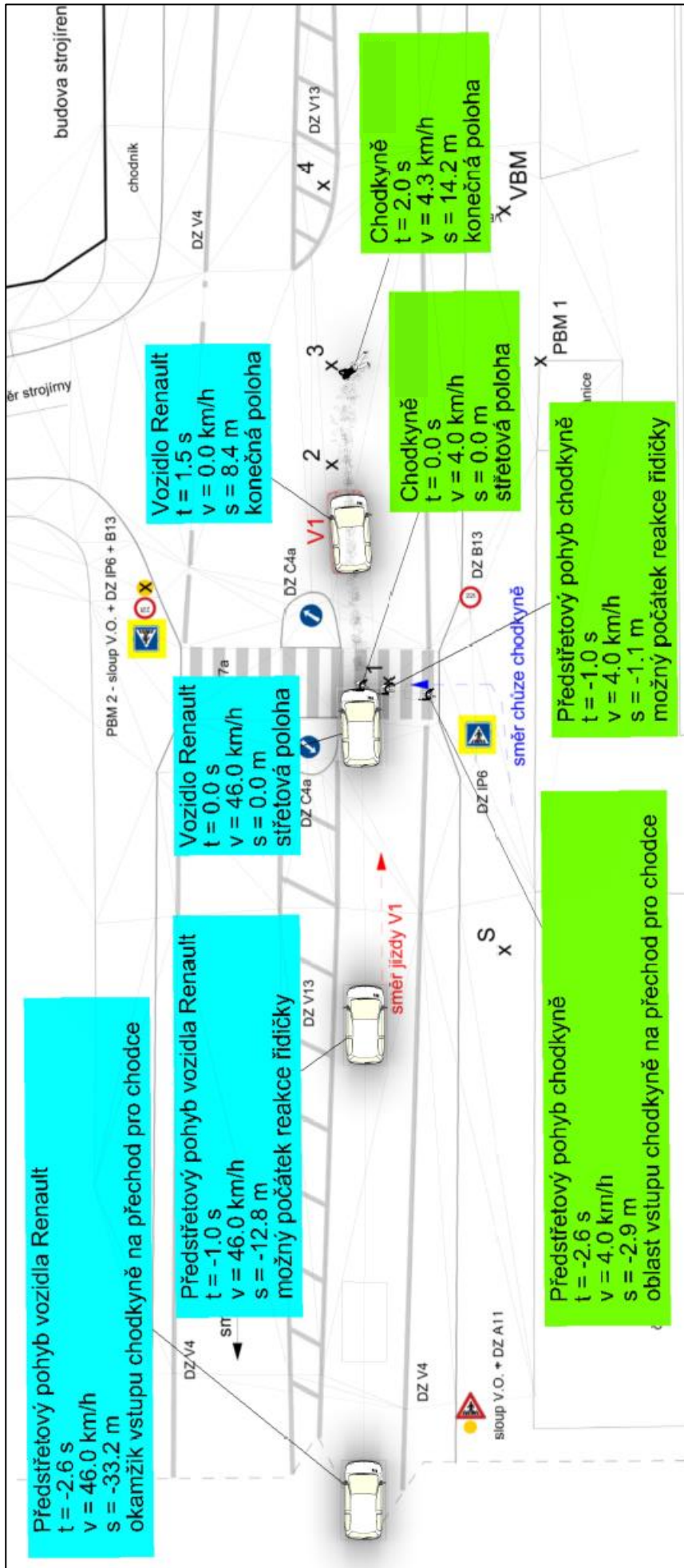
brzdit se zpomalením  $3 \text{ m/s}^2$  a k DN by nedošlo opuštěním koridoru pohybu chodkyní. Možnost reagovat na chodkyni byla dána přímým výhledem na chodkyni od okamžiku jejího vstupu do vozovky. [66, s. 27, 28]

Chodkyně měla možnost DN zabránit, pokud by se na počátku přecházení vozovky řádně přesvědčila o situaci zleva a rozhodla se počkat, než vozidlo Renault projede, tedy, pokud by se rozhodla nevstoupit na přechod pro chodce před cca  $33 \text{ m}$  vzdálené vozidlo Renault. Vozidlo bylo pro chodkyni jednoznačně viditelné. Bylo však ve vzdálenosti, která umožňovala jeho nenáhlé zastavení z přiměřené rychlosti. S ohledem na intenzitu dopravy v daném místě a denní dobu však nevytvořila chodkyně řidiče vozidla Renault překážku náhlou a nedonutila ji vstupem na přechod k intenzivnímu brzdění, pokud by řidička reagovala na vstup chodkyně včas. [66, s. 28]

Střet vozidla s chodkyní vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 7**.

