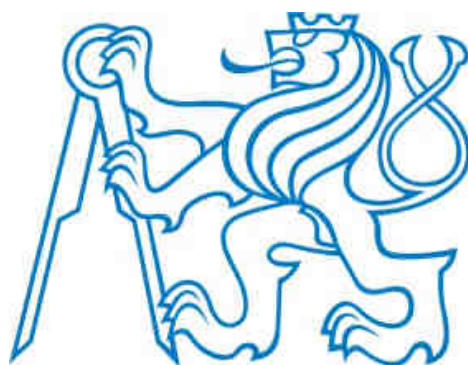


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA DOPRAVNÍ



*Jan Horálek*

ZAŘÍZENÍ PRO ZÁZNAM FYZIKÁLNÍCH VELIČIN  
V AUTOMOBILECH

Bakalářská práce

2013

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Tomášovi Mičunkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Alžbětě Lenkové za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. Moje poděkování patří také firmě STUALARM IMPORT s.r.o. a e-shopu VideoTech.cz za půjčení zařízení pro záznam fyzikálních veličin pro provedení experimentu. 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 bakalářskou 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 3. června 2013

.....

podpis

Název práce: Zařízení pro záznam fyzikálních veličin v automobilech  
Autor práce: Jan Horálek  
Obor: Dopravní systémy a technika  
Druh práce: Bakalářská práce  
Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
Ústav soudního znalectví v dopravě K622  
Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

## ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „**Zařízení pro záznam fyzikálních veličin v automobilech**“ je popsat nehodový děj, určit nejčastější typy nehod se zaměřením na fingované nehody a typy utajování nehod a zmínit důležitost rychlosti pomoci při dopravní nehodě. Následně se práce zaměřuje na veličiny, které je nutno zaznamenat, aby mohl být nehodový děj správně rekonstruován. V další části jsou popsána zařízení, která jsou schopna záznamu fyzikálních veličin, se zaměřením na zařízení zapůjčená pro účely experimentu a také legislativní rámec spojený s těmito zařízeními. V závěru byl proveden experiment za účelem zjištění přesnosti a porovnání jednotlivých zařízení.

Klíčová slova: dopravní nehoda, černé skříňky, eCall, zařízení pro záznam fyzikálních veličin, event data recorder

Title: Devices for Recording of Physical Quantities in Cars  
Author: Jan Horálek  
Branch: Transport systems and technology  
Type of document: Bachelor thesis  
Supervisor: Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
Institute of Forensic Experts in Transportation K622  
Faculty of Transportation Sciences, CTU in Prague

## ABSTRACT

The bachelor thesis „**Devices for Recording Physical Quantities in Cars**“ describe the traffic accident process, determine the most frequent traffic accident types with focus on fake accidents and concealment of accidents. It mentions the speed of assistance, when the accident occurs. This thesis focuses on recorded quantities for correct reconstruction of traffic accident. In the next part there are described devices that are able to record physical quantities and that were used for realized experiment. Next topic is legislative framework connected with devices. In the end, the experiment was made in order to determine the accuracy and comparison of different devices.

Key words: traffic accident, black boxes,  
eCall, devices for recording physical quantities,  
event data recorder

## Obsah

Úvod .....	1
1. Popis nehodového děje a stanovení typů nehod .....	2
1.1 Nehodový děj .....	2
1.2 Dopravní nehody a jejich dělení .....	2
1.3 Příčiny dopravních nehod.....	3
1.4 Právní aspekty dopravní nehody .....	5
1.5 Utajování dopravní nehody .....	5
1.6 Fingované nehody.....	6
2. Podklady pro rekonstrukci nehodového děje .....	7
2.1 Obrazový záznam .....	7
2.2 Napojení na řídicí jednotku vozidla .....	8
2.3 Fyzikální veličiny nutné pro rekonstrukci nehodového děje .....	8
2.3.1 Souřadnice GPS .....	8
2.3.2 Rychlost .....	9
2.3.3 Zrychlení .....	10
2.3.4 Úhlová rychlost .....	10
3. Popis dostupných zařízení na českém trhu .....	11
3.1 Systémy přivolání pomoci účastníkům dopravní nehody .....	11
3.1.1 eCall.....	12
3.2 Event data recorder.....	14
3.2.1 Analýza přesnosti systému EDR .....	16
3.2.2 Analýza přesnosti Petera Niehoffa .....	17
3.3 Zařízení pro záznam fyzikálních veličin .....	19
3.3.1 Zircon Blackbox GD2708 GPS.....	20
3.3.2 View-i.....	21
3.3.3 Carcam III .....	23
3.3.4 X-corder .....	24
3.3.5 DVRB 21 .....	26

3.3.6	Mivue 358 .....	27
4.	Legislativa spojená se zařízeními tohoto typu .....	29
4.1	Umístění zařízení ve vozidle .....	29
4.2	Záznam fyzikálních veličin jako důkaz.....	29
4.3	Bezpečnost dat zaznamenaných systémem EDR v USA .....	30
5.	Experiment.....	31
5.1	Trasa experimentu .....	31
5.2	Části experimentu .....	32
5.3	Referenční zařízení MTi-G.....	33
5.4	Vyhodnocení experimentu.....	33
5.4.1	Grafy rychlosti a zrychlení .....	34
5.4.2	Formát dat.....	34
5.4.3	Přepoččet zrychlení .....	34
5.5	MTi-G.....	35
5.6	DVRB 21 .....	36
5.6.1	Software.....	36
5.6.2	Vyhodnocení GPS.....	36
5.6.3	Vyhodnocení zrychlení.....	37
5.6.4	Vyhodnocení rychlosti .....	37
5.7	Carcam III .....	37
5.7.1	Software.....	37
5.7.2	Vyhodnocení GPS.....	38
5.7.3	Vyhodnocení zrychlení.....	39
5.7.4	Vyhodnocení rychlosti .....	39
5.8	MiVue 358.....	39
5.8.1	Software.....	40
5.8.2	Vyhodnocení zrychlení.....	40
5.9	View-i.....	40
5.9.1	Software.....	40

5.9.2	Vyhodnocení GPS.....	41
5.9.3	Vyhodnocení zrychlení.....	41
5.9.4	Vyhodnocení rychlosti.....	42
5.10	X-corder.....	42
5.10.1	Software.....	42
5.10.2	Vyhodnocení GPS.....	42
5.10.3	Vyhodnocení zrychlení.....	43
5.10.4	Vyhodnocení rychlosti.....	43
5.11	Zircon Blackbox GD2708 GPS.....	43
5.11.1	Software.....	43
5.11.2	Vyhodnocení zrychlení.....	44
5.11.3	Vyhodnocení rychlosti.....	44
5.12	Shrnutí experimentu.....	45
5.12.1	Rychlost.....	45
5.12.2	Zrychlení.....	45
5.12.3	Video záznam a GPS.....	46
6.	Závěr.....	47
	Seznam použité literatury.....	48
	Seznam příloh.....	51
	Příloha A.....	51
	Příloha B.....	51
	Příloha C.....	54
	Příloha D.....	55
	Příloha E.....	56



## Seznam použitých zkratk:

ABS	Anti-blokovací brzdový systém (Anti-lock Brake System)
ASR	Systém regulace prokluzu kol (Anti-slip Regulation)
AVI	Formát multimediálního záznamu (Audio Video Interleave)
CMOS	Technologie integrovaných obvodů (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor)
CSV	Formát pro výměnu tabulkových dat (Comma-separated values)
CVBS	Standart kódování signálu
EDR	Zařízení pro záznam nehody (Event Data Recorder)
ESP	Elektronický stabilizační systém (Electronic Stability Program)
GLONASS	Ruský globální poziční systém (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)
GPS	Globální poziční systém (Global Positioning System)
HD	Vysoké rozlišení (High Definition)
HeERO	Evropský zkušební projekt systému eCall (Harmonised eCall European Pilot)
IIR	Filtr s nekonečnou impulzní odezvou (Infinite Impulse Response)
JPEG	Metoda ztrátové komprese (Joint Photographic Experts Group)
KML	Formát pro publikaci geografických dat (Keyhole Markup Language)
LCD	Zobrazovací zařízení z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)
LED	Polovodičový světelný zdroj (Light-Emitting Diode)
MEMS	Mikro elektromechanické systémy (Micro-Electro-Mechanical Systems)
MOV	Formát uložení dat
MSD	Minimální soubor dat (Minimum Set of Data)
NHTSA	Úřad pro bezpečnost silničního provozu (National Highway Traffic Safety Administration)
NTSC	Standart kódování signálu
OBU	Palubní jednotka (On Board Unit)
PAL	Standart kódování signálu (Phase Alternating Line)
RZ	Registrační značka
SD	Paměťová karta (Secure Digital)
TXT	Formát uložení dat
VGA	Video standard (Video Graphics Array)

## Úvod

Stejně jako se v letectví využívá černých skříněk pro zachycení dat při letecké nehodě, využívají se v některých automobilech světových výrobců podobná zařízení. Integrovaná zařízení se hojně využívají zejména v USA. V Evropě mnoho řidičů využívá externích zařízení tak, aby měli v případě nejasností důkazy o dopravní nehodě.

V úvodu mé práce bych chtěl shrnout poznatky o nehodovém ději a různých typech dopravních nehod. Důležitou částí by byly fingované nehody a metody utajení dopravní nehody. Tato témata souvisí s možností použití zařízení pro záznam fyzikálních veličin, tzv. "černých skříněk", při odhalování takovýchto nehod a metod utajení.

Následně bych rád popsal veličiny, které je nutné zaznamenat, aby mohl být nehodový děj správně rekonstruován. V další části se zaměřím na zařízení, která jsou dostupná na českém trhu. Popíši tři druhy zařízení a to E-call, což je projekt Evropské unie zaměřený na poskytnutí včasné pomoci při dopravní nehodě. Dále zařízení Event data recorder, což je projekt vlády USA na zavedení zařízení pro záznam fyzikálních veličin do všech nově vyráběných automobilů. Na konci této kapitoly popíši externí zařízení, jež jsou volně dostupná na českém trhu. Těmto zařízením budu věnovat větší prostor, jelikož na konci práce bude popsán provedený experiment.

Budu se také věnovat legislativě spojené s těmito zařízeními. Zejména se bude jednat o možnost využití záznamu jako důkazu při soudních líčeních a umístění daných zařízení v interiéru automobilu.

V poslední části provedu experiment, ve kterém se zaměřím na externí zařízení volně prodejná na českém trhu. Provedu porovnání s přesným měřicím přístrojem a jako výsledek bych chtěl uvést, která zařízení dokáží zaznamenat relevantní data o dopravní nehodě a která naopak požadavkům nevyhovují.

# 1. Popis nehodového děje a stanovení typů nehod

## 1.1 Nehodový děj

„Z hlediska analýzy nehoda je fyzikální děj (Smrček), proces probíhající v čase a v prostoru. Při analýze pohybu však vystačíme ve většině případů se základy středoškolské fyziky: souvislostmi s jednoduchými Newtonovými zákony. Jejich aplikace je nutnou podmínkou správné analýzy“.[1]

Nehodový děj můžeme dělit na předstřetový pohyb vozidla, samotnou kolizi a postřetový pohyb vozidla. Do předstřetové části spadá pohyb vozidla do bodu, ve kterém koliduje s jiným vozidlem, člověkem či jinou překážkou. Každá dopravní nehoda obsahuje specifický pohyb každého zúčastněného vozidla. Pro předstřetový pohyb je typický zásah prvků aktivní bezpečnosti, jako jsou ABS, ASR, ESP a další. Pro správnou analýzu nehodového děje je nutné správně analyzovat předstřetový pohyb a k tomu nám slouží zařízení pro záznam fyzikálních veličin. Při pohybu utvářejí vozidla soustavu těles s kolektivním těžištěm, které nemění svojí rychlost a směr, pokud nedojde k působení vnějších sil. Pohyb vozidel je relativním pohybem ve vztahu k ostatním předmětům. Jako příklad můžeme uvést pohyb dvou vozidel ve shodném směru a jejich náraz. [1]

Na samotný průběh kolize má vliv mnoho faktorů, například místo nárazu, deformace vozidla, rychlost nárazu, úhel nárazu, hmotnost vozidla, tuhost karoserie a další. Při dopravních nehodách mohou vozidla narážet téměř jakoukoli částí karoserie. Nárazy vozidel jsou většinou excentrického charakteru a z toho důvodu vzniká postřetový pohyb vozidel. Zajímavé je, že při střetu jsou deformace rozsáhlejší než při postřetové dokumentaci. Je to z důvodu, že se deformace skládá z plastické a elastické části a při většině kolizí je procentuálně zastoupena elastická část deformace. [1]

Postřetový pohyb začíná v okamžiku konce střetu a trvá až po konečné zastavení vozidel účastníků se dopravní nehody. Pohyb je závislý na okolních podmínkách a terénu dopravní nehody. Postřetový pohyb se skládá ze dvou základních pohybů, rotačního a translačního. Při translačním pohybu je nutno zjistit, zda a jak mohl být vůz nadále brzděn. Rotační pohyb je dán excentricitou nárazu vozidel. [1]

## 1.2 Dopravní nehody a jejich dělení

Dopravní nehoda je neodhadnutelná událost na pozemní komunikaci, při které dojde ke škodě majetku nebo zranění či usmrcení osoby. Škoda na majetku se vztahuje také na majetek třetích osob. Důležitý je fakt, že podle ustanovení §47 zákona

č. 361/2000 Sb., zákonu o silničním provozu, se jedná o dopravní nehodu pouze v případě, že se nehoda odehraje nebo je započata na pozemní komunikaci.

Dopravní nehody se dají dělit z několika pohledů. Z pohledu zákona se dělí nehody:

- 1) Silniční dopravní nehoda, při níž nevzniká povinnost ohlašovat tuto událost příslušným orgánům. V tomto případě je nutné sepsat záznam o dopravní nehodě, který musí obsahovat všechny náležitosti, a co nejdříve jej odevzdat smluvnímu pojistiteli.
- 2) Silniční dopravní nehoda, při které vznikne škoda na vozidlech či přepravovaných věcech větší, než 100 000 Kč nebo dojde k ublížení na zdraví či usmrcení osoby nebo ke škodě na majetku třetí osoby či k poškození součástí či příslušenství pozemní komunikace. V těchto případech je vždy nutné ohlašovat tuto událost příslušným orgánům.

Dále můžeme nehody dělit z hlediska povahy dopravní nehody:

- 1) Srážky – jedná se o kolizi dvou či více účastníků silničního provozu, přičemž alespoň jeden se pohyboval v dopravním prostředku. Je to například náraz dvou automobilů, dále může jít o kolizi dopravního prostředku s chodcem či zvířetem.
- 2) Havárie – jedná se o kolizi pouze jednoho dopravního prostředku. Jako příklad můžeme uvést převrácení vozidla.
- 3) Jiné nehody - typy střetů, které nelze zařadit ani do jedné z výše uvedených kategorií. Jedná se například o zranění v prostředcích veřejné dopravy.[2]

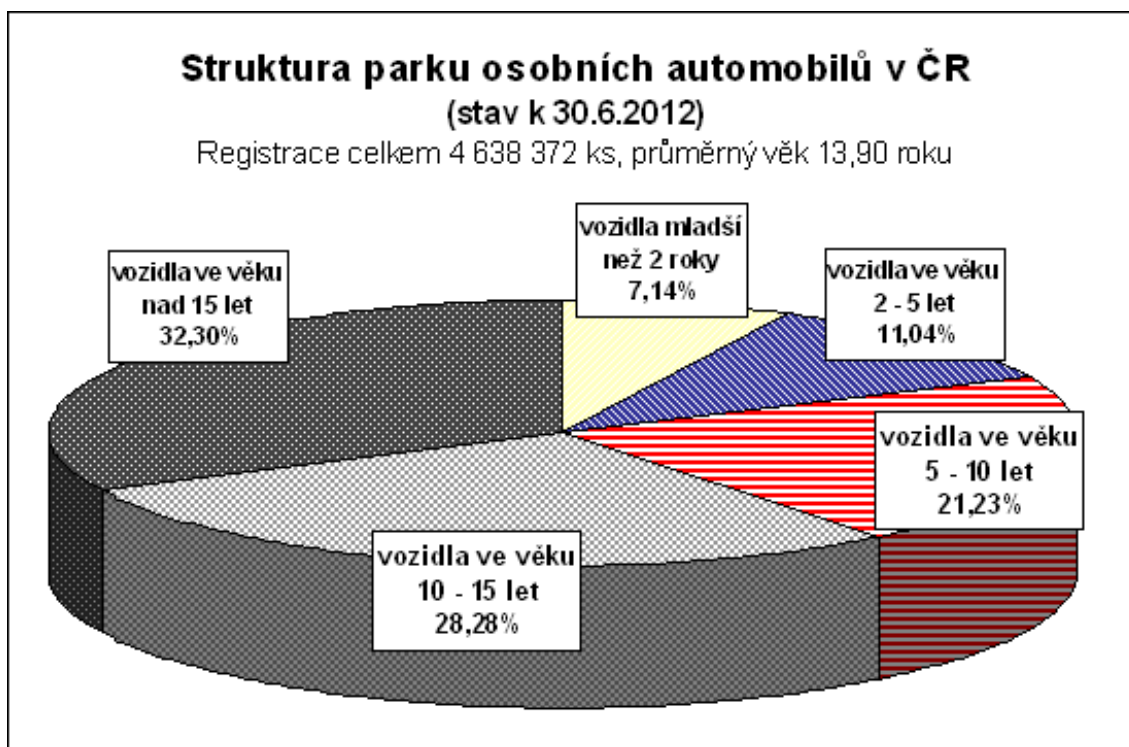
### **1.3 Příčiny dopravních nehod**

Nejčastější příčinou dopravní nehody je samotné chování účastníků provozu, kteří velmi často jednají v rozporu s pravidly silničního provozu a nerespektují ustálené zvyklosti v dopravě. Celkově zavinili řidiči motorových a nemotorových vozidel, chodci a jiní účastníci silničního provozu 92,9 % všech dopravních nehod v roce 2011. V tabulce 1 můžeme vidět nejčastější prohřešky účastníků provozu, které vedly k dopravní nehodě za rok 2011. [3]

Tabulka 1 - Deset nejčastějších příčin nehod řidičů motorových vozidel za rok 2011 [3]

pořadí	DESET – nejčastějších příčin nehod řidičů motorových vozidel; rok 2011	počet nehod
1.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	13 084
2.	nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	6 211
3.	nesprávné otáčení nebo couvání	5 744
4.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	5 719
5.	jiný druh nesprávné jízdy	5 019
6.	nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	4 205
7.	nezvládnutí řízení vozidla	3 703
8.	nedání přednosti upravené dopravní značkou „DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ!“	3 508
9.	vjetí do protisměru	2 317
10.	vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu	2 045

Další možnou příčinou silniční dopravní nehody je technický stav zúčastněných vozidel. Technický stav vozidel je v české republice kontrolován na stanicích technické kontroly. V praxi se dají tyto kontroly obcházet a po silnicích často jezdí silniční vozidla nezpůsobilá k provozu na pozemních komunikacích. Vliv na technický stav vozidla má také jeho stáří, které je v České republice jedno z nejvyšších v rámci Evropské unie. Průměrné stáří automobilu podle sdružení automobilového průmyslu dosáhlo k 30.6.2012 hodnoty 13,90 roku. Na obrázku 1 můžeme porovnat věkovou strukturu osobních automobilů v ČR. [4]



Obrázek 1 – Struktura parku osobních automobilů v ČR [4]

Příčina nehody může spočívat v situaci provozu. Řadíme sem časový výskyt (zda se nacházíme v sedle či ve špičce hustoty provozu), povětrnostní podmínky (mlha, sucho, námraza a tak dále) a místo (přímý úsek, nebezpečné klesání, most, železniční přejezd a tak dále). [5]

#### **1.4 Právní aspekty dopravní nehody**

Trestná činnost, páchaná v kontextu se silničními dopravními nehodami má svá specifika. Silniční dopravní nehody, při nichž vznikne vysoká škoda na majetku, zranění či usmrcení osoby nebo při jízdě pod vlivem alkoholu jsou ve většině případů klasifikovány jako trestné činy. V naprosté většině nehod je viníkem osoba bez kriminální minulosti. Pachatelé většinou spolupracují s policisty a dalšími orgány, šetřícími jejich nehodu, a snaží se tak dobrat objasnění této nehody. Dalším specifikem je, že viníci se budou snažit hájit, že nehodu nezpůsobili a vinnu shazovat na jiné účastníky silničního provozu.

#### **1.5 Utajování dopravní nehody**

Utajování dopravní nehody se děje se záměrem vyhnout se trestní odpovědnosti nebo snížit trestní stupeň činu za nehodu. Základními dvěma způsoby utajování jsou útěk popřípadě ujetí z místa činu a změna nehodové situace.

Ujetí z místa nehody v samotném dopravním prostředku nejčastěji doprovází dopravní nehody, při nichž došlo k vážnému zranění osoby či velké hmotné škodě na jiném vozidle, majetku třetí osoby nebo poškození součástí či samotné pozemní komunikace. Po ujetí z místa dopravní nehody je typické, že se viník nehody snaží dalšími kroky zamezit zjištění jeho totožnosti. To znamená zahlazení stop po dopravní nehodě, odstranění technických závad na vozidle nebo nemožnost odhalení vlivu alkoholických či jiných omamných a psychotropních látek. Útěk z místa nehody za předpokladu, že pachatel zanechává svůj dopravní prostředek na místě, je typický pro dopravní nehody, kdy je řidič pod vlivem alkoholických či jiných omamných a psychotropních látek, došlo k odcizení tohoto vozu či k jeho neoprávněnému použití. [2] [6]

Změna nehodové situace je další formou utajování dopravní nehody. Tuto činnost lze charakterizovat několika specifickými činy: pachatel vykoná změny na místě dopravní nehody, provede dohodu s ostatními účastníky dopravní nehody o způsobu a míře utajení, vytvoří technickou závadu na vozidle, aby mohl důvod nehody objasnit jako technickou závadu, ihned po nehodě požije alkoholický nápoj, aby tak kryl

podstatu, že nehodu způsobil pod vlivem této omamné látky nebo uvádí nepravdivé informace o podrobnostech dopravní nehody jako příčina vzniku nebo průběh dopravní nehody. [2] [6]

### **1.6 Fingované nehody**

Fingovaná nehoda je nasimulovaná nehoda, při níž se chce jeden nebo více účastníků obohatit na úkor jiného účastníka nehody nebo pojistitele vozidla. Fingované nehody často využívají majitelé již poškozených aut, aby jim pojišťovna vyplatila pojistné za onu fingovanou škodnou událost.

