



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

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

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

VYUŽITÍ EDR DAT V RÁMCI ANALÝZY DOPRAVNÍ NEHODY

USE OF EDR DATA IN TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Mikyska

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Mikyska**
Studijní program: **Expertní inženýrství v dopravě**
Studijní obor: **bez specializace**
Vedoucí práce: **Ing. Albert Bradáč, Ph.D.**
Akademický rok: **2023/24**
Ústav/odbor: **Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Využití EDR dat v rámci analýzy dopravní nehody

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

EDR data představují již nyní významný zdroj vstupních informací pro analýzu dopravních nehod. Jejich význam bude i nadále růst v souvislosti s novou legislativou stanovující jejich povinný záznam ve vozidlech. Úkol bude spočívat ve vyjádření dopadů uplatnění EDR dat při technické analýze DN.

Cíle diplomové práce:

V rámci diplomové práce bude zpracována analýza dopadů užití zaznamenaných nehodových a přednehodových dat při technické analýze dopravní nehody a posuzování jednání jednotlivých účastníků nehodového děje.

Cílem je zpracování uceleného přehledu o možnosti využití dat definovaných v příslušných normách a předpisech.

Kromě přehledu by měla práce obsahovat také rizikovou analýzu prosté aplikace informací. Tedy definování omezujících podmínek pro využití zaznamenaných dat.

Seznam literatury:

Legislativa EU

Normy EHK OSN

Unfallrekonstruktion, ISBN 3 00 019419 3

Soudní inženýrství, ISBN: 978-80-7204-681-2

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

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

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

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá využitelností dat EDR v rámci analýzy dopravních nehod. Práce nejdříve rozebírá samotný záznamník EDR, jeho zaznamenávané údaje, jejich validitu s ohledem na jejich zdroj a limity jejich použití. Následně analyzuje data, která byla získána u reálných dopravních nehod, v rámci případových studií. Výsledkem práce je poté přehled o využitelnosti a přínosu EDR dat při analýze silničních nehod.

Abstract

The thesis deals with the applicability of EDR data in the context of traffic accident analysis. The thesis first discusses the EDR recorder itself, the data it records, their validity according to source and limitations. It then analyses the data that has been collected in real traffic accidents, in the context of case studies. The thesis then provides an overview of the applicability and benefits of EDR data in road accident analysis.

Klíčová slova

EDR, nehodová data, analýza dopravních nehod

Keywords

EDR, crash data, analysis of traffic accidents

Bibliografická citace

MIKYSKA, Daniel. *Využití EDR dat v rámci analýzy dopravní nehody* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/143879>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Albert Bradáč

Prohlášení

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

V Brně

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce, panu Ing. Albertu Bradáčovi, Ph.D., za cenné rady a vedení této diplomové práce. Též bych chtěl poděkovat panu Ing. Miloslavu Řehákovi, Ph.D. a panu doc. Ing. Ivu Drahotskému, Ph.D. za poskytnutí nehodových dat pro zpracování případových studií. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině, přátelům a spolužákům za podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

| | |
|--|----|
| OBSAH | 13 |
| 1 ÚVOD | 15 |
| 2 EVENT DATA RECORDER | 16 |
| 2.1 Princip zápisu a ukládání EDR dat | 17 |
| 2.2 Historie a vývoj EDR..... | 17 |
| 2.2.1 Výzkumné projekty | 19 |
| 2.3 Legislativa EDR..... | 22 |
| 2.3.1 Legislativa v USA | 23 |
| 2.3.2 Předpis OSN č. 160..... | 25 |
| 2.3.3 Legislativa v EU | 25 |
| 2.4 Získávání EDR dat..... | 27 |
| 2.4.1 Metody přístupu k datům | 27 |
| 2.4.2 Bosch CDR Tool..... | 29 |
| 2.4.3 GIT EDR Hyundai/KIA..... | 30 |
| 2.4.4 Tesla EDR Tool..... | 31 |
| 2.5 EDR/CDR Protokol | 32 |
| 2.6 EDR pro autonomní vozidla..... | 35 |
| 2.7 Příklady Využitelnosti EDR dat | 36 |
| 2.7.1 Honda, Volvo a NA Mercedes..... | 36 |
| 2.7.2 Dvě nákladní vozidla a Toyota..... | 37 |
| 3 ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DAT | 38 |
| 3.1 Časové údaje zaznamenávané zařízením EDR..... | 38 |
| 3.2 Podélné a boční Delta-V, před nárazové a po nárazové podélné a boční zrychlení | 38 |
| 3.3 Rychlost vozidla | 39 |
| 3.4 Hodnota procentuálního sešlápnutí akceleračního pedálu | 40 |
| 3.5 Provozní brzda..... | 41 |
| 3.6 Počet cyklů zapalování, počet událostí (multi-event) a úplnost dat..... | 42 |
| 3.7 Stav bezpečnostních pásů | 42 |
| 3.8 Stav varovných indikátorů systému vozidla..... | 43 |
| 3.9 Otáčky motoru..... | 43 |
| 3.10 Úhel klopení vozidla, rychlost stáčení vozidla | 44 |
| 3.11 Stav funkčnosti prvků aktivní bezpečnosti..... | 44 |
| 3.12 Úhel natočení volantu | 45 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.13 | Stav airbagu spolujezdce | 45 |
| 3.14 | Snímač polohy sedadel | 45 |
| 3.15 | Klasifikace velikosti cestujících..... | 46 |
| 4 | PŘÍPADOVÉ STUDIE..... | 47 |
| 4.1 | Případová studie 1 | 47 |
| 4.1.1 | <i>Dostupná data EDR</i> | 48 |
| 4.1.2 | <i>Shrnutí</i> | 51 |
| 4.2 | Případová studie 2 | 52 |
| 4.2.1 | <i>Dostupná data EDR</i> | 53 |
| 4.2.2 | <i>Shrnutí</i> | 59 |
| 4.3 | Případová studie 3 | 60 |
| 4.3.1 | <i>Dostupná data EDR</i> | 60 |
| 4.3.2 | <i>Shrnutí</i> | 63 |
| 4.4 | Případová studie 4..... | 64 |
| 4.4.1 | <i>Dostupná data EDR</i> | 64 |
| 4.4.2 | <i>Shrnutí</i> | 66 |
| 5 | ZÁVĚR..... | 67 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 69 |
| | SEZNAM TABULEK | 76 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 77 |
| | SEZNAM ZKRATEK..... | 79 |

1 ÚVOD

Rozšiřující se automobilová doprava se stala nedílnou součástí naší společnosti. S rostoucím počtem vozidel na pozemních komunikacích roste i riziko vzniku dopravní nehody. Každoročně vznikne na pozemních komunikacích téměř 100 000 dopravních nehod, které jsou evidovány policií České republiky. Zpravidla se dopravní nehody analyzují z hlediska její příčiny. Tuto analýzu nejčastěji provádí znalec. Při provádění analýzy dopravní nehody musí znalec vycházet z různých podkladů. Jedním z nich mohou být nehodová data, která poskytují objektivní data o průběhu dopravní nehody. Data obsahují informace o dynamice vozidla pár sekund před samotným vznikem nehody a také informace v moment střetu i po něm. Nehodová data jsou ve vozidlech zaznamenávána pomocí záznamníku EDR.

