

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Jan Horálek

**REKONSTRUKCE PŘEDSTŘETOVÉHO DĚJE POMOCÍ
ZAŘÍZENÍ PRO ZÁZNAM FYZIKÁLNÍCH VELIČIN**

Diplomová práce

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K622.....Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Horálek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Rekonstrukce předstřetového děje pomocí zařízení pro záznam fyzikálních veličin**

Název tématu (anglicky): Reconstruction of Pre-collision Action Using Physical Quantities Recorders

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Popis použitých zařízení pro registraci fyzikálních veličin při jízdě vozidla
- Popis provedeného crash testu Škoda Rapid x bariéra 2013 (K616)
- Příprava experimentu (geodetické zaměření komunikace, návrh metodiky, jízdní zkoušky)
- Využití softwaru Virtual Crash (PC Crash) pro simulaci sledovaných jízdních stavů
- Vyhodnocení jednotlivých měření
- Komparace výsledků, závěr

- Rozsah grafických prací: určí vedoucí práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ŠACHL, Jindřich. Analýza nehod v silničním provozu. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 144 s.
 VLK, František. Dynamika motorových vozidel / . vyd. 2. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 432 s.
 FIRST, Jiří. Zkoušení automobilů a motocyklů : příručka pro konstruktéry. Praha : S&T CZ, 2008, 348 s.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2014**
 (datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **31. května 2015**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
 b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

Šachl



doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc.
 vedoucí
 Ústavu soudního znalectví v dopravě

Miroslav Svítek

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
 děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Jan Horálek

Bc. Jan Horálek
 jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Tomášovi Mičunkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia a dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Luboši Nouzovskému a panu Ing. Zdeňkovi Svatému za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 31. května 2015

.....
podpis

Název práce: Rekonstrukce předstřetového děje pomocí zařízení pro záznam fyzikálních veličin

Autor práce: Bc. Jan Horálek

Obor: Dopravní systémy a technika

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
Ústav soudního znaectví v dopravě K622
Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „**Rekonstrukce předstřetového děje pomocí zařízení pro záznam fyzikálních veličin**“ je provedení experimentu za účelem využití dat z tzv. černé skříňky pro rekonstrukci předstřetového pohybu vozidla v simulačním programu Virtual Crash. Součástí práce je vytvoření metodiky a popis zařízení použitých pro záznam fyzikálních veličin při jízdě vozidla včetně přesných, referenčních přístrojů. V rámci experimentu je popsána jeho příprava, přesněji návrh metodiky, samotné jízdni zkoušky a v neposlední řadě geodetické zaměření komunikace. Následně se práce zaměřuje na simulaci experimentálního měření v programu Virtual Crash. Dále se práce věnuje systému E-call a crash testu Škody Rapid provedeného v rámci testování tohoto systému. V závěrečné části práce dojde k vyhodnocení přesnosti jednotlivých měření a následné komparaci výsledků, jak mezi jednotlivými jízdami, tak s referenčním přístrojem.

Klíčová slova: rekonstrukce nehody, eCall, Virtual crash
simulace předstřetového děje, černá skříňka

Title: Reconstruction of Pre-collision Action Using Physical Quantities Recorders

Author: Bc. Jan Horálek

Branch: Transport systems and technology

Type of document: Master thesis

Supervisor: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
Institute of judicial expertise in transport K622
Faculty of transport, CTU in Prague

ABSTRACT

Subject of the master thesis „**Reconstruction of Pre-collision Action Using Physical Quantities Recorders**“ is to accomplish experiment in order to use data from device for recording physical quantities and make the reconstruction of pre-collision using simulation program Virtual Crash. Part of the thesis includes description of devices for recording physical quantities in cars including accurate devices, that are considered as reference Afterwards the preparation of experiment, more specific methodology layout, actual driving tests and geodesy of the parkway are described. In the next stage the thesis is focused on simulating an experiment using Virtual Crash software. As the next step, the thesis describes E-call and a crash test made as a part of testing this system. At the end of the thesis an evaluation of the measurements and comparison of results are made.

Key words: accident reconstruction, eCall, Virtual Crash,
reconstruction of pre-collision, Black box

Obsah

Obsah	4
Seznam použitých zkratek:.....	7
Úvod	8
1. Metody řešení nehodového děje	10
1.1 Zpětné odvíjení nehodového děje	10
1.2 Dopředný výpočet	11
1.3 Diagram dráha – čas	11
2. Popis použitých přístrojů	13
2.1 Zaměření polohy pomocí GPS	13
2.1.1 Diferenční GPS Topcon Hiper+	15
2.2 Záznam fyzikálních veličin.....	16
2.2.1 Event Data Recorder.....	16
2.2.2 Separátní zařízení pro záznam fyzikálních veličin	17
2.2.3 Mio MiVue 388	18
2.3 Geodetické zaměření situace	19
2.3.1 Geodézie	19
2.3.2 Základní polohová měření.....	20
2.3.3 Přístrojová polohová měření	21
2.3.4 Topcon GPT-7003i.....	22
2.4 Multifunkční měřicí zařízení.....	22
2.4.1 Xsens MTi-G	23
2.5 Systémy rozpoznání nehody	24
2.5.1 eCall.....	25
3. Simulační programy	29
3.1 Virtual Crash	29
3.1.1 Popis základních funkcí.....	30
3.1.2 Úprava povrchu a tvorba polygonů.....	32

3.1.3	Kamery a sledování situace	33
3.1.4	Simulace	33
3.1.5	Vyhodnocení	35
4.	Crash test.....	39
4.1	Průběh crash testu	39
4.2	Mio MiVue 388	40
4.2.1	Poškození	40
4.2.2	Kvalita video-záznamu	41
4.2.3	Ztráta (zachování) dat	41
4.2.4	Zrychlení	42
4.2.5	Rychlost	43
4.2.6	Závěr.....	43
5.	Praktická část.....	44
5.1	Obecné informace.....	44
5.2	Trasa experimentu	44
5.3	Dělení experimentu	46
5.3.1	Geodetické zaměření situace	46
5.3.2	Záznam zrychlení.....	48
5.3.3	Záznam polohy	49
5.3.4	Záznam černé skříňky	50
5.4	Zpracování dat	52
5.4.1	Geodetické zaměření	52
5.4.2	Záznam polohy	54
5.4.3	Záznam černé skříňky	54
5.4.4	Záznam zrychlení a rychlosti	56
5.5	Simulace	57
5.5.1	Globální nastavení	57
5.5.2	Nastavení vozidla	58
5.5.3	Postup simulace.....	59

5.5.4	Vyhodnocení simulace	60
5.6	Vyhodnocení praktické části.....	60
5.6.1	Rychlost	61
5.6.2	Zrychlení	62
5.6.3	Poloha.....	63
5.6.4	Videozáznam	64
6.	Závěr.....	65
	Seznam použité literatury	67
	Seznam obrázků	70
	Seznam příloh	72
	Příloha A – Virtual Crash (Protokol).....	72

Seznam použitých zkratk:

ABS	Anti-lock brake system
CSV	Comma-separated values
DLL	Delay lock loop
DRHI	Diagram rovnováhy hybností a impulsů
DRRHI	Diagram rovnováhy rotačních hybností a impulsů
DWG	Formát programu AutoCAD
E-call	Emergency call
EDR	Event data recorder
ESP	Elektronický stabilizační systém
MDRHI	Modifikovaný diagram rovnováhy hybností a impulsů
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
MOV	Formát souboru QuickTime
MSD	Minimum set of data
NMEA	National Marine Electronics Association
OBU	On Board Unit
PBM	Pomocný bod měření
PLL	Phase locked loop
RTK	Real Time Kinematics
SSZ	Světelné signalizační zařízení
VBM	Výchozí bod měření
WAAS	Wide area augmentation system

Úvod

Vzhledem ke stále se zvyšujícímu počtu dopravních nehod je vyvíjen velký tlak na jejich objasňování. Ne vždy je však jednoduché, či dokonce možné nehodu objasnit. Tato skutečnost může mít několik příčin. Jsou jimi například snaha o utajení dopravní nehody jejím účastníkem, nedostatečné množství důkazů, znehodnocení místa nehody při snaze o poskytnutí první pomoci či záchraně lidského života a mnoho dalších. Samostatnou částí jsou potom fingované nehody, kdy se pachatel snaží obohatit na úkor třetí osoby či samotné pojišťovací instituce. V těchto případech by při odhalování příčiny vzniku a samotného nehodového děje mohlo pomoci zařízení pro záznam fyzikálních veličin, v tomto dokumentu také někdy označovaného jako černá skříňka.

Pro správné posouzení celého nehodového děje a určení případného viníka je však potřeba kvalitních a relevantních dat, která musí být zaznamenána s určitou přesností. Ta lze získat buď následným vyhodnocením místa dopravní nehody nebo jako záznam z černé skříňky umístěné ve vozidle.

Získaná data je následně třeba vyhodnotit a provést samotnou rekonstrukci nehodového děje. Metody řešení nehodového děje můžeme rozdělit na dvě základní a to zpětné odvíjení nehodového děje a dopředný výpočet. Zpětného odvíjení nehodového děje je využíváno zejména při analýze na základě ručních výpočtů, dopředný výpočet se použije hlavně při práci v simulačních programech.

Jakmile je proveden samotný výpočet, je třeba nalezené výsledky vhodným způsobem interpretovat. Nejčastěji jsou výsledky zaneseny do takzvaného S-T diagramu, což je graf závislosti dráhy na čase.

V rámci této práce se podařilo naměřit data při zkušebním crash testu Škody Rapid, kde samotné zařízení pro záznam veličin bylo usazeno uvnitř automobilu a měřilo reálné hodnoty čelní srážky s pevnou bariérou. Nakolik byla tyto data přesná, jak bylo schopno zařízení data zaznamenat, zda nedošlo k poškození či ztrátě dat bude popsáno v rámci této práce.

Pro další fázi této práce byl navrhnout experiment, při kterém byl automobil vybavený zařízením pro záznam fyzikálních veličin, akcelerometrem a diferenciální GPS zkoušen v reálném provozu. Nejdříve došlo ke geodetickému zaměření komunikace, na které experiment probíhal, a následně došlo k modelaci celé situace v simulačních programech Virtual Crash a PC Crash.

Na závěr byl experiment vyhodnocen v porovnání jednotlivých jízd, tak i s přesnými údaji změřenými za pomoci akcelerometru a diferenciální GPS. Komparace výsledků má za úkol stanovit možnost použití tzv. černých skříněk v automobilech popřípadě stanovit parametry potřebné pro jednoznačné objasnění dopravní nehody.

1. Metody řešení nehodového děje

S vývojem techniky docházelo i k vývoji v oblasti metod pro řešení nehodového děje. Z historického hlediska lze tento proces rozdělit do tří základních stupňů:

1. Stupeň

Analýza je založena na zkušenostech příslušného znalce s malým počtem výpočtových procesů. V dnešní době již neaplikovatelné.

2. Stupeň

Řešení dopravních nehod je založeno na poznacích mechaniky, fyziky, matematiky, geometrie a dalších vědních disciplín. Pro výpočet pohybu vozidla se používá zpětného odvíjení nehodového děje. Často je využito grafických metod, experimentálních měření, brzdných zkoušek a dalších.

„Riziko nesprávného výsledku je při dodržování správnosti postupů poměrně malé - nejčastěji vzniká u grafické metody bez zpětné kontroly výsledků a při aplikaci experimentálně získaných výsledků, pokud jsou nekriticky použity na všechny nehody podobného druhu. Tento vývojový stupeň umožňuje dostatečnou technickou úroveň i přesnost, která je v současném soudním inženýrství vyžadována.“ [29]

3. Stupeň

Pro tento stupeň metod řešení nehodového děje je charakteristické využití výpočetní techniky pro tvorbu simulací v k tomu určených programech. Ve speciálních softwarech je možno tvořit simulace nehod, pohyb vozidel před a po nárazu, řešit rázy vozidel a další.

Je nutno podotknout, že použití programu je potřeba harmonizovat se zkušenostmi znalce. Častými chybami při modelaci nehodového děje mohou být špatné interpretace vstupních dat. V praxi to lze přirovnat k příkladu, kdy znalec dojde k reálné závěrečné poloze automobilu, avšak vstupní hodnoty jsou špatně nastaveny, a proto je postřetový a předstřetový pohyb odlišný od reality.

1.1 Zpětné odvíjení nehodového děje

Postup zpětného odvíjení nehodového děje se využívá zejména pro metodu ručních výpočtů. Tato metoda je založena na znalosti konečné polohy vozidel, kdy za předpokladu znalosti např. smykových a dřecích stop, deformace vozidel a dalších, jsme schopni zpětně dopočítávat parametry nehodového děje a tím se krok po kroku přibližovat k příčinám samotné nehody.

„K metodám zpětného výpočtu rázu patří početně-grafické metody pomocí diagramu rovnováhy hybností a impulsů (DRHI) a modifikovaného diagramu rovnováhy hybností a impulsů (MDRHI) [6]. Tyto diagramy jsou konstruovány ze znalostí translačního pohybu po střetu a vzájemné polohy vozidel při střetu. Další metodou výpočtu je diagram rovnováhy rotačních hybností a impulsů (DRRHI), nazývaný někdy metodou rhomboidního řezu, který jak název napovídá, vychází ze znalosti rotačního pohybu po střetu a ze znalosti bodu rázu vzhledem k těžištím jednotlivých vozidel.

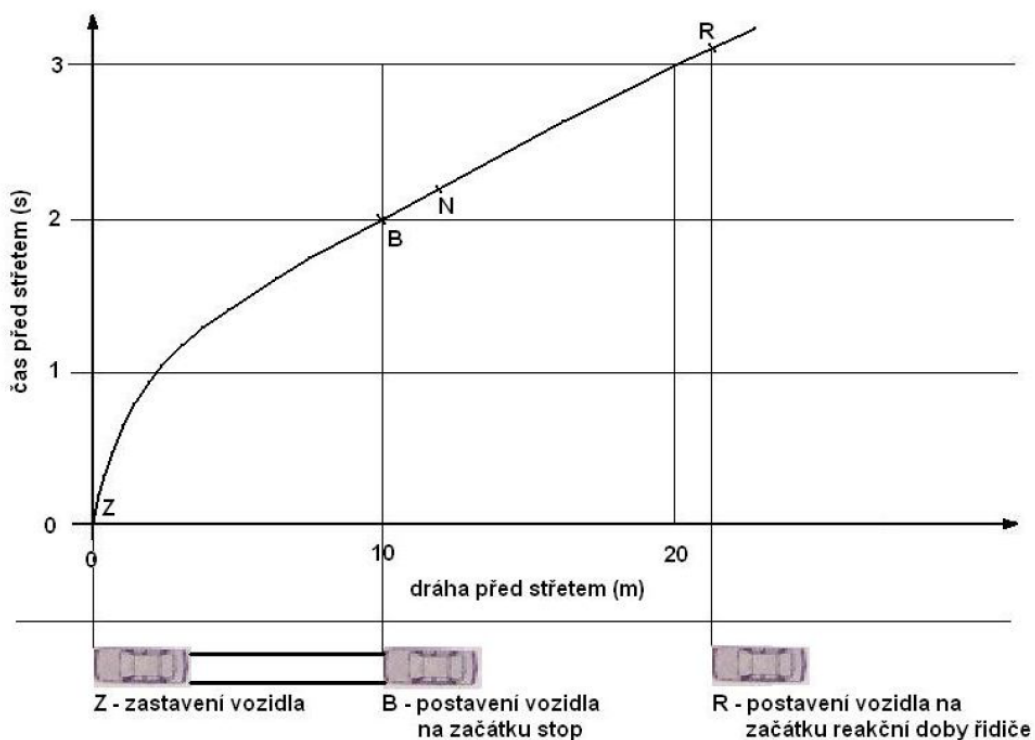
Dalšími možnostmi jsou metoda energetického prstence, a výpočet na základě zákona zachování hybnosti a zákona zachování energie. Případně je možné použít kombinace uvedených metod.“ [30]

1.2 Dopředný výpočet

Metoda dopředného výpočtu je založena na variaci vstupních parametrů. Vzhledem k tomu, jak jsou vstupní data měněna, je sledován výstup a tímto způsobem se znalec snaží analyzovat dopravní nehodu. Tato metoda je aplikována při řešení dopravní nehody pomocí simulačních programů, které jsou schopny v reálném čase dopočítávat pohyb a konečné polohy automobilů.

1.3 Diagram dráha – čas

Diagram dráha čas je důležitým prvkem při analýze dopravních nehod. Příklad diagramu můžeme vidět na obrázku níže.



Obrázek 1 - Diagram dráha – čas

„Diagram dráha-čas (STD) se používá pro grafické znázornění závislosti ujeté dráhy na čase.

Z diagramu lze v libovolném čase určit polohu jednotlivých účastníků. Výhodou STD je velká názornost, možnost okamžitého odečítání a možnost kontroly početního výpočtu. Současně v něm lze sestavit oblast zakrytého výhledu, a to jak přes stojící, tak přes pohybující se překážku.“ [30]

2. Popis použitých přístrojů

V rámci této práce bylo použito mnoho rozličných přístrojů a vybavení, které mají různé druhy uplatnění a různé fyzikální principy fungování. Další řádky budou postupně zaměřeny na jednotlivá zařízení, která dala vzniknout této práci. Tato část práce taktéž popíše teoretické základy pro jednotlivá zařízení a vysvětlí principy jejich fungování. Uvedené informace budou postupně rozčleněny do následujících kategorií:

1. Zaměření polohy pomocí GPS
 - Diferenční GPS Topcon Hiper
2. Záznam fyzikálních veličin
 - MiVue 358 (tzv. černá skříňka)
3. Geodetické zaměření situace
 - totální stanice Topcon,
4. Multifunkční měřicí zařízení
 - Xsens MTi-G
5. Systém rozpoznání nehody
 - E-Call

2.1 Zaměření polohy pomocí GPS

Globální poziční systém poskytuje přesné zaměření geografické polohy na zemském povrchu na principu obíhajících satelitů, které v sobě nesou informaci své přesné poloze v čase. Obecně můžeme satelitní síť rozdělit na tři základní podsystémy [10]:

- 1) Kosmický systém
 - Tvoří ho satelity uspořádané na oběžných drahách.
- 2) Uživatelský systém
 - Jsou to speciální přijímače určené pro příjem a zpracování signálů vyslaných ze satelitů.
- 3) Řídicí systém
 - Má za úkol monitorovat funkce satelitů. Zajišťuje správnost přenesených dat ze satelitů do přijímacích zařízení.

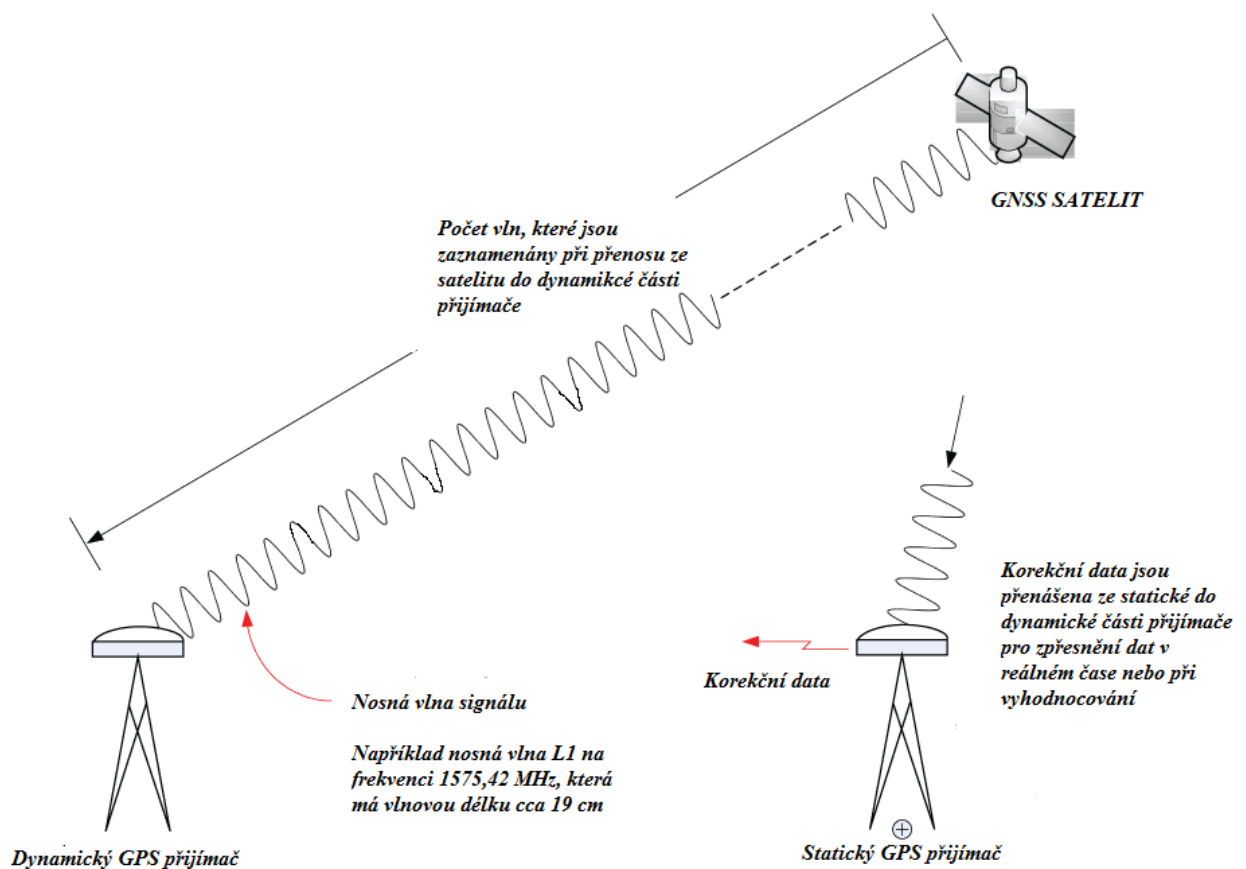
Pro přesné určení polohy je možno využít rozdílných metod. Do základního dělení pro určování polohy dle její přesnosti řadíme následující:

- 1) **Absolutní určování polohy**, které je závislé pouze na výpočtu polohy na základě signálů z minimálně 4 družic. K výpočtu dochází na principu triangulace dat, kdy tři družice slouží k porovnání vzdáleností a čtvrtá družice

zanáší do výpočtu přesný čas. Pro absolutní určování polohy je uváděna přesnost v rámci celých metrů.