## **2. Podklady pro rekonstrukci nehodového děje**

Pro přesnou rekonstrukci nehodového děje jsou potřeba přesná a relevantní data. Je potřeba zaručit nejen samotnou existenci záznamu veličiny, ale důležitou roli hraje také frekvence a formát zaznamenané veličiny. V následujících řádcích bych rád popsal důležité podklady a veličiny, které jsou zapotřebí, aby zařízení pro záznam fyzikálních veličin zaznamenaly a poskytli tak dostatečnou evidenci pro objasnění dopravní nehody.

### **2.1 Obrazový záznam**

Obrazový záznam pořízený záznamovým zařízením má obvykle velkou vypovídací hodnotu o dopravní nehodě. Pokud je objektiv dobře nasměrován a zaznamenává dopravní nehodu, ať už z vozidla účastnícího se dopravní nehody nebo vozidla třetí osoby, dostáváme dobrý obraz o tom, proč se nehoda stala, a o jejím průběhu ještě před samotnou srážkou. Kamera instalovaná přímo v automobilu již od doby nárazu nemá relevantní záznam a to zejména z důvodu velkých otřesů a tudíž špatné kvality obrazu. Obraz je zaznamenáván s určitou frekvencí záznamu, která je odvislá od frekvence za sebou vysílaných snímků, které je schopen náš mozek vyhodnotit jako plynulý, měnící se obraz. Tato frekvence se pohybuje okolo 24-25 snímků za sekundu. Většina zařízení pracuje se snímkovací frekvencí 30 snímků za sekundu, což je dostačující pro plynulý obraz. Pokud však budeme chtít video zpomalit, což je s ohledem na analýzu videa velice pravděpodobné, bude obrazový materiál nekvalitní a již nebude zobrazován plynule. Z tohoto důvodu by bylo výhodné tuto snímkovací frekvenci zvýšit alespoň na 60 snímků za sekundu, kde bychom dostali plynulý obrazový materiál při dvojnásobném zpomalení, nebo 120 snímků za sekundu, kde bychom dostali plynulý obrazový materiál při čtyřnásobném zpomalení.

Důležitým parametrem video záznamu je jeho rozlišení. Rozlišení nám udává počet obrazových bodů na určité ploše. Při pořizování video záznamu musíme zvolit vhodnou kvalitu tak, abychom byli schopni na záznamu rozpoznat důležité aspekty nehody. Kompromisem je třeba stanovit rozlišení videa s ohledem na velikost uložených dat. Při vysokých rozlišeních jsou ukládány velké objemy dat. Dále je nutné zvolit vhodný a kvalitní typ čipu pro elektronický záznam obrazu. Nezanedbatelným aspektem při záznamu videa je možnost zabudované reverzní kamery, která je schopna zaznamenat dění ve vozidle. Té by bylo možno použít při dokazování, kdo řídil vozidlo, zda byli pasažéři připoutáni a co se dělo uvnitř vozu před a v průběhu nehody. Pravděpodobně bude také patrné, jak a kdy řidič začal reagovat na vyvolanou



dopravní situaci. Obrazový záznam slouží jako sekundární a podpůrný materiál pro rekonstrukci nehodového děje.

## **2.2 Napojení na řídicí jednotku vozidla**

Z řídicí jednotky vozidla, kde jsou shromážděny informace ze všech senzorů vozidla, je možné čerpat informace o stavu vozidla před a v průběhu dopravní nehody:

1. Mohli bychom zjistit důležité informace o stavu vozidla před dopravní nehodou. Jednalo by se hlavně o chybové hlášky automobilu a dalo by se zjistit, zda automobil byl ve vyhovujícím technickém stavu před nehodou a zda k nehodě nedošlo z tohoto důvodu.
2. Dozvěděli bychom se informace o tom, jak se řidič během dopravní nehody choval. Důležitá data bychom hledali zejména v následujících položkách:
  - Aktivace brzd
  - Otevření škrticí klapky
  - Aktivace asistenčních systémů
  - Otáčky motoru
  - Aktivace airbagů
  - Rozsvícení světel (včetně směrových světel)
  - Úhel natočení volantu.
3. Důležitým faktem by bylo získání dat ze senzorů:
  - Rychlosti
  - Zrychlení
  - Náklonu.

## **2.3 Fyzikální veličiny nutné pro rekonstrukci nehodového děje**

### **2.3.1 Souřadnice GPS**

Globální poziční systém je systém pro určení přesné geografické polohy. V současnosti jsou aktivní dva systémy pro získávání geografické polohy a to americký GPS a ruský GLONASS.

Záznam dat z globálního pozičního systému v zařízeních pro záznam fyzikálních veličin je důležitý a to z důvodu zjištění rychlosti vozidla, která se dopočítává na základě informací z GPS. Dále samozřejmě zaznamenává polohu vozidla v čase a z těchto údajů často získáme velmi důležité aspekty nehody.

Problémem můžeme sledovat v přesnosti měření, které velmi kolísá v závislosti na použitém přijímači. Evidujeme základní druhy určování polohy za pomoci GPS, které jsou charakteristické svojí přesností:

- 1) Absolutní určování polohy, které je závislé pouze na výpočtu polohy na základě signálů ze 4 družic. Zde hovoříme o přesnosti v rámci metrů.
- 2) Relativní určování polohy, 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. [9]

Další metodou pro zpřesnění polohy je metoda fázových měření, při které 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  $\lambda_2 = 24\text{cm}$  a jsme schopni změřit vlnovou délku s přesností 1/100 nosné vlny, přesnost měření vychází na jednotky v řádech milimetrů. [9]

Přesnost měření GPS modulu by měla být na úrovni relativního určování polohy, tedy v řádech centimetrů. Frekvence záznamu by měla být na nejmenší hodnotě 10 Hz, abychom byli schopni přesně sledovat polohu automobilu i v průběhu kolize.

### 2.3.2 Rychlost

„Rychlostí rozumíme vektorovou veličinu charakterizující nejenom rychlost přemístění hmotného bodu po trajektorii, ale i směr, ve kterém se hmotný bod v každém okamžiku pohybuje. Za čas  $\Delta t$  se hmotný bod přemístí po trajektorii z bodu A do bodu B a urazí dráhu  $\Delta s = AB$ ; polohový vektor se změní o  $\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t)$ .“ [8]

Potom okamžitá rychlost  $v$  bude formulována následovně:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r(t + \Delta t) - r(t)}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad [8]$$

Zaznamenání rychlosti je velmi důležité pro rekonstrukci celého nehodového děje. Za prvé se dozvíme, zda řidič nepřekročil nejvyšší povolenou rychlost na dané komunikaci a dále nám může mnoho říci o průběhu nehody:

- jak se řidič choval před a v průběhu nehody
- zda se snažil nehodě předejít
- zda reagoval na nehodu (popřípadě jakým způsobem)
- rychlost v době nárazu

Je nutné, aby rychlost byla zaznamenána s dostatečnou frekvencí. Pokud chceme přesně určit rychlost na počátku a konci brzdění, popřípadě rychlost střetu, je nutné mít přesné informace. Pokud vezmeme v úvahu, že samotná kolize vozidel trvá zlomky sekund, je nutné, aby minimální frekvence záznamu byla 100 Hz.

### 2.3.3 Zrychlení

„Rychlost hmotného bodu  $v(t)$  může měnit buď velikost, nebo směr, nebo velikost i směr současně. Pak se hmotný bod pohybuje se zrychlením  $a$ , které je definováno změnou rychlosti za jednotku času a je určeno derivací vektoru rychlosti podle času:“ [8]

Potom zrychlení  $a$  bude formulováno následovně:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v(t)}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r(t)}{dt^2}. [8]$$

Záznam zrychlení je významný, jelikož díky němu jsme schopni zjistit, jaké síly na vozidlo působily, či jaké síly vyvíjelo vozidlo. To znamená, že jsme schopni zjistit, zda řidič začal před nehodou brzdit nebo kdy došlo k prvotnímu a dále například druhotnému nárazu vozidla. Frekvence záznamu zrychlení je nutné volit dostatečně velkou tak, abychom byli schopni zaznamenat jakékoli zrychlení při zpomalování, zrychlování či kolizi vozidla. Frekvence záznamu by měla být nejméně 100 Hz.

### 2.3.4 Úhlová rychlost

Úhlová rychlost  $\omega$  je definována jako změna úhlu  $d\phi$ , který průvodič opíše za čas  $dt$ . Jednotkou je radián za sekundu. Úhlovou rychlost je nutné znát z důvodu odhalení rotace. Z veličin, které jsou uvedeny výše, bychom byli schopni určit pouze translační pohyb vozidla při nehodovém ději. Úhlová rychlost udává rotaci vozidla kolem zvolené osy. Tato hodnota nám pomůže odhalit rotaci vozidla například při smyku vozidla či při excentrické kolizi vozidla, kdy dochází k rotačnímu pohybu. Záznam úhlové rychlosti je nutné provést s frekvencí 100 Hz, abychom byli schopni sledovat rotaci vozidla v průběhu nehodového děje. [10]

### 3. Popis dostupných zařízení na českém trhu

Ve většině z výše popsaných nehodových situací se dají uplatnit zařízení pro záznam fyzikálních veličin v osobních automobilech. Tato zařízení jsou schopna zaznamenávat a následně reprodukovat různé veličiny, které souvisí s jízdou automobilu. Některá zařízení jsou integrována v automobilu a jsou dodávána již výrobcem. Další jsou volně prodejná a jedná se také o zařízení, která jsou schopna přivolat pomoc při dopravní nehodě. Pro účely této práce byla zařízení rozdělena do tří skupin:

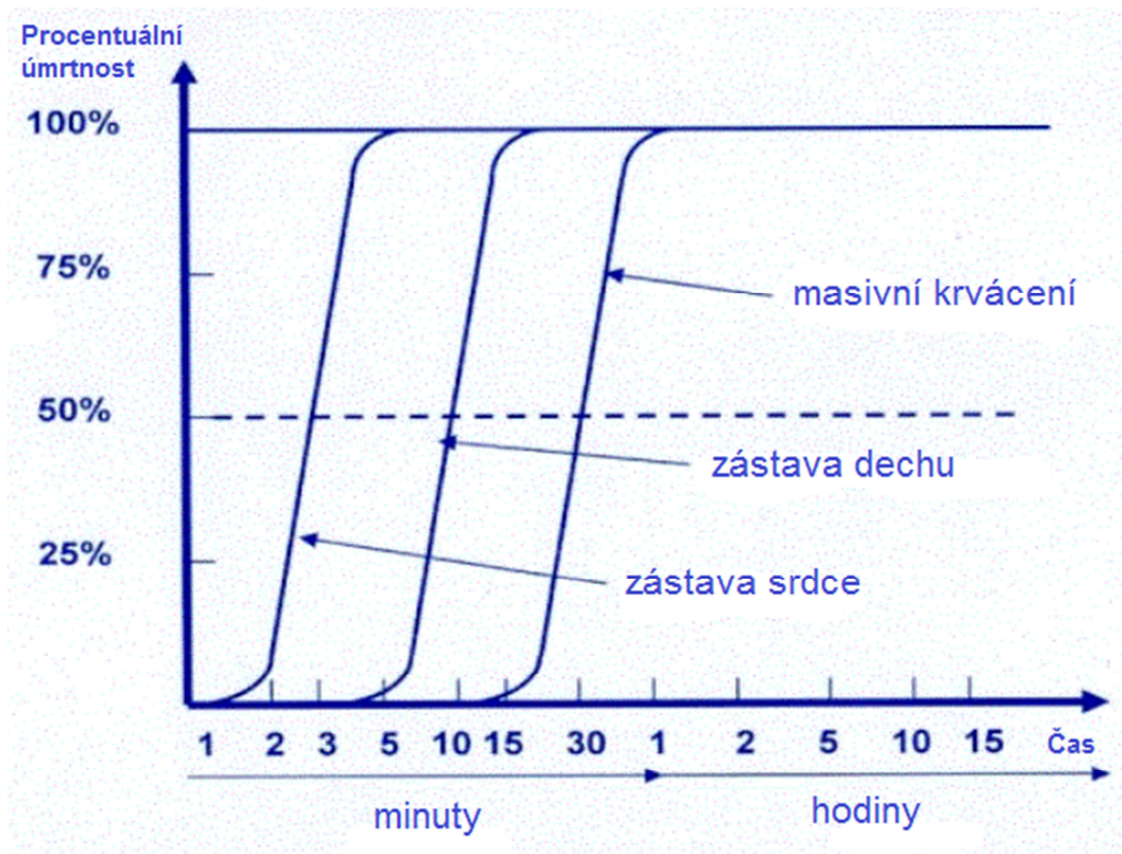
- 1) Systémy přivolání pomoci účastníkům dopravní nehody
- 2) EDR – zařízení montovaná do amerických automobilů
- 3) Zařízení pro záznam fyzikálních veličin – separátně prodávaná zařízení od různých výrobců

#### 3.1 Systémy přivolání pomoci účastníkům dopravní nehody

Velkým problémem u silničních nehod je včasné poskytnutí pomoci všem účastníkům dopravní nehody. Ne vždy jsou složky záchranného sboru schopny dorazit na místo nehody včas, aby byly schopny zachránit posádky havarovaných vozidel. Tato skutečnost má několik příčin:

- 1) Jsou to velké dojezdové vzdálenosti od domovské stanice záchranného sboru. Děje se tak hlavně na odlehlejších a méně frekventovaných komunikacích.
- 2) Havárie, kdy vozidlo je velmi špatně či není zcela viditelné z komunikace a účastníci nehody nejsou schopni si pomoc přivolat sami.
- 3) Účastníci nehod nebo účastníci provozu na pozemní komunikaci nejsou schopni přesně lokalizovat místo nehody.

Podle statistik 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. Tyto skutečnosti prodlužují dojezdovou dobu a snižují tak šance posádek na přežití. Na obrázku 2 je zobrazen vztah procentuální úmrtnosti na včasnosti zásahu. Z tohoto grafu je vidět, že přibližně každá minuta, o kterou je příjezd pomoci včasnější, zvyšuje možnost na záchranu lidského života o 10 %.[7]



Obrázek 2 - Závislost procentuální úmrtnosti na čase příjezdu pomoci [7]

### 3.1.1 eCall

eCall je systém pro rozpoznání nehody a následného přivolání pomoci. Patří do skupiny eSafety, jež se zabývá bezpečností silniční dopravy v rámci projektu Evropské unie nazvané inteligentní automobil. V tomto momentu není tento systém k dostání na komerčním trhu, protože aktuálně projekt HeERO zkouší tuto technologii v praxi. Projekt HeERO běží v několika statisticky různorodých státech Evropské unie včetně České republiky. Od roku 2015 bude eCall implementován do všech nově vyrobených automobilů. Do starších automobilů bude možno instalovat takzvanou OBU (On Board Unit), která bude plnit všechny funkce eCall. Předpokládá se, že do roku 2034 by všechny automobily měly být vybaveny touto technologií a to jak nově vyrobené po roce 2015, tak ty vyrobené před rokem 2015. [7]

eCall je schopen samostatně reagovat na vzniklou nehodu a pomocí mobilní sítě stávajících operátorů odešle nezbytné informace pro integrovaný záchranný systém. Je také možno zavolat o pomoc manuálně, stisknutím speciálního tlačítka. eCall se připojí do mobilní sítě operátorů a naváže telekomunikační most s nejbližším operačním střediskem tísňového volání. Operátor se dozví základní informace o nehodě, tzv. MSD (Minimum Set of Data). V tomto balíku informací se nachází podrobnosti o aktuální poloze automobilu, telekomunikační parametry a základní údaje o vozidle

jako VIN, používané palivo, aktivování airbagů popřípadě bezpečnostních pásů a zda byl eCall spuštěn automaticky či manuálně. Jelikož se bude v každé jednotce eCall nabízet i hlasové spojení s posádkou automobilu, bude operátor schopen zjistit podrobnosti o nehodě popřípadě o počtu osob a vážnosti jejich zranění. Stejným způsobem je možné manuálně přivolat pomoc pro jiné účastníky dopravní nehody. [7]

Pokud již budou provedeny důležité kroky, aby se pomoc dostala na místo nehody včas, je možné pomocí eCall získávat další informace o vozidle z VIN kódu, jelikož by systém měl být napojen na registry vozidel. Z informací registru vozidel poté bude možno získat důležité informace o vozidle jako například: zda je auto poháněno LPG, hmotnost vozidla, rozměry, barvu, bezpečnostní prvky automobilu a další. Toho bude možno využít k naplánování zásahu a tedy zajištění adekvátních technických prostředků nezbytných pro samotný zásah. Záchranný sbor bude vědět, kde jsou bezpečnostní vzpěry automobilu, kde je umístěna palivová nádrž, akumulátor a další. V následující tabulce 2 vidíme poměr cena/výkon v závislosti na daném typu asistenčního systému při dopravních nehodách. [7] [11]

**Tabulka 2 – Poměr výkon/cena eCallu a dalších systémů [7]**

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

Mezi výhody systému eCall řadíme:

- 1) Kooperaci 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 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 základních parametrů, budou tyto systémy v budoucnu 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. [7] [11]

Nevýhodu systému eCall můžeme spatřovat v ochraně osobních dat. Tento problém je však vyřešen, protože informace o automobilu a o dopravní nehodě budou odpovědným osobám k dispozici pouze v případě, pokud dojde k dopravní nehodě. [7]

### **3.2 Event data recorder**

Event Data Recorder (dále jen EDR) je zařízení, které je implementováno přímo do vozidla. Externí modul je možno dokoupit a následně do vozidla instalovat. Tento systém je rozšířen zejména v Severní Americe. EDR je zařízení, které bylo původně určeno k zdokonalení činnosti airbagů při dopravní nehodě. Do vozidel je EDR instalováno volitelně, avšak pokud již je nainstalováno, musí splňovat normy, které jsou popsány níže. Zaznamenávané veličiny a jejich parametry jsou přesně dané. Technicky jde velmi často o rozličná zařízení s různými procesy zpracování, uchování a stahování informace. [12]

Typické je, že záznam je pořízen pouze při incidentu a je zaznamenán pouze po krátký časový okamžik v řádech sekund. Hlavních pět kategorií, které jsou zaznamenávány:

- 1) Dynamika vozidla a jeho stav
- 2) Řízení vozidla
- 3) Data o nárazu
- 4) Použití bezpečnostních pásů a airbagů
- 5) Data zaznamenaná po nehodě, jako například spuštění varovných světel

EDR je napojeno na velké množství senzorů po celém automobilu. Samotné záznamové zařízení je uloženo na dobře chráněném místě mimo destrukční zóny automobilu. Zpravidla se EDR umísťuje pod sedadlo řidiče či do palubní desky automobilu. Tímto je zabráněno ztrátě dat při velké deformaci automobilu. [12]

Vyskytuje se mnoho druhů těchto zařízení s různými funkcemi, ať už v rámci jednoho či různých výrobců. Základní veličiny, které musí každé EDR zaznamenávat, v jakém časovém horizontu a s jakou frekvencí jsou přesně dané. NHTSA (Úřad pro bezpečnost silničního provozu) vydal dokument, který standardizuje zaznamenávaná data z důvodu zvýšení bezpečnostního dopadu EDR. Standardizace dat dává statistikům lepší možnosti vyhodnocení a následného navržení opatření pro redukci počtu zranění, úmrtí a hmotných škod. Podle NHTSA musí každé EDR zaznamenávat 15 různých veličin s minimální frekvencí a trváním záznamu. Jsou to rychlost vozidla, zrychlení vozidla, stav vozidla, činnost/nečinnost motoru, zda byly bezpečnostní pásy zapnuty a aktivaci airbagů. Téměř vždy jsou data zapsána v hexadecimálním kódu. Podrobnější seznam veličin nalezneme v tabulce A.1 v příloze A. Volitelnými položkami na seznamu veličin jsou například:

- Příčná změna rychlosti
- Otáčky motoru
- Úhel natočení vozidla
- Aktivace ABS
- Aktivace stabilizačních systémů
- Aktivace bočních airbagů
- Pozice sedadla řidiče a spolujezdce [12]

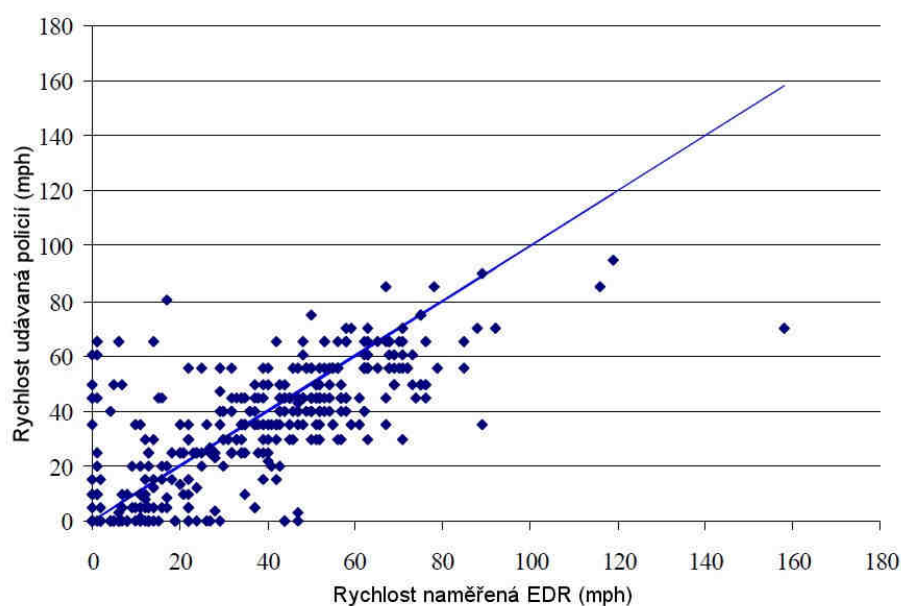
Systém EDR je schopen zaznamenávat dva typy nehod. Zprvé jsou to nehody, při kterých nedojde k aktivaci airbagů. Algoritmus vyhodnotí nehodu, a pokud dojde k naplnění podmínek algoritmu, zahájí zaznamenávání veličin. Záznamy, které nejsou pořízeny za podmínky aktivace airbagů, se většinou samy odstraní po určitém počtu cyklů nastartování automobilu. U EDR, které jsou montovány do automobilů společnosti General Motors, je to zpravidla po 250 cyklech, což průměrně odpovídá 60-ti dnům. Za druhé jsou to nehody, při kterých dojde k aktivaci airbagů a k záznamu veličin dochází automaticky. Většina EDR je schopna zaznamenávat aktivaci až dvou airbagů. Podle statistik, které si nechal udělat americký úřad pro bezpečnost na silnicích, vyplývá, že v 49 % případů byl záznam spuštěn bez aktivace airbagů. V 16% byl spuštěn po aktivaci jednoho airbagu a v ostatních případech bylo zaznamenáno více událostí. [12] [13] [14]