EDR data se tak stávají velmi významným zdrojem informací, které mohou výrazně pomoci při analýze dopravních nehod. Obsah diplomové práce je zaměřen na záznamník EDR a jím zaznamenávaná data. Zprvu je toto zařízení definováno obecně společně s jeho historickým vývojem. Zmíněna je i legislativní regulace, která zajišťuje povinnost přítomnosti EDR ve vozidlech a taktéž zajišťuje jednotný rámec pro parametry zaznamenávaných dat. Dále je řešen samotný způsob záznamu jednotlivých dat a případné ovlivnění jejich validity. V závěrečné části této práce je tato problematika vztažena k případovým studiím. V rámci případových studií je pracováno s reálnými nehodovými daty, které bylo možné vyčíst u reálných dopravních nehod. Je zde uváděno, jaká data byla vyčtena, jak mohla pomoci znalci při analýze nehodového děje a jak mohla být vzhledem k situaci dopravní nehody ovlivněna.

Cílem diplomové práce je tak zhodnotit využití EDR dat a jejich přínos při analýze dopravních nehod. V rámci případových studií poukázat na to, jaká data byla důležitá a jak mohla znalci při analýze dopravní nehody pomoci.

2 EVENT DATA RECORDER

Někdy se může stát, že z dostupných podkladů nelze přesně určit skutečnosti, za kterých se dopravní nehoda stala. Pojem „černá skříňka“ je veřejnosti dobře znám ve spojení s leteckou dopravou. Je to zařízení, které ukládá důležité parametry během letu letadla. Tyto parametry jsou poté využívány pro objasňování letecké havárie. U motorových vozidel tuto funkci plní tzv. Event Data Recorder (dále jen EDR). Rozdíl je však v tom, že EDR zaznamenává menší objem parametrů v kratším časovém intervalu. Tato data se nemusejí použít pouze při rekonstrukci dopravní nehody a hledání její příčiny. Data lze taktéž použít při výzkumu bezpečnosti silničních vozidel, což může vést k návrhům bezpečnějších vozidel a zlepšování bezpečnostních systémů jimi používaných. [1]

EDR je tedy zařízením, které umožňuje záznam dynamických dat vozidla. Z pravidla je součástí řídicího modulu airbagů ACM (Airbag Control Module), který lze vidět na **obr. č. 1**. Data jsou zaznamenávána v časovém úseku v řádech několika sekund, a to těsně před, v průběhu a po nehodové události. Mohou to být například hodnoty týkající se rychlosti vozidla, otáček motoru, procentuální hodnoty sešlápnutí akceleračního pedálu, podélného zrychlení, úhlu natočení vozidla či informace o tom, zda byl brzdový systém aktivní, resp. zdali řidič brzdil, a podobně. [2]



Obr. č. 1 – Airbag Control Module (ACM) [3]

2.1 PRINCIP ZÁPISU A UKLÁDÁNÍ EDR DAT

EDR průběžně sleduje hodnoty systémů vozidla. Těmi jsou rychlost, brzdový systém, airbasy a jiné. Veškeré sledování a načítání dat je založeno na principu uzavřené nekonečné smyčky, což znamená, že sledované hodnoty jsou v průběhu času neustále přepisovány novými. Tato smyčka pracuje do té doby, dokud není přerušena nehodou. K přerušení dojde pouze v případě, kdy je překročena prahová hodnota závažnosti nebo když nastane událost takového stavu blízká. Prahovou hodnotou je například změna rychlosti v podélném směru, která přesahuje velikost změny 8 km/h během časového intervalu 150 ms nebo menším. Jestliže je tedy tato hodnota překročena, EDR zařízení automaticky uloží do dlouhodobé paměti několik sekund dat před, v průběhu a po nehodě. Celková délka záznamu před samotnou kolizí se u různých výrobců může lišit, zpravidla se však jedná o délku 2,5 až 15 sekund. [1][4] Data jsou v paměti uchována po dobu dvou set startovacích cyklů, čemuž obvykle odpovídá doba šesti až osmi týdnů od nehody/uložené události. [5]

2.2 HISTORIE A VÝVOJ EDR

Společnost General Motors (dále GM) v polovině 70. let minulého století, představila první pravidelné výrobní systémy airbagů řidiče i spolujezdce ve vybraných výrobních vozidlech. Proto, aby mohla společnost GM sledovat výkon airbagů a tímto sledováním airbasy upravovat a zlepšovat jejich účinnost, musela do vozidla začlenit elektromechanické senzory a diagnostický obvod. Ten monitoroval řídicí obvody airbagů a jestliže se objevila chyba, dokázal na to upozornit varovnou kontrolkou na přístrojové desce. Jestliže nastala situace nasazení airbagů, systém uložil data a přibližný čas. K označení takové situace systém využíval pojistku. V roce 1990 díky složitější diagnostice byl zaveden rezervní modul DERM, který měl navíc schopnost zaznamenat dobu konce nasazení airbagů. Taktéž dokázal rozeznat senzory i jakékoliv chybové kódy v době nasazení airbagů. Takto sofistikované záznamníky se začaly v roce 1992 instalovat do závodních vozidel, což přineslo nové informace ohledně biomechaniky lidského těla a zlepšení bezpečnosti závodních řidičů. Zlepšena byla i konstrukce závodních vozidel. Nainstalování těchto záznamníků do vozidel mělo za následek snížení počtu vážných zranění během závodů. O dva roky později se některé elektromechanické senzory nahradily analogovými akcelerometry a počítačovým algoritmem, který byl integrován do SDM (Sensing and Diagnostic Module). To přineslo zaznamenávání změny podélné rychlosti (ΔV) během nárazu a přidán byl i senzor pro sledování stavu bezpečnostního pásu řidiče. Schopnost zaznamenávat stav systému vozidla pár sekund před nárazem, jednalo se o časový úsek pěti sekund, a sledování parametrů jako jsou otáčky motoru, poloha škrtků klapky

a sledování sešlápnutí brzdového pedálu přidalo GM do SDM modulu v roce 1999. Pro získávání uložených dat byl využit software a kabely vyvíjeny firmou Vetronix Corporation. [4][6][7]

I přesto, že společnost GM začala jako první do vozidel instalovat záznamová zařízení nehodových dat, nebyla jediná. V roce 1997, konkurenční společnost Ford Motor, taktéž začala vyvíjet a instalovat do vozidel svoje zařízení, které neslo název RCM (Restraint Control Module). Byl kladen důraz především na sledování zádržných systémů cestujících, respektive bezpečnostních pásů a na vícestupňové aktivování čelních i bočních airbagů. Hlavním rozdílem oproti záznamovému zařízení společnosti GM, byla vzorkovací frekvence. Modul byl schopný zaznamenat vzorek každých deset milisekund. To však mělo dopad na rychlé zaplnění paměti modulu a tím pádem se mohlo stát, že nehodová událost nemusela být zaznamenána v celém jejím trvání. [8]