- 2) **Relativní určování polohy** je proces, kde dochází ke korekci polohy na základě porovnání s referenční stanicí se známou polohou. Jelikož je u referenční stanice známa poloha a tedy i případná chyba v měření, aplikuje se poté korekce na základě dat z referenční stanice. Přesnost pomocí relativního určování polohy se pohybuje v rámci centimetrů. [1]

Další důležitou metodou pro zpřesnění polohy je metoda fázových měření, někdy také nazývána kinematická měření v reálném čase neboli RTK (Real Time Kinematics). Při této metodě je signál porovnáván s replikou kódu a tím je možno stanovit přesný počet vln a přesnou fázi sinusového signálu. Jelikož signál vysílaný družicemi má vlnové délky $\lambda_1 = 19\text{cm}$ a $\lambda_2 = 24\text{cm}$, vlnovou délku jsme schopni změřit s přesností 1/100 nosné vlny, potom přesnost měření vychází na jednotky v řádech milimetrů. Princip fungování metody RTK je vidět na obrázku 2. [1]



Obrázek 2- Princip fungování metody Real Time Kinematics [14]

Obecným problémem při určování polohy může být přesnost měření, která velmi kolísá v závislosti na použitém přijímači a aktuálních podmínkách měření. Mezi nepřesnosti měření řadíme následující:

- Nepřesnost v hodinách přijímače a vysílače
- Chybná dráha družice
- Vliv troposférické a ionosférické refrakce
- Geometrický faktor (počet a postavení jednotlivých družic) [1]

Pro přesné určení polohy bylo v rámci experimentu použito zařízení Topcon, které řadíme do kategorie GPS s fázovým měřením.

2.1.1 Diferenční GPS Topcon Hiper+

Přístroj Topcon Hiper+ je dvou frekvenční GPS přijímač, který je schopen přijímat a zpracovávat signály na obou vysílaných frekvencích L1 a L2. Tato vlastnost zaručuje zpřesnění určení polohy. Topcon Hiper+ je přizpůsoben pro příjem signálu ze satelitů GPS tak i ze satelitů GLONASS. Tento fakt zvyšuje počet dostupných satelitů a zvyšuje přesnost zaměření geodetických bodů. [10]



Obrázek 3- Topcon Hiper+ [15]

Vzhledem k daným parametrům má Topcon Hiper+ vynikající předpoklady pro kinematická měření v reálném čase krátkých i dlouhých vektorů. Dále je Hiper+ vybaven funkcemi jako potlačení vedlejších odrazů signálu a tracking, který umožňuje sledovat satelity i pod korunami stromů a při slabém či zašuměném signálu. Také je schopen přijímat diferenciální korekce WAAS (Wide area augmentation system), parametry pro nastavení fázového zakličování smyčky PLL (phase locked loop) a zakličování zpoždění smyčky DLL (delay lock loop). Pro přesnost určení polohy pomocí GPS jsou nutné tři základní složky. Jsou jimi přesnost, která závisí na poloze

a počtu sledovaných satelitů, dále je to dostupnost samotných satelitů a integrita přenášeného signálu mezi satelity a přijímacími přístroji. [10]

2.2 Záznam fyzikálních veličin

K záznamu veličin v automobilu může docházet na dvou základních úrovních; a to za pomoci přístrojů zabudovaných přímo ve vozidle a za pomoci separátních, externích zařízení. Jednotlivé skupiny přístrojů jsou popsány a specifikovány v dalších částech této kapitoly.

2.2.1 Event Data Recorder

Mezi zabudované přístroje můžeme řadit Event Data Recorder (dále jen EDR), které se hojně využívá v Severní Americe. Jedná se o zařízení, které mělo původně sloužit k zdokonalení činnosti airbagů v rámci dopravních nehod. Během let se z něj vyvinulo zařízení, které je používáno pro záznam nehody a využití těchto dat pro následnou analýzu. EDR zaznamenává jasně dané veličiny, jejichž parametry jsou normovány. Technicky se však často jedná o rozdílné přístroje s rozličnými způsoby zpracování, uchování a stahování informací. Pro EDR je typické, že záznam je pořízen pouze v případě dopravní nehody po dobu několika málo sekund. Základní veličiny, které musí EDR zaznamenávat, jsou striktně určeny společně s jejich frekvencí. Mezi základní čtyři kategorie záznamu řadíme:

- 1) Dynamika vozidla a jeho stav
- 2) Řízení vozidla (typicky úhel natočení kol)
- 3) Data o nárazu
- 4) Použití bezpečnostních pásů a airbagů
- 5) Data zaznamenaná po nehodě, jako například spuštění varovných světel a dalších [2]

EDR je v rámci automobilu napojeno na velké množství senzorů, ze kterých v případě nehody zaznamenává data. Zároveň je umístěno na bezpečném místě tak, aby v případě nehody nedošlo k jeho poškození. Typicky se umísťuje do přístrojové desky nebo pod sedadlo spolujezdce či řidiče. Dle provedených studií¹ přesnosti lze zařízení EDR považovat za věrohodný zdroj dat, který lze použít při objasňování dopravních nehod. V USA tomu nahrává fakt, že tato skutečnost je ukotvena v tamní legislativě a záznam tedy lze využít jako důkaz při soudních líčeních.

¹ Analýza přesnosti EDR Úřadu pro bezpečnost silničního provozu v USA [3]
Analýza přesnosti EDR Petera Niehoffa z Rowan University [4]

2.2.2 Separátní zařízení pro záznam fyzikálních veličin

Druhou skupinou přístrojů jsou takové, které nejsou pevnou součástí automobilu. Obvykle jsou tyto přístroje připevněny na čelní sklo automobilu tak, aby byly schopny zaznamenávat obrazový materiál. Na trhu jsou však k dispozici i přístroje, jenž se podobně jako EDR umísťují na bezpečné místo a jsou napojeny na řídicí jednotku vozidla a kamery umístěné na čelním a volitelně i na zadním skle automobilu.

Zařízení pro záznam fyzikálních veličin neboli přenosné černé skříňky do automobilů jsou nejčastěji používány pro dokumentaci jízdy spojenou s možností reprodukce zaznamenané situace za účelem jejího objasnění. Jedná zejména o situace spojené s nejasnostmi ohledně viníka nehody či pro situace, kdy viník z místa dopravní nehody ujel.

Mezi nejčastěji zaznamenávané veličiny se řadí obrazový záznam, zrychlení vozidla, rychlost a souřadnice GPS. Zařízení se dají rozdělit do několika následujících skupin:

- 1) Zařízení s obrazovým záznamem
- 2) Zařízení s obrazovým záznamem a záznamem polohy
- 3) Zařízení s obrazovým záznamem, záznamem polohy a zrychlení
- 4) Zařízení s dvojitým obrazovým záznamem (kamery jsou typicky umístěny na čelním a zadním skle)
- 5) Zařízení s výstupem ve formátu CSV (důležité zejména z hlediska exportu dat a jejich analýzy)

Na českém trhu je k dispozici velká škála zařízení s různými parametry zaznamenávaných veličin. Dle autorovy předešlé práce [2] však ne všechna splňují kritéria pro kvalitní záznam veličin a u některých došlo k záznamu zcela mylných dat. Dle práce můžeme mezi zásadní problémy řadit:

- Rozlišení obrazového záznamu
- Frekvence záznamu veličin
- Nepřesnost GPS lokace
- Prodlevy mezi reálnými a naměřenými hodnotami v čase

Dalším problémem takovýchto zařízení byla absence dat přímo ze senzorů umístěných ve vozidle. Při objasňování nehodového děje jsou informace, jako otáčky motoru, úhel natočení vozidla, aktivace ABS, aktivace stabilizačních systémů, aktivace směrových světel a další velmi důležitým zdrojem informací a nelze je přehlízet.

Pro účely této diplomové práce bylo vybráno zařízení, které bylo v rámci předchozích testů vyhodnoceno jako nejpřesnější ze zkoušených přístrojů. Tímto zařízením pro záznam fyzikálních veličin je přístroj Mio MiVue 388.

2.2.3 Mio MiVue 388

Mio MiVue řadíme do rodiny separátních zařízení pro záznam fyzikálních veličin. Tento přístroj byl vybrán na základě předešlé studie o zařízeních pro záznam fyzikálních veličin. Na základě této studie bylo usouzeno, že jedním z nejlépe hodnocených přístrojů se stalo Mio MiVue 358. Jelikož firma Mio již vydala inovované zařízení řady 388, bylo pro potřeby této práce vybráno právě Mio MiVue 388. Oproti řadě 358 je řada 388 vybavena několika dalšími funkcemi. Celkové shrnutí testovaného zařízení řady 388 bude popsáno v následujících řádcích.

Samotné zařízení se skládá z pěti tlačítek pro ovládání přístroje, kamery pro zaznamenání videozáznamu, reproduktoru, indikátoru stavu, konektorů pro nabíjení a připojení externího zařízení, mikrofonu a akcelerometru.

Mio MiVue 388 je schopno zaznamenávat v několika variantách záznamu. Řadíme mezi ně okamžitý záznam po nastartování vozidla, průběžný záznam a záznam při nehodě, který je spuštěn po dosažení nastavené hodnoty zrychlení. Pro záznam při nehodě platí, že takový záznam nebude přemazán novějším a také nebude rozdělen na více záznamů. V menu zařízení je možno nastavit následující položky:

- Přehrání záznamu (slouží k přehrání jednotlivých záznamů)
- Nastavení data a času
- Zobrazení data a času v záznamu
- Rozlišení videozáznamu
- Automatické vypnutí displeje
- Zvukový záznam
- Započetí nahrávání po zapnutí
- Délka jednotlivých záznamů
- Detekce pohybu
- Citlivost akcelerometru
- Prodleva automatického vypnutí
- Jazyk
- Smazání souborů
- Formátování paměťové karty
- Tovární nastavení

Novinkou řady 388 je schopnost avizování příjezdu k místu, ve kterém je aktuálně umístěn radar. Tuto možnost je samozřejmě možno vypnout v nastavení přístroje, či dodatečně přidat úseky, ve kterých se nachází radar.

Pro následnou správu dat je důležité, že software programu je schopen exportovat záznamy z GPS do formátu KML, umí zhotovit fotografii z videozáznamu v inkriminovaný moment a uložit záznamy na předem vybrané místo v počítači. Samotné Mio MiVue řady 388 můžeme vidět na obrázku 4.



Obrázek 4 - Mio MiVue 388

2.3 Geodetické zaměření situace

V rámci této práce bylo třeba využít přístrojů pro geodetické zaměření vozovky. V této kapitole budou popsány principy fungování a samotné přístroje použité pro potřeby této práce.

2.3.1 Geodézie

Geodézie je vědní obor, který se zabývá zkoumáním tvaru, rozměru a fyzikálními vlastnostmi geoidu nebo jeho částí, popřípadě objektů mimo něj. Pro svoje účely využívá fyzikální, matematické a geometrické metody měření a výpočtů. [5]

Geodézie disponuje vazbou na velkou řadu vědních oborů a disciplín. Mezi nejdůležitější můžeme zařadit geomatiku, geoinformatiku, mapování, zeměměřičství, kartografii, fotogrammetrii a mnoho dalších. Z hlediska dělení můžeme geodézii považovat za nižší a vyšší:

1. Vyšší geodézie

- Má za úkol určení tvaru a rozměrů zemského tělesa a klade si za úkol tvorbu trigonometrických a nivelačních sítí.

2. Nižší geodézie

- Vyměřuje menší části zemského povrchu, které můžeme považovat za rovinné.

V této práci je využito předpokladů nižší geodézie, přesněji to bude technická geodézie, někdy také označována jako inženýrská geodézie.

Samotná geodetická měření jsou ovlivňována mnoha subjektivními a objektivními faktory, mezi které řadíme následující [6]:

- *objekty měření – měřičské značky, jejich signalizační zařízení (např. jejich nestabilita, nedokonalá funkce, nevhodné tvary...)*
- *prostředí měřičského procesu – mění se stav fyzikálních vlastností ovzduší (teplota, tlak, index lomu ...), změna stability podloží pod přístrojem ale i celým systémem, ...*
- *měřič – např. únava zraku, snížení pozornosti, ...*
- *komplexem měřičských přístrojů, zařízení a pomůcek – např. nesplnění geometrických podmínek os přístroje, nepřesné dělení stupnic k odečítání, mechanické změny, ...*

Geodetické zaměřovací metody můžeme dělit na:

- Základní polohová měření
- Přístrojová polohová měření

2.3.2 Základní polohová měření

Umístění bodu se zaznamenává do průmětu vodorovné roviny a to dvěma základními způsoby. Body se mohou zaznamenávat buď v souřadném systému anebo vztažené k určitému bodu či VBM (výchozí bod měření). VBM je bod, od kterého jsou v náčrtu body měřeny a je v místě měřený stálým, v čase neměnným bodem. Jedná se například o sloupy, čela propustků, kilometrovníky, stromy, kraje chodníků a další. V praxi se také zavádějí takzvané PBM (pomocné body měření), které využíváme zejména při rozlehlosti zaměřované situace.

2.3.3 Přístrojová polohová měření

Do této skupiny řadíme především následující přístroje společně s uvedenými pomůckami:

- Teodolit a pásmo
- Teodolit a dálkoměrná lať
- Teodolit s elektronickým dálkoměrem
- Multistanice (obsahuje dále např. GNSS, laserový skener, digitální kamera, automatické navádění optického systému)

Univerzální elektronický teodolit neboli totální stanice, která byla použita v rámci této práce, můžeme dle Terminologického slovníku zeměměřičství a katastru nemovitostí charakterizovat následovně[22]:

„Geodetický přístroj umožňující současné měření vodorovných směrů, zenitových úhlů a šikmých délek z těchto veličin dokáže přístroje dopočítat další údaje např. vodorovnou délku, převýšení, pravoúhlé souřadnice případně řešit přímo základní geodetické úlohy (protínání, volné stanovisko, vytyčování včetně výpočtu vytyčovacích prvků); naměřené (dopočtené) hodnoty se zobrazují v různých podobách v digitální formě a jsou registrovány; do přístroje je možné zadat přístrojové konstanty resp. opravy z nich (konstanty kompenzátoru, součtovou konstantu hranolu) dále je možné zapnout matematické redukce (z kartografického zobrazení, vlivu zakřivení země, atd.), v neposlední řadě umožňují vložit atmosférické podmínky při měření (teplotu, tlak) a výšku přístroje; nastavit různé úhlové a délkové jednotky, směr číslování vodorovného kruhu, a další hodnoty podle typu přístroj.“

Totální stanice jsou většinou schopny měřit ve dvou režimech:

1. Prismatický
2. Non-prismatický

Rozdíl mezi těmito dvěma režimy je v použité odrazové metodě. Pokud je totální stanice nastavena do prismatického režimu, je schopna zaznamenat přesnou polohu pouze za pomoci vyměřovací výtyčky. Tato metoda je přesnější a zároveň můžeme zaznamenávat data ve větší vzdálenosti od polohy totální stanice.

Při použití non-prismatického módu je totální stanice schopna zaznamenat předměty i bez použití vyměřovací výtyčky. Měření však většinou není tak přesné a je možno jej provádět pouze na kratší vzdálenosti.

V rámci experimentální části této práce bylo provedeno geodetické zaměřené příslušné komunikace. Metody a principy tohoto zaměření budou popsána v části věnované

experimentu a popisu jeho metodologie. Pro potřeby této práce bylo využito totální stanice Topcon GPT-7003i.

2.3.4 Topcon GPT-7003i

Topcon GPT-7003i je moderní totální stanice, která se vyznačuje duální optickou odrazivostí pro non-prismatický mód s dosahem až 250 m, zabudovanou kameru, která je schopna zaznamenat a spárovat obraz sledovaného objektu a jeho přiřazení k změřeným souřadnicím. Při použití prismatického módu jsme schopni zaznamenat předměty vzdálené až 3000m. Této vzdálenosti je však možno dosáhnout pouze za ideálních podmínek.

Přesnost měření je samozřejmě závislá na použitém režimu. Pro prismatický jsou uváděny dvě míry přesnosti a to:

- Pro měření do 25 m je přesnost $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm}\times D)$.
- Pro vzdálenosti větší než 25m je udávaná přesnost měření $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm}\times D)$.

Při použití non-prismatického módu je přesnost měření nezávislá na vzdálenosti stanoviště od měřeného předmětu a je přibližně 5mm.



Obrázek 5 - Topcon GPT-7003i [17]

2.4 Multifunkční měřicí zařízení

Tak, aby bylo možno naměřená data v experimentu porovnat s přesnými údaji, bylo třeba k jejich získání využít přesných měřicích přístrojů. Pro přesné stanovení měřených veličin bylo využito multifunkčního přístroje. Zařízení tohoto typu jsou obvykle schopna zaznamenat velké množství informací o dynamice měřeného automobilu v čase. Mezi základní měřené veličiny můžeme zařadit:

- Zrychlení
- Polohu GPS
- Natočení
- Rychlost

- Další.....

Pro účely této práce bylo použito zařízení Xsens Mti-G, které bude popsáno v rámci následující kapitoly. Metodika použití tohoto přístroje v rámci experimentu bude popsána v kapitole věnované metodologii experimentu.

2.4.1 Xsens MTi-G

Xsens MTi-G disponuje širokou škálou měřených veličin při nastavení různých parametrů. Xsens MTi-G je vybaveno integrovanou GPS jednotkou a inerciální měřicí jednotkou. Měření je založeno na inerciálních senzorech MEMS, miniaturním GPS přijímači a dalších přídatných senzorech: 3D magnetometrem a senzorem statického tlaku.

MEMS neboli Micro-Electro-Mechanical Systems jsou produkty a samotná technologie, pomocí které jsou vyrobeny. Jedná se zejména o mikro-mechanické a mikro-mechanickoelektrické produkty založené na křemíkové bázi. Mezi typicky vyráběné součástky můžeme zařadit například akcelerometry, gyroskopy, mikropohony, mikrocívky a další. [11]

Autor této práce již v předchozí práci popsal chování tohoto zařízení a jeho vnitřní principy [2]:

„Orientace a pozice jsou u MTi-G upravována za pomoci Kalmanova filtru 6DOF GPS (XKF-6G). Kalmanův filtr je rozdělen na dva kroky, předpověď a korekce. V prvním kroku předpovědi, jsou data integrována a tím je odhadnuta

pozice a orientace, která by měla v dalších krocích nastat. Díky malým nepřesnostem v datech z gyroskopu a akcelerometru, predikce nebude naprosto přesná a objeví se zde chyby, které se budou s časem zvětšovat. V kroku korekce je chyba minimalizována za použití dat z GPS modulu a barometru. Jelikož akcelerometr zaznamenává dvojí zrychlení, a to gravitační zrychlení i zrychlení, jenž je rovno derivaci rychlosti, gravitační zrychlení musí být vyloučeno za pomoci přesného odhadu orientace. V praxi to znamená, že malá odchylka v orientaci dává velké chyby ve zrychlení, rychlosti a polohy. Rychlost a pozice jsou závislé pouze na údajích z GPS modulu, nikoli z akcelerometru. Tudíž je nutné znát vzájemné umístění GPS modulu a samotného MTi-G. Z konstelace vyplývá, že umístění GPS satelitů je mnohem



Obrázek 6 - Xsens MTi-G [18]

příhodnější pro určování horizontální polohy, než výšky. Proto pro zpřesňování údajů využívá MTi-G barometr. [12]“

2.5 Systémy rozpoznání nehody

Vzhledem k tomu, že v rámci této práce bylo využito dat z crash testu při příležitosti testování záchranného systému eCall, na následujících stranách bude proveden teoretický popis těchto systémů.