### 3.2.1 Analýza přesnosti systému EDR

V roce 2008 si nechal Úřad pro bezpečnost silničního provozu vypracovat analýzu EDR. K analýze bylo použito různých záznamů z EDR a to značek GM a Ford z let 2000 až 2005. Data výroby automobilů, u kterých byla data pořízena, se pohybovala v rozmezí od roku 1994 do roku 2005. Z výsledků je patrné, že 7,9% nehod bylo způsobeno čelní srážkou vozidel jedoucích opačným směrem a 25-ti % nehod se účastnilo pouze jedno vozidlo. Rychlost jízdy vozidla před nárazem je velmi důležitý parametr z hlediska objasnění nehody a také následných bezpečnostních opatření. U čelní srážky byla průměrná rychlost naměřená pomocí EDR 45,1 mil za hodinu, což dělá rozdíl téměř 11% oproti průměrné rychlosti 40,0 mil za hodinu udávané policií. Zajímavé je, že pouze 45% dat z EDR při čelní srážce spadá do intervalu  $\pm 20\%$  od hodnoty udávané policií. Celkově byla průměrná rychlost EDR 37,3 mil za hodinu a udávaná policií byla 34,7, což je rozdíl zhruba 7%. Do intervalu  $\pm 20\%$  od udávané hodnoty se EDR vešlo ve 160 ze 361 případů a do intervalu  $\pm 10\%$  se vešlo v pouhých 25-ti % případů. [13]

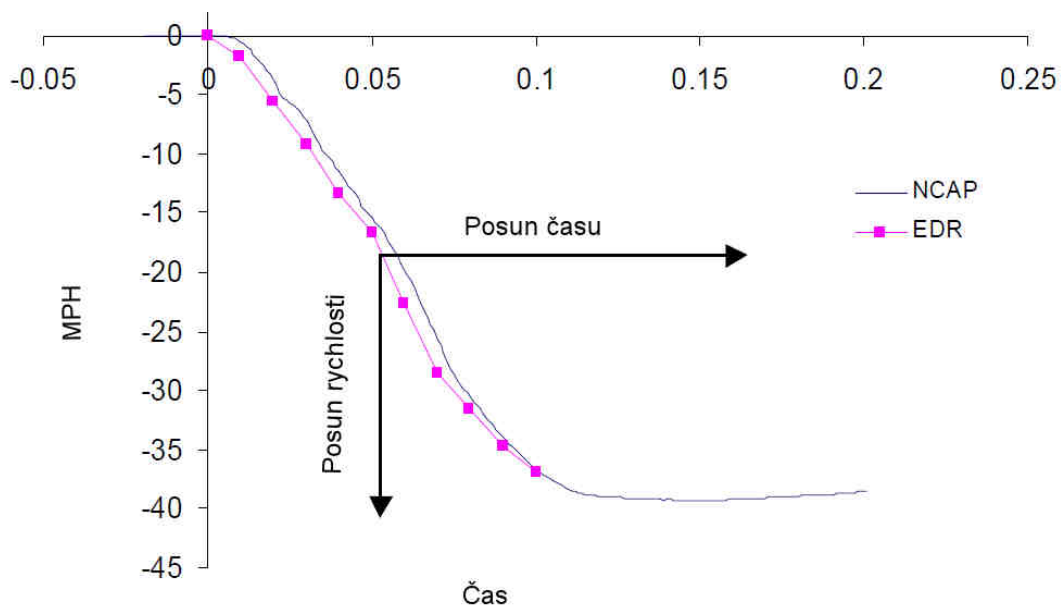
Obrázek 3 nám ukazuje závislost rychlosti naměřené za pomoci EDR na rychlosti udávané policií. Na příjme, která nám zobrazuje lineární závislost hodnot naměřených policií a EDR, by v ideálním případě měly ležet všechny body grafu. To by znamenalo, že rychlost naměřená pomocí EDR a rychlost udávaná policií je shodná. Extrémní hodnoty v grafu, jako jsou nulové rychlosti udávané EDR, mohou být způsobeny technickými problémy, jako jsou například ztráta elektrické energie při dopravní nehodě či přepětí a podobné důvody.



Obrázek 3 – Závislost rychlosti udávané policií na rychlosti zaznamenané systémem EDR [14]

### 3.2.2 Analýza přesnosti Petera Niehoffa

Analýzu přesnosti měření provedl také Peter Niehoff z Rowan University. V této analýze se zabýval EDR z let 2000-2005, montovaných do vozidel značek General Motors, Ford a Toyota. Laboratorní crash testy, které použil pro svoji analýzu, byly provedeny v širokém spektru nasimulovaných kolizí. Do automobilů byla nainstalována přesná laboratorní technika, která zaručuje přesné výsledky. Data byla použita z 37 nezávislých cash testů. Laboratorní přístroje nebyly v automobilu umístěny na stejném místě jako zařízení EDR. Problém nastal u vychýlených nárazů a nárazů pod určitým úhlem. Zde se mohla data lišit v závislosti na poloze měřicí techniky ve vozidle.



[15]

Obrázek 4 – Způsob srovnání dat systému EDR a NHTSA [15]

Problém nastal při sjednocení dat naměřených laboratorními přístroji a pomocí EDR. NHTSA, který tyto testy prováděl, považuje za počátek dopravní nehody čas, kdy došlo k nárazu do vozidla či bariéry. Naopak EDR začíná zaznamenávat data až po takzvaném „probuzení“ algoritmu a to se děje obvykle při zrychlení 1-2 G. Data z EDR byla posunuta jak po časové ose, tak i po ose dané veličiny. Děje se tak, jelikož za časový úsek, o který začne EDR zaznamenávat později, nezachytí změnu rychlosti, která nastala během prvních okamžiků. Proto nejsou data srovnána podle časové osy, ani podle osy změny rychlosti. Bylo proto nutné před každým srovnáním posunout data tak, aby jejich výchozí bod byl totožný, jak můžeme vidět na obrázku 4.

[15]

Porovnání bylo provedeno na základě naměřených absolutních hodnot a bylo zjištěno, že při přímém čelním nárazu byla průměrná chyba 5,75% oproti přesným laboratorním přístrojům. Pro vychýlený čelní náraz byla průměrná chyba 6,04 % pro podélnou změnu rychlosti. Pro příčnou změnu rychlosti je průměrná chyba v měření necelých 19%. Tato chyba je však pravděpodobně způsobena nestejným uložením EDR a laboratorních přístrojů. [15]

**Tabulka 3 – Procentuální chybovost jednotlivých měření systémem EDR [15]**

	Všechny nárazy	Čelní náraz	Boční náraz	Plný čelní náraz	Vychýlený náraz
počet	31	28	3	21	7
průměr	7,05	5,82	18,56	5,75	6,04
minimum	0,19	0,19	14,4	0,19	1,19
maximum	21,47	14,85	21,47	13,41	14,85

Během měření byl zjištěn problém s nedostatečnou dobou zaznamenávání dat. Většina EDR nebyla schopna zaznamenat průběh celé dopravní nehody. Jedna třetina EDR ve vozech značky General Motors nebyla schopna zaznamenat 10% či větší část dopravní nehody. Některá z EDR montovaných do zkoušených vozidel byla schopna zaznamenávat také některé veličiny pro pětisekundový děj před nehodou. V tomto případě bylo zjištěno, že u 28 těchto zařízení byl rozdíl rychlosti naměřené těsně před nárazem od aktuální rychlosti vozidla do 1 míle za hodinu. V tabulce 3 vidíme procentuální chybovosti jednotlivých měření. [15]

Je vidět velký rozdíl oproti studii provedené NHTSA, který uváděl velmi odlišné hodnoty, jak bylo popsáno výše. V případě úřadu pro bezpečnost silničního provozu však docházelo k porovnání s daty, které byly dopočteny až po dopravní nehodě a mohly tedy být nepřesné. U porovnání od Petera Niehoffa docházelo k porovnání s přesnými měřicími přístroji a můžeme tedy usuzovat, že toto měření je směrodatné a EDR můžeme považovat za věrohodný zdroj dat.

### 3.3 Zařízení pro záznam fyzikálních veličin

Tato zařízení jsou nejčastěji využívána pro dokumentaci jízdy spojenou s možným rizikem dopravní nehody, kdy majitel zařízení má možnost reprodukce dopravní nehody v případě, že chybí důkazy o dopravní nehodě, jedná se o pojistný podvod, není jasný viník celé situace či dojde k odlišným výpovědím účastníků nehody. Zařízení jsou schopna zaznamenávat různé veličiny. Mezi nejčastější patří záznam obrazu, rychlosti, zrychlení a polohy.

Tato zařízení jsou doplněna o speciální software, který má mnoho funkcí. Ten je schopen data exportovat tak, že trasa zaznamenaná pomocí GPS je promítnuta do mapového podkladu. Dále je schopen promítnout data z akcelerometru a video přehrávače tak, že je vše synchronizováno a nelze žádným způsobem do těchto dat zasáhnout. Pouze některá dražší zařízení dokáží data exportovat ve formátu CSV. Zařízení můžeme rozdělit do několika skupin, v závislosti na veličinách, které dokáží zaznamenat, a také v závislosti na formátu, ve kterém jsou data publikována:

- 1) Zařízení pouze s kamerou
- 2) Zařízení s kamerou a akcelerometrem
- 3) Zařízení s kamerou a GPS
- 4) Zařízení s kamerou, GPS a akcelerometrem
- 5) Zařízení s dvěma kamerami
- 6) Zařízení s výstupem ve formátu CSV

První zaznamenanou veličinou je video. Zařízení většinou dokáží zaznamenat video v rozlišení v rozsahu od VGA, tedy rozlišení 640 x 480 bodů, až po kamery s fullHD rozlišením 1920 x 1080 bodů. U většiny zařízení s lepším rozlišením je možno zvolit si kvalitu záznamu na základě preferencí uživatele. Video je zpravidla zaznamenáváno frekvencí 30 snímků za sekundu. Na trhu jsou kamery s frekvencí záznamu 60 popřípadě 120 snímků za sekundu. Úhel záběru je také odlišný v závislosti na kvalitě zařízení. Úhly záběru jsou zpravidla v rozsahu od 90° do 120°. Vybrané modely nabízejí dokonce 130° a 140° úhel záběru.

Souřadnice GPS jsou další veličinou, kterou některá zařízení dokáží zaznamenat. Přesnější informace o třídě přesnosti, frekvenci a dalších parametrech výrobci neuvádějí. Pomocí globálního pozičního systému zaznamenává zařízení aktuální rychlost a polohu a kompletuje tyto informace společně s videem tak, aby nebylo možné tyto údaje změnit či znehodnotit. Dále jsou přidávány informace z akcelerometru o aktuálních naměřených zrychlení ve všech osách. Přesnější

informace o třídě přesnosti, frekvenci a dalších parametrech zrychlení výrobci neuvádějí. V následující části popíši jednotlivá zapůjčená zařízení a jejich software.

### **3.3.1 Zircon Blackbox GD2708 GPS**

Balení dodávané výrobcem obsahuje samotný přístroj, napájecí kabel, držák, SD kartu a software. Zařízení se skládá z kamery, vestavěné GPS antény, akcelerometru, LED indikátorů, tlačítka pro ruční nahrávání, mikrofonu a reproduktoru. Zircon je schopen nahrávat video před a po nehodě a to v délce 10-300 sekund. Zařízení není schopno průběžného zaznamenávání. Zircon dokáže uložit záznam na základě informací od akcelerometru o překročení nastavené hranice zrychlení.

K zařízení je dodáván software pro správu a vyhodnocení záznamů. Software zobrazuje informace z akcelerometru, které jsou následně v textovém souboru dostupné pro další vyhodnocení, informace o poloze vozidla a dokáže snímat a následně tisknout jednotlivé snímky video záznamu. Pomocí softwaru můžeme nastavit jednotlivé parametry záznamu:

- Nastavení délky záznamu před událostí
- Délka videa
- Délka sekce
- Citlivost senzoru zrychlení v jednotlivých osách
- Čas
- Časové pásmo
- Zobrazení razítka na video záznamu

Software se skládá z jednotlivých podoken, které vidíme na obrázku 10:

1. Zobrazení video záznamu
2. Předěšlý/ následující záznam
3. Zobrazení aktuální polohy vzhledem k přehrávanému záznamu
4. Graf zrychlení
5. Správa a nastavení záznamu



Obrázek 5 – Software zařízení Zircon

Technické parametry zařízení udávané výrobcem jsou zobrazeny v tabulce B.5 v příloze B.

### 3.3.2 View-i

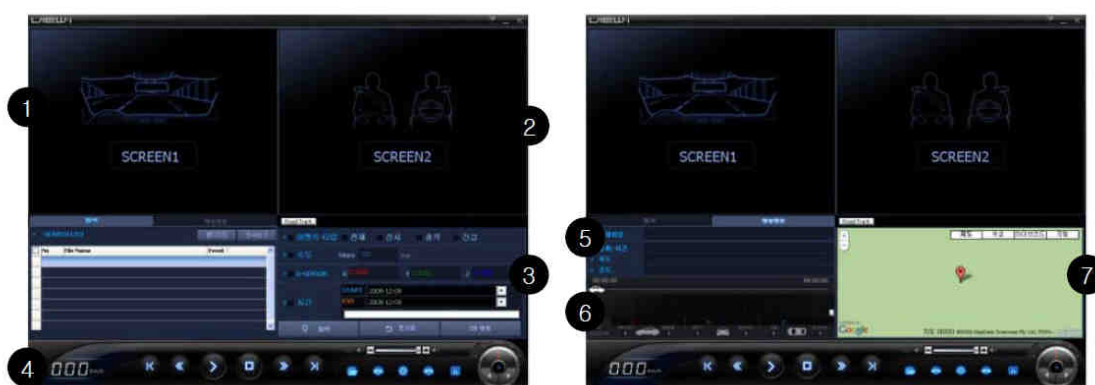
View-i je zařízení pro záznam fyzikálních veličin. Obsahem balení tohoto zařízení je samotný přístroj, SD karta, držák s oboustrannou lepicí páskou, uživatelská příručka, příchytky pro kabel napájení, kabel napájení a TV kabel.

Zařízení je vybaveno stálým nahráváním video záznamu. Pokud dojde k naplnění kapacity paměťové SD karty, automaticky se přemazávají nejstarší uložené záznamy. Zařízení disponuje automatickým uložením video záznamu nehody. Tato funkce je aktivována při zjištění nastavené hodnoty tíhového zrychlení, nebo po manuálním stisku tlačítka pro spuštění záznamu. V obou případech se uloží 15 sekund před a 15 sekund po dané události. Zaznamenat je možno až 200 takovýchto událostí.

Dále je zařízení vybaveno nahráváním zvukového záznamu, focením snímků, zabudovaným přijímačem GPS signálu, zabudovaným akcelerometrem a výstupem pro přehrávání videa pomocí televize. Zařízení obsahuje tři diody různých barev, které indikují aktuální stav nahrávání záznamu, GPS signálu a zvukového záznamu.

K zařízení je standardně dodáván také software pro správu a vyhodnocení pořízených záznamů. Program je rozdělen na několik podoken. V každém z nich se zobrazují různé informace podle obrázku 5:

1. Video záznam přední kamery (situace před vozidlem)
2. Video záznam zadní kamery (situace ve vozidle)
3. Seznam nahraných událostí s možností vyhledávání dle různých kritérií
4. Ukazatel aktuální rychlosti vozidla
5. Graf zrychlení všech tří os
6. Bližší informace o právě přehrávaném záznamu
7. Aktuální pozice



Obrázek 6 – Software zařízení View-i [16]

Zařízení je schopno generovat trasu jízdy, kterou je možné převést do formátu KML. Software umožňuje zobrazení detailu grafu pro rychlost a zrychlení ve všech třech směrech. Software nabízí vytvoření zprávy o nehodě a diagnostiku stylu jízdy za pomoci dat z akcelerometru.

Zařízení umožňuje nastavení parametrů záznamu podle uživatelských preferencí. V nastavení zařízení můžeme měnit vlastnosti následujícím položkám:

- Kvalita videa v základních 4 módech: best, good, normal a compact
- Jas videa na stupnici od -4 do +4
- Citlivost akcelerometru od 0,1 pro nejvyšší citlivost do 2 pro nejnižší citlivost na nehodu
- Délka záznamu v rozsahu od 0 do 15 sekund před a po aktivaci akcelerometrem či tlačítkem pro zaznamenávání

- Délka jednoho záznamu pro režim stálého zaznamenávání od 30 do 120 sekund
- Aktuální čas
- Časové pásmo
- Aktivace upozornění na nahrávání

Technické parametry jsou uvedeny v tabulce B.1 v příloze B.

### **3.3.3 Carcam III**

Zařízení Carcam III je vybaveno dvojicí otočných kamer, ovládacími tlačítky, indikačními diodami, obrazovkou, výstupem pro přehrávání videa na TV, zabudovaným třiosým akcelerometrem, konektorem pro externí GPS modul, mikrofonom a reproduktorem pro přehrávání zvukové stopy.

Po připojení zařízení do napájení se při nastartování automobilu kamera sama zapne a začne nahrávat až po zhasnutí motoru. Nahrávání lze zahájit či ukončit speciálním tlačítkem. Stisknutím tlačítka SAVE dojde k uložení inkriminovaného záznamu tak, aby nebyl přemazán nově uloženými nahrávkami. K uložení dochází, i pokud zrychlení v jedné ze tří os dosáhne nastavené hodnoty dle volby citlivosti akcelerometru. Zařízení dovoluje nastavení několika parametrů:

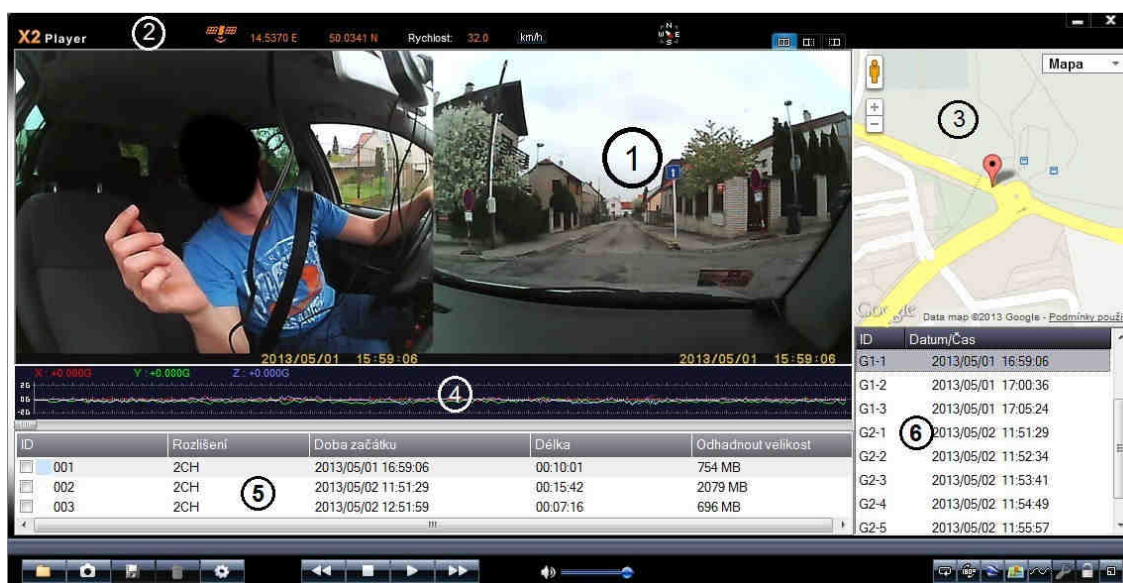
- Citlivost akcelerometru ( nízká/střední/vysoká/vypnuto)
- GPS (zapnuto/vypnuto)
- Záznam zvuku (zapnuto/vypnuto)
- Naformátování karty (zapnuto/vypnuto)
- Kódování výstupního obrazu
- Nastavení času
- Jazyk
- Frekvence záznamu (50 Hz/60Hz)
- Indikace led diodami (zapnuto/vypnuto)
- Obnovení továrního nastavení

Carcam III obsahuje software pro správu a vyhodnocení nahrávek. Software poskytuje základní funkce: zabezpečení SD karty heslem, oprava poškozených souborů, zobrazení údajů z GPS a zobrazení trasy vozidla pomocí Google Earth, zobrazení údajů z akcelerometru, zachycení snímku videa, uložení záznamu ve formátu AVI na pevný disk a formátování karty.