V průběhu let tedy docházelo k vývoji a rozšiřování zaznamenávacích zařízení, a to především za účelem zvyšování bezpečnosti vozidel. V roce 1997 vydal národní úřad pro bezpečnost dopravy Spojených států amerických (National Transportation Safety Board - NTSB) a laboratoř tryskového pohonu NASA doporučení, aby americký národní úřad pro bezpečnost silničního provozu (National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA) začal shromažďovat informace o nehodách pomocí záznamových zařízení EDR. Taktéž součástí doporučení bylo studování proveditelnosti instalace a získávání dat o nehodách pro bezpečnostní analýzy. Proto NHTSA na základě doporučení založila dvě výzkumné skupiny. Cílem jedné skupiny bylo usnadnění sběru a používání dat. Druhá se poté zabývala instalací EDR i pro kamiony, školní autobusy a autokary. [9][10]

NHTSA usoudil, že nehodové informace nemusejí být využívány pouze pro zvyšování bezpečnosti vozidel i celkového silničního provozu, ale mohou být i velmi cenné pro pochopení samotných nehodových událostí. V roce 2006 vznikl návrh pro dobrovolné instalování EDR automobilovými výrobci do vlastních vozů. Bylo proto nutné, aby byly specifikovány parametry, které musí zařízení EDR vždy zaznamenávat. Těchto povinných parametrů bylo 15 a byly specifikovány v Code of Federal Regulations (CFR), hlava 49, část 563 ze září 2012. Od roku 2013 již většina vozidel prodávaných v USA bylo vybaveno zařízením EDR a později dle Federálního bezpečnostního standardu pro motorová vozidla (FMVSS) č. 405 musela být vozidla modelového roku 2015 a novější, prodávána na americkém trhu, vybavena zařízením EDR. [4][9][11]

I v Evropě začal vývoj záznamového zařízení ADR (Accident Data Recorder) též známého jako německé UDS (Unfalldatenspeicher). Vývoj začal v osmdesátých letech v Německu. Za vývojem stály společnosti Messerschmitt-Bölkow-Blohm a Kienzle. Společností Mannesmann Kienzle HmbH bylo poté v roce 1992 požádáno o patent tohoto zařízení a na začátku dalšího roku byla uvedena

konečná verze. V Evropě nebyla implementace tohoto zařízení do vozidel povinná, a i přesto byla některá z vozidel tímto zařízením vybavena. Dle studie Evropské dopravní komise bylo zjištěno, že u uživatelů vozidel s ADR došlo k poklesu nehodovosti o 20 až 30 %. [12]

2.2.1 Výzkumné projekty

Samovar

„*Safety Assessment Monitoring on Vehicle with Automatic Recording*“ byl projekt, který proběhl v Evropě v roce 1992. Účastníky projektu byly tři země, Velká Británie, Nizozemí a Belgie. Projekt se zaměřoval na levné systémy pro záznam nehodových dat ve vozidle a jeho komunikaci s dalšími systémy. Systém SAMOVAR integrovalo různé subsystémy, které byly potřebné pro samotné vozidlo nebo správce vozidla, respektive vozového parku. [13] Mezi funkce systému patřily:

- „*Monitoring a záznam parametrů vozidlových systémů,*
- *Upozornění na nebezpečné vozidlo, řízení či prostředí,*
- *Avizovat řidičovu pozici, cestu a další informace,*
- *Detekovat a zaznamenávat detaily o nehodě.*“ [13]

Holandský institut pro výzkum bezpečnosti silničního provozu provedl v rámci tohoto projektu studii, jejíž cílem bylo zjistit, jestli je možné zvýšit bezpečnost silničního provozu na základě možnosti oponovat řidiči s objektivními daty týkajícími se jeho řídičského chování získaných ze záznamového zařízení instalovaného ve vozidle. Sledování nehodových dat vozidel bylo provedeno rok před instalací zařízení do vozidel a poté rok po instalaci. V rámci této studie bylo zahrnuto 270 vozů. Studie prokázala, že vědomí řidičů o záznamovém zařízení v jejich vozidle podstatně redukuje jejich nehodovost. Kalkulovaným výsledkem byl pokles nehodovosti u sledovaných vozových parků o 20 %. [13]

V rámci celého projektu SAMOVAR vylo sledováno 850 vozidel v časovém úseku jednoho roku. Výsledkem byl pokles nehodovosti o 28 %. Tím nastal i pokles výdajů spojených s nehodami, a to o 40 %. [13]

VERONICA

Projekt VERONICA byl zkratkou pro anglický název „*Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment*“, který byl proveden společností Siemens společně s dalšími třiceti průmyslovými partnery. Hlavní cíl spočíval v posouzení možnosti implementace EDR z důvodu lepšího pochopení, proč dochází v silničním provozu ke kolizím. Mezi další cíle projektu patřilo zjištění potenciálních přínosů pro prevenci dopravních nehod a bezpečnosti silničního provozu,

prověření a vyhodnocení nezbytných standardů a s tím spojené řešení požadovaného právního rámce pro přenos dat o nehodách do evropských nehodových databází. [14]

Projekt poskytl doporučení týkající se typů údajů. To mělo napomoci zlepšení při zjišťování příčiny dopravní nehody. Mezi dvacet určených parametrů patřila například rychlost v moment kolize, počáteční rychlost, respektive rychlost na počátku spuštění záznamu, změna rychlosti (deltaV), podélné a příčné zrychlení a podobně. Také byla definována řada technických požadavků pro samotné EDR, které zahrnovaly minimální paměťovou kapacitu, a to na 3 nehodové události. Tyto události se poté skládají z několika nárazů, které byly vozidlem způsobeny nebo které vozidlo utrpělo. Z projektu byla také uznána potřeba ponechat výrobcům možnost další, již však nepovinné parametry, které by využili pro účely zlepšování bezpečnosti a diagnostiky vozidla. Závěry projektu kladly důraz na použití tzv. „inteligentního spouštění“ záznamu. Poukázaly totiž na to, že spouštění pouze na základě aktivace airbagů, jak již bylo používáno v USA, nemusí být dostatečný k tomu, aby zaznamenal veškeré parametry. To souvisí i s prahovou hodnotou, která airbasy aktivuje. Jelikož jsou airbasy aktivovány od nějaké rychlosti, mohlo by to mít za následek nezaznamenání kolizí při nižších rychlostech či srážky s chodcem. Bylo i naznačeno, že by tento postup spouštění záznamu měl být standardizován pro různě kategorie vozidel. [14]