Systémy pro automatické rozpoznání dopravní nehody se vyznačují senzory a algoritmy, které jsou schopny zaznamenat dopravní nehodu, na jejímž základě je vyvolán hovor mezi operátorem a vozidlem a je přivolána pomoc účastníkům dopravního provozu. Takovéto systémy většinou mají dvě možnosti vyvolání telefonického hovoru mezi vozidlem a operátorem. Jedná se o následující:

1. Manuální vyvolání hovoru

- Hovor je vyvolán řidičem popřípadě cestujícími ve vozidle. Jedná se o případy, kdy nedojde k fyzickému poškození vozidla, dojde k selhání senzorů či algoritmus nevyhodnotí situaci jako nehodu dle zadaných parametrů.
- V další řadě může jít o nenadále fyzické či psychické indispozice řidičů, kteří si mohou stiskem tlačítka, pro to určenému, přivolat pomoc. Typicky se jedná o stavy, při kterých řidič prodělá mrtvici, infarkt, diabetický záchvat a další.

2. Automatické vyvolání hovoru.

- K automatickému vyvolání hovoru dochází v případě, že algoritmus vyhodnotí signály z jednotlivých senzorů tak, že identifikuje nehodu a automaticky uksuteční hovor s operátorem.

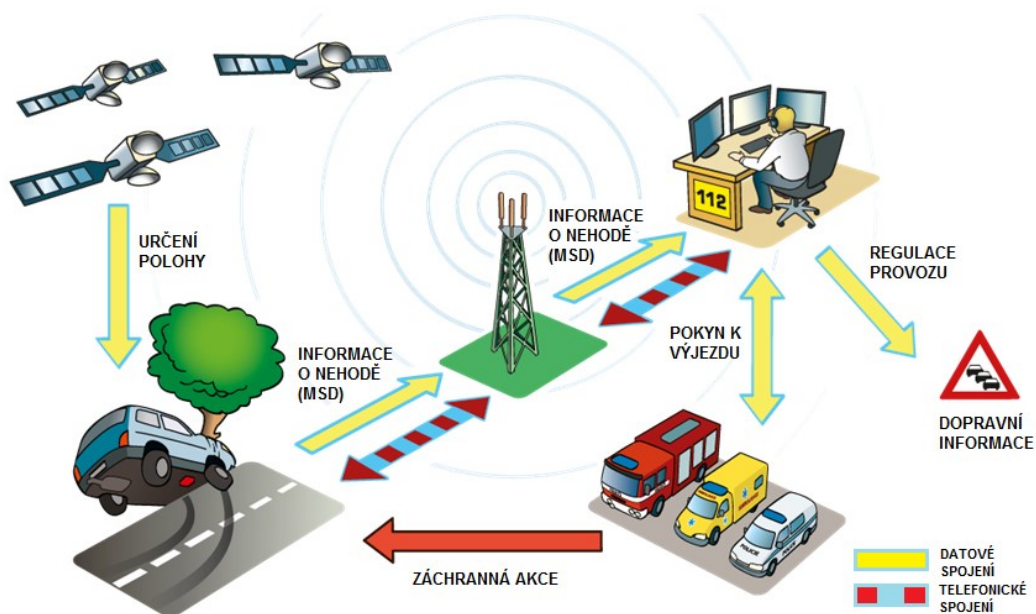
V dnešní době je na trhu velké množství systémů pro automatické rozpoznání nehody. Jedná se zejména o následující poskytovatele:

- Automobilky
- Asistenční služby
- eCall

Tato práce se v rámci asistenčních systémů zaměří zejména na eCall, který bude popsán v následující kapitole.

2.5.1 eCall

eCall je systémem automatického rozpoznání dopravní nehody a následného přivolání pomoci. Řadíme ho do skupiny eSafety, která má na starost bezpečnost silniční dopravy v rámci projektu Evropské unie nazvané inteligentní automobil. Dle předpokladů by mělo v brzké době dojít k povinné implementaci eCallu do všech nově vyrobených vozů v rámci evropské unie. Do starších vozidel bude k dispozici ve formě tzv. OBU (On Board Unit), což je palubní jednotka, která bude komplexně nahrazovat zabudovaný systém eCall. Dle studie Evropské unie se předpokládá, že do roku 2034 by měly být všechna vozidla vybavena tímto systémem (nově vyrobená i staršího data výroby). Na obrázku č. 7 je znázorněn princip fungování tohoto systému.[8]



Obrázek 7 - Princip fungování systému e-Call [19]

Při reakci na nehodu či manuálním spuštění dojde k navázání připojení přes mobilní síť mobilních operátorů a dojde k odeslání důležitých informací do operačního střediska. Následně jsou data využita pro informování integrovaného záchranného systému o aktuálním stavu situace. Po připojení přes mobilní síť dojde k vytvoření

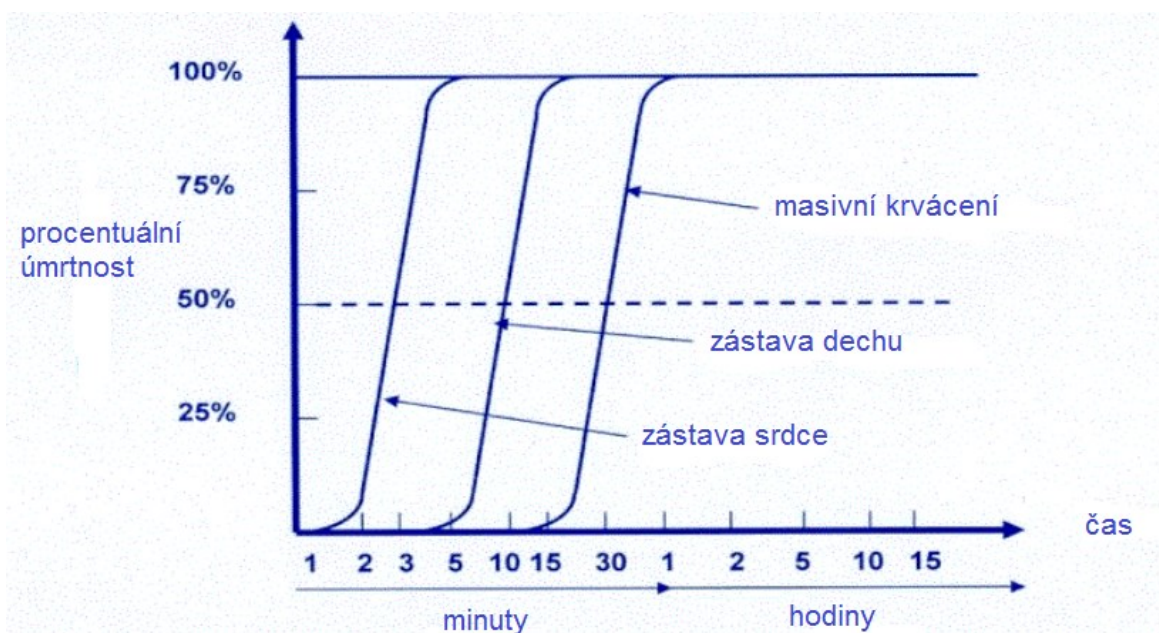
telekomunikačního mostu s nejbližším střediskem tísňového volání a zároveň s tím jsou odeslány základní informace v tzv. MSD (Minimum set of data).

MSD obsahuje následující informace o vozidlu:

- Poloha automobilu
- Telekomunikační parametry
- VIN
- Palivo vozidla
- Aktivace airbagů
- Aktivace bezpečnostních pásů
- Automatická/manuální aktivace
- Další....

Vzhledem k hlasovému propojení mezi operátorem a vozidlem, může operátor zjistit další podrobnosti o nehodě, a to zejména o počtu osob ve vozidle a jejich zdravotnímu stavu. Manuálním stiskem tlačítka a následným hovorem s operátorem je rovněž možno přivolat pomoc pro jiné účastníky dopravních nehod. [8]

Na následujícím obrázku můžeme vidět závislost procentuální úmrtnosti na čase příjezdu pomoci, ze které je jasně vidět, že včasná pomoc je pro kvalitu života po závažné nehodě nezbytná. [8] [9]



Obrázek 8 - Závislost procentuální úmrtnosti na čase příjezdu pomoci [2]

Poté, co operátor provede první nezbytné kroky pro zajištění první pomoci účastníkům dopravní nehody, by měl být schopen ze znalosti VIN čísla a přístupu do registru vozidel dané země získávat další informace o vozidle. Z registru vozidel by měl operátor zjistit například hmotnost vozidla, barvu, rozměry, bezpečnostní prvky automobilu, zda je vozidlo upraveno pro provoz na LPG, typovou dokumentaci vozidla a další.

Z těchto informací bude možno naplánovat zásah a zajisti adekvátní technické prostředky pro zásah integrovaného záchranného systému. Z typové dokumentace vozidla bude k zjištění umístění bezpečnostních vzpěr automobilu, umístění palivové nádrže, akumulátoru a dalších. Vše toto by mělo vést k rychlejšímu a kvalitnějšímu zásahu na místě dopravní nehody.

Včasná pomoc účastníkům dopravní nehody je z hlediska kvality následného života rozhodující. To je také jedním z důvodů povinného zavedení eCall. Jak dokládají statistiky Evropské komise, u 53 % všech tísňových volání není volaný schopen přesně určit svoji polohu a u 56 % všech tísňových volání jsou potřeba dodatečné informace od volajícího, zatímco záchranná jednotka hledá místo nehody.

Pokud si položíme otázku ohledně ekonomické stránky tohoto projektu, je třeba se zaměřit nejen na náklady tohoto systému, ale také na mnohem vyšší cenu ve formě lidského života a jeho kvality. Toto zařízení je primárně určeno k záchraně lidských životů. Zajímavou studií je porovnání poměrů výkon/cena systému eCall s dalšími asistenčními systémy. Porovnání je vyobrazeno v tabulce 1.

	Elektronický stabilizační systém		Systém nouzového brzdění		eCall	Varování při změně jízdního pruhu
	OA	NA	OA	NA	OA	všechny automobily
poměr výkon/cena	3,97	1,16	0,43	2,15	3,16	1,1

Tabulka 1 - Poměr výkon/cena systému eCall a dalších

Dle autora [2] práce řadíme mezi výhody systému následující:

- 1) *Kooperace mezi jednotlivými státy Evropské unie. Záchranné složky budou moci poskytnout efektivní první pomoc i posádkám automobilů, které nespádají do registru vozidel České republiky.*
- 2) *Odpadnutí problému jazykové interference.*
- 3) *Na silniční síti států Evropské unie došlo v roce 2009 k 1,15 milionu nehod. Při nich zemřelo asi 35000 osob a zraněno bylo přibližně 1,5 milionu osob. Bezprostřední oznámení nehody a znalost přesného místa dopravní nehody zmenšuje dobu potřebnou k poskytnutí první pomoci o 50% mimo město a o 40% ve městech. Včasnou pomocí účastníkům dopravní nehody se také přispívá k jejich následnému rychlejšímu zotavení. Včasným příjezdem k dopravní nehodě se také dá zmenšit riziko sekundární nehody, zmenšují se dopravní kongesce a dochází ke snížení emisí.*

- 4) *V současné době vynakládá Evropská unie každý rok přibližně 160 miliard eur na následky dopravních nehod. Za předpokladu, že by všechny automobily byly vybaveny systémem eCall, odhaduje se úspora na 20 miliard eur ročně.*
- 5) *Informace o místě a času dopravní nehody mohou pomoci k objasnění nehody. Mimo těchto základních parametrů, budou tyto systémy schopny zaznamenávat údaje o kinematice automobilu a také informace o stavech automobilu jako aktivace airbagů, poloha plynového a brzdového pedálu, úhel natočení volantu a další.*
- 6) *Možnost identifikace odcizených automobilů podle VIN. [8] [9]*

3. Simulační programy

V rámci této práce bylo využito softwarových aplikací pro simulaci nehodového děje. V oblasti simulací dopravních nehod nalezneme velké množství softwarů s nejrůznějšími funkcemi. Mezi základní softwary řadíme následující:

- PC Crash
- Virtual Crash
- ADNE (Analýza dopravních nehod)
- CARAT
- EVU-DOS
- KOLIZE
- CYBORG IDEA
- ANALYZER PRO
- WinKol
- Další.....

Tato práce bude zaměřena na práci se systémem Virtual Crash. Hlavní charakteristikou programu je dopředné odvíjení nehodového děje, které může být popsáno následovně [25]: *„Dopředné přístupy variace vstupních hodnot postupují od počátku nehodového děje po jeho konec s využitím matematických modelů střetu a pohybu vozidel. Tyto metody jsou charakteristické pro řešení střetu s podporou simulačních programů, které umožňují rychlou a jednoduchou variaci vstupních parametrů za současného sledování parametrů výstupních.“*

Pro ověření správnosti simulace, respektive celkového nastavení vstupních parametrů jsou zde kontrolní parametry výpočtu, pomocí nichž lze jednoduše ověřit danou simulaci. Správnost výsledků je rovněž možno ověřit pomocí grafů a protokolu, které lze z programu exportovat.

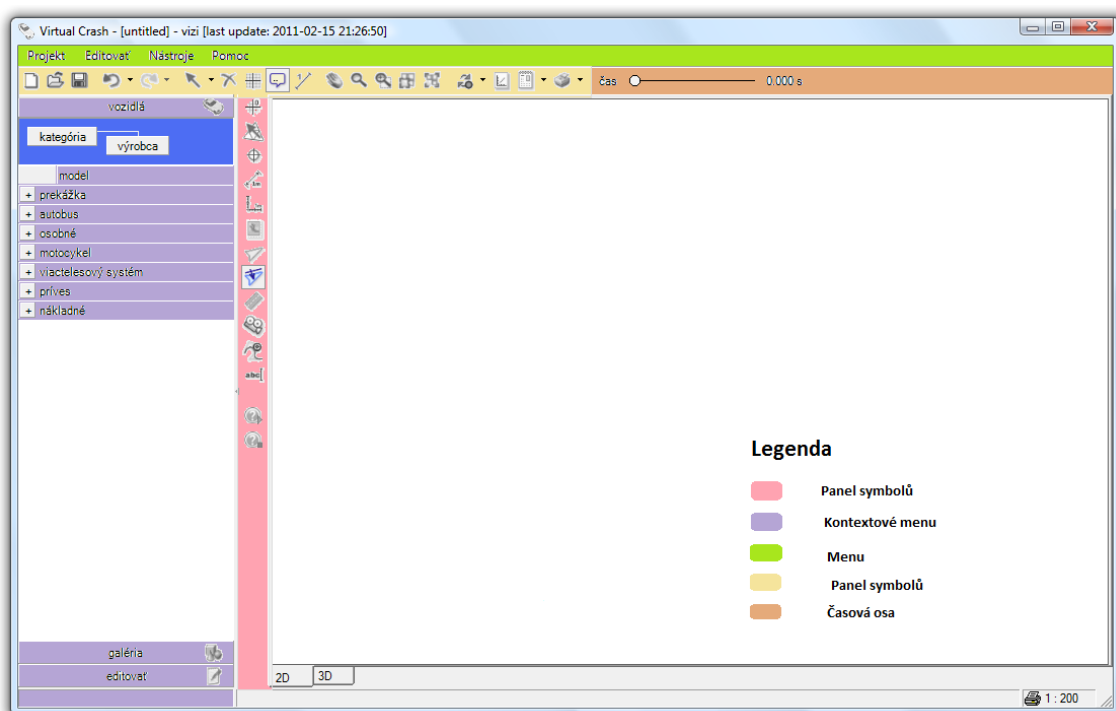
3.1 Virtual Crash

Virtual CRASH je program nové generace, který slouží k rekonstrukci dopravních nehod. Program využívá v plném rozsahu výsledky nejnovějších hardwarových a softwarových nástrojů, na základě kterých je možné modelování komplikovaných systémů na počítači v reálném čase. Výsledky simulací mohou být prezentované v perspektivním 3D zobrazení, měřítkových plánech a množství diagramů a tabulek.[24]

Softwarový program Virtual Crash funguje na bázi licencí. Je možno si tento software zdarma stáhnout a používat, avšak při práci v neplacené verzi není možné práci uložit. Za určitý obnos je možno si zakoupit jednotlivý projekt anebo zjednodušený projekt, ze kterého není možno získat diagram a protokol. Pro tuto práci bylo využito hardwarového klíče, který byl zapůjčen Ústavem soudního znalectví v dopravě K622.

3.1.1 Popis základních funkcí

Po spuštění programu se zobrazí úvodní plocha, kterou můžeme vidět na obrázku č. 8. Dle uživatelské příručky je plocha členěna do několika částí, které budou v následujících řádcích popsány. Jednotlivé skupiny příkazů jsou barevně odděleny a popsány v legendě obrázku.



Obrázek 9 - Virtual Crash - úvodní plocha

3.1.1.1 Menu

V části Menu nalezneme 4 základní oddíly, které skrývají jednotlivé funkce systému. Pod ikonou projekt nalezneme funkce pro zprávu dokumentu z hlediska jeho otevření, tisku, uložení, importace a dalších. V sekci Editovat se skrývají funkce pro nastavení celého dokumentu pro potřeby konkrétního uživatele. Zde je potřeba odlišit tuto funkci od položky Editovat v sekci Kontextové menu, ve které se nachází informace o objektech simulace, a bude upřesněna v další části této práce. Neposlední částí Menu je oddíl Nástroje, ve kterém nalezneme funkce určené zejména pro správu a modelování prostoru, ve kterém daná simulace probíhá. Nalezneme zde příkazy

pro měření a posun, zobrazení, kreslení, a další operace s plochou simulace. Posledním oddílem sekce Menu je Pomoc, která si klade za úkol podporu pro uživatele softwaru. V této části nalezneme zajímavou funkci „Co je to?“, která po jejím spuštění a označení určitého příkazu přehraje instruktážní video s návodem, jak s touto funkcí postupovat.

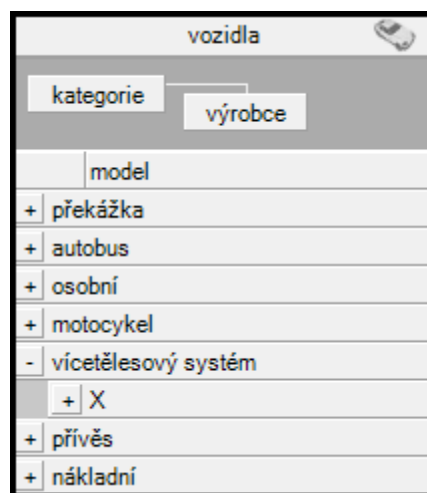
3.1.1.2 Kontextové menu

Kontextové menu nalezneme na levé straně úvodní plochy a slouží zejména pro přiřazování nových dopravních prostředků, překážek, budov a dalších a jejich spravování. Kontextové menu se dělí do tří základních kategorií:

1. Vozidla
2. Galerie
3. Editovat

Za pomoci kategorie vozidlo je možno přidávat jednotlivé prvky simulace. V základním rozložení můžeme vybírat z následujících možností:

- Překážka (Svodidla, ploty, semaforey,....)
- Autobus
- Osobní
- Motocykl
- Více-tělesové systémy (chodci)
- Přívěs
- Nákladní

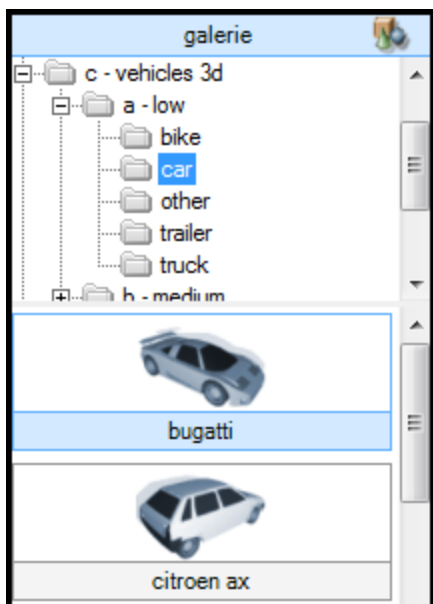


Obrázek 10 - Virtual Crash (vozidla)

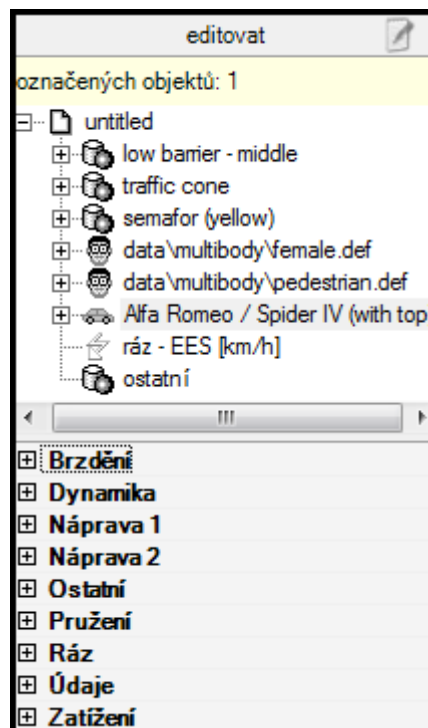
Následuje sekce galerie, ve které nalezneme exteriéry vozidel, které lze párovat s již umístěnými vozidly a měnit tak jejich vzhled. Je třeba konstatovat, že tato změna se neprojeví na fyzikálních vlastnostech vozidla, které zůstávají stále stejné. Grafické znázornění karty galerie vidíme na obrázku 13.