**Tab. 7:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodném okamžiku

<b>Okamžik</b>	<b>Čas do střetu</b>	<b>Vzdálenost do střetu</b>	<b>Rychlost vozidla</b>	<b>Koeficient <math>K</math></b>
Počátek reakce řidičky vozidla na chodkyni	$1,0 \text{ s}$	$13 \text{ m}$	$46 \text{ km/h}$	<b><math>0,48</math></b>



Obr. 7: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla Renault s chodkyní [66]



**8) Dopravní nehoda č. 8**

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu došlo k dopravní nehodě č. 8 vozidla Škoda Octavia s chodcem v obci Jičín na ulici 17. listopadu – silnici II. třídy č. 502 v *km 2,822*. Řidič vozidla jel po ulici 17. listopadu ve směru jízdy k ulici Riegrova a srazil chodce, který přecházel vozovku zleva doprava mimo přechod pro chodce (do *50 m* od vyznačeného přechodu pro chodce). Chodec byl sražen v pravém jízdním pruhu ve směru jízdy vozidla levou přední částí vozidla Škoda. Na následky zranění chodec později v nemocnici zemřel. Průběh DN byl zachycen videokamerou, umístěnou na střeše budovy soudu. V místě DN byla maximální rychlost jízdy stanovená na *40 km/h*. V době ohledání byla noc, tma, šero, místo s veřejným osvětlením v činnosti s tokem žlutého a bílého světla, teplota  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [67, s. 3, 4]

Z analýzy předstřetového pohybu účastníků mj. vyplynulo, že při uvažování reakční doby řidiče *1 sekunda*, běžné pro reakce v noci a vzniku optického podnětu v úhlu blízkém přímému pohledu před vozidlo, začal řidič na chodce reagovat v čase *1,9 sekundy* před střetem, tedy velmi krátce poté, co chodec vkročil do jízdního pruhu vozidla Škoda. Vozidlo se v tomto okamžiku nacházelo *32 m* před místem střetu a pohybovalo se rychlostí *62 km/h*. Chodec se nacházel těsně za středem vozovky, *2,4 m* před místem střetu. Řidič vozidla začal brzdit v čase *0,9 sekundy* před střetem (přesně zjištělný okamžik z videozáznamu). Vozidlo se nacházelo *15 m* před místem střetu a pohybovalo se rychlostí *66 km/h*. Řidič vozidla Škoda reagoval na chodce, který vstupoval do jízdního pruhu vozidla, reakce řidiče tedy byla včasná a opodstatněná. Současně tento okamžik reakce koresponduje s výpovědí řidiče, který uvedl, že chodce zpozoroval na středové čáře. Zjišťování dřívějšího okamžiku možného spatření chodce (pomocí vyšetřovacího pokusu) by v daném případě nebylo účelné, jelikož zpozorování chodce v levém jízdním pruhu by nebyl bezpodmínečně důvod k reakci řidiče. [67, s. 33, 48]

Řidič vozidla mohl střetu zabránit tak, že při jízdě rychlostí *40 km/h* v okamžiku reakce by nedělal vůbec nic a projel za chodcem (došlo by k těsnému minutí účastníků, přičemž chodec by se pouze nenacházel přímo v koridoru jízdy vozidla, ale stále by se nacházel na vozovce; takovéto minuty nelze považovat za běžné, ani za bezpečné a předpokládá, že by řidič nevyhýbal k pravému okraji vozovky). Stejně tak mohl řidič zastavit před koridorem pohybu chodce z rychlosti *40 km/h* i s nenáhlým zpomalením o velikosti  $4\text{ m/s}^2$ . Z rychlosti *50 km/h* by řidič stihl zastavit před chodcem intenzivním brzděním. [67, s. 41, 49]

Chodec mohl střetu zabránit tak, že by se před vstupem do jízdního pruhu vozidla znovu přesvědčil o situaci a zastavil se před koridorem pohybu vozidla, které již mohl pozorovat. Chodec mohl světla vozidla vidět mimo oblast zakrytého výhledu přibližně *5,8 sekundy* před