Projektem byl také vytvořen i právní základ pro další iniciativy evropské unie a určeny obecné pokyny pro legislativní činnost členských států. Pozornost byla věnována i ochraně osobních údajů. Zařízení EDR zaznamenává pouze údaje týkající se nehodové události, proto by obavy ohledně soukromí neměly být tak velké. I přesto je však nutné mít souhlas majitele vozidla, aby bylo možné uložené údaje získávat. V závěrech projektu bylo také zmíněno to, že zvýšení povědomí veřejnosti o EDR a jeho přítomnosti ve vozidlech mohlo mít psychologický efekt na zlepšení bezpečnosti silničního provozu. V neposlední řadě ze závěrů vyplývalo, že pro dosažení cílů projektu bude potřebný společný přístup k homologaci zařízení EDR, což by mělo zajistit přesnost a integritu dat. [14]

VERONICA II

Projekt navazoval na výsledky, kterých bylo dosaženo předchozím projektem VERONICA. Byl započat v roce 2007 a trval dva roky. Měl za cíl představit tehdejší současný stav technologie EDR a požadavky pro tato zařízení, které jsou mnohem větší než požadavky, které ukládá ve svých standardech americká NHTSA. Dále poskytoval doporučení pro směrnici, která by hrála při zavádění EDR v EU důležitou roli. [4]

V předcházejícím projektu VERONICA bylo zmíněno a kladen důraz na tzv. „inteligentní spouštění“ záznamu. Ve výsledcích projektu bylo uvedeno, že spouštění záznamu bylo nutné řešit

ze dvou důvodů. Prvním bylo, aby nedošlo k situaci, že nebude některá z nehodových událostí zaznamenána. Naopak druhým důvodem bylo, aby se paměť EDR nevyužila nežádoucími spouštěními záznamu. To samozřejmě souvisí s prahovými hodnotami pro spuštění. Zjištěna byla prahová hodnota změny v rychlosti 2 km/h do 120 ms, která přináší stále přijatelné riziko nežádoucího záznamu. Dobré výsledky také ukazuje, jak moc pravděpodobné je, že spuštění při každém zastavení obsahuje nežádoucí záznamy. Nabízí to tedy možnost využití více spouštěcích systému, kterým by byla přiřazena priorita. Vyšší prioritu by měl systém s nejnižším rizikem nežádoucích záznamů, respektive spuštění. Navrženy byly tři úrovně. Změna rychlosti 8 km/h do 150 ms s nejvyšší prioritou, poté změna rychlosti 2 km/h do 120 ms a poté spuštění při zastavení. Žádné další úrovně nejsou vyloučeny a mohou být implementovány výrobcem. [15]

Ochrana osobních údajů byla taktéž jednou z oblastí, která byla v rámci projektu řešena. V závěrech se dospělo k doporučením, aby členské státy při zavádění čtecích zařízení nehodových dat zajistily ochranu základních práv a svobod fyzických osob, včetně jejich práva na soukromí v souvislosti se zpracováním osobních údajů, jelikož zaznamenaná data jsou v jejich vlastnictví. Vzhledem k tomu doporučují, že pro zpracování dat musí být získán výslovný a nepopíratelný souhlas. Avšak pokud se jedná o údaje požadované policií či soudem, souhlas nemůže být podmínkou „*sine qua non*“, tedy nemůže být podmínkou, při které toto nelze. Pro výzkumné účely v oblasti bezpečnosti silničního provozu bude muset, v každém zákoně zahrnující povinnost EDR zařízení, být zajištěn proces anonymizace a pseudonymizace. [15]

SVRAI

Tento francouzský projekt „*Sauver des vies par le retour d'analyse sur incidents*“, z roku 2014, využil zařízení EDR, a tím nehodová data pro sledování a detekci nedostatků a poruch silniční infrastruktury z hlediska její bezpečnosti. Pro měření bylo využito speciálně navrženého nástroje EMMA2 společně s GPS. Nástroj měl v sobě funkci EDR, která zjišťovala potenciální události, jestliže byla překročena určitá prahová hodnota zrychlení. Dle určité změny zrychlení se rozeznávaly situace, které byly způsobeny nerovnostmi komunikace, nebo jestli se jednalo o něco závažnějšího. To vyhodnocoval integrovaný software a posílal data na přezkoumání pomocí GSM sítě. Po vyhodnocení dat následovala prohlídka daného úseku komunikace pomocí laboratorního vozidla v různých rychlostech pro různé dynamické průběhy. Odborníci na bezpečnost silničních komunikací taktéž posuzovali a zohledňovali vybavení komunikace. Na konci poté byla vytvořena inspekční zpráva, která obsahovala nejen údaje o incidentu, ale i zhodnocení vlivu dopravní infrastruktury. [4][16]

Pro účely projektu bylo využito již zmíněné, speciálně vytvořené zařízení EMMA2 navržené v roce 2007. Zařízení získává analogová data ze senzorů přímo do integrovaného EDR s vzorkovací frekvencí 100 Hz. Dále dokáže prostřednictvím GPS poskytovat údaje o rychlosti a poloze s frekvencí 1 Hz. Taktéž sbírá dostupné diagnostické údaje vozidla v závislosti na jeho modelu. Data jsou sbírána v reálném čase pomocí integrovaného softwaru. Principem sběru dat je překročení definovaných prahových hodnot zrychlení. Ukládají a následně se posílají údaje 30 sekund před a 15 sekund po detekci překročení prahové hodnoty. [16]

VIMOT

Projekt „*Vývoje inovativní metody k odhalování trestních činů v silniční dopravě*“ s využitím elektronických nehodových dat, zkráceně VIMOT, byl zahájen 1. 1. 2017 za podpory Ministerstva vnitra ČR v rámci programu bezpečnostního výzkumu České republiky 2015–2022 a ukončen byl 31. 3. 2020. Hlavní cíl byl založen na získávání, analýze a využívání nehodových dat zaznamenávaných pomocí EDR. V rámci projektu byla sestavována metodika, která se týká aplikace nařízení Evropského Parlamentu a Rady 2019/2144, postupů získávání nehodových dat a aplikace těchto postupů v praxi. Jelikož se projekt zaměřoval především na závažnější dopravní nehody, při kterých dochází k trestním činům, je metodika postupu získávání nehodových dat primárně určena a spjata s orgány činných v trestním řízení. [17][18]

V průběhu projektu bylo analyzováno 100 dopravních nehod a 12 nárazových testů pro verifikaci metody získávání dat. Například z výsledků nárazových testů provedených v roce 2019 je zřejmé, že zajištění digitálních stop, tedy nehodových údajů z vozidla, je kvalitním zdrojem pro závěry znaleckého zkoumání i přesto, že v některých případech vznikaly odchylky EDR dat od naměřených hodnot z nezávislých kalibrovaných měřících přístrojů použitých k verifikaci, které však byly přijatelné. [18][19]

2.3 LEGISLATIVA EDR

Při vývoji EDR bylo nutné jej standardizovat, respektive standardizovat, jaká data a parametry budou zaznamenávány a jakým způsobem se budou data získávat. Jelikož v USA se začalo EDR vyvíjet a využívat nejdříve, staly se jejich legislativní prameny vzorem pro ostatní země po celém světě.