V sekci editovat nalezneme seznam jednotlivých těles, která se nacházejí v simulaci a je možné je pomocí této sekce spravovat. K tomu slouží spodní okno, ve kterém se nastavují parametry pro brzdění, dynamiku, jednotlivé nápravy, pružení, rázy a další údaje. Důležitou částí je ráz – ESS, ve kterém jsou zaznamenány veškeré rázy v rámci

simulace, což prakticky označuje střety mezi jednotlivými vozidly popřípadě objekty. Grafické znázornění karty editovat je na obrázku 12.



Obrázek 13 - Kategorie galerie



Obrázek 12 - Kategorie editovat

3.1.1.3 Časová osa

Časová osa slouží k zobrazení času simulace. Za její pomoci kdy je možno za pomoci osy měnit časové simulace a v rámci ní provádět úpravy.

3.1.1.4 Panely symbolů

Oba panely symbolů v sobě obsahují zkratky pro jednotlivé funkce, které daný program obsahuje. Funkce slouží zejména pro navigaci a správu simulace, modelaci prostředí a další s tím spojené funkce.

3.1.2 Úprava povrchu a tvorba polygonů

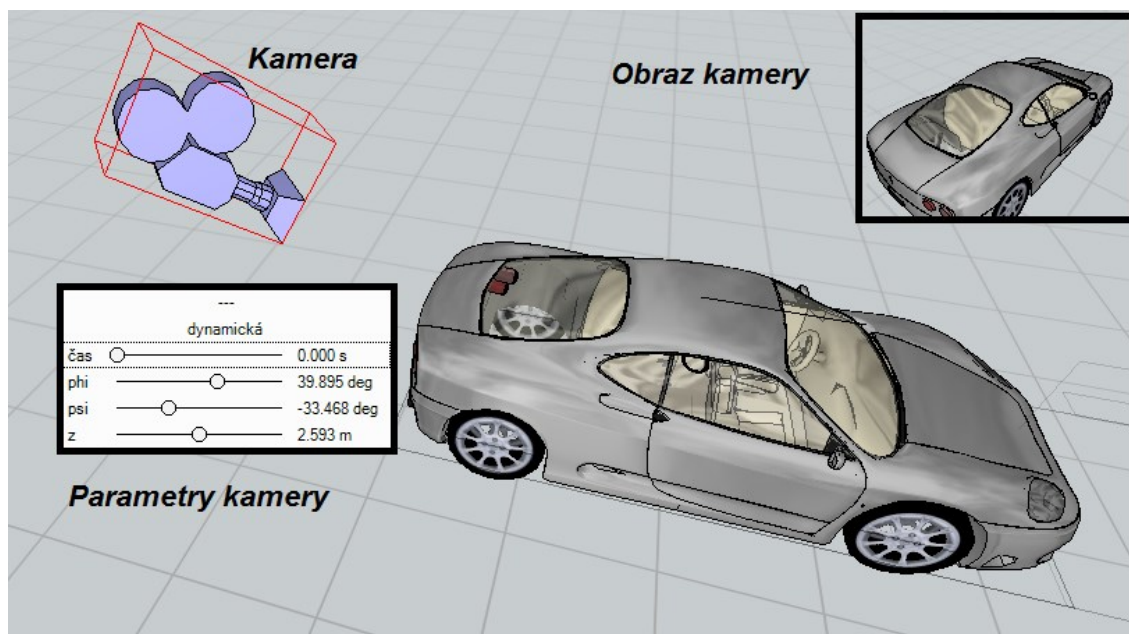
Povrch, na kterém je prováděna simulace lze upravit několika způsoby. Základním povrchem je čtverečková síť. Další možností úpravy povrchu je vložení rektifikované fotografie místa nehody, na které je možno vidět brzdné stopy vozidla a další stopy po nehodě. Do simulace lze také vkládat polygon, kterému jdou zadat nejružnější

parametry jako např. šířka a délka komunikace, sklon komunikace, poloměr oblouku a další. Z jednotlivých polygonů lze také vytvářet křižovatky nejrůznější tvarů s možností přidání vodorovného a svislého dopravního značení včetně SSZ (Světelné signalizační zařízení).

Do takto vytvořených prostředí lze následně vkládat osy a text, které pomohou k jednoznačnému určení vzdáleností a orientaci v prostoru simulace.

3.1.3 Kamery a sledování situace

Pro sledování simulace jsou v programu Virtual Crash k dispozici kamery, které je možno libovolně rozmístit v oblasti simulace. Jak je vidět na obrázku číslo 14, kamerám je možno nastavit několik parametrů. Je možno nastavit, zda je kamera statická či dynamická, což nám určuje, jestli se kamera bude při snímání otáčet za přiřazeným objektem. Další možností nastavení je přiřazení k objektu sledování. V případě, že kamera není přiřazena k objektu a zároveň je dynamická, je možno nastavit její natočení, naklopení a výšku nad nulovým bodem v prostoru.



Obrázek 14 - Virtual crash (Kamera)

3.1.4 Simulace

Při tvorbě simulace v programu Virtual Crash vycházíme z tzv. dopředného výpočtu nehodového děje. V praxi to znamená, že nastavujeme počáteční parametry vozidel tak, aby výsledek odpovídal skutečnosti.

Nejdříve je třeba vytvořit model komunikace, pokud je to potřeba, tak i jejího příslušenství a okolí. To lze v programu Virtual Crash provést dvěma základními procesy:

1. Model komunikace je možno vytvořit přímo v programu Virtual Crash, a to vkládáním jednotlivých segmentů vozovky a jejich úpravou. Dále lze vkládat polygony a libovolně je upravovat (jedná se zejména o tvorbu např. překážek, rigolů a podobných).
2. Model komunikace je možno importovat z programu autoCAD. Zde je však potřeba vytvořit model za pomoci modelování 3D plochy, což je časově náročné.

V rámci dalšího kroku simulace je třeba vybrat vozidla a další objekty, které se budou simulace účastnit. Jakmile jsou vozidla a objekty vybrány, je třeba překontrolovat a zadat jejich přesné parametry. Je třeba například zadat zatížení vozidla v oblastech kufru, střechy, přední či zadní části vozu, dále zkontrolovat geometrické rozměry vozidla náprav, pružení a další parametry.

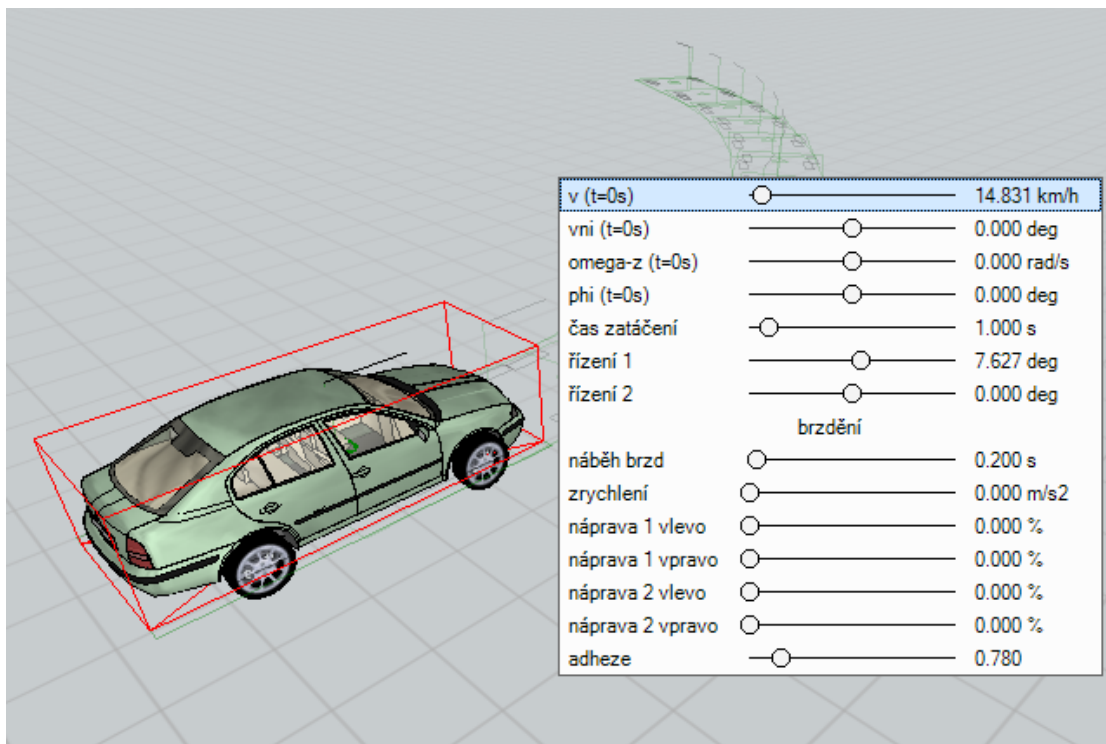
Vlastní pohyb vozidla je možno simulovat dvěma základními postupy, a to pohybem vozidla pomocí stop sledování, změnou parametrů vozidla v čase nebo jejich kombinací.

3.1.4.1 Stopy sledování

V programu Virtual Crash je možno vytvořit tzv. Stopy sledování, které reprezentují pohyb vozidla v prostoru. Posléze je možno vozidla přiřadit ke stopám sledování. Jakmile jsou nastaveny počáteční podmínky vozidla, následuje vozidlo danou linií.

3.1.4.2 Změny parametrů vozidla

Druhou možností simulace jízdy vozidla je nastavování parametrů vozidla při každé změně v chování vozidla, popřípadě po každém časovém okamžiku. U každého vozidla je možno nastavit několik parametrů, mezi kterými jsou: rychlost a její směr, zatáčení, řízení, brzdění, zrychlení a adheze vozidla. Vizualizace vozidla a jeho dráhy společně s tabulkou pro nastavení parametrů je vidět na obrázku č. 15.



Obrázek 15 - Virtual Crash (Dynamika vozidla)

Při kombinaci obou metod simulace vozidla využíváme předností obou metod a vhodně je kombinujeme. Může se jednat například o znalost dráhy vozidla průběhu rychlosti v čase. Na základě těchto dat je možno dopočítat potřebné informace a data vložit do simulace. Tohoto přístupu bylo využito v praktické části této práce.

3.1.5 Vyhodnocení

Po provedení simulace je možno z programu exportovat výsledky ve formě diagramů či protokolu dané situace, ze kterých je možno vyčíst důležité charakteristiky nehody a provést nutné závěry.

3.1.5.1 Diagram

Z programu je možno exportovat diagram ve formě grafického znázornění vybraných veličin. Graf je možno vztáhnout na dráhu či na čas a je na výběr z velkého množství veličin:

- Rychlost
- Dráha (Čas)
- Úhel natočení
- Klopení
- Zrychlení

3.1.5.2 Protokol

Protokol obsahuje informace o provedené simulaci ve formě tabulky s daty. Má základních 6 částí s charakteristickými daty:

1) Obecné informace

- Základní informace o nastavených počátečních podmínkách vozidla (viz obrázek č. 16)

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	33.643			46.172		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	-3.505	-0.718	124.276	1.268	0.645	143.399
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	124.276	0.718		143.131	-0.566	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.006	0.015	0.000
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	-0.033	-0.033	1.003	-232.810	156.464	1.553

Obrázek 16 - Obecné informace simulace

2) Kolize

- Data zaznamenávající kolizi vozidel
- Do zaznamenaných veličin řadíme pořadí kolize, čas kolize, překrytí, poloha kolize, koeficient restituce, tření, zatáčení vozidla, rychlost, impulz rázu [Ns], deformační energie [J], deformace [m].

typ kolize - automatická / manuální										vozidlo/překážka 1	vozidlo/překážka 2										
pořadí	t [s]	překrytí [s]	X Y Z [m]	k	tření	phi psi [deg]	delta v [km/h]	impulz rázu [Ns]	deformační energie [J]	EES [km/h]	EES [km/h]										
										deformace [m]	deformace [m]										
										doběh											
										v [km/h]	omega-z [rad/s]	v [km/h]	omega-z [rad/s]								
										výběh											
										v [km/h]	omega-z [rad/s]	v [km/h]	omega-z [rad/s]								
										delta v [km/h]		delta v [km/h]									
										GEV		GEV									
										automatická										2: Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4	1: Crash-barrier_concrete
										1	20.600	0.030	-178.656	0.100	1.000	42.188	4.480	19493.885	108671.820	31.787	1.167
	0.299	0.280																			
115.893	44.811	-0.040	0.009	0.000																	
	6.123	-0.296	0.077	0.000																	
1.897	48.735	0.070																			
			1.533	0.060																	

Obrázek 17 - Diagram (kolize)

3) Kinematika

4) Sekvence

- V této části jsou zaznamenány jednotlivé sekce, které byly zadány tvůrcem simulace. Tabulku, která ilustruje, jaké hodnoty jsou zaznamenávány, můžeme vidět na obrázku č. 17.

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 33.643	-	-	zrychlení	0.000	9.970	0.841	0.000	0.000	10.398	10.398	6.710	6.710
1.000 9.678 36.036	1.000	(9.678)	brzdění	0.000	9.970	0.063	0.000	0.000	0.778	0.778	0.502	0.502
2.000 19.615 35.603	1.000	(9.938)	zrychlení	0.000	9.970	0.574	0.000	0.000	7.102	7.102	4.582	4.582
3.000 29.816 37.895	1.000	(10.201)	zrychlení	0.000	9.970	1.365	0.000	0.000	16.869	16.869	10.885	10.885

Obrázek 18 - Diagram (Sekvence)

5) Technické údaje

- V této sekci jsou zaznamenány technické parametry vozidla co do jeho geometrického tvaru, zatížení, pružení a dalších.

vozidlo/překážka: 2 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:			
délka [m]	4.513		
šířka [m]	1.731		
výška [m]	1.458		
výška těžiště [m]	0.540		
poh. hmotnost [kg]	1365.000 (1440.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	589.116 (621.485)	1963.719 (2071.615)	1963.719 (2071.615)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.916		
těžiště - přední náprava [m]	1.255		
rozvor 1 - 2 [m]	2.512		
rozchod - náprava 1 [m]	1.513		
rozchod - náprava 2 [m]	1.494		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	10.000	10.000	

Obrázek 19 - Diagram (Technické údaje)

6) Nastavení

- V této části nalezneme obecné nastavení simulace. Zaznamenané parametry můžeme vidět na obrázku č. 20.

integrační krok [s]		0.005
řád	hloubka překrytí [s]	0.030
	implicitní hodnota k	0.100
	implicitní hodnota tření	1.000

Obrázek 20 - Diagram (Nastavení)

4. Crash test

V rámci této práce se naskytla možnost umístění černé skříňky Mio MiVue 388 do vozidla Škoda Rapid v rámci crash testu pro testování systému eCall. Tato část práce popisuje chování černé skříňky v reálných podmínkách střetu vozidel a není pojata jako stěžejní kapitola, avšak klade si důraz zejména na získání informací o chování černé skříňky při reálném střetu vozidla a zachycených datech. Důležitá budou zejména data v následujících okruzích:

- Poškození černé skříňky
- Kvalita videozáznamu
- Ztráta (zachování) dat po nárazu
- Údaje o zrychlení, rychlosti a poloze vozidla

Crash test byl proveden zejména za účelem ukázky reálného fungování systému eCall za podpory mnoha firem a institucí. Celý crash test se konal ve Státní zkušebně zemědělských, potravinářských a lesnických strojů v Praze – Řepích a v následujících řádkách bude popsán samotný průběh crash testu, role černé skříňky a další důležité informace.

4.1 Průběh crash testu

Crash test byl koncipován jako přímý čelní náraz do statické bariéry v rychlosti okolo 40-50 km/h. Technicky byl rozjezd vozidla zajištěn kladkovým mechanismem, kdy byla testovaná Škoda Rapid roztažena za pomoci připevněného lana, které bylo přes kladky roztaženo vozidlem Škoda Superb, které se pohybovalo opačným směrem. Vozidlo bylo pro potřeby ústavu K616 opatřeno testovací figurínou a karoserie byla osazena přesnými akcelerometry pro následnou analýzu crash testu.



Obrázek 21 - Výchozí pozice vozidla při crash testu

Na obrázku č. 21 je vidět počáteční postavení vozidla a kolejnice, která v sobě ukrývá lano pro roztažení automobilu. Obrázek byl zachycen za pomoci černé skříňky Mio MiVue 388.

4.2 Mio MiVue 388

Vozidlo Škoda Rapid bylo osazeno černou skříňkou Mio MiVue 388, a to dle údajů výrobce, v prostřední části předního skla pod zpětným zrcátkem. Vzhledem k povaze crash testu bylo třeba zařízení zapnout s dostatečným předstihem. Jedním z problémů spojených s viditelností byl déšť, který se snášel na přední sklo. Vzhledem ke krátké době rozjezdu a absenci stírání v době rozjezdu vozidla, byla nakonec viditelnost při crash testu obstojná.

4.2.1 Poškození

Tato část si klade za úkol popsat účinky a následky srážky na celistvost černé skříňky. Jelikož byla rychlost nárazu 40-50 km/h dalo se odhadovat, že dojde k poškození tohoto zařízení. S ohledem na bezpečnost celého projektu bylo Mio MiVue z vozidla vyjmutu cca po dvou minutách. Po jeho prozkoumání bylo zjištěno, že zařízení neutrpělo žádné vnější, ani vnitřní fyzické poškození a bylo zcela v pořádku pro případné další použití. Tomuto faktu velmi výrazně přispělo to, že zařízení při nárazu zůstalo připevněno na čelním skle a pouze došlo k jeho ohybu, nikoli však nevratnému (nedošlo k poškození), v jeho střední části. Na obrázku je vidět obrazový záznam těsně před samotným nárazem a záznam těsně po nárazu, ze kterého je možno analyzovat pohyb černé skříňky ihned po nárazu vozidla.



Obrázek 22 - Obrazový záznam před nárazem

V levém spodním rohu obrázků je možno vidět i aktuální rychlosti naměřené před a po nárazu (44 oproti 0 km/h). Z druhého obrázku je patrné, že došlo k rotaci černé skříňky. Na druhém obrázku je velmi nejasné, co je na něm zobrazeno. Proto pro upřesnění - na druhém obrázku je zobrazeno čelní sklo, které bylo po nárazu ostříkáváno, a navíc byl spuštěn mechanismus stěračů.



Obrázek 23 - Obrazový záznam po nárazu

4.2.2 Kvalita video-záznamu

Videozáznam byl zachycen v nejlepším možném nastavení a jeho kvalita je pro potřeby následného rozeznávání účastníků dopravní nehody, popřípadě dalších důležitých parametrů, dostačující.

4.2.3 Ztráta (zachování) dat

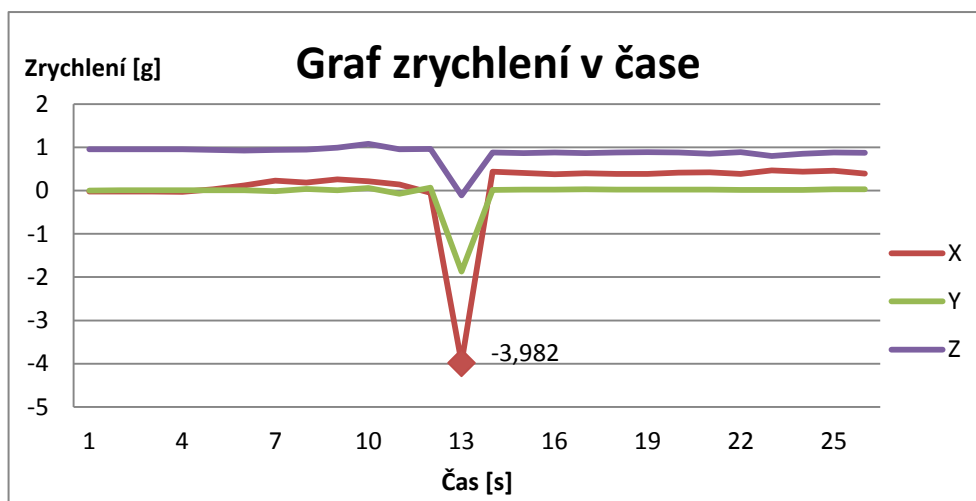
V rámci crash testu bylo nutné zjistit, zda je černá skříňka schopna data dopravní nehody zachytit a zda je schopna tato data po nárazu uchovat na úložišti dat.

Mio MiVue v této části obstálo výborně a data pořízená během nárazu byla zaznamenána a nebyla žádným způsobem poškozena či narušena. Vzhledem k překonání nastaveného zrychlení během nárazu, byl záznam natrvalo uložen do jiné složky tak, aby v budoucnu nemohlo dojít k jeho přemazání nově zaznamenávanými soubory.

4.2.4 Zrychlení

Zrychlení automobilu bylo zaznamenáno ve všech třech osách. Bylo zjištěno, že Mio MiVue zachytilo na jeho poměry vysoké hodnoty v době nárazu, avšak maximální hodnota dosáhla pouhých 3,982 g. Tato hodnota je v porovnání s reálnou hodnotou zrychlení několikanásobně nižší. Tento fakt může být způsobem dvěma faktory:

1. S největší pravděpodobností byla nízká hodnota zrychlení způsobena malým rozsahem akcelerometru
2. Druhou možností této nepřesnosti může být nedostatečná frekvence záznamu, kdy k vyšším hodnotám zrychlení mohlo docházet mimo dobu záznamu. Průběh zrychlení pro všechny tři osy vidíme na grafu níže.