Software zařízení Carcam III se skládá z následujících podoken, která vidíme na obrázku 6:

1. Vlastní přehrávání záznamu z obou kamer
2. Informace o poloze a rychlosti automobilu
3. Informace o poloze, zobrazené v mapě
4. Graf zrychlení
5. Skupiny záznamů uložené na SD kartě
6. Všechny záznamy uložené na SD kartě



Obrázek 7 – Software zařízení Carcam III

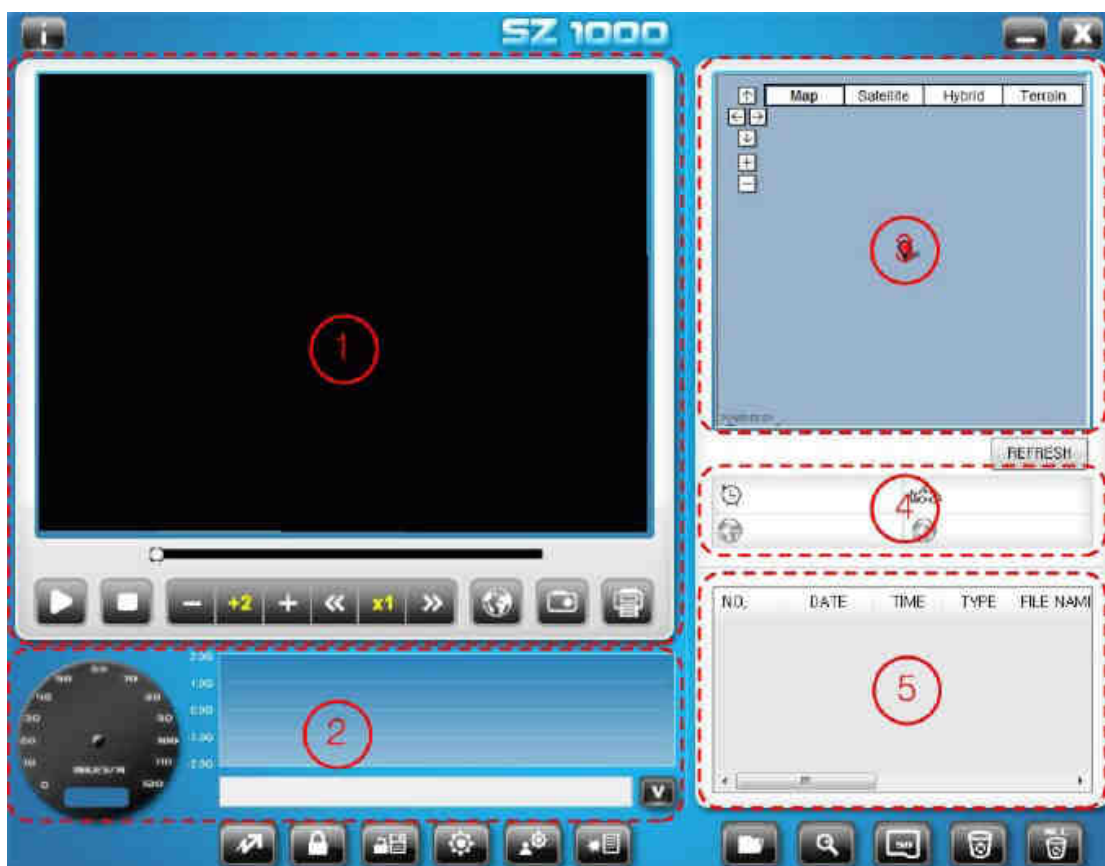
Technické parametry zařízení jsou uvedeny v tabulce B.2 v příloze B.

### 3.3.4 X-corder

V balení přístroje se nachází zařízení, SD karta, nabíjecí kabel, držáky, oboustranná lepicí páska a uživatelská příručka. X-corder obsahuje kameru, GPS přijímač, akcelerometr, čtveřici LED diod pro indikaci aktuálního stavu, tlačítko EVENT pro přepínání mezi stálým záznamem a záznamem v případě nehody, tlačítko MUTE pro spuštění či vypnutí zvuku v záznamu, tlačítko EMERGENCY, pro nahrávání nehody, mikrofon a AV výstup. Zařízení je schopno režimu stálého záznamu. V případě nehody či stisknutí tlačítka EMERGENCY se uloží záznam od 15 sekund před událostí do 15 sekund po události. X-corder nabízí nastavení několika parametrů záznamu:

- Jméno řidiče

- Registrační značka
- Nastavení hodnoty zrychlení pro zapnutí uložení záznamu v případě nehody
- Frekvence snímkování
- Šifrování záznamu
- Nastavení časového pásma



Obrázek 8 – Software zařízení X-corder [18]

X-corder obsahuje software pro správu a vyhodnocení záznamů. Software je zobrazen na obrázku 7 a obsahuje základní podokna:

1. Přehrávání videa
2. Graf zrychlení popřípadě rychlosti vozidla
3. Zobrazení trasy vzhledem k přehrávanému záznamu
4. Zobrazení údajů z GPS
5. Tabulka záznamů

Dalšími funkcemi, které software nabízí, jsou vyhledávání v záznamech, vymazání popřípadě uložení záznamů na pevný disk počítače, nastavení hesla, nastavení parametrů softwaru a zobrazení seznamu všech zaznamenaných událostí, které byly spuštěny tlačítkem EMERGENCY nebo překročením hodnoty zrychlení.

Technické parametry zařízení nalezneme v tabulce B.3 v příloze B.

### 3.3.5 DVRB 21

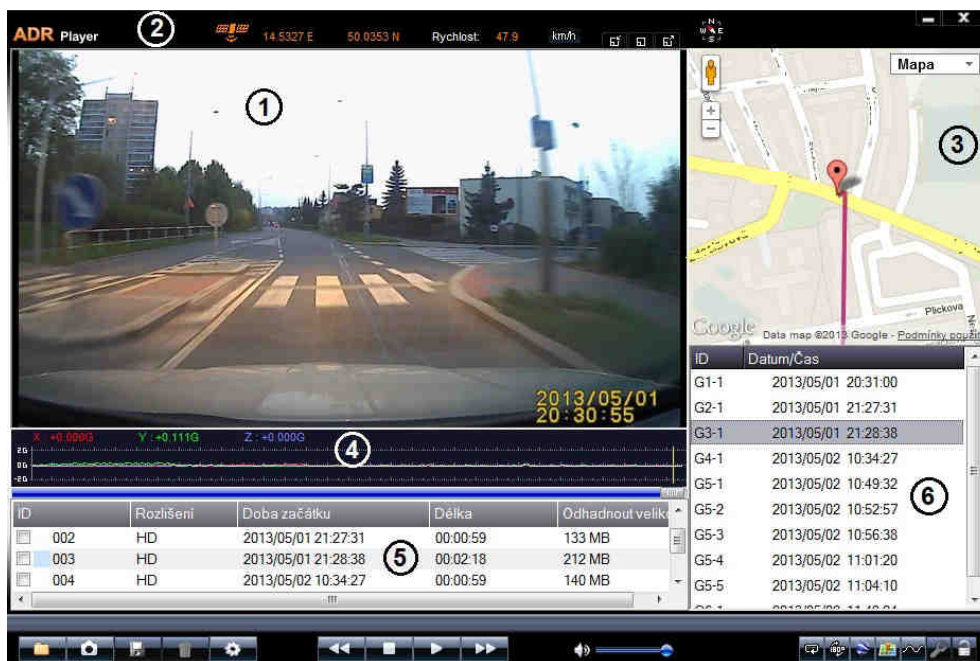
Balení zařízení obsahuje samotné zařízení, montážní konzoli, napájecí kabel, upevňovač kabelů a uživatelskou příručku. DVRB 21 se skládá z hlavního vypínače zařízení, čtveřice ovládacích tlačítek, 2,4“ displeje, akcelerometru, GPS a výstupu pro napájení.

Zařízení je vybaveno stálým záznamem s možností uzamčení souboru proti přepsání a to manuální spouští nebo po zásahu akcelerometru. DVRB 21 nabízí 3 typy zobrazení uzamčeného souboru. Žlutě je označen manuálně uzamčený soubor, modře je označen soubor uložený po zásahu akcelerometru a červeně soubor, který byl pořízen za obou výše uvedených situací. Přímou v zařízení lze stanovit několik položek nastavení:

- Kvalita videa
  - Rozlišení VGA (640 x 480) nebo HD (1280 x 720)
- Nastavení data a času
- Formátování paměťové karty
- Zvuková signalizace
- Nahrávání zvuku
- Jazyk
- Citlivost senzoru zrychlení
  - Tři úrovně citlivosti senzoru: nízká (2G), střední (1,5 G) a vysoká (1 G)

Software zařízení je zobrazen na obrázku 8 a obsahuje základní podokna:

1. Zobrazení video záznamu
2. Informace o poloze a rychlosti automobilu
3. Zobrazení polohy vzhledem k aktuálnímu stavu přehrávání
4. Graf zrychlení vzhledem k aktuálnímu stavu přehrávání
5. Seznam skupin záznamů
6. Seznam jednotlivých záznamů



Obrázek 9 – Software zařízení DVRB21

Dalšími možnostmi softwaru jsou uložení snímku z video záznamu ve formátu JPG, export záznamů na pevný disk, formátování a nastavení hesla SD karty a export do formátu KML. Technické parametry zařízení DVRB 21 jsou zobrazeny v tabulce B.4 v příloze B.

### 3.3.6 Mivue 358

Balení obsahuje zařízení, držák na sklo a nabíjecí kabel. Samotné zařízení se skládá z pěti tlačítek pro ovládání přístroje, kamery pro zaznamenání video záznamu, reproduktoru, indikátoru stavu, konektory pro nabíjení a připojení externího zařízení, mikrofonu a akcelerometru.

MiVue je schopno zaznamenávat ihned po nastartování vozidla, průběžným záznamem uchovat informace a po zhasnutí motoru vozidla se samo vypnout a ukončit záznam. Zařízení nabízí záznam při nehodě, který může být spuštěn po dosažení hodnoty nastavené na akcelerometru či stisknutím tlačítka. Po této akci nebude takový záznam přemazán novějším a také nebude rozdělen do více souborů. MiVue 358 nabízí možnost fotografování, když je zároveň zaznamenáváno video. V menu zařízení je možno nastavit následující položky:

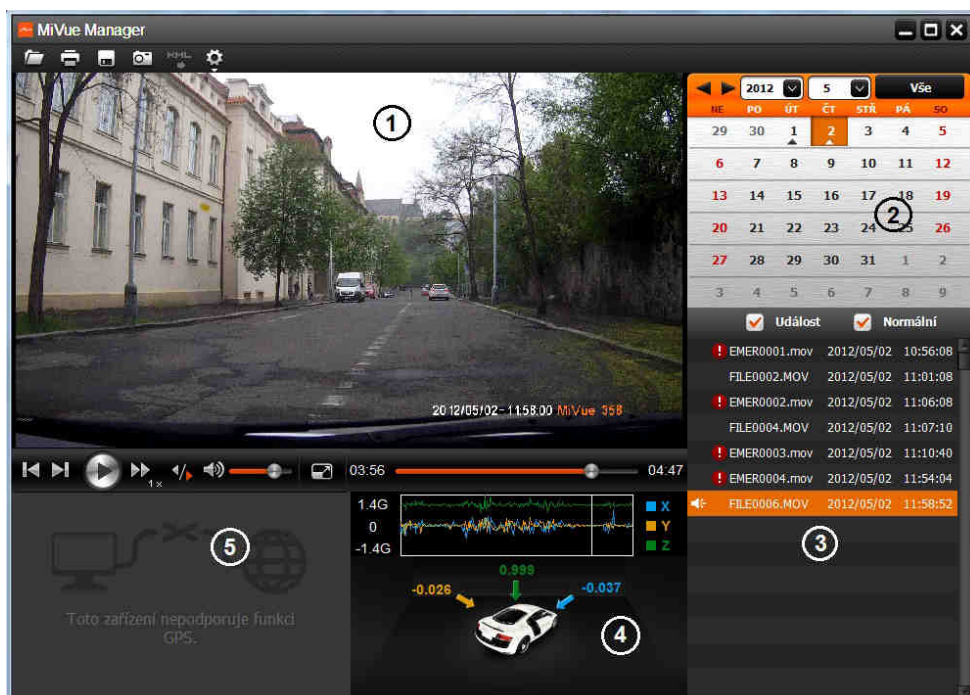
- Přehrání záznamu (slouží k přehrání jednotlivých záznamů)
- Nastavení data a času
- Zobrazení data a času v záznamu
- Rozlišení video záznamu
- Automatické vypnutí displeje

- Zvukový záznam
- Započítání nahrávání po zapnutí
- Délka jednotlivých záznamů
- Detekce pohybu
- Citlivost akcelerometru
- Prodleva automatického vypnutí
- Jazyk
- Smazání souborů
- Formátování paměťové karty
- Tovární nastavení

MiVue 358 nabízí software pro správu a vyhodnocení záznamů. Software je zobrazen na obrázku 9 a obsahuje základní podokna:

1. Zobrazení video záznamu
2. Kalendář s vyznačenými dny, kdy byly pořízeny záznamy
3. Seznam záznamů ve vybraný den
4. Graf a hodnoty zrychlení
5. Zobrazení mapy v případě podpory GPS modulu

Software dále dokáže exportovat záznamy z GPS do formátu KML pro další použití, umí zhotovit fotografii z video záznamu v inkriminovaný moment a uložit záznamy na předem vybrané místo v počítači.



Obrázek 10 – Software zařízení MiVue 358

## 4. Legislativa spojená se zařízeními tohoto typu

### 4.1 Umístění zařízení ve vozidle

Zákon se věnuje obecně zařízením, která jsou umístěna na předním skle automobilu a to ve vyhlášce č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění vyhlášky č. 182/2011 Sb. Dle ustanovení § 34 odst. 3 vyhlášky č. 341/2002 Sb. je nutné dodržet následující:

*„V zorném poli řidiče nesmí být umístěny žádné předměty (např. okrasné a upomínkové předměty), které by omezovaly výhled řidiče všemi směry, s výjimkou schválených označení určených k umístění na skla vozidla. Tato podmínka neplatí pro zadní skla vozidel kategorie M3.“* [22]

Nepřesnost se nachází v termínu zorné pole. Vyhláška nespecifikuje termín zorné pole, proto lze ustanovení vyložit různými směry. Řidičovo zorné pole je zčásti tvořeno kapotou vozidla. Pokud má řidič umístěno zařízení tak, že zakrývá tuto kapotu, dá se říci, že zařízení neomezuje výhled řidiče, avšak je umístěno v zorném poli řidiče. V tomto případě se domnívám, že umístění zařízení by bylo v souladu se zákonem a proto je možné ho takto instalovat. Problémem je, že výrobci zařízení pro záznam fyzikálních veličin doporučují, aby bylo zařízení umístěno ve vrchní části předního skla automobilu, aby tak byl zajištěn kvalitní záznam všech veličin. V tomto případě již vidím střet v souvislosti s výše uvedenou vyhláškou. Zařízení by teoreticky bylo možno umístit za přední zpětné zrcátko automobilu. Zařízení však svojí velikostí často přesahují rozměry zpětného zrcátka. [23]

Domnívám se, že posouzení zorného pole řidiče je velmi subjektivní záležitost. Pokud vezmeme v úvahu, že každý z nás je jiných proporcí a často jsou tyto rozdíly velmi markantní. Dále musíme přihlídnout k tomu, že sezení a nastavení sedadla je u každého řidiče velmi individuální. Z těchto důvodů se dle mého názoru velmi špatně určuje individuální zorné pole řidiče.

### 4.2 Záznam fyzikálních veličin jako důkaz

Zařízení pro záznam fyzikálních veličin jsou v dnešní době pořizována zákazníky zejména kvůli ochraně jejich majetku, možnosti prokázání jejich nevinny v případě nejasností okolo dopravní nehody a jako obrana před fingovanou nehodou na jejich vrub (například vybrzdování). Pro záznam z těchto zařízení nastávají základní dva problémy:

1. Uznání jako důkazu u soudního přelíčení

## 2. Problém natáčení cizích osob v průběhu záznamu

Podle článku Českého rozhlasu, který se odkazuje na JUDr. Jana Černého z advokátní kanceláře Černý-Raupachová, je pouze velmi malá hranice mezi narušením soukromí, což můžeme pokládat například za video záznam obličejů osob, a využitím tohoto videa pro praktické účely, tedy použití jako důkazu. JUDr. Černý ještě dodává, že pokud by například zaznamenával přestupek, popřípadě trestný čin, ať už na mém majetku či cizím, jako protiprávní jednání to neshledává. [24]

Dle stejného článku jsou záznamy policie použitelné bez nejmenšího problému, jelikož tyto záznamy jsou věrohodné. JUDr. Jan Černý říká, že záznamy z amatérských zařízení, v této práci je nazývám zařízení pro záznam fyzikálních veličin, jsou posuzovány případ od případu, jelikož s těmito záznamy se dá dále manipulovat a velmi těžko se ověřuje jejich pravost a pro soud spadají do kategorie takzvané napadnutelných důkazů. JUDr. Jan Černý dále říká, že tyto záznamy jsou většinou používány jako takzvané podpůrné důkazy, kdy na takových důkazech nestojí obhajoba. Například pokud svědek něco tvrdí a soud by se rozhodoval o věrohodnosti této výpovědi, podloží to důkazem ze zařízení a potom se tento důkaz stane jednoznačnou záležitostí. [24]

### 4.3 Bezpečnost dat zaznamenaných systémem EDR v USA

Vlastnictví dat pořízených pomocí EDR se řídí regulami příslušného státu USA. Úřad pro bezpečnost silničního provozu považuje za vlastníka dat vlastníka vozidla, který s nimi může nakládat, jak uzná za vhodné. Soud však může vydat soudní příkaz, kterým je vlastník vozidla nucen poskytnout tato data pro objasnění nehody či odhalení fingoané nehody. K datům se po vydání soudního příkazu může dostat policie či pojišťovna a mohou s nimi nakládat jako s důkazem proti řidiči vozidla, který se účastnil dopravní nehody. K roku 2006 bylo tohoto postupu využito v již více než 100 soudních případech stát versus občan. [12]

Úřad pro bezpečnost silničního provozu vždy vyžaduje souhlas provozovatele vozidla k využití dat ze systému EDR pro analýzu bezpečnosti silničního provozu. Výrobce vozidla je povinen zmínit informaci v návodu k obsluze, že automobil je vybaven systémem EDR a také zmínit jeho funkce a účel zařízení. [12]



## 5. Experiment

Experiment za účelem porovnání zařízení a vyhodnocení jejich použitelnosti při rekonstrukci nehodového děje jsem prováděl dne 2.5.2013 v časovém rozmezí od 09:49 do 10:58. Při experimentu jsem naměřil teplotu vzduchu dosahující 15 °C, oblačnost spadala do kategorie zataženo, zaznamenány byly přeháňky a intenzita srážek byla velmi slabá.. V některých místech vozovky se tvořila místa s nahromaděnou vodní zásobou, zejména ve výmolech. Experiment byl proveden v automobilu Škoda Octavia první generace.

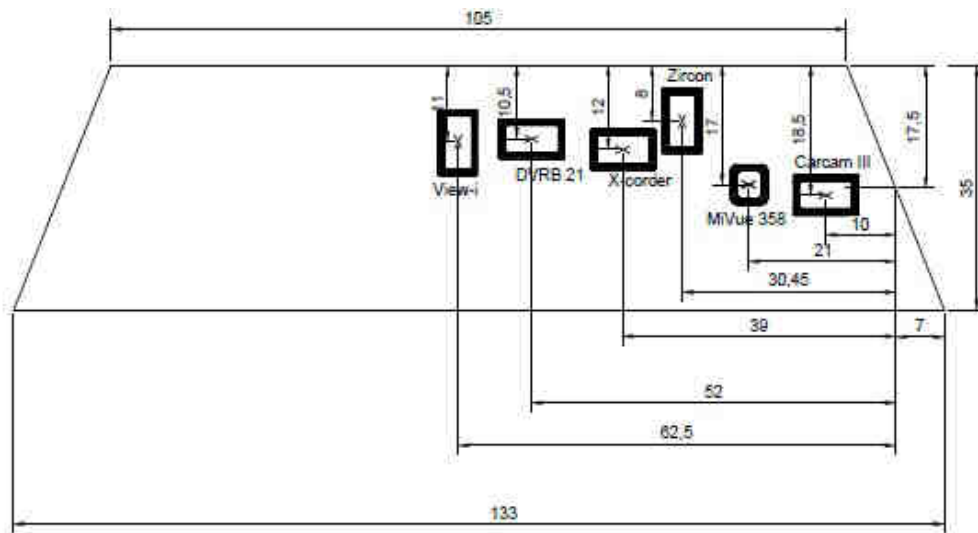
### 5.1 Trasa experimentu

Experiment se odehrál v druhé městské části Prahy. Trasa začínala na jižním konci ulice Studničkova, kde jsem testovaný automobil zastavil a poté započal s rozjezdem, abych byl schopen dohledat začátek experimentu. Trasa vedla ulicí Studničkova a to od jejího jižního konce, směrem na sever. V ulici Studničkova byl sklon zanedbatelný a jednalo se téměř o rovinnou plochu. Po 140 metrech přímé jízdy po ulici Studničkova, pokračovala trasa levým odbočením s úhlem odbočení 90° směrem do ulice Albertov. Trasa pokračovala mírným klesáním ulicí Albertov a to 220 metrů až po křižovatku s ulicí Hlavova. Na křižovatce ulic Albertov a Hlavova trasa odbočila do ulice Hlavova s úhlem odbočení 90°. Trasa pokračovala 75 metrů bez převýšení severním směrem ulicí Hlavova. Poté se ulice Hlavova stáčí východním směrem znovu s úhlem 90°. Trasa pokračovala 60 metrů až ke křižovatce ulic Korčákova a Hlavova, kde došlo k pravému odbočení do ulice Korčákova s úhlem odbočení 90°. Trasa pokračovala bez převýšení dalších 90 metrů až ke křižovatce ulic Korčákova a Horská, kde došlo k levému odbočení s úhlem odbočení 90° do ulice Horská, severním směrem. Následovalo mírné stoupání o délce 60 metrů až ke křižovatce ulic Horská a Votočkova. Zde došlo k levému odbočení do ulice Votočkova s úhlem odbočení 90°. Následovala jízda severním směrem ulicí Votočkova o délce 80 metrů s nulovým převýšením až ke křižovatce ulic Hlavova a Votočkova. Zde došlo k pravému odbočení do ulice Hlavova s úhlem odbočení 90°. Trasa pokračovala východním směrem ulicí Hlavova za mírného stoupání a délce trasy 100 metrů až po křižovatku ulic Hlavova a Studničkova. Zde trasa odbočila doprava do ulice Studničkova s úhlem odbočení 90°. Následovala jízda jižním směrem ulicí Studničkova bez převýšení o délce 60 metrů až k místu, odkud byla trasa započata. Trasa je znázorněna na obrázku D.1, který je uveden v příloze D.