2.3.1 Legislativa v USA

49 CFR část 563

Jedním z nejdůležitějších legislativních pramenů týkající se EDR ve Spojených státech je Kodex federálních právních předpisů, a to hlava 49 část 563. Ten byl zveřejněn 28. srpna v roce 2006. Vychází již z předchozích standardů SAE J1698 (SAE – Society of Automotive Engineers) a IEEE 1616 (IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers). [20]

Oblast působnosti toho dokumentu je popsána hned na jeho počátku v § 563.1. Zabývá se jednotnými požadavky na vozidla, která jsou vybavena záznamníky EDR, především poté na shromažďování, uchovávání a získatelnosti údajů po případné havárii, resp. nehodě. Dále stanovuje požadavky na výrobce vozidla v rámci komerčního zpřístupnění nástroje či metody, díky které budou moci vyšetřovatelé nehody nebo výzkumníci získávat EDR data. Účelem je poté zajistit, aby zaznamenané údaje pomocí EDR byly snadno použitelným způsobem využitelné při vyšetřování a analýze nehod nebo při analýze správné funkčnosti bezpečnostních zařízení a systémů ve vozidle, uvedeno v § 563.2. [21]

Paragraf 563.3 definuje aplikaci této regulace. Vztahuje se na vozidla, která byla vyrobena 1. září 2012 a později, a která jsou vybavena EDR, a to na osobní automobily, víceúčelová osobní vozidla, nákladní vozidla a autobusy s maximální možnou hmotností 3 855 kg a hmotností nezatíženého vozidla 2 495 kg a méně. Výjimku mají dodávky, které jsou určeny pro prodej Poštovní službě USA. Některá vozidla nemusejí požadavky této regulace splňovat. Jedná se o vozidla, která byla vyrobena před 1. září 2013, která byla před tím certifikována v souladu s 49 CFR 567. [21]

Důležitý je § 563.7, který definuje, jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole **2.2**, 15 datových prvků, které jsou požadované pro každé vozidlo vybavené záznamníkem údajů EDR. U každého datového prvku je zde i definováno, v jakém časovém intervalu musejí být hodnoty zaznamenány včetně jejich vzorkovací frekvence. Těmito povinnými datovými prvky jsou:

- *„Podélné delta-V,*
- *Podélné maximální delta-V,*
- *Čas, maximální delta-V,*
- *Rychlost, vozidlo indikováno,*
- *Škrťící klapka motoru, procentuální hodnota sešlápnutí pedálu akcelérátoru,*
- *Provozní brzda, zapnutí/vypnutí,*
- *Cyklus zapalování, crash,*

- *Cyklus zapalování, download,*
- *Stav bezpečnostního pásu řidiče,*
- *Výstražná kontrolka předního airbagu, zapnutí/vypnutí,*
- *Aktivace předního airbagu, čas aktivace v případě jednostupňového airbagu nebo čas aktivace první fáze u vícestupňového airbagu řidiče,*
- *Aktivace předního airbagu, čas aktivace v případě jednostupňového airbagu nebo čas aktivace první fáze u vícestupňového airbagu spolujezdce,*
- *Multi-event, počet událostí,*
- *Čas od jedné události k druhé,*
- *Kompletní zaznamenaný soubor, ano/ne.” [21]*

Veškerá data poté mají definovaný minimální rozsah i přesnost, se kterou musejí být zaznamenávána (§ 563.8). V následujících paragrafech (§ 563.9, § 563.10, § 563.11 a § 563.12) je mimo jiné definováno, za jakých podmínek a okolností musejí být data zaznamenána nebo jak je to se zachováním dat v rámci nárazových zkoušek. Informace o přítomnosti EDR ve vozidle musí být dle této normy uvedena v uživatelské příručce k vozidlu. Nejdůležitější poznámkou je, že: *„Údaje EDR zaznamenává vaše vozidlo pouze v případě, že dojde k netriviální havárii; EDR nezaznamenává žádná data za normálních jízdních podmínek a žádné osobní údaje (např., zaznamenává se jméno, pohlaví, věk a místo havárie). Jiné strany, například vymáhání práva, by však mohly kombinovat údaje EDR s typem osobních identifikačních údajů běžně získaných během vyšetřování havárií. Ke čtení dat zaznamenaných EDR je vyžadováno speciální vybavení a je nutný přístup k vozidlu nebo EDR. Kromě výrobce vozidla si mohou ostatní strany, například vymáhání práva, které mají speciální vybavení, přečíst informace, pokud mají přístup k vozidlu nebo EDR.” [21]*

Driver's Privacy Act of 2015

Neboli zákon o ochraně osobních údajů řidiče z roku 2015 prohlašuje, že jakákoliv data, která jsou pořízena, resp. uložena záznamníkem EDR a definována v 49 CFR 563.5, jsou majetkem vlastníka vozidla. Pokud se jedná o pronajímané vozidlo, vlastníkem je nájemce. Znamená to, že k datům nesmí přistupovat jiná osoba než vlastník nebo nájemce vozidla, což může tvořit v případě vyšetřování dopravní nehody značnou překážku. Existují však případy, kdy je přístup k datům jinou osobou možný:

- Tím nejjednodušším je poskytnutý souhlas vlastníkem či nájemcem se získáním dat za jakýmkoli účelem. Souhlas musí být písemný, elektronický nebo zvukový.
- Jestliže soud nebo jiný soudní orgán vydá povolení pro získání dat. Získané údaje podléhají normám pro přijímání důkazů.

- Data jsou získána na základě vyšetřování nebo inspekce, osobní údaje vlastníka či nájemce a identifikační číslo vozidla nejsou zveřejněny ve spojitosti se získanými daty.
- V případě, kdy jsou data získávána pro usnadnění nouzové lékařské reakce.
- Data jsou využita pro výzkum bezpečnosti provozu, přičemž údaje o vlastníkovi a identifikační číslo vozidla nejsou zveřejněny [22][3]

2.3.2 Předpis OSN č. 160

Předpis OSN č. 160 – *Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska zapisovače údajů o události* je předpisem Evropské komise, které vzešlo v platnost a účinnost 30. září 2021. Z velké části vychází již ze zmíněného kodexu federálních právních předpisů 49 CFR 563, avšak je více podrobný. Týká se tedy schvalování motorových vozidel kategorií M1 a N1 z hlediska zapisovačů EDR. Určuje minimální požadavky na sběr, uchování a odolnost údajů v případě nehody. V tabulce 1 přílohy 4 definuje povinné údaje i údaje, které jsou vyžadovány pouze v případě splnění minimálních podmínek. Veškeré prvky mají definovanou vzorkovací frekvenci odběru vzorků, přesnost i interval/okamžik, ve kterém musejí být zaznamenány. Nalezneme zde i definici prahových hodnot. Prahové hodnoty jsou velice důležitým parametrem, neboť při dosažení nebo překročení těchto hodnot musí EDR zaznamenat veškerá data. Prahové hodnoty jsou (uvedeny v části 5.3.1 tohoto předpisu):