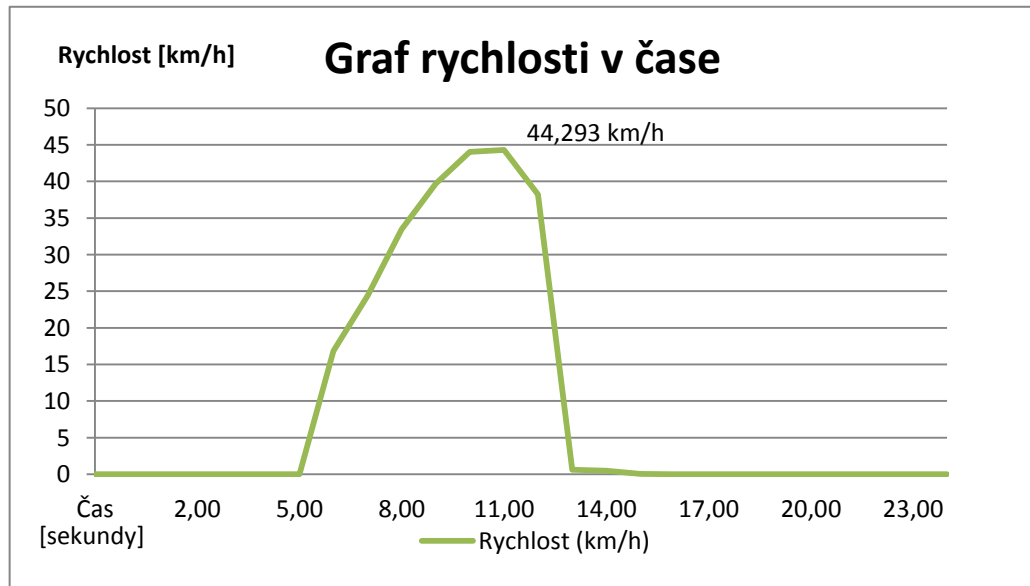


Obrázek 24 - Crast test (graf zrychlení)

Z grafu je patrné, že černá skříňka byla schopna změnu zrychlení zaznamenat pouze v jediném bodě. Zrychlení osy Z obsahuje složku gravitační složku a je třeba tedy při porovnání s tímto kalkuloval. Je zajímavé, že po nárazu vozidla vzrostla hodnota zrychlení v ose X na hodnotu cca 0,4 g, což můžeme přisuzovat samotnému nárazu. Druhou možností, jak lze tento fakt vysvětlit, je jiná pozice skříňky. Zde však narážíme na fakt, že hodnoty ostatních os jsou stejné jako před nárazem.

4.2.5 Rychlost

Rychlost vozidla byla zaznamenána v kilometrech za hodinu a z hodnot lze vyčíst její lehké zpoždění oproti videozáznamu, tak i oproti zrychlení vozidla, které by mělo korespondovat s daty korespondovat.



Obrázek 25 - Graf rychlosti v čase (crash test)

Z grafu je jasně patrný postupný nárůst rychlosti s maximální dosaženou hodnotou 44,293 kilometrů v hodině. Referenční data pro porovnání rychlosti v době nárazu bohužel nejsou k dispozici, avšak dle odhadu by daná rychlost měla odpovídat reálné.

4.2.6 Závěr

Lze říci, že zařízení si vedlo velmi dobře co do odolnosti proti silám, které na něj působily během střetu.

V případě zaznamenaných dat není možno provést jejich porovnání s referencí, a proto budou zaznamenaná data hodnocena až v rámci praktické části, ve které půjde data porovnat s referenčními.

5. Praktická část

Pro účely této práce byl proveden experiment za účelem ověření schopnosti černé skříňky reprodukce nehodového děje. Průběh experimentu se skládal z následujících fází:

1. Vytipování vhodné lokality
2. Geodetické zaměření situace
3. Provedení jízdních zkoušek
4. Zpracování naměřených dat
5. Simulace v programu Virtual crash
6. Porovnání naměřených dat
7. Porovnání výstupů ze simulace

V této části práce bude popsán vlastní průběh experimentu, jeho trasa, použité techniky, metodika zpracování dat a samotná simulace.

5.1 Obecné informace

Experiment byl proveden dne 03.03.2015. Při experimentu bylo naměřeno 4,5 °C při tlaku 986 hPa. Experiment se skládal z několika částí, které budou popsány v dalších kapitolách. Pro potřeby experimentu bylo využito přístrojů popsanych v první části této práce. Technika pro dynamickou část byla upevněna na vozidle Škoda Octavia I generace.

5.2 Trasa experimentu

Umístění experimentu bylo vybráno na základě několika předem určených parametrů:

- Nízká intenzita provozu
- Vhodná lokalita s ohledem na měření dynamiky jízdy (směrový oblouk s naklopením vozovky)
- Možnost geodetického zaměření situace
- Vhodné místo pro otočení vozidla pro opakování měření v opačném směru
- Odpočívka pro instalaci přístrojů na automobil

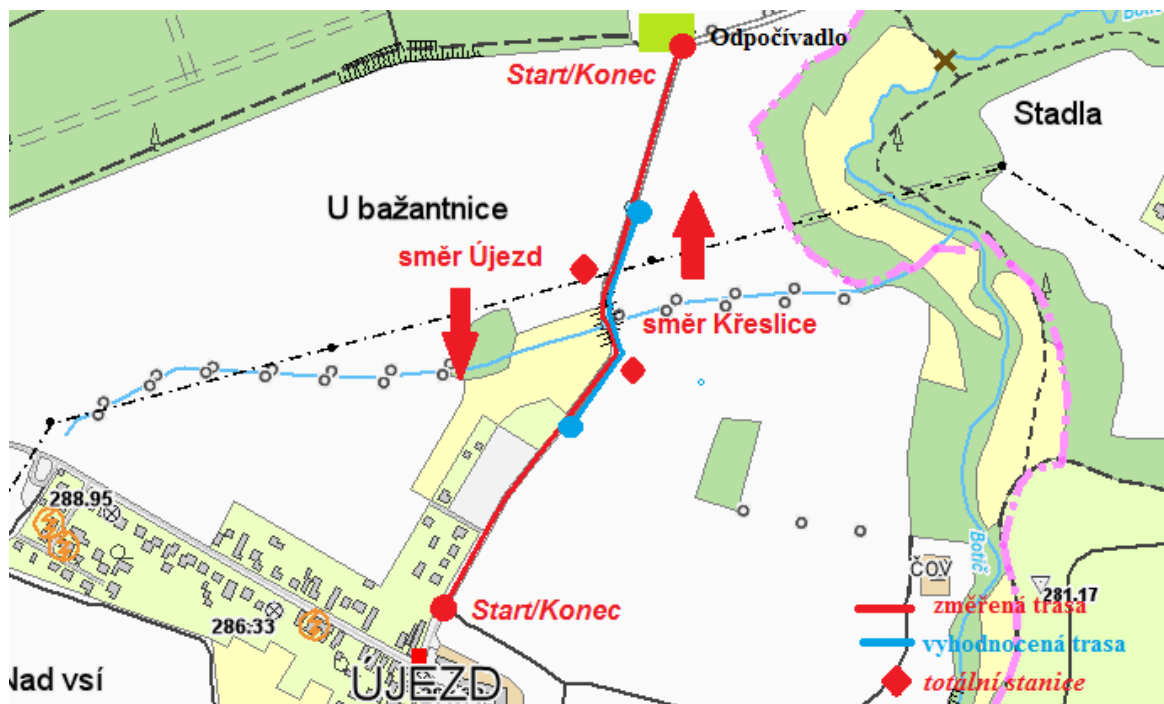
Na základě těchto parametrů byla vybrána trasa v jižní části města Prahy, a to v oblasti Praha-Újezd. Konkrétně se jedná o ulici Josefa Bíbrdlíka. Tato ulice spojuje lokality Praha-Újezd (dále jen Újezd) a Praha-Křeslice (dále jen Křeslice).

Trasa experimentu začíná na křížení ulic Josefa Bíbrdlíka a K habru. V prvním úseku je trasa ve směrovém oblouku o poloměru 600m. Po 130 metrech následuje krátká přímá,

kteřá pokračuje 50 metrů k levému směrovému oblouku o poloměru 50 m s výrazným příčným sklonem, na který ihned navazuje pravý směrový oblouk o poloměru 65 m. Uprostřed směrového oblouku začíná trasa stoupat až k vrcholovému oblouku, jehož střed se nachází cca 20 m za koncem pravého směrového oblouku. Zde začíná trasa klesat a od vrcholu výškového oblouku vede přímá o délce cca 300 metrů až na odpočívadlo, kde docházelo k otáčení automobilu a instalaci přístrojů.

Na trase experimentu se nachází propustek, který je umístěn mezi oba směrové oblouky. Konstrukce propustku je dlouhá cca 5 metrů a je opatřena stejně dlouhým zábradlím o výšce 1,2 metru. Jelikož se u propustku nachází svah, který se svažuje k protékajícímu potoku, je komunikace v délce cca. 30 metrů opatřena svodidly.

Komunikace je ve směru od Újezdu opatřena obrubníkem v celé délce až po konstrukci propustku. Ve zbylé části není komunikace opatřena obrubníkem. Celá situace je zachycena na obrázku, který zároveň zobrazuje odpočívadlo, místa vybraná pro umístění totální stanice pro geodetické zaměření, významné objekty, start a cíl trasy a další.



Obrázek 26 - Mapa situace

Je nutné dodat, že celkové měření bylo provedeno v rozmezí od ulice K habru v Újezdě až po odpočívku, která je situována na spojnici ulic Josefa Bíbrdlíka a Na

dobré vodě. Pro samotné vyhodnocení bylo využito zkrácené trasy od konce zahrádkářské kolonie až po cca 100 metrů za hranici konce pravého směrového oblouku ve směru na Křeslice. Ke zkrácení trasy došlo, jelikož do experimentu nebylo potřeba zahrnovat komunikace s velkými hodnotami poloměrů a nízkými hodnotami sklonů. Celková i zkrácená trasa jsou vyznačeny na mapovém podkladu.

5.3 Dělení experimentu

Samotný experiment je možno rozdělit do několika samostatných měření. Pro každé měření byla navržena metodika, dle které bylo měření provedeno. Pro každou sadu dat byl navržen postup, pomocí kterého byla data zpracována, vyhodnocena a prezentována. Základní rozdělení měření, dat a přístrojů je následující:

1. Geodetické zaměření situace
 - Zařízení: Topcon GPT-7003i
 - Data: geodetické souřadnice
2. Záznam zrychlení
 - Zařízení: Xsens MTi-G
 - Data: zrychlení
3. Záznam polohy
 - Zařízení: Topcon Hiper+
 - Data: GPS souřadnice
4. Záznam černé skříňky
 - Zařízení: Mio MiVue 388
 - Data: Zrychlení, GPS souřadnice, obrazový záznam

5.3.1 Geodetické zaměření situace

Pro vytvoření simulace v programu Virtual Crash bylo třeba vytvořit model vozovky a jejího příslušenství. Abychom mohli tento model věrně vytvořit, bylo třeba zaměřit vozovku za pomoci totální stanice. K samotné realizaci bylo využito přístroje Topcon GPT-7003i, jehož detailní popis je k nalezení v první kapitole.

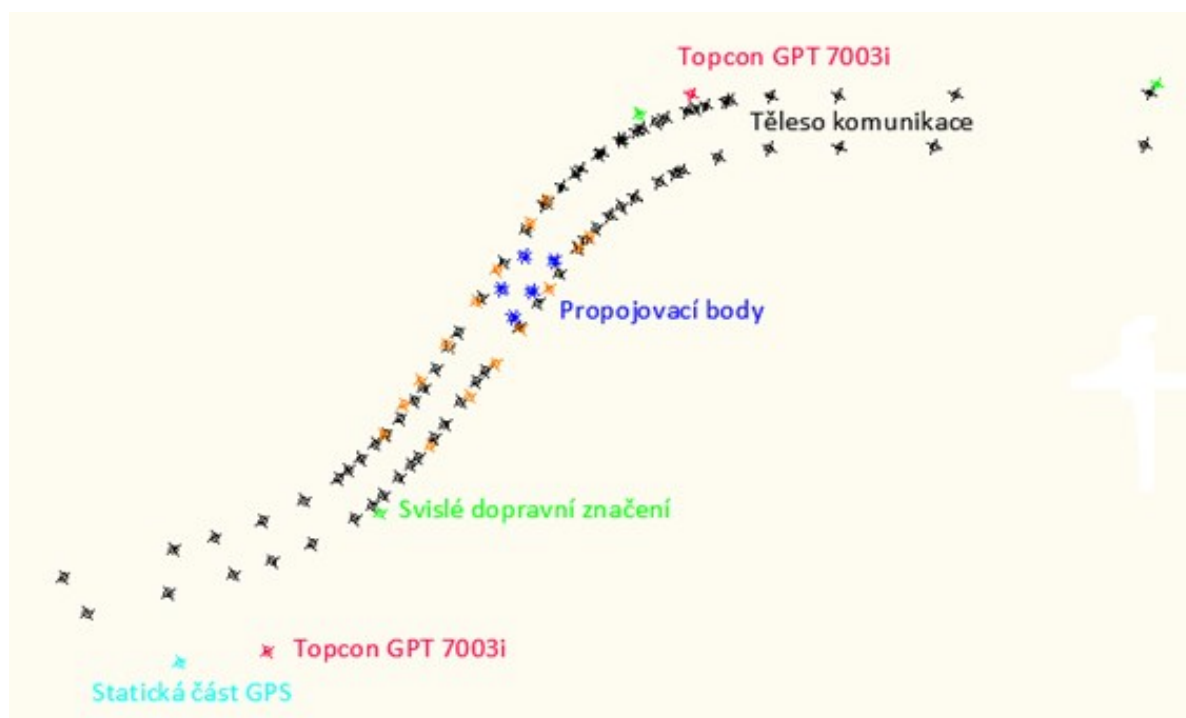
Geodetické zaměření bylo provedeno ve dvou dílčích měřeních. Bylo tak učiněno s ohledem na nemožnost zaměření potřebného úseku vozovky z jednoho bodu. Důvodem byl výskyt stromů a vysokého křoví v oblasti konstrukce propustku.

Jelikož bylo potřeba provázat naměřené hodnoty v jednotlivých, dílčích měřeních, bylo v obou případech zaměřeno pět bodů, které byly předem vyznačeny v místě vozovky. Tyto body byly uspořádány do rovnostranných trojúhelníků tak, aby bylo možno při vyhodnocování dat spojit obě datové sady.

Pro samotné zaměření komunikace a jejího příslušenství bylo měření rozděleno do několika vrstev. Jednotlivé body byly zaznamenány v následujících vrstvách:

- Vozovka
- Svislé dopravní značení
- Svodidla
- Propojovací body (body pro spárování dat)
- Topcon GPT 7003i (postavení totálních stanic pro jednotlivá měření)

Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno v programu Topcon Link v8.2, ve kterém byla jednotlivá data převedena do formátu dxf, který je kompatibilní pro použití s programem autoCAD. V programu autoCAD následně došlo k propojení dat přes propojovací body a tvorbě polygonu, který byl exportován do simulačního programu Virtual Crash.



Obrázek 27 - Rozdělení bodů do vrstev

Pro každý zaznamenaný bod byla navíc automaticky pořízena obrazová dokumentace místa zejména pro ulehčení při vyhodnocování dat a řešení případných potíží s daty. Na obrázku č. 28 je vidět obrazový záznam pro jeden ze zaznamenaných bodů. Na obrázku můžeme vidět aktuálně zaměřovaný bod (červený bod) a již zaměřené body (šedý bod označený číslicí).

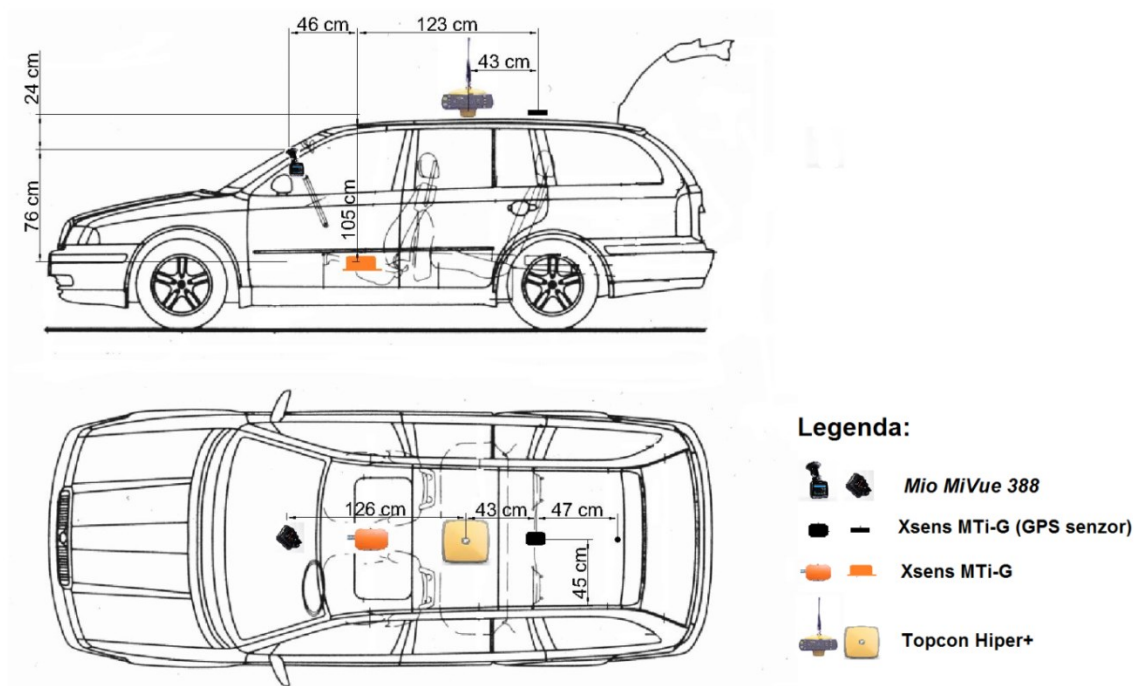


Obrázek 28 - Obrazový záznam Topcon 7003i

5.3.2 Záznam zrychlení

Jedním z porovnávaných parametrů v rámci této práce bylo naměřené zrychlení. Pro změření zrychlení bylo využito přístroje Xsens MTiG pomocí kterého bylo zaznamenáno zrychlení a rychlost vozidla.

Xsens MTiG se skládá ze dvou částí a to samotného přístroje a externí GPS antény. Pro přesné měření bylo třeba do softwaru zadat vertikální a horizontální vzdálenost přístroje a externí antény. Xsens MTi-G byl umístěn na středovém tunelu v oblasti mezi řadicí pákou a ruční brzdou automobilu, zatímco externí GPS anténa byla umístěna na střeše automobilu. Vertikálně byl mezi přístrojem a anténou rozdíl 105 cm, zatímco horizontální rozdíl činil 123 cm. Umístění Xsens MTi-G s externí anténou a diferenční GPS Topcon Hiper+ je schematicky zobrazeno na obrázku č. 29.



Obrázek 29 - Nákres rozmístění přístrojů

5.3.3 Záznam polohy

V rámci experimentu byl posouzen záznam polohy z černé skříňky a referenčního přístroje. Jako referenční přístroj byl zvolen Topcon Hiper+, jehož specifikace je popsána v první kapitole.

Topcon Hiper+ se skládá ze dvou částí a to statické a dynamické. Statická část je umístěna v blízkosti prováděného experimentu a je třeba zaručit její stabilitu v průběhu času. Je tedy třeba najít ideální místo pro její umístění s ohledem na trasu experimentu a podklad v bodě umístění. Dynamická část je naopak umístěna na sledovaném předmětu, v našem případě střeše automobilu. Umístění jednotlivých částí je zobrazeno na obrázku č. 29.