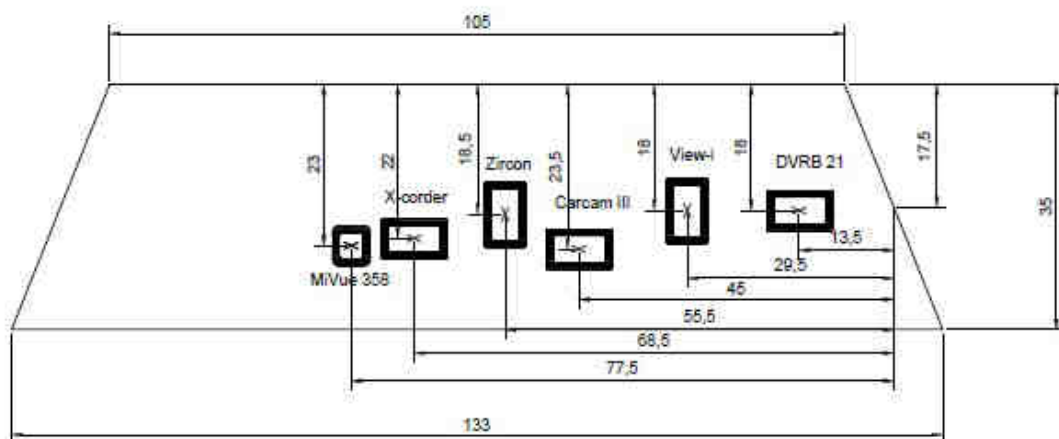


## 5.2 Části experimentu

Experiment se skládal ze tří částí. V první části jsem na předem připraveném okruhu otestoval všech šest zařízení, která byla nejdříve připevněna na čelním skle dle rozmístění I. na obrázku 11. Abych vyloučil chybu z důvodu výběru nesprávného místa umístění, v druhé části jsem vyměnil polohu zařízení a experiment jsem provedl znovu. Při druhém pokusu byla zařízení připevněna na čelním skle automobilu dle rozmístění II. na obrázku 11. V třetí a poslední části jsem provedl záznam nouzového brzdění.



**Rozmístění I.**



**Rozmístění II.**

Obrázek 11 – Rozmístění zařízení na čelním skle

### 5.3 Referenční zařízení MTi-G

Pro účely vyhodnocení bylo při testu použito multifunkční zařízení MTi-G. MTi-G je složeno z integrovaného GPS modulu a inerciální měřící jednotka. Zařízení je založeno na inerciálních senzorech MEMS<sup>1</sup>, miniaturním GPS přijímači a dalších přídavných senzorech: 3D magnetometrem a senzorem statického tlaku.

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 poloze. Z konstelace vyplývá, že umístění GPS satelitů je mnohem příhodnější pro určování horizontální polohy, než výšky. Proto pro zpřesňování údajů využívá MTi-G barometr. Kompletní technickou specifikaci zařízení MTi-G nalezneme v příloze C. [26]

### 5.4 Vyhodnocení experimentu

Při vyhodnocování výsledků měření jsem provedl základní porovnání:

- Rozpoznání registrační značky vybraného automobilu
- Porovnání hodnot zrychlení a rychlosti při nouzovém brzdění
- Porovnání přesnosti GPS
- Porovnání umístění na čelním skle automobilu při různých rozmístěních

Pro účely vyhodnocení bylo využito dat ze zařízení MTi-G jako referenčních, s kterými se porovnávala zařízení pro záznam fyzikálních veličin. Bylo tak učiněno z důvodu zaručené přesnosti přístroje a dostatečné frekvence záznamu dat. Ta byla pro naše měření nastavena na 100 Hz.

---

<sup>1</sup> MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) je označení technologie i produktů, které jsou touto metodou vyrobeny. Jsou to především mikro-mechanické a mikro-mechanicko-elektrické prvky uložené na keramické bázi, například akcelerometry, gyroskopy, mikropohony, mikročívky a další. [25]

### 5.4.1 Grafy rychlosti a zrychlení

Při vyhodnocování experimentu jsem na každém grafu rychlosti a zrychlení pro nouzové brzdění označil červeným kosočtvercem maximum z naměřených. V každém z grafů rychlosti je také vidět červená vertikální přímka, která určuje čas, ve kterém podle video záznamu došlo k zastavení vozidla, pro porovnání s udávaným zastavením vozidla z GPS modulu. V grafu zrychlení jsou zobrazeny dvě vertikální přímkky. Zelená přímka označuje čas přeřazení na druhý rychlostní stupeň a oranžová označuje čas přeřazení na třetí rychlostní stupeň. Při vyhodnocování dat z akcelerometru bylo nejdříve důležité určit osu, podle níž je porovnáván údaj zaznamenáván. Jelikož jsem porovnával zrychlení pouze pro jednu osu při nouzovém brzdění, bral jsem v potaz pouze osu procházející středy náprav automobilu, rovnoběžnou s povrchem vozovky. Označení této osy se u zařízení lišilo a byla identifikována pomocí zjevného průběhu grafu zrychlení, nebo podle jasné definice os v softwaru zařízení. Graf zrychlení jednotlivých zařízení byl zarovnán podle začátku pohybu dle video záznamu. Bylo tak učiněno, jelikož z pořízených dat většiny zařízení nebylo možno identifikovat počátek pohybu z důvodu malé frekvence záznamu a velkému šumu. Graf rychlosti byl také zarovnán podle již zmíněného započetí pohybu a byl ukončen v době, kdy zařízení vykazovalo nulovou hodnotu rychlosti.

### 5.4.2 Formát dat

Při vyhodnocení u zařízení Zircon a MiVue 358 bylo použito přesných dat, jež byla uložena v odlišném souboru stejného názvu, jako samotný video záznam. Tato data se lišila frekvencí a zaznamenanými veličinami. Podrobné specifikace budou rozepsány u jednotlivých zařízení níže. U zařízení Carcam III, DVRB21, X-corder a View-i bylo nutno nahrát plochu s otevřeným softwarem a puštěným záznamem pomocí programu SMrecorder. Vzniklé video jsem následně po jednotlivých snímcích vyhodnocoval a zapisoval hodnoty zrychlení a rychlosti. Tento postup jsem provedl z důvodu, že tato zařízení ani jejich software nejsou schopna exportu dat do formátu, v němž by byly jednotlivé hodnoty uvedeny, a dalo by se s nimi dále pracovat. Při tomto vyhodnocení jsem určil frekvenci záznamu na základě četnosti, s kterou se data v softwaru měnila. Frekvence záznamu proto nemusela být určena přesně a od skutečné frekvence se může lišit. Skutečnou frekvenci není možné zjistit, jelikož ji výrobci neudávají.

### 5.4.3 Přepočet zrychlení

Provedl jsem přepočet zrychlení, jelikož se na zařízeních lišily použité jednotky. Všechna komerční zařízení Zircon, MiVue 358, Carcam III, DVRB21, View-i i X-corder

zaznamenávala data v tíhovém zrychlení. Zařízení pro porovnání MTi-G zaznamenávalo data v metrech za sekundu na druhou. Proto jsem provedl přepočítání pro zařízení MTi-G na tíhové zrychlení  $g$ . Tento postup jsem zvolil, jelikož hodnoty, podle kterých byla přepočítána data u ostatních zařízení, nejsou známy. Pro přepočítání jsem využil tíhového bodu České gravimetrické sítě číslo 2010 v Praze na Novém Městě. Tento bod uvádí hodnotu  $g = 9,81018001 \text{ m/s}^2$ . [27]

## 5.5 MTi-G

Při vyhodnocování dat zrychlení z referenčního zařízení MTi-G bylo nejdříve nutno vložit je do již připraveného souboru Microsoft Excel, který daná data přepočítá. Přepočítání bylo provedeno, protože naměřená data 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. Limitní frekvence byla nastavena na 5 Hz a řád filtru na hodnotu 4. Tyto kroky byly provedeny v programu DIAdem.

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

Zrychlení bylo zaznamenáno s frekvencí 100 Hz. Graf zrychlení pro nouzové brzdění můžeme vidět na obrázku E.12 v příloze E. Na grafu je vidět propad zrychlení v časech 3 a 7 sekund z důvodu změny rychlostního stupně. V čase 10,00 s je vidět pokles hodnot na nulovou hodnotu a v čase 10,37 s započítání nouzového brzdění. Nárůst záporného zrychlení narůstá až do času 12,4 s, kde pozorujeme maximum o hodnotě  $-0,71779 \text{ g}$ . Následně pozorujeme úbytek zrychlení a v čase 13,20 s vidíme zrychlení kladného charakteru, které pokračuje tlumeným kmitáním až k nulové hodnotě. Tato skutečnost je způsobena kmity karoserie automobilu po zastavení z důvodu jeho odpružení.

Rychlost je zaznamenána s frekvencí 100 Hz. Na grafu opět můžeme rozpoznat dvě části s nižším nárůstem rychlosti. Tato místa jsou způsobena změnou rychlostního stupně. Pokud porovnáme graf zrychlení a rychlosti, vidíme, že tato místa na časové ose korespondují. V čase 10,21 dosahuje rychlost maxima o hodnotě 42,97 kilometrů za hodinu. Konec pohybu zcela nekoresponduje s daty z akcelerometru. Od času 10,21 vidíme prudké snižování rychlosti až do času 13,01. Zde dochází k růstu rychlosti a jejímu pomalému snižování až na nulovou hodnotu. Vzhledem k průběhu grafu můžeme tento vývoj označit jako chybný. Důvod chyby můžeme nalézt v již dříve zmíněných kmitech karoserie vozidla po úplném zastavení. Nasvědčuje tomu

i shodnost tlumení kmitání a klesání rychlosti na časové ose. Graf rychlosti v závislosti na čase je uveden na obrázku E.13 v příloze E.

## 5.6 DVRB 21

### 5.6.1 Software

DVRB 21 a jeho software není schopno exportovat uložené záznamy ve formátu, s kterým bychom byli schopni dále pracovat. Potřebná data je nutné ručně zaznamenávat přímo ze softwaru při přehrávání. Graf zrychlení, který se nachází přímo v softwaru je velmi malý a je téměř nemožné z něj prokazatelné hodnoty odečíst, jak je vidět na obrázku 12. Software nezobrazuje graf rychlosti.



Obrázek 12 – Software DVRB21 - graf zrychlení

Při rozpoznávání registrační značky automobilu nebylo zcela jasné, zda se v jednom případě jedná o číslo 5 či 6 a to ani po následném přiblížení. Za pomoci záznamu by se však automobil dal s největší pravděpodobností identifikovat. Fotografie vytvořenou softwarem můžeme vidět na obrázku 14.



Obrázek 14 – Rozpoznání RZ (DVRB21)



Obrázek 13 – Záznam trasy (DVRB21)

### 5.6.2 Vyhodnocení GPS

V případě prvního rozmístění kamer, zařízení DVRB 21 nebylo schopno přijímat signál GPS, přestože bylo umístěno na výrobcem označené místo, téměř doprostřed čelního skla pod zpětné zrcátko. V případě druhého rozmístění bylo zařízení schopno

zaznamenat GPS signál a po exportu do formátu KML vidíme výsledek na obrázku 13. Z obrázku je vidět, že s dostačující přesností jsme schopni určit ulici, ve které se aktuálně automobil nachází. Přesnější informace například o přesné poloze vozidla v rámci ulice nám již toto zařízení není schopno zachytit.

### **5.6.3 Vyhodnocení zrychlení**

DVRB21 zaznamenává zrychlení automobilu s odhadnutou frekvencí 4 Hz. Při záznamu nouzového brzdění měly všechny hodnoty zrychlení kladný charakter a to jak pro rozjezd, tak i pro zpomalení automobilu. Maximální hodnoty dosáhlo zrychlení v čase 12,25 s od počátku pohybu. Maximální hodnota zrychlení se rovnala + 0,667 g, což vypovídá o opačně orientované ose oproti MTi-G. V porovnání s MTi-G byla hodnota naměřena s přesností 93 % a rozdíl mezi oběma maximy činil 0,15 s. V čase 12,25 s naměřilo zařízení MTi-G hodnotu -0,69271 a přesnost tedy byla 96 %. Chyba měření tedy pravděpodobně nastala nedostatečnou frekvencí záznamu zrychlení. Měření v pásmu rozjezdu, tedy v části s nižšími hodnotami, vykazuje velmi značné chyby. Hodnoty z MTi-G se pohybují okolo hodnoty 0,2 g, zatímco ze zařízení DVRB21 okolo hodnoty 0,1 g. Musíme vzít v potaz, že osy jsou opačně orientované a v těchto případech dosahuje chyba až 0,3 g. Graf zrychlení zařízení DVRB21 můžeme vidět na obrázku E.1 v příloze E.

### **5.6.4 Vyhodnocení rychlosti**

Rychlost dosáhla maximální hodnoty 41,7 km/h v čase 12 s od počátku pohybu. V porovnání s MTi-G dosahuje DVRB21 přesnosti 97 % a odchylky 1,79 s. Ta je dána zpožděním GPS modulu, který je jasně viditelný na počátku grafu rychlosti, kde prvních 2,75 s je rychlost rovna nule a až poté skokově narůstá na 6,8 km/h. Zajímavý je fakt, že v době zastavení, odpozorované z video záznamu, je rychlost stále na maximální hodnotě 41,7 km/h. Na nulovou hodnotu se rychlost dostává až po 8,75 s. Graf rychlosti zaznamenaný zařízením DVRB 21 můžeme vidět na obrázku E.2 v příloze E.

## **5.7 Carcam III**

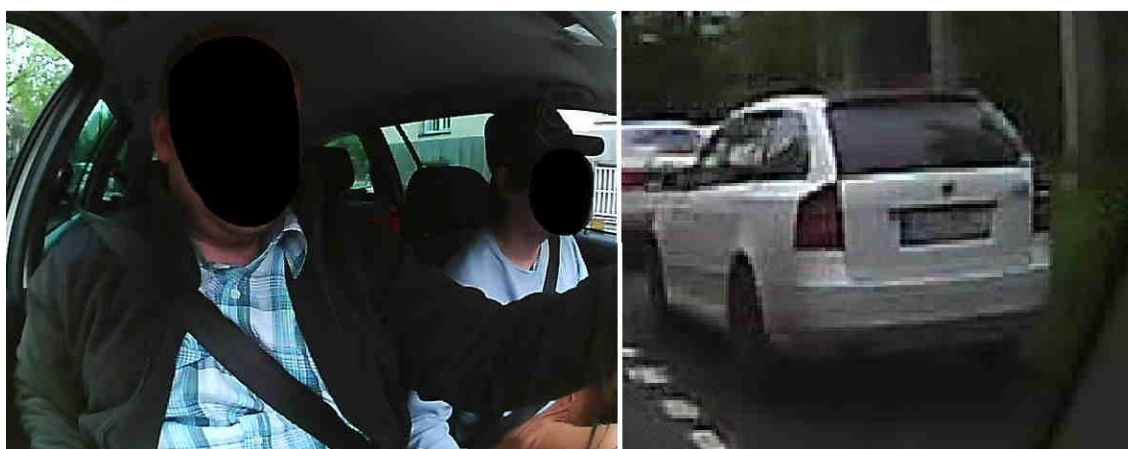
### **5.7.1 Software**

Carcam III využívá stejného softwaru jako konkurenční zařízení DVRB 21. Proto je export dat nemožný a pro vyhodnocení hodnot pro nouzové brzdění bude muset být využito odečtení a přepsání hodnot přímo z programu. Graf je stejně graficky vyveden jako u DVRB 21. Graf zrychlení je vidět na obrázku 15.



Obrázek 15 – Graf zrychlení (Carcam III)

Carcam III je osazeno dvěma kamerami, kdy každá může být libovolně nastavena podle různým úhlem. Kvalita obrazu je velmi špatná a při snaze o rozpoznání registrační značky jsem nebyl schopen identifikovat ani jednu číslici či písmeno. Pro záznam prostoru uvnitř auta je kvalita videa dostačující. Fotografie pořízenou softwarem můžeme vidět na obrázku 16, kde na levé straně vidíme obraz interiéru v nezměněné velikosti a na pravém straně zvětšený obraz automobilu.



Obrázek 16 – Rozpoznání RZ (Carcam III)

### 5.7.2 Vyhodnocení GPS

Zařízení bylo schopno v obou případech zachytit signál GPS. Ten se však v obou případech velmi značně lišil. Při prvním rozmístění zařízení byla zaznamenána poloha velmi nepřesně a kontrastovala s naměřenými hodnotami při druhém rozmístění. Tato skutečnost je zářející, jelikož zařízení Carcam III využívá externího modulu GPS, který byl v obou případech umístěn na stejném místě. Mohlo však při změně rozmístění dojít k jeho nepatrnému posunu a následnému lepšímu příjmu signálu. Porovnání obou záznamů vidíme na obrázku 17. Na levé straně je záznam polohy při prvním rozmístění a na pravém při druhém rozmístění.





Obrázek 17 – Záznam trasy (Carcam III)

### 5.7.3 Vyhodnocení zrychlení

Frekvence zrychlení zařízení Carcam III byla odhadnuta na 4 Hz. Při záznamu nouzového brzdění bylo zaznamenáno maximální zrychlení 1,333 g v čase 11 s od počátku pohybu, určeném za pomoci video záznamu. Odchyłka oproti zařízení MTi-G činí 85,7 % a to s časovým odstupem 1,4 s. Tato hodnota je s největší pravděpodobností chybou měření, jelikož následuje v grafu zrychlení druhé maximum s hodnotou 0,889 g. V tomto případě je odchyłka 0,4-0,65 s z důvodu dvou totožných hodnot 0,889 g. Pro hodnotu 0,889 g je odchyłka 25,25 %. Tato hodnota je relevantnější. Orientace osy je oproti MTi-G opačná. Graf zrychlení můžeme vidět na obrázku E.3 v příloze E.

### 5.7.4 Vyhodnocení rychlosti

Rychlost dosáhla maxima v čase 9,75 s od začátku pohybu. Maximální hodnota je 35 km/h, což je 81,45 % z hodnoty 42,97 naměřené zařízením MTi-G. Domnívám se, že z důvodu nízké frekvence záznamu rychlosti, nebyl Carcam III schopen zaznamenat maximální rychlost. Usuzuji tak, jelikož konec pohybu nastává již v čase 12,75 s s odstupem 0,25 s od posledního záznamu s hodnotou 35 km/h. U zařízení MTi-G bylo zaznamenáno maximum v čase 10,21 s. Z grafu je dále možno vyčíst, že nulovou hodnotu rychlosti udává Carcam III s rozdílem 9,75 s. Graf rychlosti můžeme vidět na obrázku E.4 v příloze E.

## 5.8 MiVue 358

Při záznamu ze zařízení MiVue 358 se vytváří dva soubory. První soubor je formátu MOV a jedná se o video záznam, v druhém případě se jedná o formát TXT a ten obsahuje informace o zrychlení z akcelerometru. Vzorkovací frekvence je 1 Hz, což je nevyhovující, když přihlédneme k faktu, že celá nehoda se odehrává v řádech desetin sekund. Data ve formátu TXT jsou velmi obtížně zpracovatelná, jelikož každý záznam z akcelerometru je uložen ve tvaru: \$GSENSOR,-0,010, 0,005, 0,932. Délka



tohoto řetězce je proměnlivá a záleží na znaménku před každým údajem. Proto je velmi obtížné a zdlouhavé získat jednotlivé složky zrychlení, při velkém počtu dat. Frekvence záznamu je pouze 1 Hz což je nedostačující frekvence.

### 5.8.1 Software

Software MiVue manager zobrazuje graf zrychlení. Příklad vidíme na obrázku 19, kde pod grafem vidíme působení zrychlení a tím jednoznačné určení os.



Obrázek 19 – Graf zrychlení (MiVue 358)



Obrázek 18 – Rozpoznání RZ (MiVue 358)

Při zjišťování RZ stojícího vozidla *obstálo* MiVue 358 velmi dobře. Dle obrázku 18 je velmi dobře viditelná RZ daného vozu. Můžeme identifikovat i státní příslušnost, která je uvedena na levé straně RZ v modrém rámečku. MiVue 358 nedisponuje GPS modulem a tudíž není schopno zaznamenat GPS signál.

### 5.8.2 Vyhodnocení zrychlení

Hodnoty zrychlení pro nouzové brzdění vykazují maximální hodnotu v čase 12 sekund od počátku pohybu s hodnotou 0,756 g. V porovnání se zařízením MTi-G bylo MiVue schopno zachytit zrychlení s odchylkou 5,32 % a s časovým posunem 0,4 s. Tento výsledek považuji za dostačující, musíme však přihlédnout k faktu, že zařízení zaznamenává frekvencí 1 Hz, která je pro vyhodnocení nehody nedostačující. Tento fakt je možno pozorovat zejména na začátku grafu, při nižších hodnotách tíhového zrychlení, kde vidíme ostré přechody mezi jednotlivými hodnotami a velkou nepřesnost měření. Graf zrychlení můžeme vidět na obrázku E.5 v příloze E.

## 5.9 View-i

### 5.9.1 Software

View-i a jeho software nabízí více možností pro vyhodnocení jízdy popřípadě nehodové události. Software dokáže exportovat soubor, který nám ukazuje

ekologičnost jízdy. To je pro objasnění nehody zcela irrelevantní údaj. Dále nabízí export dat o nastalé události. V něm je uveden zvolený obrazový materiál nehody, údaje o řidiči a vozidle, které jsou libovolně doplňitelné, dále informace o zrychlení v době nehody, poloze, rychlosti a datu. Pomocí softwaru si můžeme zobrazit zvětšený graf, jak pro rychlost, tak i pro zrychlení ve všech třech osách.

Při pokusu o rozpoznání RZ vozidla z video záznamu, jsem nebyl schopen identifikovat ani jedno z čísel či písmen a u některých typů vozů by zajisté byl problém s identifikací samotné RZ. V tomto ohledu je záznam nevyhovující. Fotografie pořízenou pomocí softwaru vidíme na obrázku 20.

### 5.9.2 Vyhodnocení GPS

Software dokáže promítnout záznam jízdy do mapového podkladu. Na obrázku 21 můžeme vidět, že v tomto ohledu obstálo zařízení dobře, až na malé odchylky na trase. Při obou měřeních bylo dosaženo stejných výsledků z GPS modulu. Pro účely rekonstrukce nehodového děje jsou však data nepoužitelná z důvodu malé přesnosti.