- *„změna podélné rychlosti vozidla o více než 8 km/h v intervalu 150 ms nebo menším;*
- *změna boční rychlosti vozidla o více než 8 km/h v intervalu 150 ms nebo menším;*
- *aktivace nevratného zádržného systému pro cestující;*
- *aktivace systému sekundární bezpečnosti pro nechráněné účastníky silničního provozu*
Není-li vozidlo vybaveno systémem sekundární bezpečnosti pro nechráněné účastníky silničního provozu, nevyžaduje tento předpis záznam údajů ani montáž zmíněného systému. Pokud však vozidlo takovým systémem vybaveno je, musí se po jeho aktivaci zaznamenat údaje o události.“
[23]

2.3.3 Legislativa v EU

V rámci evropské unie vzniklo 27. 11. 2019 Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) 2019/2144, které se týká požadavků pro schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti a ochrany cestujících ve vozidle a zranitelných účastníků silničního provozu. Nařízení se vztahuje na kategorie vozidel M, N a O. Vzhledem k bezpečnosti se zaměřuje na technologický pokrok a využívání a zavádění nových vyspělých bezpečnostních systémů. Mezi

ně patří například systém pro regulaci rychlosti vozidla, udržování vozidla v jízdním pruhu, rozpoznání ospalosti řidiče a jiné. Mezi zaváděné také patří zapisovač údajů o události, respektive o nehodě, tedy EDR. [24]

Dle tohoto nařízení je zapisovač údajů o události definován jako „systém, jehož jediným účelem je zaznamenávat a uchovávat kritické parametry a informace týkající se nárazu krátce před srážkou, v jejím průběhu a bezprostředně po ní“. Dále musí podle článku 6 splňovat následující požadavky:

- „údaje, které jsou schopny zaznamenat a uchovávat v období krátce před srážkou, v jejím průběhu a bezprostředně po ní, musí zahrnovat rychlost vozidla, brzdění, polohu a náklon vozidla na silnici, stav a míru aktivace všech jeho bezpečnostních systémů a palubního systému eCall využívajícího linku tísňového volání 112, aktivaci brzd a relevantní vstupní parametry z palubních systémů aktivní bezpečnosti a předcházení nehodám, a to s vysokou přesností a zajištěným zachováním údajů,
- zařízení nesmí být možné deaktivovat,
- způsob, jakým jsou schopny zaznamenávat a uchovávat údaje, musí být takový, aby:
 - fungovaly v rámci uzavřeného okruhu,
 - údaje, které shromažďují, byly anonymizovány a chráněny před manipulací a zneužitím,
 - na základě údajů, které shromažďují, bylo možné přesně zjistit typ, variantu a verzi vozidla, a zejména systémy aktivní bezpečnosti a předcházení nehodám, jimiž je vozidlo vybaveno,
- údaje, které jsou schopny zaznamenávat, mohou být prostřednictvím standardizovaného rozhraní zpřístupněny vnitrostátním orgánům na základě práva Unie nebo vnitrostátního práva pouze pro účely zkoumání a analýzy nehod, včetně schvalování typu systémů a konstrukčních částí a v souladu s nařízením (EU) 2016/679.“ [24]

Zapisovač mezi zaznamenanými a uloženými údaji nesmí zobrazovat VIN kód včetně posledních čtyř číslic. Je to z toho důvodu, aby nebylo možné identifikovat konkrétní vozidlo a tím i jeho vlastníka či držitele. Veškeré zpracovávání osobních údajů získaných pomocí bezpečnostních systémů se řídí obecným nařízením o ochraně osobních údajů (GDPR). [24]

Zmíněný systém eCall je systémem, který automaticky v případě vážné dopravní nehody zavolá na tísňové číslo 112. Jeho schvalování a kladené požadavky na systém se řídí Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/758. Funguje ve všech zemích evropské unie a je přítomen ve všech vozidlech, které byly schváleny do výroby po 31. březnu 2018. Skrze datové

a telefonní spojení mohou s pracovníky střediska pro tísňová volání cestující ve vozidle komunikovat. Taktéž jsou automaticky zaslány informace o poloze a času nehody, VIN kód vozidla a směr jízdy. I pro tento systém platí ochrana osobních údajů řídicí se pravidly EU pro ochranu osobních údajů. [25]

V roce 2022, 26. ledna, došlo k doplnění nařízení. Toto doplnění se přímo týká zapisovače nehodových údajů EDR. Systémy EDR musí být přítomny ve všech nových typech/modelech vozidel s platností od 6. července 2022 a pro všechna nově vyrobená vozidla tato povinnost platí od 7. července 2024. Technické požadavky musí být splněny v souladu s předpisem OSN č. 160 a s články 3, 4 a 5 tohoto nařízení. Zabezpečení zaznamenaných údajů se musí řídit předpisem OSN č. 155, který se týká jednotných ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska kybernetické bezpečnosti. [26]

2.4 ZÍSKÁVÁNÍ EDR DAT

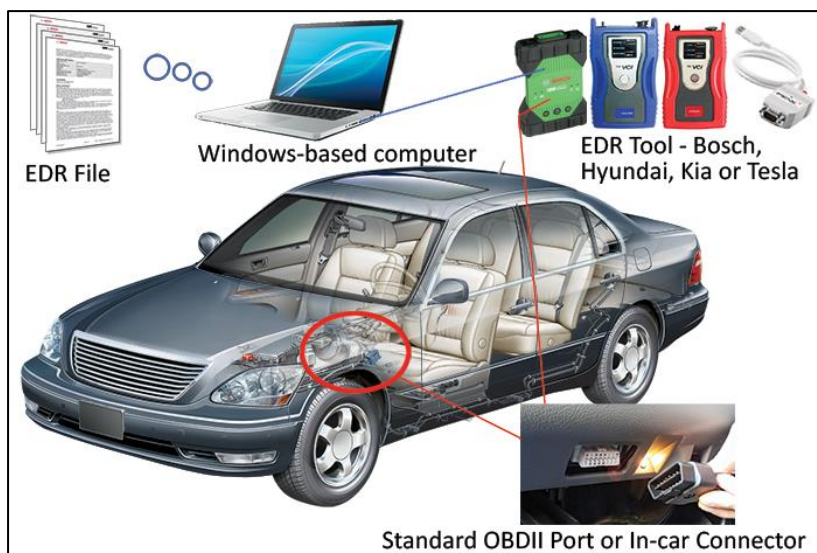
EDR data nelze žádným způsobem resetovat, upravovat či mazat, ale lze je pouze číst. Proto, aby mohla být data vyčtena z paměti modulu, je zapotřebí speciální čtecí zařízení včetně softwaru, který je tvořen pro užívání v operačním systému Windows. Bez tohoto softwaru by byla data pouze v surové podobě, což znamená, že by nebyla čitelná. Z pravidla se jedná o hexadecimální kód. Ten je tedy potřeba přeložit, resp. převést do čitelné podoby, která již lze využít při analýze dat. Typů těchto zařízení a softwarů je více a závisí na výrobci a značce vozidla, ze kterého jsou EDR data čtena. Většinou se odlišují konektory, kterými k datům lze přistupovat a taktéž se mohou lišit datovými formáty. Nejrozšířenějším je nástroj od značky Bosch, Bosch CDR Tool (CDR – Crash Data Retrieval), dalšími jsou GIT EDR a Tesla EDR. [2][4][27]