Obrázek 30 - Statická a dynamická část GPS

5.3.4 Záznam černé skříňky

Pro experimentální posouzení schopnosti reprodukce nehodového děje pomocí černých skříňek v automobilech byl vybrán přístroj Mio MiVue 388, jehož specifikaci nalezneme v první části této práce. Zařízení bylo umístěno na předním skle v prostřední části hned pod zpětným zrcátkem, aby bylo zaručeno nejlepšího výhledu z vozidla a zároveň bylo zařízení zarovnáno v ose x s dalšími referenčními přístroji, které se v době experimentu nacházeli na automobilu:

- Xsens MTiG
- Externí GPS anténa
- Topcon Hiper+

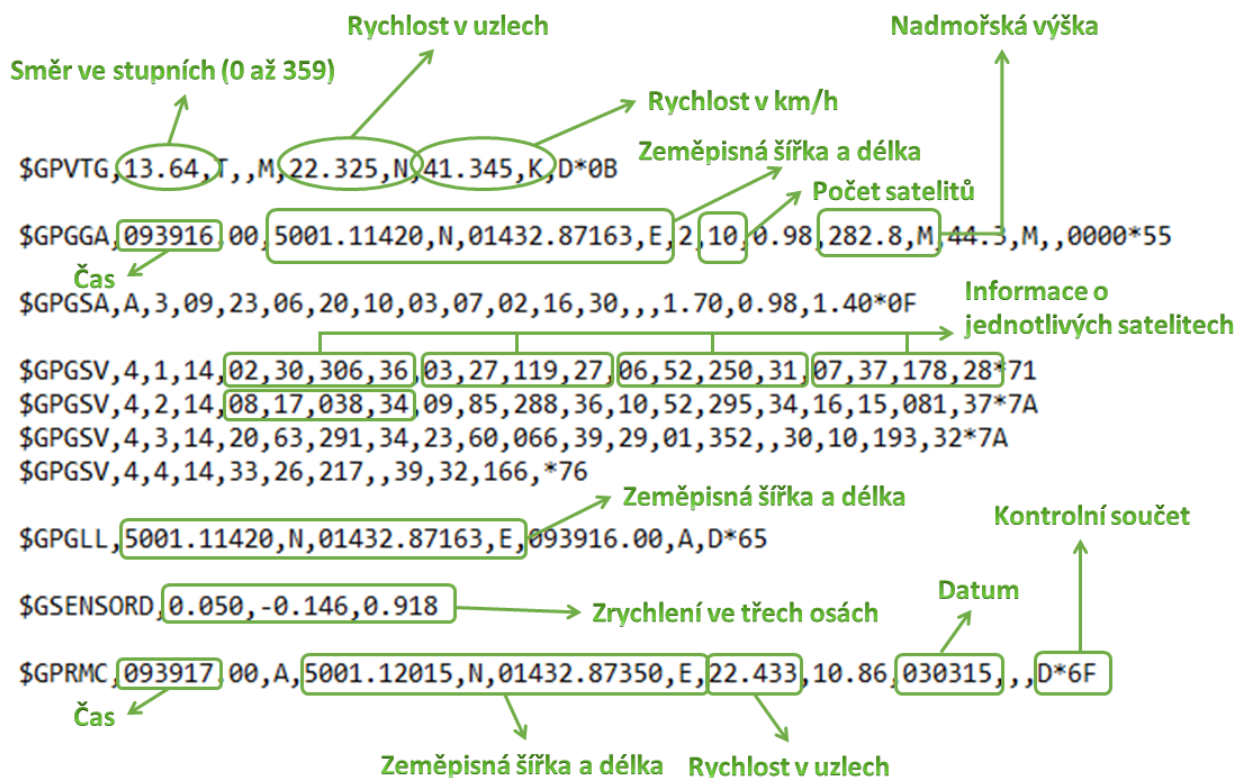
Mio MiVue 388 je vybaveno dvěma možnostmi pro zahájení záznamu:

1. Pro zahájení nahrávání je třeba stisknout tlačítko na přístroji, které je k tomu určeno
2. Nahrávání se automaticky zahájí překročením určitého limitu zrychlení

Vzhledem k povaze experimentu bylo nahrávání zahájeno vždy stiskem tlačítka pro start nahrávání.

Jakmile je záznam zahájen, jsou vytvořeny dva soubory, které reprezentují danou situaci. Jsou jimi soubor ve formátu *.mov, ve kterém je uložen obrazový záznam, a soubor ve formátu *.nmea, ve kterém jsou uloženy informace o poloze GPS a aktuálním zrychlení.

Pro účely porovnání dat bylo využito hodnot zrychlení a polohy GPS. Samotná data jsou uložena ve formátu NMEA obsahující položky, které nás informují o zrychlení a zejména pak o poloze GPS. Data jsou pro každou sekundu záznamu pořizena vždy ve formátu, který je vidět na obrázku č. 31 s vysvětlivkami pro jednotlivé znaky a číslice. [13]



Obrázek 31 - NMEA kód a jeho interpretace

Každý řádek tohoto souboru vždy začíná znakem \$ a je následován pětimístným kódem. Každý z kódů vyjadřuje určitou vlastnost, která je definována pomocí směrnice NMEA 0183 (National Marine Electronics Association). Ta upravuje formu komunikace mezi GPS přijímači. Směrnice stanovuje pro každý kód charakteristiky, které musí dodržet. V následující tabulce nalezneme jednotlivé kódy s jejich charakteristikou a vysvětlením.

Kód	Použití
\$GPVTG	<ul style="list-style-type: none"> • Směr pohybu • Rychlost pohybu
\$GPGGA	<ul style="list-style-type: none"> • Detailní pozice GPS • Přesný čas • Kvalita měření (diferenční, Real Time Kinematics,.....) • Počet satelitů •
\$GPGSA	<ul style="list-style-type: none"> • Vyjadřuje sílu geometrického rozestavení satelitů vztáženou na přesnost měření • Aktivní satelity
\$GPGSV	<ul style="list-style-type: none"> • Přesný počet viditelných satelitů • Číslo satelitu • Elevace • Azimut • Síla signálu
\$GPGLL	<ul style="list-style-type: none"> • Zeměpisná šířka • Zeměpisná délka
\$GSENSOR	<ul style="list-style-type: none"> • Zrychlení pro jednotlivé osy
\$GPRMC	<ul style="list-style-type: none"> • Přesný čas • Status (platný/neplatný) • Zeměpisná šířka • Zeměpisná délka • Rychlost • Směr • Magnetická deklinace • Navigační status (bezpečný/pozor/nebezpečný) •

Obrázek 32 - Seznam kódů NMEA

5.4 Zpracování dat

Pro potřeby experimentu bylo třeba získaná data náležitým způsobem zpracovat a upravit do podoby, ve které bude možno v daných programech s daty dále pracovat.

5.4.1 Geodetické zaměření

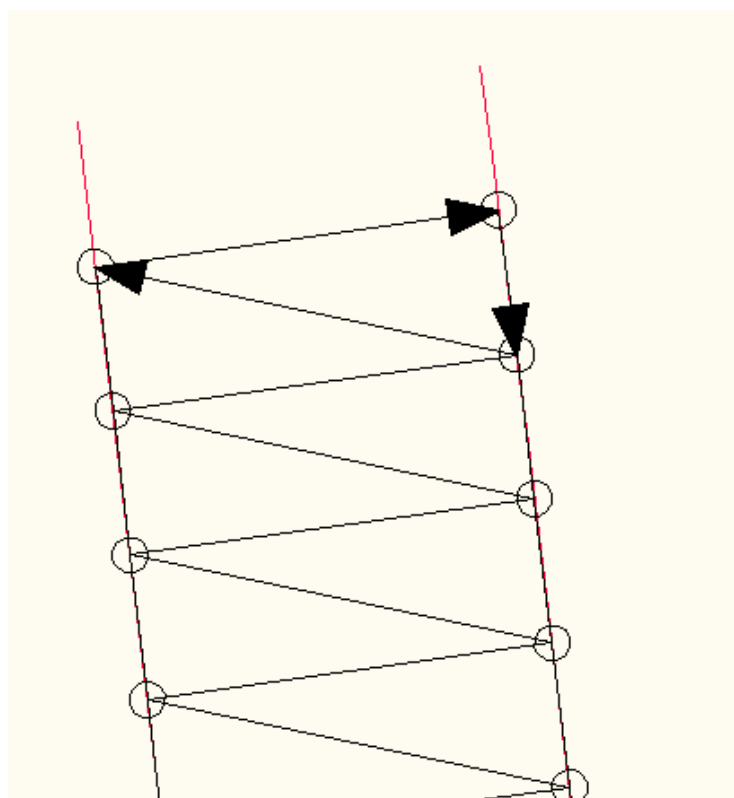
Po zaměření totální stanicí byla data uložena ve formátu *.tsj a bylo třeba využít programu Topcon link v8.2 k jejich exportu do vhodnějšího formátu. V programu Topcon link lze zobrazit všechny zaznamenané informace ke každému zaměřenému bodu a je možno je exportovat v rozličných formátech. Pro potřeby této práce byla data vygenerována ve formátu *.dxf, aby bylo možno je dále zpracovat v softwaru autoCAD.

5.4.1.1 Virtual Crash

Tak, aby bylo možno importovat data do programu Virtual Crash, bylo třeba je náležitým způsobem zpracovat. Import zaměřené komunikace do programu Virtual Crash je možný pouze ve formátu *.dxf. K tomu, aby bylo možno data do programu Virtual Crash vložit a upravovat, bylo nutno původní data upravit v programu autoCAD na základě následujícího algoritmu:



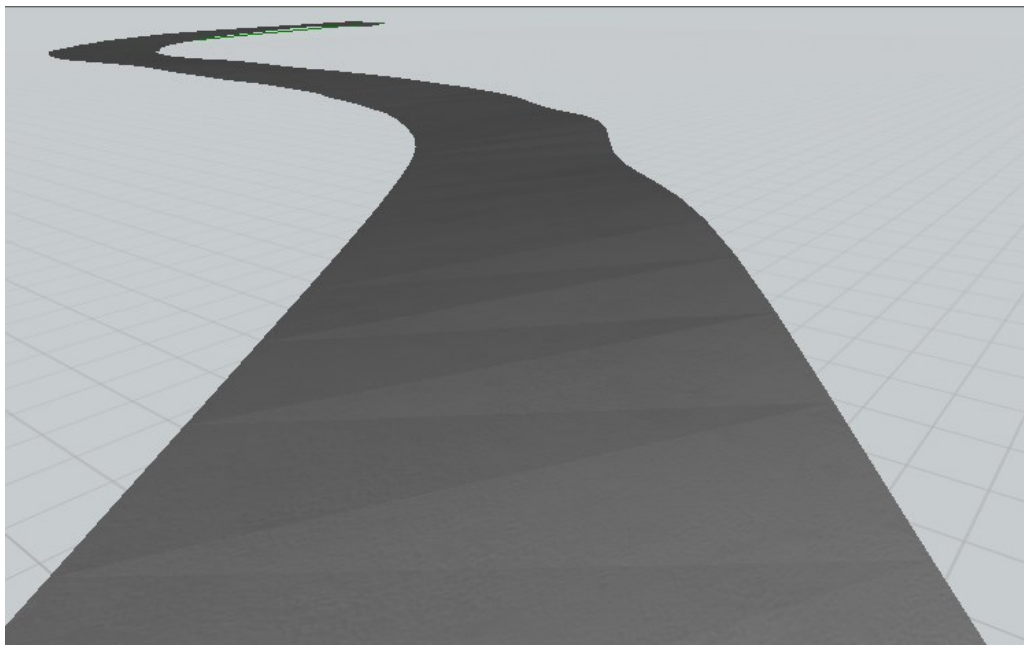
Obrázek 34 - Algoritmus



Obrázek 33 - Tvorba 3D ploch

² Vzhledem k následné orientaci plochy bylo třeba její tvorbu provádět vždy po směru hodinových ručiček, jak je naznačeno na obrázku. Orientace plochy byla důležitá vzhledem k zobrazení v programu Virtual Crash, který zobrazuje plochu vždy jen z jedné strany a to na základě její orientace v prostoru.

Jakmile byl na základě algoritmu k vytvoření polygonu z 3D ploch, došlo k exportu souboru a následovnému nahrání souboru do programu Virtual Crash. Vizualizaci povrchu můžeme vidět na obrázku č. 35. Při bližším pohledu na obrázek je možno na polygonu rozeznat jednotlivé trojúhelníkové plochy, ze kterých se daný polygon skládá.



Obrázek 35 - Virtual Crash (polygon)

5.4.2 Záznam polohy

Data polohy vozidla, zaznamenaná v rámci experimentu, byla zpracována v programu autoCAD, ve kterém došlo k jejich převedení do tvaru křivky. Tato křivka byla následně společně s mapovým podkladem převedena do formátu obrázku a ten byl použit jako podklad pro již vytvořený polygon.

Pro přesné určení pohybu vozidla v rámci polygonu bylo využito funkce stopy pro sledování trasy. Trasa sledování byla vytvořena za pomoci vloženého obrázku s mapovým podkladem se záznamem polohy, kdy došlo k jejímu věrohodnému překreslení právě touto funkcí. Následně byla stopa pro sledování spojena s již vloženým automobilem.

5.4.3 Záznam černé skříňky

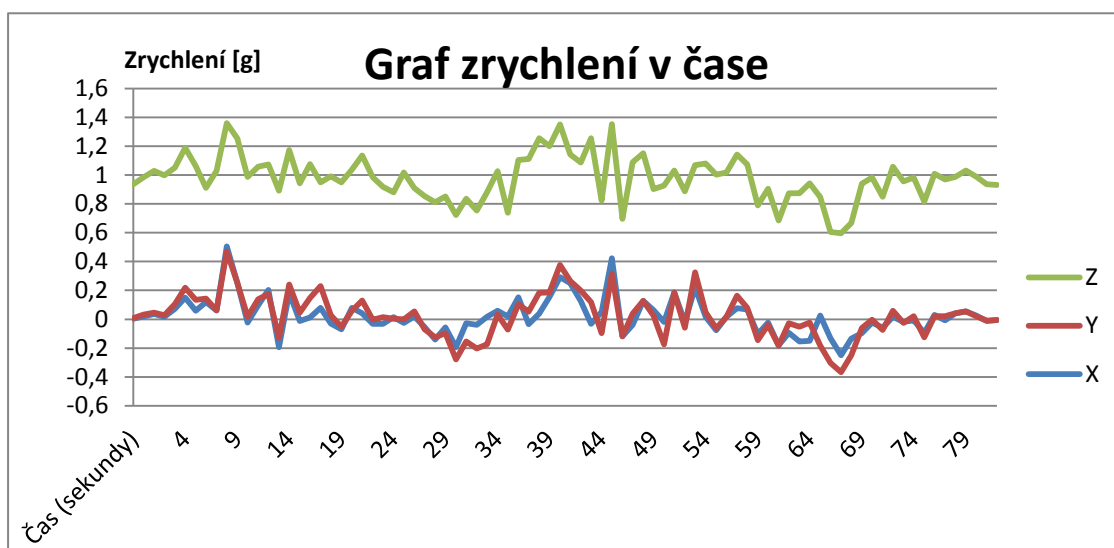
Zpracování dat z přístroje Mio MiVue 388 probíhalo v rámci následujících částí:

1. Obrazový materiál
2. Zrychlení
3. Záznam polohy

Obrazový materiál byl zaznamenán ve formátu *.mov a je ho tedy možno spustit v jakémkoli videopřehrávači, nebo je k dispozici speciální software, který zobrazuje synchronizovaná data se zrychlením a záznamem polohy.

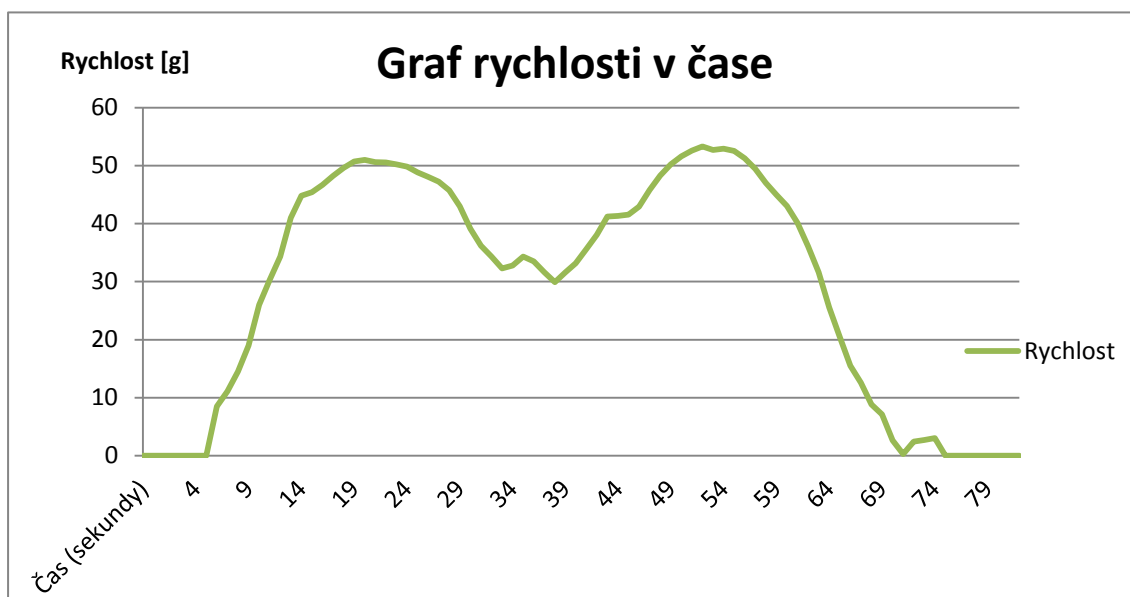
Data zrychlení a polohy byla zaznamenána ve formátu *.nmea a byla zpracována v softwaru Microsoft Excel. Data nejdříve musela být převedena do sloupců a následně vyfiltrována pro příslušné veličiny.

Hodnoty zrychlení obsahuje řádek s označením \$GSENSOR, ve kterém jsou zakódovány informace o zrychlení ve všech třech osách. Z takových dat byl vytvořen graf pro následné použití v rámci vyhodnocení experimentu.



Obrázek 36 - Graf zrychlení (Mio MiVue 388)

Rychlost vozidla byla zaznamenána v řádku s označením \$GPVTG a následně byla zpracována do grafického znázornění.



Obrázek 37 - Graf rychlosti (Mio MiVue 388)

Poloha vozidla v čase byla zjištěna na základě řádků s označením \$GPRMC, jehož formát je vidět na obrázku č. 31. Data byla vyfiltrována a uložena ve formátu *.scr. Následně byla vložena do programu AutoCAD.

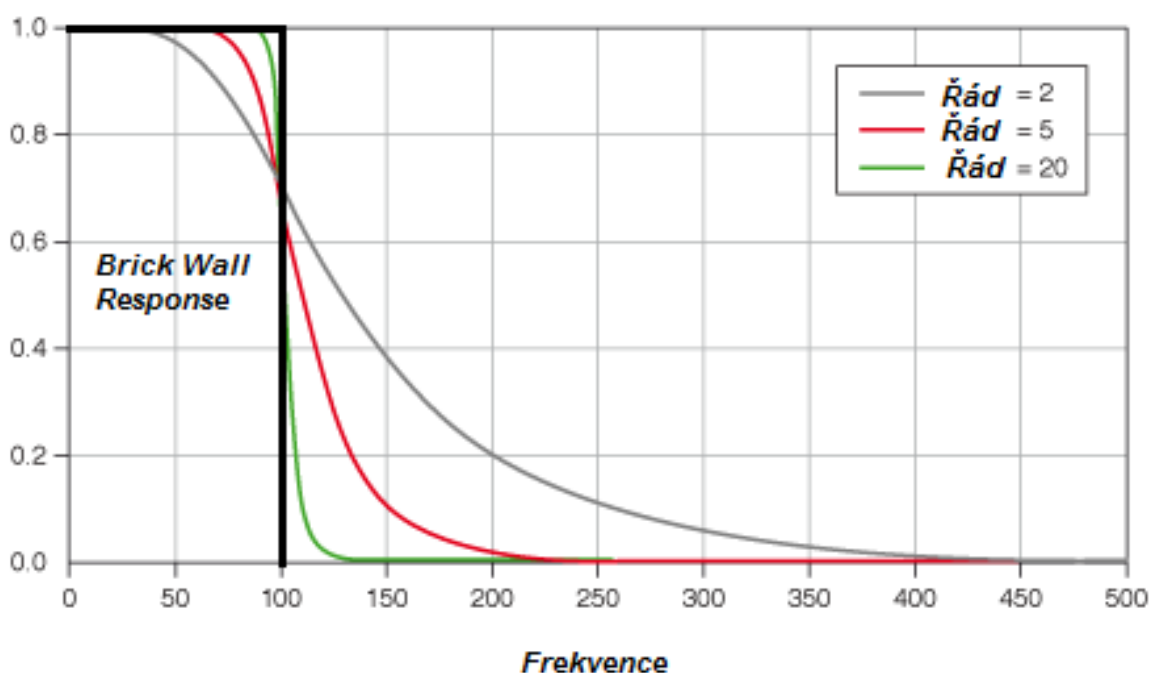
Jelikož byla data do programu AutoCAD vložena ve formátu, který je zobrazen na obrázku č. 31 v řádku s označením \$GPRMC, došlo sice k jejich správnému vykreslení, avšak ve špatném měřítku. Z tohoto důvodu byla za pomoci webových stránek [27] dopočtena vzdálenost dvou vybraných bodů. Na základě této znalosti byla křivka upravena do správného měřítku.

5.4.4 Záznam zrychlení a rychlosti

Při vyhodnocování dat zrychlení z referenčního zařízení MTi-G bylo nejdříve nutno daná data přepočíst, jelikož v sobě zahrnují gravitační složku, kterou je potřeba z hodnot odstranit. Následně byla data vyfiltrována z důvodu odstranění šumu a tím i nepřesností měření. Byl použit IIR filtr s dolní propustí typu Butterworth čtvrtého stupně.