Obrázek 21 – Záznam trasy (View-i)



Obrázek 20 – Rozpoznání RZ (View-i)

### 5.9.3 Vyhodnocení zrychlení

Maximální hodnota tíhového zrychlení při nouzovém brzdění byla naměřena 0,378 g. To znamená, že přesnost měření byla 52,66 % s časovým odstupem 0,233 s. Frekvence záznamu byla vyhodnocena na 6 Hz. V přední části grafu, při rozjezdu vozidla, hodnoty neodpovídají zařízení MTi-G, jelikož se všechny hodnoty nacházejí v kladné polorovině. To je sice stejné jako u zařízení MTi-G, musíme však přihlídnout k faktu, že orientace os u obou zařízení je opačná. Graf závislosti tíhového zrychlení na čase je vidět na obrázku E.6 v příloze E.

#### 5.9.4 Vyhodnocení rychlosti

Frekvence záznamu rychlosti při nouzovém brzdění byla stanovena na 1 Hz. Nenulová hodnota rychlosti byla zaznamenána až po uplynutí 2,83 s od počátku pohybu. Maxima 39 km/h dosáhla rychlost v čase 11 s od počátku pohybu a ustálila se po dobu 1,83 s. Maximální rychlost tedy byla naměřena s přesností 90,76 %. Časový posun maxima se v tomto případě velmi těžko určuje, neboť maximum bylo zachyceno po dobu 1,83 s. V době ukončení pohybu vykazovalo zařízení rychlost 29 km/h a po dosažení nulové hodnoty uběhlo 1,83 s. Graf závislosti zrychlení na čase je vidět na obrázku E.7 v příloze E.

#### 5.10 X-corder

##### 5.10.1 Software

X-corder a jeho software nabízí pro vyhodnocení události velmi málo nástrojů. Software nenabízí možnost exportu dat do formátu, s nímž by se dalo dále pracovat. Graf rychlosti i zrychlení je zachycen pouze v malém měřítku přímo v softwaru a pro vyhodnocení přesnosti je nevhodný. Ale už na první pohled je vidět, že graf rychlosti se velmi liší od zařízení MTi-G. Data je proto potřeba jako u některých předchozích zařízení manuálně přepsat ze softwaru.

Kvalita video záznamu je pro rozpoznání RZ nedostačující. Na obrázku 23 vidíme, že fotografie pořízená z videozáznamu je ve velmi špatné kvalitě a ani po přiblížení jsem nebyl schopen rozpoznat RZ.

##### 5.10.2 Vyhodnocení GPS

Zařízení obsahuje zabudovaný GPS modul. Záznam trasy můžeme vidět na obrázku 22. Záznam trasy je oproti ostatním zařízením nepřesný a je vidět, že v případě jízdy mezi obytnými domy má velký problém s přesností polohy. Při jízdě na částečně otevřeném prostranství zaznamenává GPS modul dobře.



Obrázek 22 – Záznam trasy (X-corder)



Obrázek 23 – Rozpoznání RZ (X-corder)

### 5.10.3 Vyhodnocení zrychlení

Frekvence záznamu tíhového zrychlení při nouzovém brzdění byla stanovena na 9 Hz. Maximum zrychlení pro zpomalený pohyb bylo 0,57031 g. Znovu musíme uvažovat s obrácenou orientací os, potom mluvíme o přesnosti 79,45 %. Na první pohled je viditelné, že hodnoty jsou posunuty o určitou hodnotu po ose zrychlení směrem k záporným hodnotám. Zprůměrováním hodnot, které zrychlení vykazovalo v době klidu vozidla, jsem vypočetl hodnotu -0,23503 g. Po připočtení této hodnoty k maximu, je nepřesnost 12,20 %, což je méně než v nepřečteném případě. Maxima bylo dosaženo v čase 14,9 s od začátku pohybu, což je velký rozdíl 2,5 s oproti MTi-G. Při vyhodnocování výsledků za pomoci přepisu dat jsem zjistil, že hodnoty zobrazované v softwaru nekorrespondovaly s grafem zrychlení a byly časově posunuty. Graf zrychlení můžeme vidět na obrázku E.8 v příloze E.

### 5.10.4 Vyhodnocení rychlosti

Rychlost nabývá nenulové hodnoty až po uplynutí 3 s od počátku pohybu. Potom skokově narůstá na více než poloviční hodnotu 16,6 km/h z maximální zaznamenané 32,2 km/h. Tato rychlost dosahuje 74,94 % oproti referenční hodnotě zařízení MTi-G. Je zajímavé, že rychlost nabývá svého maxima 0,1 s před dokončením pohybu vozidla. Hodnota se vrací na nulu až po uplynutí 8,8 s. Graf rychlosti můžeme vidět na obrázku E.9 v příloze E.

## 5.11 Zircon Blackbox GD2708 GPS

Zařízení Zircon při záznamu produkuje dva soubory. Prvním souborem je samotný video záznam a druhým je textový soubor s naměřenými hodnotami v průběhu trvání videa. Hodnoty se dají zpracovat v programu Microsoft Excel. Je k tomu zapotřebí použití funkcí tohoto softwaru, abychom byli schopni získat data ze zápisu ve formě textu na hodnoty pro jednotlivé kroky měření. Frekvence měření je 15 Hz, naměřená data však obsahují hodně šumu.

### 5.11.1 Software

Software zařízení nedokáže polohu vozidla v čase přenést do formátu KML. Podle podokna softwaru, kde se podle aktuálně přehrávaného záznamu zobrazuje pozice, můžeme usoudit, že GPS modul zaznamenává polohu s uspokojivou přesností, a svým průběhem se blíží přesnosti zařízení View-i. Kvalita fotografie, pořízené softwarem z video záznamu, je v nedostatečné kvalitě pro rozpoznání RZ stojícího vozidla. Na tomto obrázku sice dokážeme identifikovat čísla či písmena, avšak není zde 100 % jistota správného určení. Fotografii můžeme vidět na obrázku 24.



Obrázek 24 – Rozpoznání RZ (Zircon)

### 5.11.2 Vyhodnocení zrychlení

Frekvence záznamu je u tohoto zařízení odvozena z naměřených údajů v textovém souboru a je rovna 15 Hz. Maximum zrychlení bylo dosaženo v čase 12,27 s od počátku pohybu. Odchylna činí 0,13 s. Hodnota maxima je rovna 1,19 g, je tedy zaznamenána s chybou 65,79 %. V klidu je hodnota zrychlení rovna 0,69. Pokud bychom o tuto hodnotu celý graf zarovnali směrem k záporným hodnotám, dostali bychom se na hodnotu maxima 0,5 g. V tomto případě by již zařízení vykazovalo chybu 30,34 %. Zároveň by korespondovaly hodnoty ve fázi nárůstu rychlosti vozidla, které by se posunuly do záporných hodnot. Znovu musím připomenout, že osa zrychlení má opačnou orientaci oproti MTi-G. Graf zrychlení v závislosti na čase můžeme vidět na obrázku E.10 v příloze E.

### 5.11.3 Vyhodnocení rychlosti

Rychlost nabývá maxima 33 km/h v čase 12 s od počátku pohybu. Tato hodnota je zaznamenána s přesností 76,80 % a časovým odstupem 1,79 s. Nenulová hodnota byla zaznamenána až po časovém úseku 3 s. Pohyb automobilu byl dle video záznamu ukončen již 1,20 s po záznamu maximální rychlosti automobilu. Nulová hodnota byla zaznamenána za 5,8 s od zastavení automobilu. Na grafu je vidět setrvání, popřípadě chybné snížení rychlosti v době zrychlování, když bylo přeřazeno na jiný rychlostní stupeň. Tento fakt koresponduje s grafem rychlosti ze zařízení MTi-G. Graf rychlosti zařízení Zircon můžeme vidět na obrázku E.11 v příloze E.

## 5.12 Shrnutí experimentu

### 5.12.1 Rychlost

Všechna zařízení vykazovala velké prodlevy mezi reálným zastavením vozidla a nulovou hodnotou rychlosti. Největší prodlevu zaznamenalo zařízení Carcam III a to 9,75 s. Nejmenší prodleva byla zaznamenána zařízením View-i s hodnotou 1,8333 s. Průměrná odchylka zařízení byla vypočtena na 7,08 s. I v případě nejmenšího rozdílu 1,8333 s je automobil za tuto dobu schopen změnit svoji rychlost v řádech desítek kilometrů v hodině. V případě mého nouzového brzdění byla naměřena zařízením MTi-G změna rychlosti o 21,16 km/h za 1,83 s. Z tohoto důvodu nemohou být zařízení využita pro rekonstrukci nehodového děje. Zařízení Mivue 358 nebylo započítáno, protože nedisponuje GPS modulem a tedy ani nedokáže zaznamenat rychlost vozidla.

Průměr maximálních rychlostí vozidla z jednotlivých zařízení byl 36,18 km/h, oproti referenčním 42,97 km/h. Při záznamu rychlosti nejlépe změřilo rychlost automobilu zařízení DVRB21, které zaznamenalo rychlost s odchylkou pouhých 1,27 km/h, tedy 2,96 %. Nejhoršího výsledku dosáhlo zařízení X-corder, které zaznamenalo rychlost 32,2 km/h. Tato rychlost má v porovnání s referenčním měřením odchylku 25,06 %. Zařízení X-corder, Zircon a Carcam III nebyla schopna zaznamenat rychlost s dostatečnou přesností a pro účely rekonstrukce nehodového děje jsou tyto hodnoty nevyhovující. Zařízení DVRB21 je dostatečně přesné, jak bylo uvedeno výše. Poslední zařízení View-i se ocitá na hranici chybovosti 10% a tedy by bylo nutné provést více měření a zjistit přesnou chybovost. Zařízení Mivue 358 nebylo započítáno, protože nedisponuje GPS modulem a tedy ani nedokáže zaznamenat rychlost vozidla.

### 5.12.2 Zrychlení

Všechna zařízení měla oproti zařízení MTi-G opačně orientovaný směr osy, proto jsou následující hodnoty uvedeny jako absolutní. Průměrná hodnota maximálních zrychlení všech zařízení byla 0,8157 g. Tato hodnota je však velmi zavádějící, neboť pouhá dvě zařízení byla schopna měřit s přesností do 10 %. Ostatní zařízení naměřila data s chybou 21-85%. Nejlepšího výsledku dosáhlo MiVue 358 s nepřesností výsledku 5,32 % a nejhoršího Carcam III s chybou 85,71 %. U zařízení DVRB21, Zircon, X-corder byla naměřena data s chybou vyplývající z nenulové hodnoty zrychlení v době, kdy bylo vozidlo v klidu. Zařízení MiVue 358 a DVRB21 dosahují dostatečné přesnosti pro rekonstrukci nehodového děje v případě, že porovnáváme pouze hodnotu maximálního zrychlení. DVRB21 vykazuje velmi nepřesná data pro první část grafu, jak je popsáno ve vyhodnocení zrychlení přímo u tohoto zařízení.

Pokud bychom brali v úvahu i frekvenci záznamu zrychlení, potom by žádné zařízení nevyhovovalo potřebám pro rekonstrukci nehodového děje.

Zrychlení je ve všech případech opožděno za referenčním měřením. Průměrné zpoždění všech zařízení na základě porovnání maximálních hodnot zrychlení je rovno 0,802 s. Nejlepšího shody dosáhlo zařízení Zircon, které bylo opožděno o 0,13 s a nejhorší zařízení X-corder se zpožděním 2,5 s. Zařízení Zircon a DVRB21 byla v ohledu opoždění zrychlení shledána za použitelná pro rekonstrukci nehodového děje. Větší ze zpoždění bylo 0,15 s, což je časový úsek, za který při nouzovém brzdění poklesla rychlost o přibližně 3 km/h. Pokud bereme v úvahu maximální rychlost 42,97 km/h, potom je chyba měření 6,98 %. Ostatní zařízení mají zpoždění v intervalu 0,23 – 2,5 s, což shledávám pro potřeby rekonstrukce nehodového děje za nedostatečně přesné měření

### **5.12.3 Video záznam a GPS**

Všechna zařízení byla vybavena kamerou pro video záznam. Je nutno zdůraznit, že všechna zařízení byla v době experimentu nastavena na nahrávání video záznamu v nejlepší možné kvalitě. Rozlišení se pohybovalo od 640x480 do 1920x1080 a jedno zařízení mělo rozlišení 1,3 Mpix. Zařízení X-corder, View-i a Carcam III měla velmi špatnou kvalitu záznamu a pro rozpoznání RZ stojícího automobilu byla naprosto nedostačující. Zařízení Zircon a DVRB21 vykazovala dobrou kvalitu video záznamu. Při identifikaci jsem byl schopen rozpoznat RZ, ne však se sto procentní jistotou. Je zajímavé, že Zircon měl téměř shodné rozlišení jako X-corder a zároveň výrazně nižší, než Carcam III. Přitom byl schopen zachytit video záznam v lepší kvalitě. Zařízení MiVue 358 s rozlišením video záznamu 1920x1080 bylo jako jediné schopno zachytit obraz v dostatečné kvalitě pro bezproblémovou identifikaci RZ.

Záznamu polohy vozidla byla schopna všechna zařízení s výjimkou MiVue 358, které neobsahuje GPS modul. Software zařízení Carcam III a DVRB21 je schopen exportovat údaje o poloze ve formátu KML. Zařízení View-i a X-corder dokázala zobrazit trasu pouze ve svém softwaru. Zircon nebyl schopen zobrazení trasy. Nejlepšího výsledku dosáhlo zařízení View-i a nejhoršího výsledku zařízení X-corder. Ve všech případech byl záznam polohy pro rekonstrukci nehodového děje nedostatečný. Všechna zařízení byla schopna správně zobrazit trasu danými ulicemi, ale pro potřeby rekonstrukce nebyla schopna zaznamenat přesnou polohu automobilu, která byla často velmi odlišná. Je zajímavé, že u zařízení DVRB21 a Carcam III se lišily hodnoty naměřené při prvním a druhém měření. Podrobnější popis rozdílů měření je u jednotlivých zařízení.

## 6. Závěr

Zařízení pro záznam fyzikálních veličin by měla mít za úkol zaznamenat nehodu tak, abychom byli následně schopni celou nehodu rekonstruovat. Ani jedno z měřených zařízení neobstálo v experimentu tak, abychom mohli provést rekonstrukci nehodového děje. Zařízení byla schopna uspět v některých částech experimentu a vykazovala dostačující výsledky, jak je vidět v kapitole 5.12 Shrnutí experimentu. V některých případech byly zaznamenány hodnoty velmi blízké referenčnímu zařízení. V případě globálního hodnocení všech výstupů zařízení však neobstálo ani jedno. Velkým problémem se stala frekvence záznamu, která byla ve všech případech nedostačující.,

Většina uživatelů si tato zařízení kupuje hlavně z důvodu, aby jim video záznam pomohl při nejasnostech v dopravní nehodě. Proto mě udivil fakt, že kvalita video záznamu byla až na jedno zařízení nedostačující. Ve dvou dalších případech byl obraz kvalitní, ne však dostačující na to, abychom mohli identifikovat RZ stojícího vozidla.

Pro správnou rekonstrukci nehodového děje by bylo zapotřebí, aby zařízení pro záznam fyzikálních veličin byla schopna zaznamenat také data o aktuální úhlové rychlosti automobilu a údaje z jednotlivých senzorů vozidla. Z dat úhlové rychlosti bychom byli schopni zjistit přesný směr natočení automobilu i v případě, kdy dojde rotačnímu pohybu. Data ze senzorů vozidla bychom využili pro analýzu technického stavu vozidla před nehodou, zjištění počátku brzdění a dalších důležitých veličin

Domnívám se, že správným směrem vykročili v USA, kde budou zařízení EDR v budoucnu povinná pro všechny nově vyrobené vozy. Tamní regulační orgány požadují, aby bylo EDR schopno zaznamenat dané veličiny s danou frekvencí a v dané přesnosti. Obdobnou cestou bychom se mohli vydat v Evropské unii, kde by se podobné zařízení dalo spojit s přístrojem pro přivolání pomoci v případě nouze. Nejdříve by bylo vybavení vozidla tímto systémem nepovinné, ale s povinností dodržet zaznamenávané veličiny a jejich přesnost v případě instalace. Následně by se mohla zavést tato zařízení jako povinná výbava nově vyrobených automobilů. Dalo by se také uvažovat o nižších pojistných částkách pro vozidla vybavená tímto systémem, jelikož v jejich případech by bylo snažší nehodu objasnit. S tímto krokem by musela korespondovat příprava jednoznačného legislativního rámce pro tato zařízení.

Poznatky z této práce využiji při tvorbě méj diplomové práce. Navážu na toto téma a provedu crash test s jedním ze zařízení. Následně využiji klasické metody analýzy dopravní nehod a analýzy nehody za pomoci dat ze zařízení pro záznam fyzikálních veličin. Výsledkem by mělo být porovnání výsledků těchto dvou metod.



## Seznam použité literatury

- [1] ŠACHL, Jindřich. *Analýza nehod v silničním provozu*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 144 s. ISBN 978-80-01-04638-8.
- [2] CHMELÍK, Jan. *Vyšetřování silničních dopravních nehod*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 1998, 88 s.
- [3] ŘEDITELSTVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE POLICEJNÍHO PREZIDIA ČESKÉ REPUBLIKY. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2007*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra ČR, 2012. Dostupné z: <<http://www.policie.cz/soubor/statistickarocenska2011-pdf.aspx>>
- [4] SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU. In: *Složení vozového parku v ČR* [online]. 2002 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <<http://www.autosap.cz/default2.asp?page={4A86501A-BBD5-4B8F-AE57-397BC8051C9A}>>
- [5] PORADA, Viktor. *Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi*. Praha: Linde, 2000, 378 s. Vysokoškolské právnícké učebnice. ISBN 80-720-1212-6.
- [6] CHMELÍK, Jan. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009, 540 s. Vysokoškolské právnícké učebnice. ISBN 978-80-7380-211-0.
- [7] 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\\_asses sm\\_fin.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/ecall/recomm/imp_asses sm_fin.pdf)>
- [8] LIŠKA, Miroslav. *Fyzika a matematika při analýze dopravních nehod*. Brno: CERM, 2004, 93 s. ISBN 80-720-4347-1.
- [9] 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](http://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps?student_welcome=1)>
- [10] NOVÁKOVÁ, Danuše, Zuzana BUDINSKÁ a Zuzana MALÁ. *Fyzika I*. Praha 6: Vydavatelství ČVUT - výroba, 2004.
- [11] RAK, Roman. ECALL - BUDOUCNOST JE NABLÍZKU. *AutoEXPERT*. 2013, roč. 2013, 01+02.
- [12] EDR Q&As. National Highway Traffic Sayety Administration [online]. [2006] [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <[http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Rulemaking/Rules/Associated%20Files/EDR\\_QAs\\_11Aug2006.pdf](http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Rulemaking/Rules/Associated%20Files/EDR_QAs_11Aug2006.pdf)>

- [13] 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>>
- [14] USA. Transportation: OTHER REGULATIONS RELATING TO TRANSPORTATION. In: §563. 2006. Dostupné z: <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr&SID=a25182076ab0ae5145b813f977340514&rgn=div5&view=text&node=49:6.1.2.3.29&idno=49>>
- [15] 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>>
- [16] AVIC IMAGING. *VIEW-i kamera se zabudovaným GPS přijímačem, uživatelská příručka.*
- [17] STUALARM IMPORT S.R.O. *DVRB5 Černá skříňka se 2 kamerami, senzorem zrychlení a podporou GPS, uživatelská příručka.*
- [18] STUALARM IMPORT S.R.O. *Kamera se zabudovaným GPS přijímačem DVRB2. uživatelská příručka.*
- [19] STUALARM IMPORT S.R.O. *Uživatelská příručka DVRB21.*
- [20] MIO TECHNOLOGY CORPORATION. *MiVue 358: uživatelská příručka.*
- [21] ZIRCON. *Zircon blackbox uživatelská příručka*
- [22] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění vyhlášky č. 182/2011 Sb. In: *Zákon č. 56/2001 Sb.* 2002. Dostupné z: <<http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/AFAF6425-7E45-4FF9-8575-7C43E2C73117/0/341.rtf>>
- [23] MLČOCH, Zbyněk. Umístění GPS navigace nebo jiného předmětu na přední sklo auta, automobilu. *MUDr. Zbyněk Mlčoch* [online]. 2011, s. 1 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/automobily-motocykly/umisteni-gps-navigace-nebo-jineho-predmetu-na-predni-sklo-auta-automobilu>>
- [24] JANSÁ, Petr. Bude kamera v autě posuzována u soudu jako důkaz?. *Motožurnál* [online]. 20.1. 2012 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <[http://www.rozhlas.cz/motozurnal/pravnik/\\_zprava/bude-kamera-v-aute-posuzovana-u-soudu-jako-dukaz--1006680](http://www.rozhlas.cz/motozurnal/pravnik/_zprava/bude-kamera-v-aute-posuzovana-u-soudu-jako-dukaz--1006680)>
- [25] MEMSNET. What is MEMS Technology?. *MEMSnet* [online]. [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <[http://www.memsnet.org/mems/what\\_is.html](http://www.memsnet.org/mems/what_is.html)>
- [26] XSENS TECHNOLOGIES B.V. *MTi-G User Manual and Technical Documentation.* Revision H., 2010.