2.4.1 Metody přístupu k datům

K datům lze pomocí specializovaného hardwaru přistupovat dvěma způsoby, které se odvíjejí od poškození vozidla či dostupnosti zdroje elektrické energie. Jedná se o připojení:

- Pomocí diagnostického komunikačního portu vozidla DLC (konektor OBD II),
- Přímo k modulu ACM – Direct-to-Module (D2M).

Prvním důležitým krokem k přístupu dat je identifikace typu a modelu EDR. Tímto krokem se specifikuje, jaký hardware a software bude využit. Následně se pomocí příslušných kabelů propojí vozidlo, případně ACM modul se čtecím zařízením a počítačem. [2][4][28][29]



Obr. č. 2 – Připojení hardwaru pro získávání EDR dat [3]

Připojení pomocí diagnostického portu

Diagnostický port nalezneme v každém vozidle a je nejčastěji umístěný v prostoru pod volantem, případně pak ve středovém panelu. Metoda připojení a čtení dat přes diagnostický port je nejvíce upřednostňovaný postup. Je to díky tomu, že umožňuje jednotce komunikovat s dalšími systémy ve vozidle, které mohou poskytnout další informace, které EDR neuchovává a nezaznamenává. Jedná se o zabezpečený přístup, jelikož pro čtení EDR dat je nutné splňovat dvě podmínky, díky kterým k datům nemůže přistupovat běžný uživatel. Jednou je, že musí být k dispozici stejnosměrné napětí 12 V a druhá poté je, že klíč od vozidla musí být v zapalování. [4]



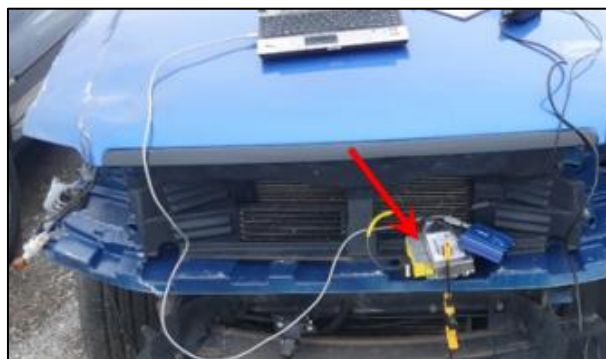
Obr. č. 3 – Metoda připojení pomocí diagnostického portu [28]

Přímé připojení k ACM – Direct-to-Module (D2M)

Tato metoda je využívána v případě, když je vozidlo poškozeno natolik, že není možný přístup k diagnostickému portu, nebo když nefunguje elektrický systém vozidla. Je tedy nutné přímé propojení s modulem airbagů. Toho lze taktéž docílit dvěma způsoby. Buď je tento modul stále přítomen ve vozidle (**obr. č. 4**), nebo je modul z vozidla demontován (**obr. č. 5**). Nevýhodou této metody přístupu je, že každý výrobce vyrábí ACM moduly s jiným konektorem, jelikož pro něj neexistuje žádný standard. Proto pro čtení dat touto metodou je potřeba mít různé kabely a adaptéry pro různé značky vozidel. [4]



Obr. č. 4 – ACM přítomen ve vozidle [29]



Obr. č. 5 – ACM vymontován mimo vozidlo [29]

2.4.2 Bosch CDR Tool

Jedná se o nejrozšířenější a nejvíce používaný nástroj pro čtení EDR dat. Je to především díky vysokému počtu podporovaných značek vozidel, se kterými je tento nástroj kompatibilní. Mezi kompatibilní značky patří například Audi, BMW, Mercedes, Jeep, RAM, Toyota, Volkswagen, Volvo, Lamborghini, Fiat, Bentley, Mitsubishi a jiné. Celý seznam podporovaných značek vozidel včetně jejich modelů, roku výroby a trhu, pro který byly určeny, a podporovaného typu čtecího zařízení je dostupný na stránkách výrobce Bosch zde: <https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/software-downloads>. Značky Genesis, Hyundai, Jaguar, KIA, Land Rover a Tesla nejsou kompatibilní se zařízením Bosch, jelikož ke čtení nehodových dat využívají své vlastní nástroje. [11][30]

Nástroj Bosch CDR je složen ze dvou hlavních komponent. První je hardware, tedy moduly rozhraní společně se souvisejícími kabely a adaptéry, pomocí kterých se lze připojit k portu palubní diagnostiky nebo přímo k modulu, který obsahuje EDR. Druhou je poté software, který převádí data do zprávy CDR ve formátu PDF. V softwaru lze také najít pokyny a možnosti k vyhledávání dat souvisejících s konkrétní značkou vozidla. [11] Z pravidla lze nástroj Bosch CDR pořídit v různých sadách, které obsahují samotný modul rozhraní se základními kabely a softwarem. Problém však nastává, jestliže je potřeba využít přístupovou metodu D2M. Každý výrobce má u těchto modulů

odlišné porty, kterými lze k modulu přistupovat a bývá proto nutné pořizovat speciální kabely zvlášť. [31]

Nyní je na trhu dostupný Bosch CDR 900 (**obr. č. 6**). Toto rozhraní bylo uvedeno v roce 2018, aby nahradilo tehdejší rozhraní CANplus, kterému rokem 2023 končí podpora a již nepůjde získat od žádného z dodavatelů. [32] Oproti CANplus nabízí rychlejší komunikaci či možnost bezdrátového připojení mezi modulem a počítačem. I z hlediska vývoje vozidlových systémů a technologií bylo potřebné vyvinout modul, který bude podporovat novodobé náročnější výkonové a komunikační protokoly nebo i autonomní systémy. Hardwarovými komponentami tohoto modulu jsou:

- Kabel napájení a rozhraní,
- Kabel DLC/OBD,
- Adaptér kabelu Legacy D2ML (podpora kabelů pro starší vozidla v rámci metody D2M),
- Prodlužovací kabel,
- Vysokozátěžový kabel USB pro stabilní připojení k počítači z důvodu konfigurace, přeprogramování a registrace zařízení CDR 900,
- WiFi Dongle 802.11 pro bezdrátovou komunikaci. [33][34]