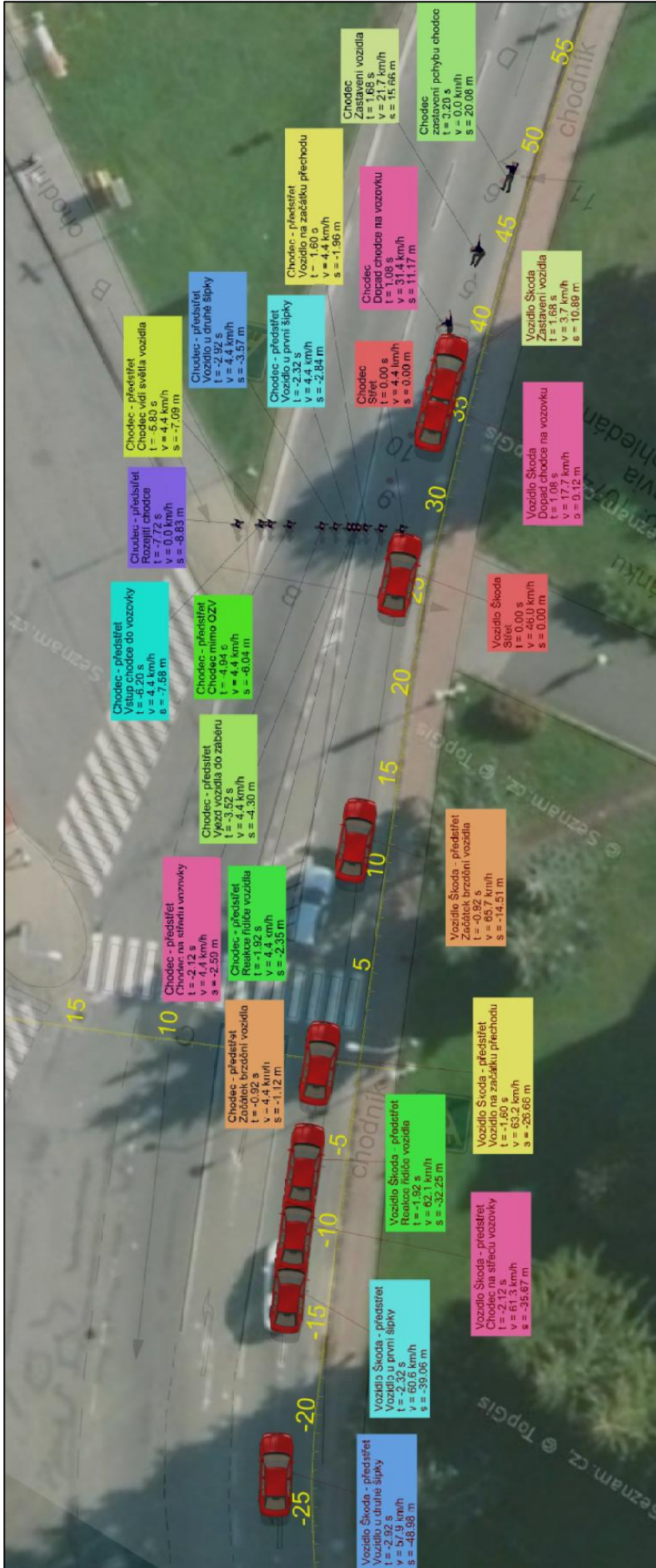
střetem, když se vozidlo nacházelo ve vzdálenosti přibližně 89 m před místem střetu a pohybovalo se rychlostí přibližně 42 km/h, přičemž odlesky světel a jejich pohyb mohl nejspíše pozorovat během celého pohybu vozidla. Chodec tedy zjevně nedodržel aktivní bezpečnost za snížené viditelnosti tmou. Tedy, že měl v zájmu zachování života sám uhýbat před blížícím se vozidlem. I když vozidlu svítí předepsané osvětlení a je pro chodce viditelné, nemusí být neosvětlený chodec v tmavém oblečení, bez reflexních prvků na oděvu a v tmavé oblasti cca 25 m za intenzivně osvětleným přechodem, viděn řidičem vozidla. [67, s. 40, 49]

Střet vozidla s chodcem vč. předstřetového a postřetového pohybu je znázorněn na **obr. 8**.

**Tab. 8:** Stanovení koeficientu  $K$  v rozhodném okamžiku

Okamžik	Čas do střetu	Vzdálenost do střetu	Rychlost vozidla	Koeficient $K$
Počátek reakce řidiče vozidla na chodce	1,9 s	32 m	62 km/h	<b>0,75</b>





Obr. 8: Grafické znázornění analýzy dopravní nehody vozidla Škoda Octavia s chodcem [67]