- [27] 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%2bzYeVPaBjkQDzU96zyYzuCorPvdw6On1GCGNi3XC4fz4wODa29AmpGiwODb4x3lwPfhUld0Ael%3d](http://bodovapole.cuzk.cz/_tbpOutput.aspx?id=V%2bzYeVPaBjkQDzU96zyYzuCorPvdw6On1GCGNi3XC4fz4wODa29AmpGiwODb4x3lwPfhUld0Ael%3d)>
- [28] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Meteorologická terminologie využívaná v předpovědi počasí. *Český hydrometeorologický ústav*[online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: <<http://pocasi.chmi.cz/HK/metter.htm>>
- [29] VIČÍK, Petr. *Analýza dopravních nehod*. Brno, 2011. Dostupné z:  
<[https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/6245/Anal%C3%BDza\\_dopravn%C3%ADch\\_nehod%20-%20Petr%20Vi%C4%8D%C3%ADk.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/6245/Anal%C3%BDza_dopravn%C3%ADch_nehod%20-%20Petr%20Vi%C4%8D%C3%ADk.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. VUT v Brně.>
- [30] KOTÁSKOVÁ, Zdeňka. *Nehodová místa na pozemních komunikacích v okrese Hodonín*. Brno, 2011. Dostupné z:  
<[http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36542/1/KotaskovaZ\\_Nehodova%20mista\\_ML\\_2010.pdf](http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36542/1/KotaskovaZ_Nehodova%20mista_ML_2010.pdf). Diplomová práce. VUT v Brně.>
- [31] COMMONS. Wikipedia : otevřená encyklopedie [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, strana naposledy edit. 2013-06-05 [cit. 2013-06-02]. Česká verze. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD\\_strana](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana)>
- [32] MRÁZEK, Zdeněk. *Modelování střetu vozidel v technickém znalectví: Modeling vehicle´s impact for technical expertise*. Brno: VUT FSI, 2007, 29 s. ISBN 978-80-214-3540-7.
- [33] BERAN, Tomáš. *Dopravní nehody: právní rádce pro každého řidiče*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 171 s. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press), 10. ISBN 978-80-251-1791-0.
- [34] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel* /. vyd. 2. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- [35] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Praha: S&T CZ, 2008.

# Seznam příloh

## Příloha A

Tabulka A . 1 – Požadavky na systém EDR a jejich charakteristiky od [14]

Veličina	Trvání záznamu	Frekvence záznamu za 1 sekundu
Změna rychlosti	0-250ms	100
Maximum změny rychlosti	0-300ms	n.a.
Čas, ve kterém bylo maxima změny rychlosti dosaženo	0-300ms	n.a.
Rychlost, indikovaná vozidlem	-5,0 až 0 s	2
Plynový pedál, procentuálně	-5,0 až 0 s	2
Provozní brzda	-5,0 až 0 s	2
Cyklus zapalování, v čase nehody	-1,0 s	n.a.
Cyklus zapalování, při stahování dat	v čase stahování	n.a.
Stav bezpečnostního pásu	-1,0 s	n.a.
Varovné světlo předního airbagu	-1,0 s	n.a.
Aktivace předního airbagu, čas do vystřelení, řidič	Nehoda	n.a.
Aktivace předního airbagu, čas do vystřelení, spolujezdec	Nehoda	n.a.
Vícenásobná aktivace airbagů, počet	Nehoda	n.a.
Čas mezi aktivacemi primárního a sekundárního airbagu	Jak je potřeba	n.a.
Dokončení záznamu	Podle ostatních dat	n.a.

## Příloha B

Tabulka B. 1 - Technické parametry zařízení View-i [16]

Kamera	2x CMOS senzor 1,3 Mpix
Úhel záběru	Přední kamera 120°, zadní kamera 149°
GPS	zabudovaný GPS přijímač
Akcelerometr	zabudovaný akcelerometr
Rozlišení videa	2xMPEG4 1,3 Mpix 10 fps(max), 0,3 Mpix 15 fps(max)
Audio	zabudovaný mikrofon, ukládání v kodeku ACC
Paměťové medium	SD karta (max 16GB)
Zobrazení na počítači	Program View-i PC Player
Napájecí napětí	12 až 24 V DC
Rozměry	52x94x18 mm
Hmotnost	90 g
Výrobce	AVIC imaging inc
Certifikáty	KCC, FCC, CE, E11, RoHS

**Tabulka B. 2 - Technické parametry zařízení Carcam III [17]**

LCD displej	2" TFT LCD 960x 240 bodů
Kamera	Duální, širokoúhlá 140°, senzor CMOS
Rozlišení	1280x480, 30fps
Formát videa	M-JPEG (AVI)
Nahrávání ve smyčce	Ano
Tlačítko SAVE	Spustit nahrávání v případě ohrožení
Audio	Zabudovaný reproduktor a mikrofon (lze vypnout)
Senzor zrychlení	Zabudovaný
GPS	Podpora externí GPS
Paměťové SD karty	Micro-SD, min. 4 GB, max. 32GB, rychlost min. class 6
Video signál a výstup	PAL/NTSC, 50Hz/60Hz, Video výstup CVBS
Napájení	5 V, 500 mA až 1 A
Aktuální čas	Možnost nastavení času a jeho ukládání do záznamu
Baterie	Polymerová Li-ion 700 mAh, 3,7 V
Rozměry a hmotnost	135 x 24 x 52 mm, 95 g
Rozsah teplot	Pracovní: -10 až +60° C, Uskladnění: -20 až +70° C
Počítačový program	Vyžaduje operační systém Windows 7/200/XP/Vista

**Tabulka B. 3 - Technické parametry zařízení X-corder [18]**

Kamera	Barevná CMOS digitální kamera
Počet bodů (pixelů)	320k pixelů
Rozlišení video záznamu	640 x 480 (VGA)
GPS přijímač	Zabudovaný přijímač
Akcelerometr (G-senzor)	Zabudovaný, snímání ve třech osách
Paměťové medium	Paměťová SD karta: minimální kapacita 512 M, maximální SDHC 16GB
Zvuk	zabudovaný mikrofon a bzučák
Rozměry	87 x 90 x 30 mm
Hmotnost	115 g
napájecí napětí	12 až 24 V DC
Příkon	Méně než 2 W
Rozsah pracovních teplot	-20 °C až +70 °C
Rozsah teplot pro skladování	-40 °C až +85 °C

**Tabulka B. 4 - Technické parametry zařízení DVRB21 [19]**

Senzor	CMOS 1/4"
Úhel snímání obrazu	120°
Rozlišení záznamu	HD 1280 x 720, 30 fps
Typ video souboru	Motion JPEG
Paměťová karta	Micro SDHC (max 32 GB)
Úhlopříčka displeje	2,4 "
Rozlišení displeje	960 x 240
Zabudovaná baterie	3 V, zachování data a času v době odpojení zařízení od napájení
Rozměry	71 x 84 x 63 mm
Hmotnost	150g
Napájecí napětí	12 V DC
Rozsah pracovních teplot	-20 °C až +60 °C
Rozsah teplot pro skladování	-30 °C až +80 °C

**Tabulka B. 5 - Technické parametry zařízení Zircon [21]**

Produkt	AZBB01
Senzor obrazu	1/5 - palcový barevný CMOS
Rozlišení videa	656 x 488
Zobrazovací úhel	80°
Formát videa	ASF
Minimální osvětlení	0,1 Lux
Operační systém	Podpora Windows XP/Vista/Win 7
SD karta	Podpora 512MB - 16GB
GPS/Google maps	Podporováno
Čas určení polohy GPS	3 min (max.)
Přesnost polohy GPS	10 m (max.)
Čas nahrávání před událostí	2-60 sekund (nastavitelné)
Čas nahrávání po události	10-300 sekund (nastavitelné)
Řežim nahrávání	Automatický - pomocí senzoru Ručně - pomocí tlačítka ručního nahrávání
Citlivost gravitačního senzoru	2-8g
Napájení	5V
Proud (max)	550 mA
Rozměry (Š X H X V )	127 x 52 x32 mm
Hmotnost	110g
Pracovní teplota	-10 °C - 60 °C
Pracovní vlhkost	15-85 % RH

## Příloha C

Tabulka C. 1 - Technická specifikace akcelerometru zařízení MTi-G [26]

Technická specifikace akcelerometru			
		míra stáčení	zrychlení
Jednotka		[deg/s]	[m/s <sup>2</sup> ]
Dimenze		3 osy	3 osy
Celá stupnice	[units]	+/- 300	+/- 50
Linearita	[% of FS]	0,1	0,2
Stabilita odchylky	[units 1 $\sigma$ ] <sup>23</sup>	1	0,02
Měřítka stability	[% 1 $\sigma$ ] <sup>23</sup>	-	0,03
Hustota šumu	[units/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ]	0,05 <sup>25</sup>	0,002
Chyba vyrovnání	[deg]	0,1	0,1
Frekvence	[Hz]	40	30
A/D rozlišení	[bits]	16	16

Tabulka C. 2 - Technická specifikace GPS zařízení MTi-G [26]

Technická specifikace GPS přijímače	
Typ přijímače:	50 channels GPS L1, C/A code GALILEO OpenService L1
Frekvence aktualizace GPS:	4 Hz
Frekvence aktualizace pozice/rychlosti	120 Hz <sup>13</sup>
Přesnost pozice SPS:	2,5 m CEP
SBAS:	2,0 m CEP <sup>14</sup>
Čas náběhu při studeném startu:	29 s
Reorientace:	<1 s
Přesnost sledování:	-160 dBm
Přesnost časování:	30 ns RMS
Provozní limity:	
Maximální výška:	18 km
Maximální rychlost:	515 m/s
Maximum dynamické GPS:	4 g

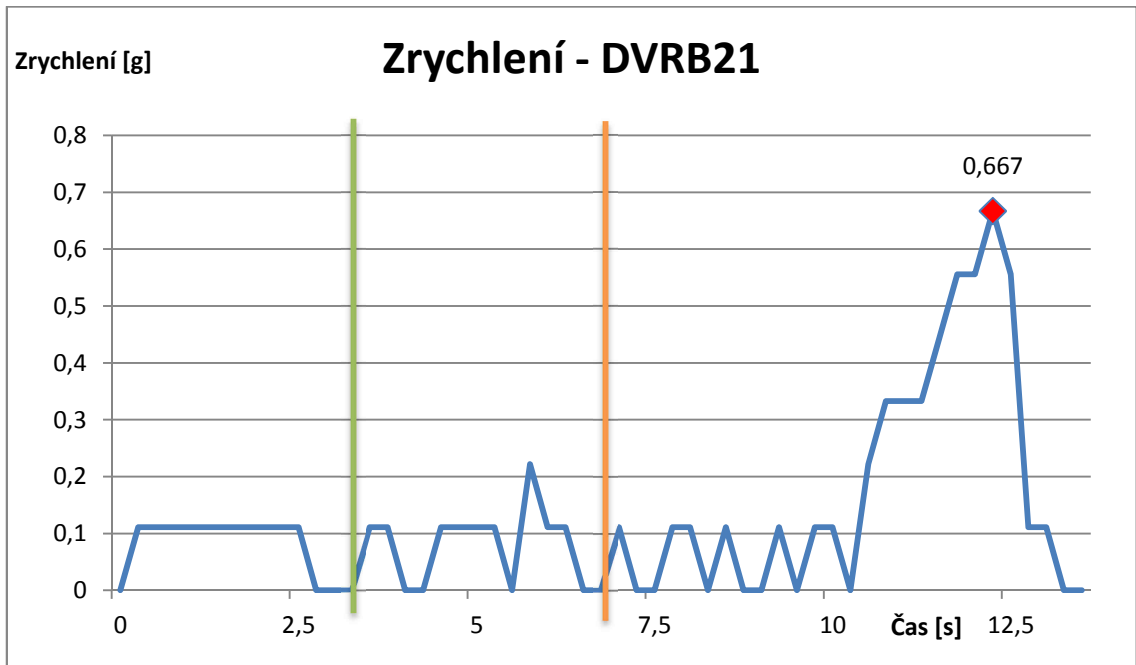
## Příloha D



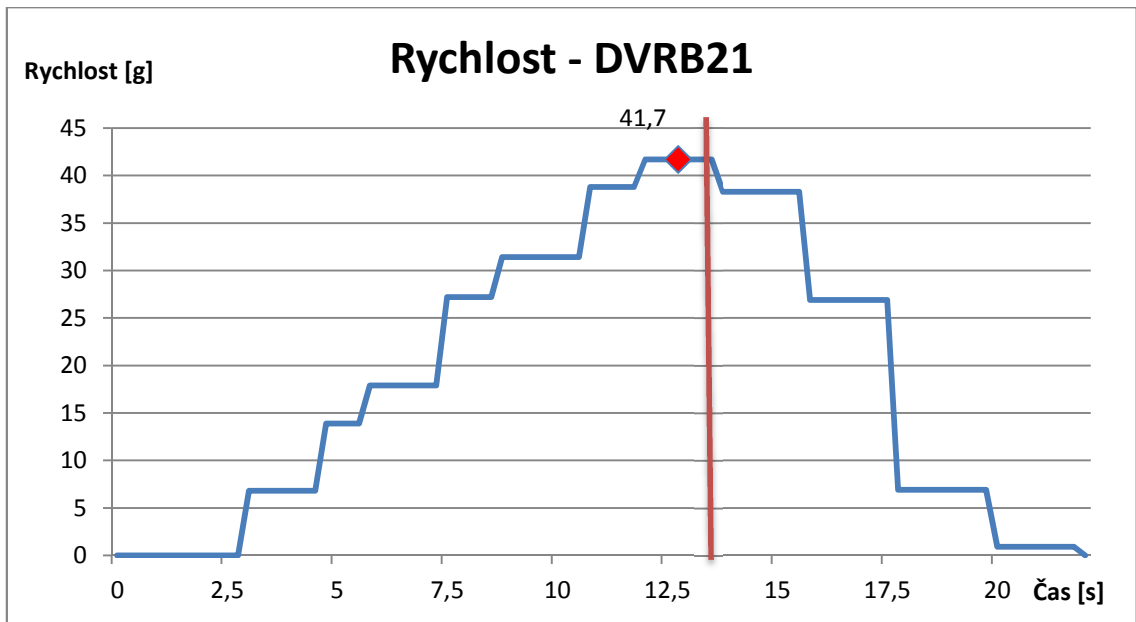
Obrázek D. 1 - Trasa experimentu zachycená zařízením MTI-G



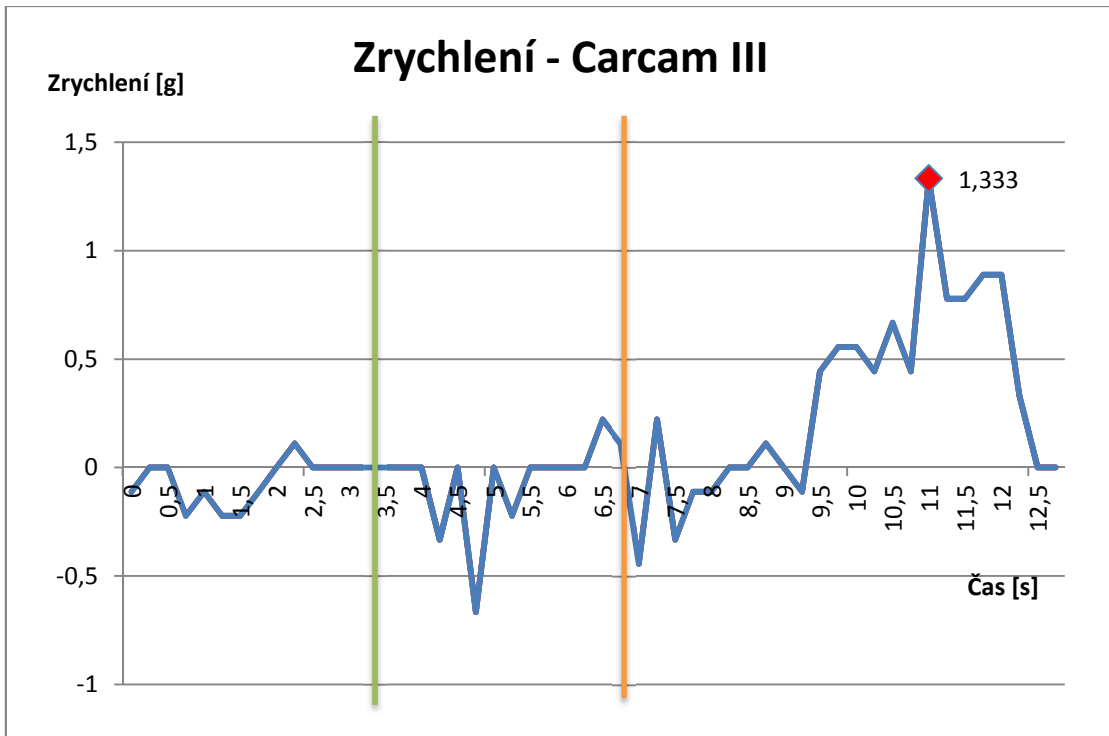
## Příloha E



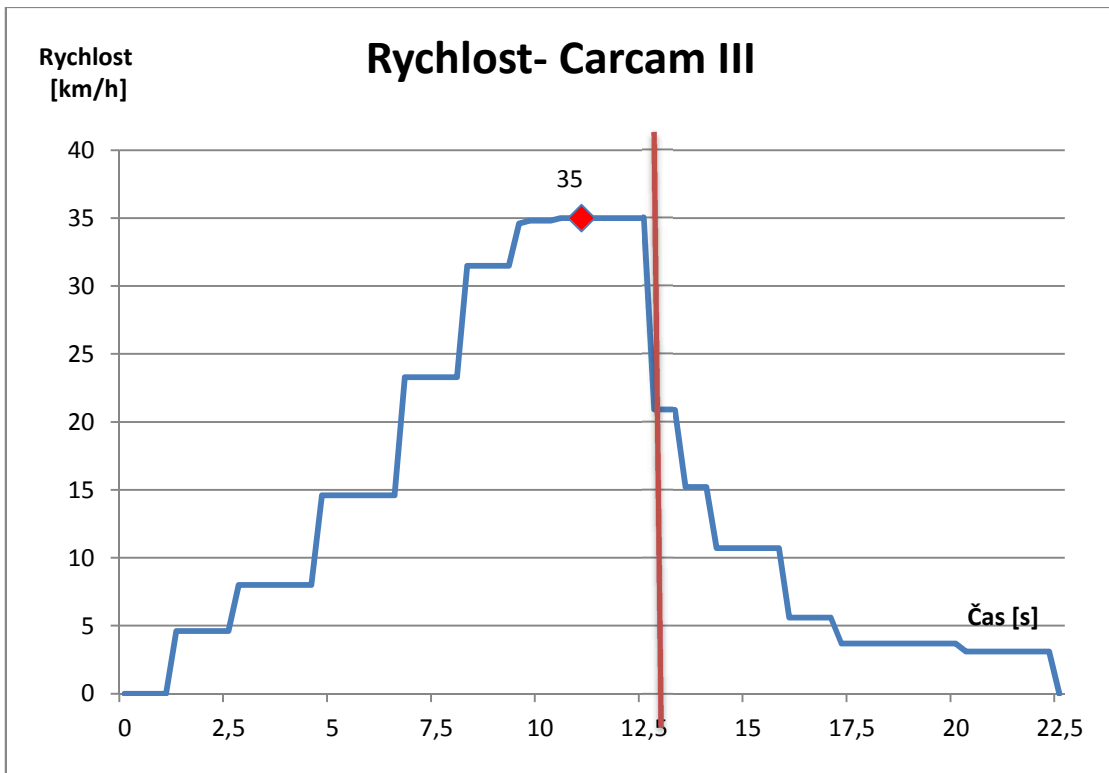
Obrázek E. 1 - Graf zrychlení (DVRB21)



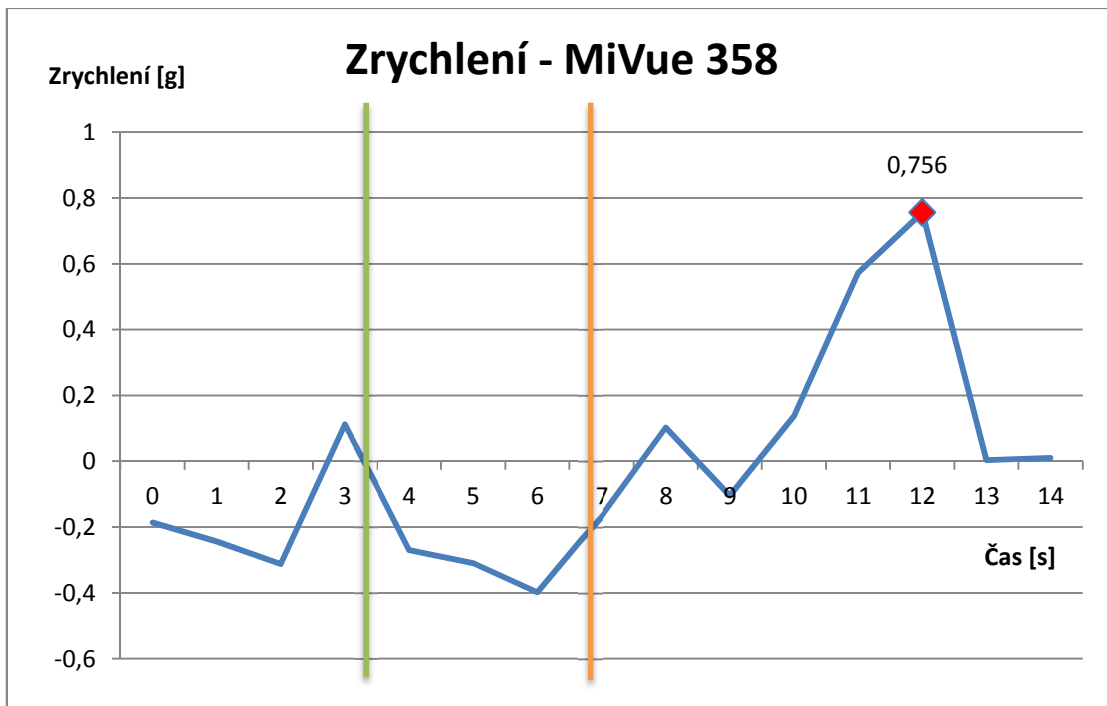
Obrázek E. 2 - Graf rychlosti (DVRB21)