Filtr typu Butterworth je typ filtru pro zpracování procesních signálů a je typický tím, že amplituda je v místě propusti maximálně plochá a to s nejmenším fázovým zkreslením. V místech mimo propustnou část se signál po aplikaci filtru blíží k nulové hodnotě. Na obrázku č. 38 vidíme příklad aplikace Butterworthova filtru na tzv. “Brick wall response“, což se dá označit za signál ve tvaru obdélníku. Na obrázku vidíme závislost zploštění na řádu použitého filtru. [20]

Butterworthův filtr



Obrázek 38 - Butterworthův filtr

Pro odhad frekvence filtrace bylo využito Fourierovy transformace, pomocí které byla odhadnuta frekvence filtrace na 2 Hz. Výše uvedené kroky byly provedeny v programu DIAdem.

Při vyhodnocení dat rychlosti bylo nutné přepočtení rychlosti z os x a y. Zařízení primárně udává rychlost rozloženou do jednotlivých os.

Vzhledem k faktu, že data zrychlení byla u referenčního zařízení MTi.G i u Mio MiVue 388 v jiných jednotkách, bylo třeba provést přepočet zrychlení na základě níže uvedeného pravidla. Zařízení MTi-G zaznamenávalo data v metrech za sekundu na druhou naproti tomu Mio MiVue 388 zaznamenávalo v tíhovém zrychlení g. Pro přepočet bylo využito tíhového bodu České gravimetrické sítě číslo 2720,01 v Praze - Kunraticích. Tento bod uvádí hodnotu $g = 9,80997704 \text{ m/s}^2$. [28]

5.5 Simulace

Jakmile byla zaznamenaná data zpracována do formátů, které vyhovují jejich použití, došlo k jejich importaci do softwaru Virtual Crash. Vzhledem k charakteru experimentu bylo třeba nastavit velký počet proměnných hodnot a odladit simulaci, aby odpovídala reálné situaci. Kroky, které k tomu byly použity, budou popsány v následujících kapitolách.

5.5.1 Globální nastavení

V globálním nastavení je možno měnit základní charakter simulace a to zejména:

- Integrační krok
- Maximální čas simulace
- Rázy
- Adheze
- A další....

Pro integrační krok je možno volit z hodnot jedné a pěti tisícín popřípadě deseti-tisícín, z kterých byla nakonec jako nevhodnější vybrána hodnota 0,005 sekundy. Maximální čas byl s ohledem na délku experimentu zvolen na 26 sekund tak, aby samotná simulace nebyla příliš náročná na hardware počítače, ale aby obsáhla celou simulaci.

Vzhledem k absenci jakéhokoli střetu nebylo třeba v rozhraní simulace nastavovat rázy. Na základě povrchu, na kterém se experiment uskutečnil, a klimatickým podmínkám, byla hodnota adheze nastavena na základní hodnotu 0,78.

Pozadí a barvy jednotlivých částí simulace byly nechány na původním nastavení a byly v průběhu simulace měněny dle potřeby. Vzhledem k absenci VBM nebylo třeba jeho úprav.

5.5.2 Nastavení vozidla

Jak již bylo v této práci uvedeno, pro experiment bylo využito vozidlo Škoda Octavia Combi první generace a to se vznětovým motorem 1,9 TDI a systémem pohonu všech kol s mezinápravovou spojkou Haldex. S ohledem na parametry vozidla a jeho technické údaje, bylo nutno nastavit vozidlo v programu Virtual Crash pro danou simulaci.

Při vkládání vozidla do programu Virtual Crash bylo zjištěno, že software nabízí velký počet vozidel Škoda Octavia s různými motorovými jednotkami, daty výroby a dalšími parametry. Všechna vozidla však byla pouze ve verzi sedan. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že pro simulaci bude vybrán stejný model Octavie ve verzi sedan a jeho parametry budou upraveny na verzi kombi dle velkého technického průkazu automobilu a dalších technických parametrů. Nastavení vozidla bylo třeba změnit v následujících skupinách parametrů:

1. Brzdění
2. Dynamika
3. Nápravy
4. Pružení
5. Ráz
6. Údaje
7. Zatížení
8. Ostatní

Ad 1) Pro nastavení brzdění bylo nastaveno abs a rozdělení brzdného účinku jako aktivní vzhledem k vybavení vozidla asistenčními systémy ABS (Anti-lock brake system) a ESP (Elektronický stabilizační program).

Ad 2) Do dynamiky vozidla nebylo potřeba v počáteční fázi simulace dělat žádné zásahy. Data se nastavila dle vložení automobilu a dynamika vozidla bude dle dále popsaného postupu měněna.

Ad 3) U obou náprav bylo nejdříve třeba nastavit parametry pneumatik vozidla. Vozidlo bylo v době experimentu osazeno koly se zimním vzorkem a označením 215/50 R16, což v praxi znamená 215 mm šířka pneumatiky, 50 % šířka profilu pneumatiky udávaná v poměru k výšce pneumatiky a R16 značí průměr pneumatiky v palcích.

Maximální úhel směrové odchylky byl ponechán pro všechna kola na 10 stupních. Délka předního převisu byla upravena na 0,916 m a rozchod přední nápravy na 1,513 cm. Vzdálenost těžiště byla ponechána na hodnotě 1,255 m. U zadní nápravy byl zadán rozchod 1,494 m a rozvor náprav byl nastaven na 2,512 m.

Ad 4) Pružnost a tlumení náprav byla zachována dle originálního nastavení a typ pružení byl nastaven na normální (další možnosti byly měkké a tvrdé).

Ad 5) Vzhledem k absenci nárazu nebylo třeba definovat rázy.

Ad 6) V skupině parametrů Údaje bylo třeba změnit celkovou délku vozidla na 4,513 m a pohotovostní hmotnost byla nastavena na hodnotu 1365 kg, vzhledem k verzi automobilu s daným motorem a pohonem obou náprav. Poslední změna byla provedena pro hodnotu světlé výšky, která byla nastavena na 180 mm.

Ad 7) Vzhledem k faktu, že v době experimentu byl ve vozidle přítomen pouze řidič o hmotnosti 78 kg, bylo toto zatížení zaznamenáno do příslušného pole pro přední část automobilu.

Ad 8) Ve skupině parametrů Ostatní byla ponechána velikost adheze na původní hodnotě 0,78.

5.5.3 Postup simulace

Pro úspěšnou tvorbu simulace bylo nutno do programu nejdříve importovat následující:

- Polygon
- Mapový podklad
- Polohu vozidla v čase (součástí mapového podkladu)

Po importování bylo třeba polygon a mapový podklad sjednotit tak, aby vše bylo zarovnáno. K tomu posloužily předem vložené body do mapového podkladu, které kopírovaly průběh polygonu. Jakmile bylo toto hotovo, bylo možno přejít k samotné simulaci jízdy vozidla na polygonu a to na základě následujícího algoritmu.

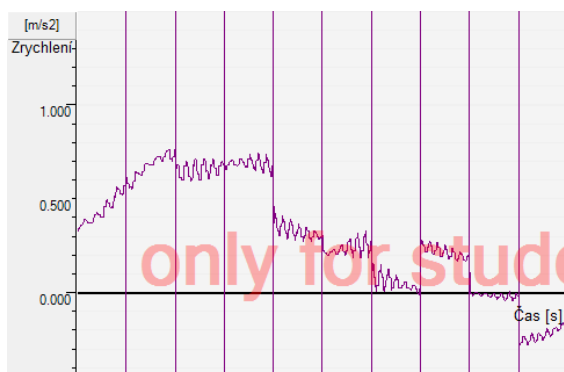
1. Umístění automobilu do místa rozjezdu s nulovou hodnotou počáteční rychlosti
2. Vzorkování rychlosti po jedné sekundě
3. Na základě znalosti rychlosti v časovém odstupu jedné sekundy výpočet průměrného zrychlení
4. Nastavení zrychlení (zpomalení)
5. Pokračování od kroku 2 znovu do konce sekvence

Při tomto postupu bylo nasimulováno chování vozidla. Vzhledem k absenci vytvořeného polygonu po celé délce jízdy automobilu, došlo ke zkrácení simulace. Simulace byla zkrácena na základě znalosti rychlosti v bodě přerušení. Tato rychlost byla následně použita jako počáteční. Simulace byla ukončena v bodě konce polygonu, který korespondoval s časem simulace 26 sekund.

5.5.4 Vyhodnocení simulace

V průběhu tvorby simulace se vyskytlo několik problémových míst, která bylo třeba vyřešit, a byly popsány v rámci předešlých kapitol. Jednalo se zejména problém vložení polygonu do programu Virtual Crash a taktéž problém s absencí testovaného automobilu v témže programu.

V rámci vyhodnocení simulace bylo odhaleno zašumění signálu zrychlení, které vidíme na obrázku č. 40. Po jeho analýze bylo zjištěno, že tento fakt je způsoben nerovnostmi polygonu, které tento šum generují, protože při tvorbě polygonu z trojúhelníkových ploch byla nastavena nedostatečná jemnost sítě. Tento problém by bylo možno odstranit navýšením počtu trojúhelníkových ploch. Graf zrychlení reflektoval reálné podmínky jízdní zkoušky, a proto nebylo třeba polygon upravovat za účelem odstranění šumu.



Obrázek 40 - Virtual Crash (ukázka šumu)



Obrázek 39 - Virtual Crash (trojúhelníkové plochy)

Lze usoudit, že simulace byla s ohledem na její výstupy provedena úspěšně a získaná data reflektují reálnou situaci jízdní zkoušky.

5.6 Vyhodnocení praktické části

Vyhodnocení praktické části bylo provedeno v několika krocích a vždy byly porovnávány tři základní datové sady.

Datové sady:

- Porovnávaná data (Mio MiVue 388)

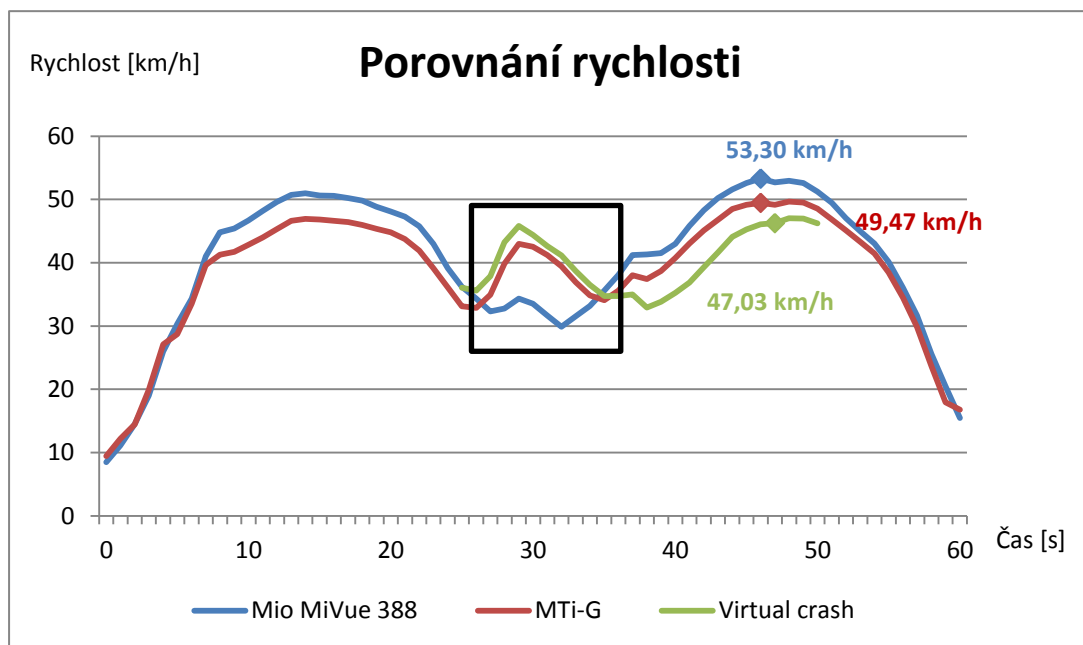
- Datové výstupy simulace (Virtual Crash)
- Referenční data (MTi-G a Topcon Hiper+)

Kroky vyhodnocení:

- Komparace rychlostí
- Komparace zrychlení
- Komparace záznamu polohy
- Vyhodnocení kvality videozáznamu

5.6.1 Rychlost

Průběh rychlosti pro jednotlivé datové sady vidíme na následujícím obrázku.



Obrázek 41 - Graf porovnání rychlostí

Z grafu je patrné, že rychlost vozidel je ve všech případech velmi podobná a liší se pouze v řádech jednotek kilometrů v hodině. V porovnání s referenční rychlostí zaměřenou přístrojem MTi-G je vidět, že Mio Mivue ji bylo schopno věrně kopírovat a po většinu experimentu byl rozdíl rychlostí do 4 km/h. Problémové místo můžeme nalézt v prostřední části experimentu, kde Mio MiVue nebylo schopno reagovat na nárůst rychlosti. Inkriminovaná oblast je označena černým čtvercem.

Přílohou grafu je tabulka s maximálními hodnotami rychlosti, největších rozdílů v rychlostech a jejich procentuální odchylky od reference.

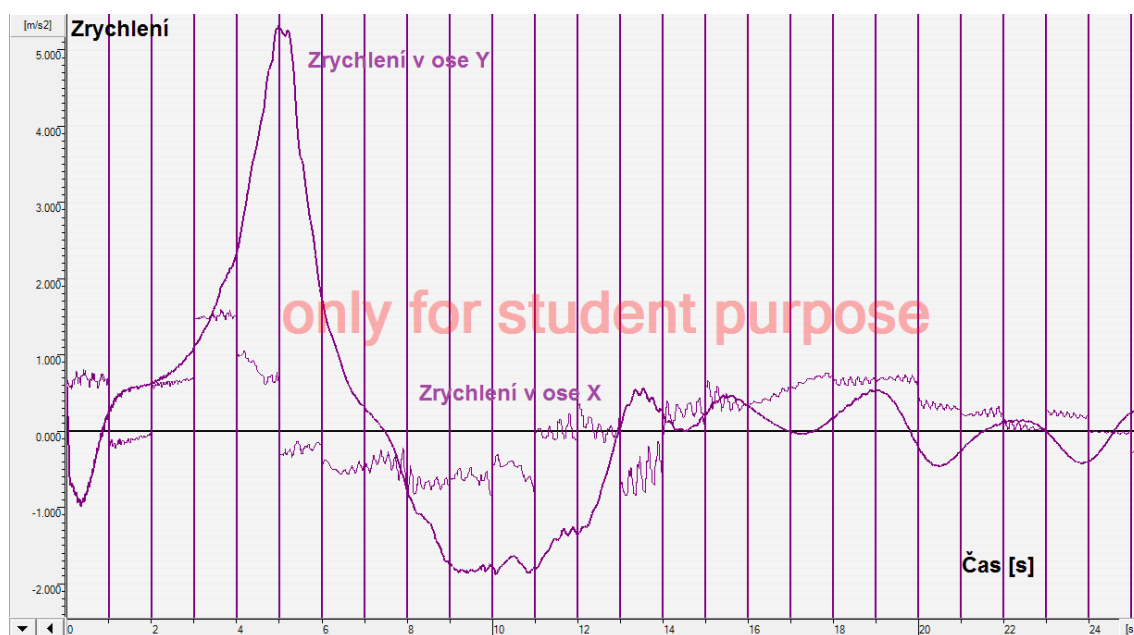
Jednotky		Mio MiVue 388
Maximální rychlost	[km/h]	53,30
	[%]	7,34%
Největší rozdíl rychlostí	[km/h]	9,58
	[%]	23,25%

Obrázek 42 - Tabulka posouzení rychlosti

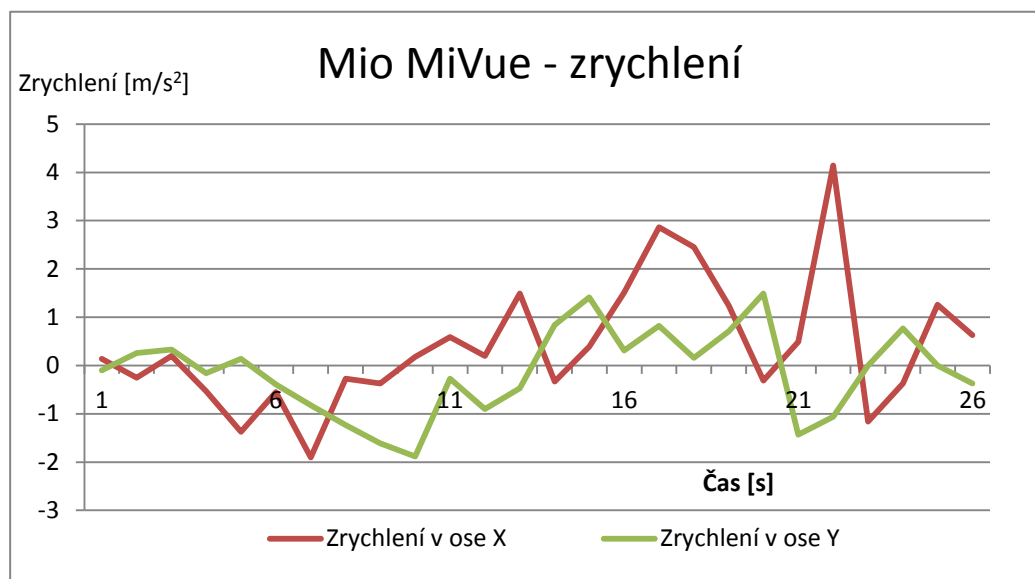
Lze konstatovat, že černá skříňka byla schopna věrně zaznamenat rychlost po většinu experimentu. Při pohledu na maximální čísla však zjistíme, že maximální odchylka činila v jednom z míst měření až 23,25 %, což nevyhovuje předpokladům pro rekonstrukci nehodového děje.

5.6.2 Zrychlení

Při posuzování průběhu zrychlení v čase bylo třeba přihlédnout k faktu, že simulační program Virtual Crash není schopen exportovat hodnoty zrychlení ve formátu, který by bylo možno dále využít. Z toho důvodu byla data porovnána na základě grafického výstupu.



Obrázek 43 - Virtual Crash - průběh zrychlení

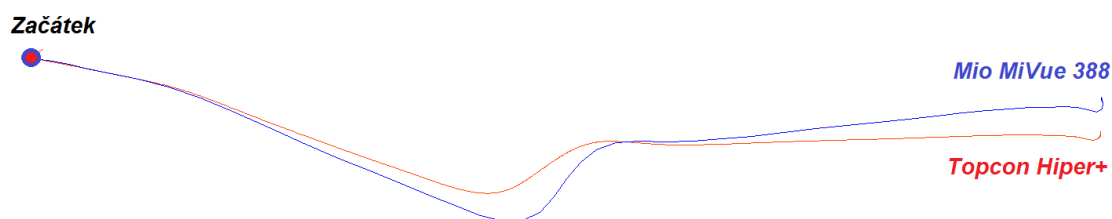


Obrázek 44 - Mio MiVue – zrychlení

Z grafického porovnání zrychlení jasně vyplývá, že Mio MiVue není schopno zaznamenat zrychlení s dostatečnou přesností. Při popisu grafu lze konstatovat, že průběh zrychlení v porovnávaných osách X a Y nereflektuje jízdu automobilu v rámci polygonu tak, jako je to ve výstupních datech programu Virtual Crash.

5.6.3 Poloha

Jedním z důležitých parametrů pro rekonstrukci předstřetového děje je znalost polohy vozidla v čase. Tuto veličinu můžeme často pouze odhadovat na základě nejrůznějších stop na vozovce, popřípadě mimo ni.



Obrázek 45 - Porovnání záznamu poloh

V této části vyhodnocení došlo k porovnání záznamu polohy mezi referenčním Topcon Hiper+ a hodnoceným Mio MiVue 388. Na obrázku můžeme vidět jejich grafické porovnání, ze kterého vyplývá jasný odklon od skutečné jízdy automobilu. V první části bylo Mio schopno zaznamenat polohu automobilu shodně s Topconem, avšak po cca. 90-ti až 100 metrech již vidíme jasný odklon od trasy. Z toho důvodu nebylo možno

provést simulaci na základě dat z Mio MiVue 388, jelikož by došlo k opuštění polygonu vozidlem a nasimulovaná data by byla zkreslena.

5.6.4 Videozáznam

Videozáznam byl pořízen v nejvyšším možném rozlišení a to 1920 x 1080 bodů. Tato kvalita videozáznamu se jeví jako dostatečná a v případě nehody je ze záznamu možno získat mnoho důležitých informací. Pro ukázkou kvality záznamu můžeme na dalším obrázku vidět jeden ze snímků videozáznamu.



Obrázek 46 - Mio MiVue - Videozáznam

Na obrázku je jasně vidět, že z videozáznamu jsme schopni určit státní poznávací značku automobilu. Na základě toho a dalších provedených měření, je možno konstatovat, že zařízení je schopno zaznamenat důležité situace v rámci silničního provozu. Do takových situací můžeme řadit například zachycení vodorovného a svislého dopravního značení, proměnného dopravního značení, signálu světelného signalizačního zařízení, pohyb zvíře, chodců a cyklistů a mnoho dalších.

6. Závěr

Dopravní nehody jsou odjakživa nedílnou součástí provozu na silničních komunikacích. Vzhledem k velkému počtu úmrtí v silniční dopravě je zapotřebí hledat možnosti, jak mírnit následky nehod, jak jim předcházet či zcela eliminovat. S tímto je spojen fakt, že je v dnešní době kladen velký důraz na objasňování dopravních nehod, kterému mohou napomoci systémy a přístroje k tomu určené. V rámci této práce došlo k popsání takových systémů a přístrojů a jejich principů fungování.

V další fázi se práce zaměřuje na tzv. černé skříňky, jejichž zástupce byl zvolen pro provedení praktické části. Jako zástupce byl zvolen přístroj Mio MiVue 388 na základě předešlých referencí. Jeho odolnost byla nejprve odzkoušena v rámci crash testu a následně byla v rámci praktické části zkoumána jeho přesnost ve vztahu k rekonstrukci předstřetového pohybu automobilu.

Část věnovaná crash testu se zaměřila zejména na odolnost zařízení a uložení dat v jeho průběhu. Bylo zjištěno, že při crash testu nedošlo k žádnému fyzickému poškození černé skříňky a zároveň nebyla žádným způsobem poškozena či ztracena zaznamenaná data. Přesnost a frekvence naměřených dat byla na základě naměřených dat shledána za nedostačující. Zda by Mio MiVue odolalo fyzickému poškození i při nárazech ve vyšších rychlostech nelze říci a muselo by být podrobena další analýze.

Praktická část si dávala za úkol zjistit, zda je možno na základě dat z černé skříňky možno namodelovat průběh předstřetového pohybu. Ač se na první pohled zdálo, že naměřená data rychlosti a polohy by mohla odpovídat reálu, po bližší analýze byla data shledána jako nedostačující pro rekonstrukci předstřetového pohybu. Rychlost i poloha vozidla se přibližovaly skutečným hodnotám, ale pro rekonstrukci předstřetového pohybu vozidla nedosahovaly dostatečné shody. Zrychlení vykazovalo zcela odlišné hodnoty od referenčních. Hlavními problémy zaznamenaných dat byly zejména nepřesnosti měření a nedostatečná frekvence záznamu dat.

Je nutno konstatovat, že rekonstrukci předstřetového pohybu vozidla na základě dat z černé skříňky nebylo možné v programu Virtual Crash realizovat, a to zejména z důvodu špatného zaměření polohy vozidla. V tomto případě by vozidlo v simulaci sjelo z vytvořeného polygonu a tím by došlo k nepřesnostem v simulované situaci.

Dobrý příklad pro zkoušené černé skříňky můžeme nalézt ve formě přístroje EDR. Jeho velkým pozitivem je jasné nastavení legislativy, zisk dat ze senzorů automobilu, jasné stanovené parametry zaznamenávaných veličin a mnoho dalších. Tímto směrem by se měla zařízení pro záznam fyzikálních veličin ubírat a implementovat výše uvedená pozitiva.

Separátní zařízení pro záznam fyzikálních veličin mají v dnešní době omezené možnosti co do rekonstrukce nehodového děje. Hlavním důvodem koupě těchto přístrojů tak zůstává motivace pořízení videozáznamu při provozu vozidla tak, abychom mohli určit viníka nehody. Ne vždy je možno analyzovat nehodu pouze na základě videozáznamu a proto je třeba, aby zařízení byla schopna zaznamenat klíčové veličiny s dostatečnou přesností a frekvencí.

Seznam použité literatury

- [1] ČÁBELKA, Miroslav. Úvod do GPS. *Přírodovědecká fakulta UK v Praze* [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps?student_welcome=1
- [2] HORÁLEK, Jan. *Zařízení pro záznam fyzikálních veličin*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
- [3] DASILVA, Marco P. Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement. National Highway Traffic Safety Administration [online]. s. 133 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/EDR/Research/810935.pdf>
- [4] NIEHOFF, Peter, Hampton C. GABLER, BROPHY, Chip CHIDESTER, John HINCH a Carl RAGLAND. Evaluation of event data recorders in full systems crash tests. Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles. 2005. Dostupné z: <http://www.sbes.vt.edu/gabler/publications/esv05-0271-revised.pdf>
- [5] ŠTRONER, Martin. *Geodézie 1* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY1/pred_1_Metrologie.pdf
- [6] ČADA, Václav. *Geodézie: Přednášky z předmětu GEN1* [online]. Západočeská univerzita, 2005 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/gen1/html-old/>. Přednášky. Západočeská univerzita.
- [7] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Alexej VITULA a Jiří BUREŠ. *Inženýrská geodézie I: Základy inženýrské geodézie*. Brno. VUT v Brně.
- [8] EUROPEAN, COMMISSION. Commission Recommendation on support for an EU-wide eCall service in electronic communication networks for the transmission of in-vehicle emergency calls based on 112 ('eCalls'). *Europe's Information Society* [online]. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/ecall/recomm/imp_assess_m_fin.pdf
- [9] RAK, Roman. ECALL - BUDOUCNOST JE NABLÍZKU. *AutoEXPERT*. 2013, roč. 2013, 01+02.

- [10] TOPCON s.r.o. *Uživatelská příručka Hiper+*
- [11] MEMSNET. What is MEMS Technology?. *MEMSnet* [online]. [cit. 2013-05-27].
Dostupné z: http://www.memsnet.org/mems/what_is.html
- [12] XSENS TECHNOLOGIES B.V. *MTi-G User Manual and Technical Documentation*.
Revision H., 2010.
- [13] GPS INFORMATION, NMEA data. [online]. [cit. 2015-03-27]. Dostupné
z: <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- [14] Novatel: Advanced GNSS Concepts. [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné
z: <http://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-4-advanced-gnss-concepts/real-time-kinematic-rtk/>
- [15] [WWW.SOGES.RU](http://www.soges.ru), GPS Topcon Hiper+ [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné
z: <http://www.soges.ru/gps-priemnik-topcon-hiper>
- [16] TS BOHEMIA: *Mio MiVue 388* [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné
z: http://www.tsbohemia.cz/mio-mivue-388-gps-g-senzor-snimac-pohybu-lcd-2_d181671.html
- [17] [WWW.SOGES.RU](http://www.soges.ru), Topcon GPT 7003i [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné
z: <http://www.soges.ru/taheometr-topcon-gpt-7003i>
- [18] XSENS, *Products*, Topcon GPT 7003i [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:
<http://br.xsens.com/produtos.php>
- [19] HE-ERO, *Harmonised e-Call European Pilot* [obrázek] [online]. [cit. 2015-04-03].
Dostupné z: www.heero-pilot.eu/view/cs/ecall.html
- [20] SAMOWEB, Aktivní filtry. [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné
z: <http://www.samoweb.wz.cz/elektronika/opzes5/opzes5.htm>
- [21] NATIONAL INSTRUMENTS: Butterworth filter. [obrázek] [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361J-01/lvanlsconcepts/lvac_butterworth_filters/

- [22] VÝZKUMNÝ ÚSTAV GEODETICKÝ TOPOGRAFICKÝ A KARTOGRAFICKÝ. *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí*[online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: https://www.vugtk.cz/slovník/5612_totalni-stance--univerzalni-elektronicky-teodolit
- [23] JUNEK, Přemysl. *Analýza rozhledových podmínek řidiče s využitím simulačních prostředí*. Praha, 2012, Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
- [24] VIRTUAL CRASH. *Uživatelská příručka*. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.vcrash.com/download/manual/slovak1.pdf>
- [25] SEMELA, Marek. *Komplexní systém pro analýzu silniční nehody - střet dvou automobilů na křižovatce*. Brno, 2009. Doktorská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D.
- [26] VIRTUAL CRASH. *Uživatelská příručka*. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.pccrash.cz/files/manualy/pcc90sk.pdf>
- [27] MOVABLE TYPE SCRIPTS. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html>
- [28] ZEMĚMĚŘIČSKÝ ÚŘAD. *Místopis bodu základního tíhového bodového pole: Místopis tíhového bodu České gravimetrické sítě*. 27.5.2013. Dostupné z: http://bodovapole.cuzk.cz/_tbpOutput.aspx?id=V%2bzYeVPaBjkQDzU96zyYzuCorPvdw6On1GCGNi3XC4fz4wODa29AmpGiwODb4x3lwPfhUIId0Ael%3d
- [29] HLAVÁČ, Petr. *Typické stopy dopravních nehod*. Zlín, 2009. Bakalářská práce.
- [30] KŘIŽÁK, Michal. *VYUŽITÍ POČÍTAČOVÉ PODPORY PŘI ŘEŠENÍ PŘEDSTŘETOVÉHO POHYBU VOZIDEL*. Brno, 2012. Diplomová práce.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Diagram dráha – čas [29].....	11
Obrázek 2- Princip fungování metody Real Time Kinematics [14]	14
Obrázek 3- Topcon Hiper+ [15]	15
Obrázek 4 - Mio MiVue 388 [zdroj: http://www.bigbang.si/content/images/thumbs/mio-mivue-388_360_250.jpeg].....	19
Obrázek 5 - Topcon GPT-7003i [17].....	22
Obrázek 6 - Xsens MTi-G [18].....	23
Obrázek 7 - Princip fungování systému e-Call [19].....	25
Obrázek 8 - Závislost procentuální úmrtnosti na čase příjezdu pomoci [2]	26
Obrázek 9 - Virtual Crash - úvodní plocha [vlastní zdroj]	30
Obrázek 10 - Virtual Crash (vozidla) [vlastní zdroj].....	31
Obrázek 11 - Virtual Crash (Editovat) [vlastní zdroj]	31
Obrázek 12 - Kategorie editovat [vlastní zdroj]	32
Obrázek 13 - Kategorie galerie [vlastní zdroj]	32
Obrázek 14 - Virtual crash (Kamera) [vlastní zdroj]	33
Obrázek 15 - Virtual Crash (Dynamika vozidla) [vlastní zdroj]	35
Obrázek 16 - Obecné informace simulace [vlastní zdroj].....	36
Obrázek 17 - Diagram (kolize) [vlastní zdroj].....	36
Obrázek 18 - Diagram (Sekvence) [vlastní zdroj]	37
Obrázek 19 - Diagram (Technické údaje) [vlastní zdroj]	37
Obrázek 20 - Diagram (Nastavení) [vlastní zdroj]	38
Obrázek 21 - Výchozí pozice vozidla při crash testu [vlastní zdroj].....	39
Obrázek 22 - Obrazový záznam před nárazem[vlastní zdroj]	40
Obrázek 23 - Obrazový záznam po nárazu[vlastní zdroj]	41
Obrázek 24 - Crast test (graf zrychlení) [vlastní zdroj]	42
Obrázek 25 - Graf rychlosti v čase (crash test) [vlastní zdroj].....	43
Obrázek 26 - Mapa situace [vlastní zdroj].....	45
Obrázek 27 - Rozdělení bodů do vrstev [vlastní zdroj].....	47
Obrázek 28 - Obrazový záznam Topcon 7003i [vlastní zdroj].....	48
Obrázek 29 - Nákres rozmístění přístrojů [vlastní zdroj]	49
Obrázek 30 - Statická a dynamická část GPS [vlastní zdroj]	50
Obrázek 31 - NMEA kód a jeho interpretace [vlastní zdroj].....	51
Obrázek 32 - Seznam kódů NMEA [vlastní zdroj].....	52
Obrázek 33 - Tvorba 3D ploch [vlastní zdroj].....	53
Obrázek 34 – Algoritmus [vlastní zdroj]	53

Obrázek 35 - Virtual Crash (polygon) [vlastní zdroj].....	54
Obrázek 36 - Graf zrychlení (Mio MiVue 388) [vlastní zdroj].....	55
Obrázek 37 - Graf rychlosti (Mio MiVue 388) [vlastní zdroj]	55
Obrázek 38 - Butterworthův filtr [vlastní zdroj]	56
Obrázek 39 - Virtual Crash (trojúhelníkové plochy) [vlastní zdroj].....	60
Obrázek 40 - Virtual Crash (ukázka šumu) [vlastní zdroj]	60
Obrázek 41 - Graf porovnání rychlostí [vlastní zdroj].....	61
Obrázek 42 - Tabulka posouzení rychlosti [vlastní zdroj].....	62
Obrázek 43 - Virtual Crash - průběh zrychlení [vlastní zdroj]	62
Obrázek 44 - Mio MiVue – zrychlení [vlastní zdroj].....	63
Obrázek 45 - Porovnání záznamu poloh [vlastní zdroj].....	63
Obrázek 46 - Mio MiVue – Videozáznam [vlastní zdroj].....	64

Seznam příloh

Příloha A – Virtual Crash (Protokol)

Virtual Crash 2.2 protokol; licence: CVUT - FAKULTA DOPRAVNÍ - student

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4 ; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	33.643			46.172		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	-3.505	-0.718	124.276	1.268	0.645	143.399
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	124.276	0.718		143.131	-0.566	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.006	0.015	0.000
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	-0.033	-0.033	1.003	-232.810	156.464	1.553

Kolize

Kinematika

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4 ; řidič:									brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]	řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 33.643	-	-	zrychlení	0.000	9.970	0.841	0.000	0.000	10.398	10.398	6.710	6.710
1.000 9.678 36.036	1.000	(9.678)	brzdění	0.000	9.970	0.063	0.000	0.000	0.778	0.778	0.502	0.502
2.000 19.615 35.603	1.000	(9.938)	zrychlení	0.000	9.970	0.574	0.000	0.000	7.102	7.102	4.582	4.582
3.000 29.816 37.895	1.000	(10.201)	zrychlení	0.000	9.970	1.365	0.000	0.000	16.869	16.869	10.885	10.885
4.000 41.090 43.259	1.000	(11.274)	zrychlení	0.000	9.970	0.874	0.000	0.000	10.808	10.808	6.974	6.974
5.000	1.000	(12.428)	brzdění	0.000	9.970	0.138	0.000	0.000	1.701	1.701	1.098	1.098

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
53.518 45.803	0)					0	0				
6.000 66.008 44.397	1.00 0	(12.490)	brzdění	0.000	9.970	0.362	0.00 0	0.00 0	4.472	4.472	2.885	2.885
7.000 78.096 42.632	1.00 0	(12.088)	brzdění	0.000	9.970	0.489	0.00 0	0.00 0	6.051	6.051	3.904	3.904
8.000 89.734 41.144	1.00 0	(11.637)	brzdění	0.000	9.970	0.703	0.00 0	0.00 0	8.689	8.689	5.607	5.607
9.000 100.82 3 38.697	1.00 0	(11.089)	brzdění	0.000	9.970	0.583	0.00 0	0.00 0	7.206	7.206	4.650	4.650
10.000 111.27 5 36.499	1.00 0	(10.453)	brzdění	0.000	9.970	0.211	0.00 0	0.00 0	2.610	2.610	1.684	1.684
11.000 121.19 8 34.756	1.00 0	(9.923)	zrychlení	0.000	9.970	0.424	0.00 0	0.00 0	5.244	5.244	3.384	3.384
12.000 130.85 0 34.752	1.00 0	(9.652)	zrychlení	0.000	9.970	0.681	0.00 0	0.00 0	8.415	8.415	5.430	5.430
13.000 140.55 7 34.983	1.00 0	(9.707)	brzdění	0.000	9.970	0.172	0.00 0	0.00 0	2.131	2.131	1.375	1.375
14.000 149.95 8 32.940	1.00 0	(9.401)	zrychlení	0.000	9.970	0.354	0.00 0	0.00 0	4.372	4.372	2.821	2.821
15.000 159.22 3 33.835	1.00 0	(9.264)	zrychlení	0.000	9.970	0.580	0.00 0	0.00 0	7.164	7.164	4.623	4.623
16.000 168.84 1 35.267	1.00 0	(9.619)	zrychlení	0.000	9.970	0.623	0.00 0	0.00 0	7.701	7.701	4.969	4.969
17.000 178.84 1 36.866	1.00 0	(9.999)	zrychlení	0.000	9.970	0.580	0.00 0	0.00 0	7.168	7.168	4.626	4.626
18.000 189.40 4 39.292	1.00 0	(10.564)	zrychlení	0.000	9.970	0.467	0.00 0	0.00 0	5.768	5.768	3.722	3.722

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
19.000 200.643 41.633	1.000	(11.239)	zrychlení	0.000	9.970	0.478	0.000	0.000	5.913	5.913	3.816	3.816
20.000 212.550 44.083	1.000	(11.907)	zrychlení	0.000	9.970	0.181	0.000	0.000	2.233	2.233	1.441	1.441
21.000 224.965 45.251	1.000	(12.415)	zrychlení	0.000	9.970	0.086	0.000	0.000	1.066	1.066	0.688	0.688
22.000 237.647 46.086	1.000	(12.682)	brzdění	0.000	9.970	0.092	0.000	0.000	1.138	1.138	0.734	0.734
23.000 250.481 46.266	1.000	(12.833)	zrychlení	0.000	9.970	0.142	0.000	0.000	1.761	1.761	1.136	1.136
24.000 263.446 47.032	1.000	(12.965)	brzdění	0.000	9.970	0.032	0.000	0.000	0.398	0.398	0.257	0.257
25.000 276.504 46.975	1.000	(13.058)	brzdění	0.000	9.970	0.267	0.000	0.000	3.296	3.296	2.127	2.127
26.005 289.432 46.172	1.000	(12.864)	brzdění	0.000	9.970	0.488	0.000	0.000	6.033	6.033	3.893	3.893
26.005 289.432 46.172	1.000	(12.561)	brzdění	0.000	9.970	0.468	0.000	0.000	5.785	5.785	3.733	3.733
26.005 289.432 46.172	1.000	(11.083)	brzdění	0.000	9.970	0.513	0.000	0.000	6.347	6.347	4.095	4.095
26.005 289.432 46.172	1.000	(10.080)	brzdění	0.000	9.970	0.509	0.000	0.000	6.290	6.290	4.059	4.059
26.005 289.432 46.172	1.000	(9.565)	brzdění	0.000	9.970	0.821	0.000	0.000	10.153	10.153	6.552	6.552
26.005 289.432	1.000	(8.895)	brzdění	0.000	9.970	1.114	0.000	0.000	13.765	13.765	8.882	8.882

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
46.172												
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(7.917)	brzdění	0.000	9.970	1.298	0.00 0	0.00 0	16.04 9	16.04 9	10.35 6	10.35 6
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(6.696)	brzdění	0.000	9.970	1.713	0.00 0	0.00 0	21.17 0	21.17 0	13.66 0	13.66 0
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(5.167)	brzdění	0.000	9.970	1.591	0.00 0	0.00 0	19.66 1	19.66 1	12.68 7	12.68 7
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(3.488)	brzdění	0.000	9.970	0.317	0.00 0	0.00 0	3.921	3.921	2.530	2.530
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(2.524)	zrychlení	0.000	9.970	1.149	0.00 0	0.00 0	14.20 2	14.20 2	9.164	9.164
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(2.938)	zrychlení	0.000	9.970	1.070	0.00 0	0.00 0	13.22 7	13.22 7	8.535	8.535
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(4.035)	zrychlení	0.000	9.970	0.681	0.00 0	0.00 0	8.414	8.414	5.430	5.430
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(4.901)	brzdění	0.000	9.970	0.183	0.00 0	0.00 0	2.266	2.266	1.462	1.462
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(5.146)	brzdění	0.000	9.970	0.028	0.00 0	0.00 0	0.340	0.340	0.220	0.220
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(5.040)	zrychlení	0.000	9.970	0.341	0.00 0	0.00 0	4.214	4.214	2.719	2.719
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(5.198)	brzdění	0.000	9.970	0.167	0.00 0	0.00 0	2.064	2.064	1.332	1.332
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(5.282)	brzdění	0.000	9.970	0.245	0.00 0	0.00 0	3.025	3.025	1.952	1.952
26.005 289.43	1.00 0	(5.076)	brzdění	0.000	9.970	0.557	0.00 0	0.00 0	6.882	6.882	4.441	4.441

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
2 46.172												
26.005 289.43 2 46.172	1.00 0	(4.672)	brzdění	0.000	9.970	0.127	0.00 0	0.00 0	1.568	1.568	1.012	1.012

Technické údaje

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4; řidič:			
délka [m]	4.513		
šířka [m]	1.731		
výška [m]	1.458		
výška těžiště [m]	0.540		
poh. hmotnost [kg]	1365.000 (1440.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	589.116 (621.485)	1963.719 (2071.615)	1963.719 (2071.615)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.916		
těžiště - přední náprava [m]	1.255		
rozvor 1 - 2 [m]	2.512		
rozchod - náprava 1 [m]	1.513		
rozchod - náprava 2 [m]	1.494		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	10.000	10.000	
max. úhel směr. odch. - náprava 2 vlevo/vpravo [deg]	10.000	10.000	
pružnost - náprava 1 vlevo/vpravo [N/m]	22335.519	22335.519	
pružnost - náprava 2 vlevo/vpravo [N/m]	22299.981	22299.981	
tlumení - náprava 1 vlevo/vpravo [Ns/m]	2512.746	2512.746	
tlumení - náprava 2 vlevo/vpravo [Ns/m]	2508.748	2508.748	
zatížení v kabině vpředu [kg]	75.000		
zatížení v kabině vzadu [kg]	0.000		
zatížení v kufru [kg]	0.000		
zatížení střechy [kg]	0.000		

vozidlo/překážka: 1 - Skoda / Octavia 1.9 TDI 4x4 ; řidič:	
ABS	Ano
adheze	0.780

Nastavení

integrační krok [s]		0.005
ráz	hloubka překrytí [s]	0.030
	implicitní hodnota k	0.100
	implicitní hodnota tření	1.000