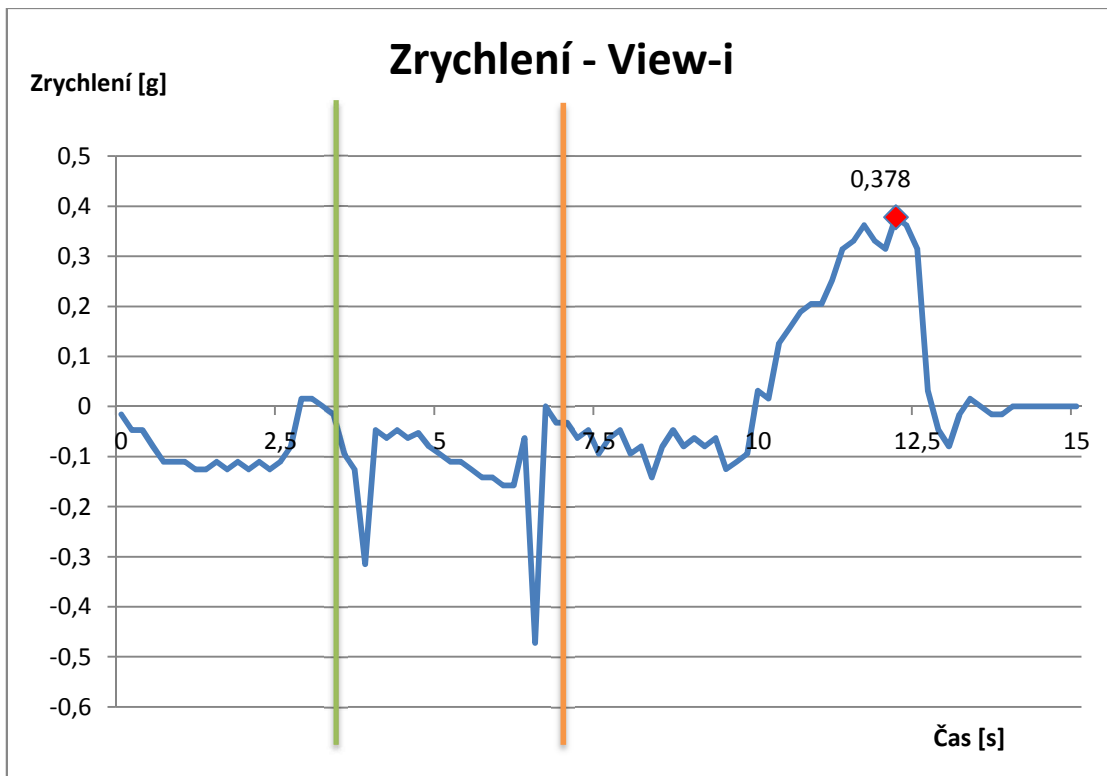
Obrázek E. 3 - Graf zrychlení (Carcam III)



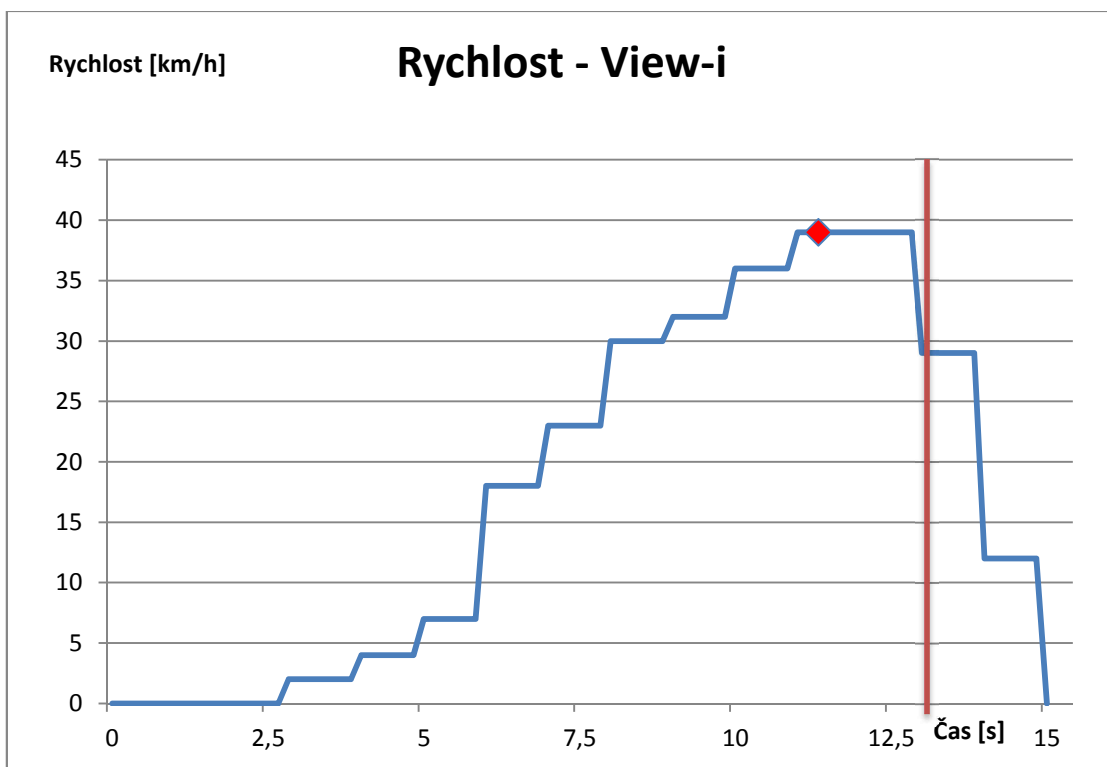
Obrázek E. 4 - Graf rychlosti (Carcam III)



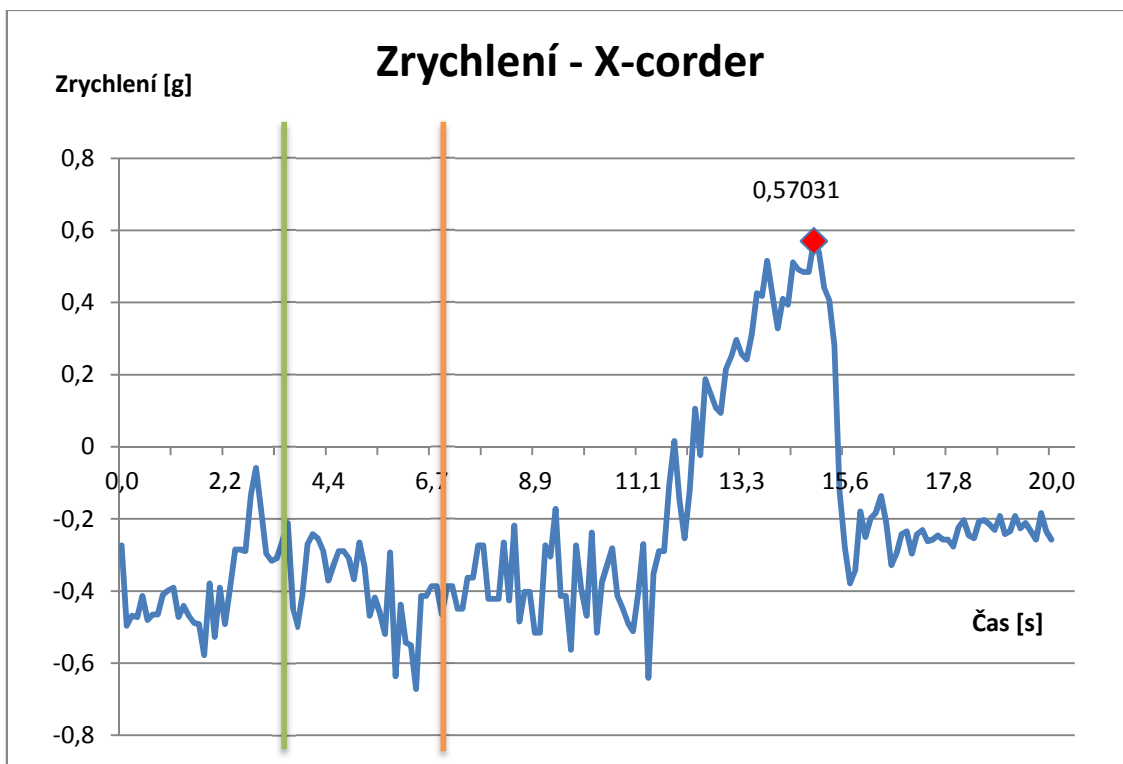
Obrázek E. 5 - Graf zrychlení (MiVue 358)



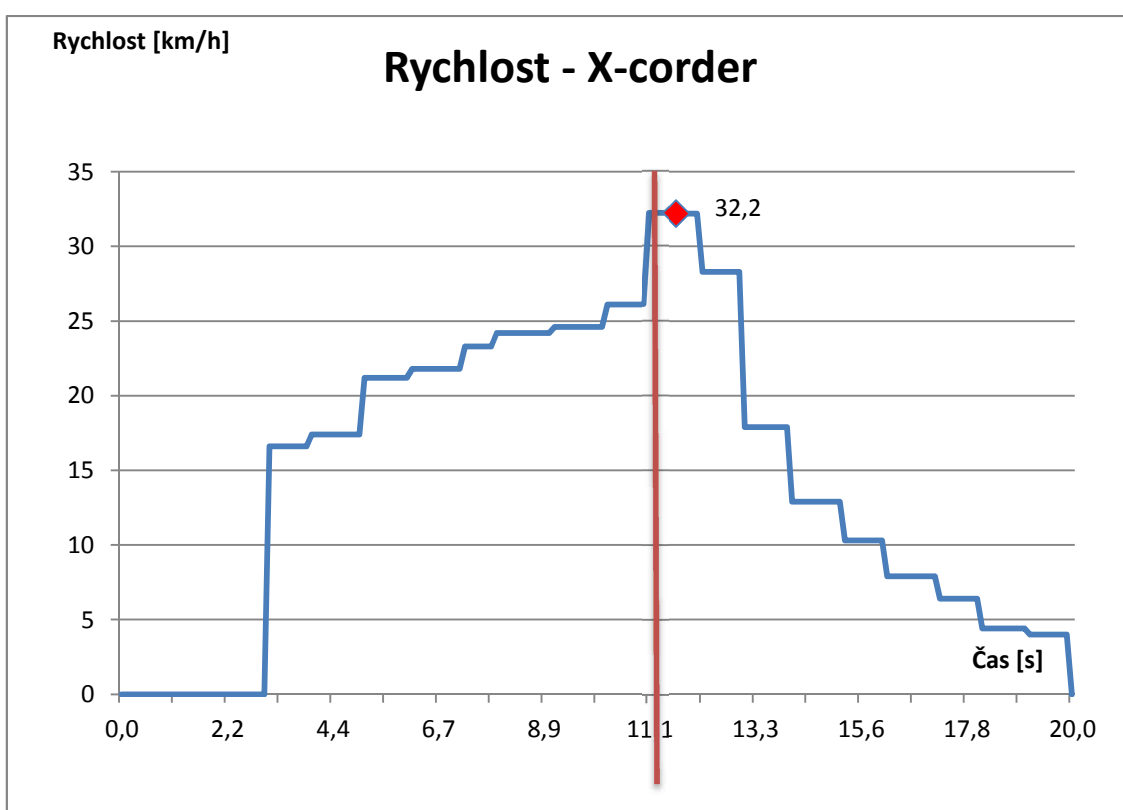
Obrázek E. 6 - Graf zrychlení (View-i)



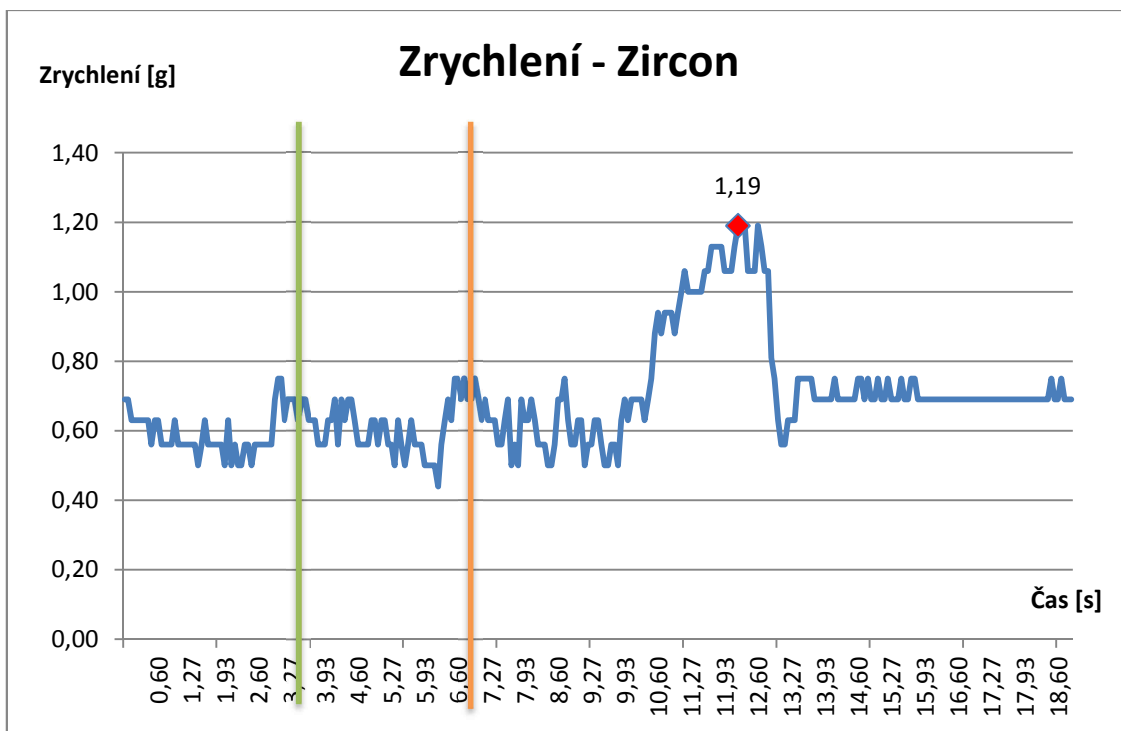
Obrázek E. 7 - Graf rychlosti (View-i)



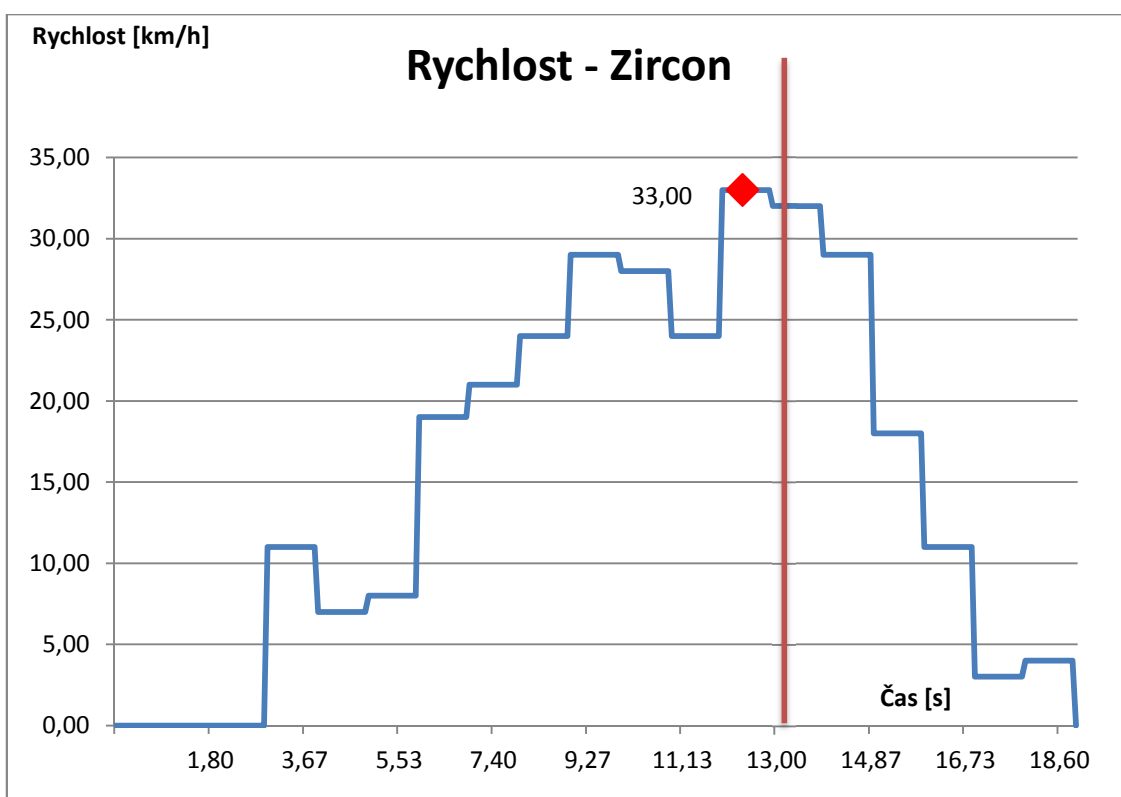
Obrázek E. 8 - Graf zrychlení (X-corder)



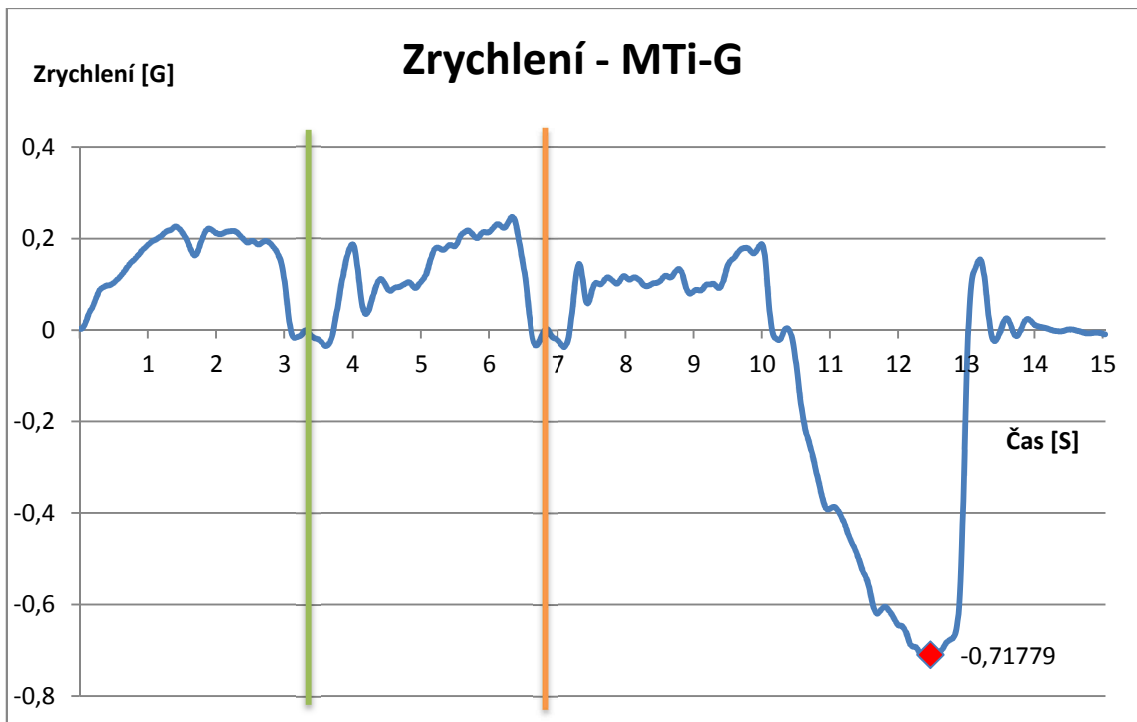
Obrázek E. 9 - Graf rychlosti (X-corder)



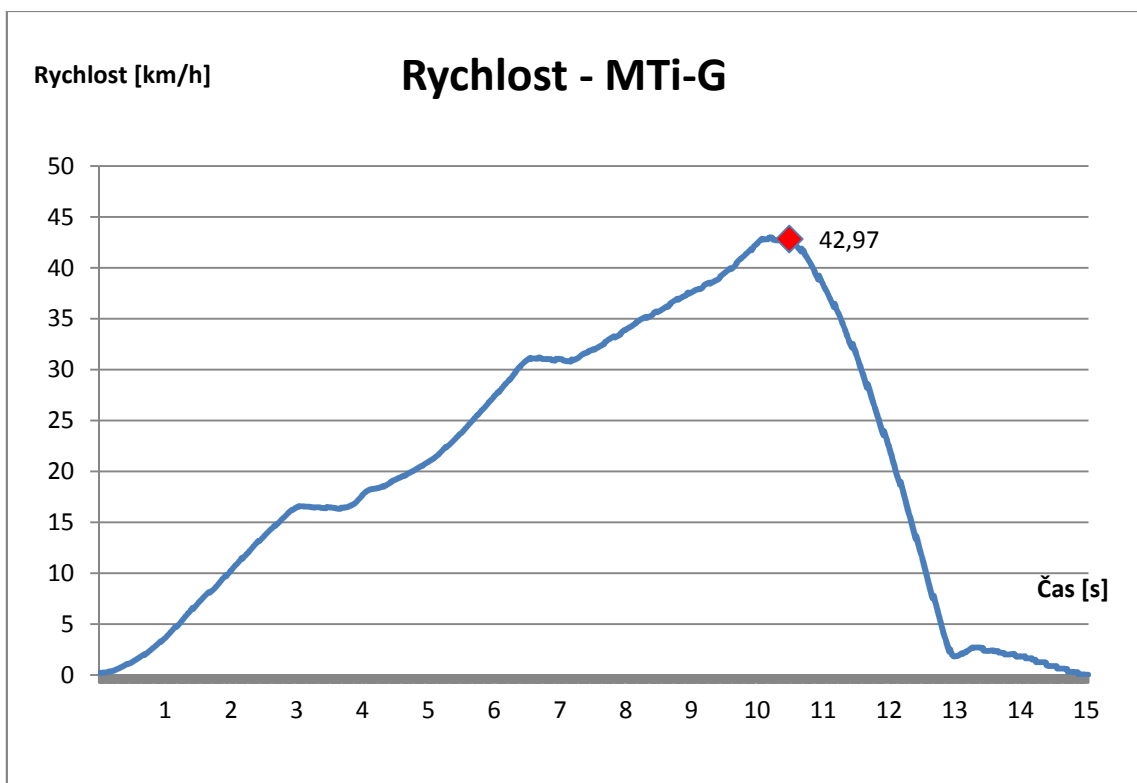
Obrázek E. 10 - Graf zrychlení (Zircon)



Obrázek E. 11 - Graf rychlosti (Zircon)



Obrázek E. 12 – Graf zrychlení (MTi-G)



Obrázek E. 13 – Graf rychlosti (MTi-G)