Obr. č. 6 – Bosch CDR 900 [33]

2.4.3 GIT EDR Hyundai/KIA

Pro čtení nehodových dat u vozidel značky Hyundai a Kia je třeba použití jiného čtecího zařízení, než je Bosch CDR Tool. Nástroje pro tyto značky vznikly v roce 2012 společností GIT (Global Information Technology). Přestože se jedná o dva rozdílné nástroje pro každou značku zvlášť, samotný modul je identický, odlišují se pouze barvou. Modul rozhraní pro vozidla Hyundai je modrý

(Obr. č. 7), pro vozidla KIA červený (Obr. č. 8). Taktéž software, který zobrazuje data je v obou případech odlišný. Oba nástroje umožňují, podobně jako Bosch CDR, přístup k datům pomocí diagnostického portu, tak i pomocí přímého připojení k ACM. Jelikož jsou podporována modelová vozidla obou značek, rozmanitost kabelů pro metodu D2M není příliš velká. Podporované modely jsou od roku výroby 2013 a novější. Seznam podporovaných modelů s poslední aktualizací v září 2023, lze nalézt na následujících odkazech [35][36]:

- Hyundai:
https://cdn.shopify.com/s/files/1/0522/0751/7864/files/Hyundai_EDR_ACU_Adapter_info_September_2023_rev_005.pdf?v=1699392656
- KIA:
https://cdn.shopify.com/s/files/1/0522/0751/7864/files/Kia_EDR_ACU_Adapter_info_September_2023_rev.pdf?v=1699392670



Obr. č. 7 – GIT: Hyundai EDR Tool Kit [37]



Obr. č. 8 – GIT: KIA EDR Tool Kit [38]

2.4.4 Tesla EDR Tool

Původně měl výrobce vozidel Tesla záznamové zařízení, které fungovalo jako EDR, avšak nebylo omezeno spuštěním dopravní nehodou. Ukládalo mnohem více údajů i během jízdy. Data byla přístupná pouze výrobcí, jelikož záznam neprobíhal jenom před, v průběhu a po nehodě. Data používal pro vylepšování systému vozidla a pro svoji obhajobu při různých sporech s vlastníky vozidel. Společnost Tesla to s příchodem nového zákona o ochraně osobních údajů řidiče musela změnit, protože veškerá zaznamenaná data ve vozidle spadají do vlastnictví vlastníka vozidla. [39][40]

Od roku 2018 je na trhu komerčně dostupný nástroj a software společnosti Tesla, který umožňuje přístup k nehodovým datům. Jediným modelem vozu, který nemá implementaci funkce EDR je Tesla Roadster. Zvláštností je, že pro vyčítání dat má každý model rozdílný kabel a ke

každému modelu existuje příručka pro postup vyčítání dat. Postup při vyčítání dat poté funguje na stejném principu jako to je například u CDR Bosch. [40][41]



Obr. č. 9 – EDR Kit for Tesla Vehicles [42]

2.5 EDR/CDR PROTOKOL

Jak již bylo zmíněno, ukládaná nehodová data jsou v podobě hexadecimálního kódu. Pro jejich čtení je tedy nutné mít speciální zařízení společně se speciálním softwarem, který data dokáže extrahovat z vozidla a následně přeložit do čitelné podoby. Nejčastěji se jedná formáty souborů .pdf nebo .CSV. Výsledkem je tedy zpráva neboli protokol. Jedná se o několikastránkový dokument. Rozsah dokumentu závisí na závažnosti nehodového děje. Jelikož protokol obsahuje veškeré informace ohledně nehodového děje, stává se z něj velice užitečný dokument pro podrobnou analýzu samotné nehody. [43]

Každý protokol obsahuje titulní/první stranu (**Obr. č. 10**), která obsahuje informace o souboru CDR, komentáře a datová omezení, která se liší v závislosti na modulu. Komentáře píše technik, který provádí stahování dat z vozidla. Má taktéž možnost zadat číslo případu a datum nehody. Datové omezení lze chápat jako hranice parametru, který lze modulem změřit a uložit. Modul například zaznamenává rychlost do nějaké maximální hodnoty, ale je teoreticky možné, že vozidlo jelo více. Samozřejmě to závisí na typu vozidla a daném případě. Dále je na první straně uvedeno, jaké datové prvky byly zaznamenány. Další stránky obsahují údaje o událostech v průběhu nehody. Zpravidla se jedná o textová data v tabulkách nebo o grafická vyjádření (**Obr. č. 11**). [43]

IMPORTANT NOTICE: Robert Bosch LLC and the manufacturers whose vehicles are accessible using the CDR System urge end users to use the latest production release of the Crash Data Retrieval system software when viewing, printing or exporting any retrieved data from within the CDR program. Using the latest version of the CDR software is the best way to ensure that retrieved data has been translated using the most current information provided by the manufacturers of the vehicles supported by this product.

CDR File Information

| | |
|---|--|
| User Entered VIN/Frame Number | SB1ZE3JE90E042629 |
| User | FD |
| Case Number | |
| EDR Data Imaging Date | 09.24.2019 |
| Crash Date | |
| Filename | SB1ZE3JE90E042629_ACM_AURIS_PO_CRASHCHODEC.CDRX |
| Saved on | úterý, září 24 2019 at 15:42:49 |
| Imaged with CDR version | Crash Data Retrieval Tool 19.0 |
| Imaged with Software Licensed to (Company Name) | Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences |
| Reported with CDR version | Crash Data Retrieval Tool 19.0 |
| Reported with Software Licensed to (Company Name) | Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences |
| EDR Device Type | Airbag Control Module |
| Event(s) recovered | Front/Rear (2), Side (2) |

Comments

No comments entered.

Data Limitations

CDR Record Information:

- Due to limitations of the data recorded by the airbag ECU, such as the resolution, data range, sampling interval, time period of the recording, and the items recorded, the information provided by this data may not be sufficient to capture the entire crash.
- Pre-Crash data is recorded in discrete intervals. Due to different refresh rates within the vehicle's electronics, the data recorded may not be synchronous to each other.
- Airbag ECU data should be used in conjunction with other physical evidence obtained from the vehicle and the surrounding circumstances.
- If any of the front passenger seat airbags, side airbags, or Curtain Shield Airbags have deployed, data will not be overwritten or deleted by the airbag ECU following that event. If none of the airbags have deployed, the data of that event may be overwritten by a following event even if other airbags (pretensioner, rear seat airbag, etc.) have deployed.
- If power supply to the airbag ECU is lost during an event, all or part of the data may not be recorded.
- "Diagnostic Trouble Codes" are information about faults when a recording trigger is established. Various diagnostic trouble codes could be set and recorded due to component or system damage during an accident.
- The airbag ECU records only diagnostic information related to the airbag system. It does not record diagnostic information related to other vehicle systems.
- The TaSCAN, Global Tech Stream, or Intelligent Tester II devices (or any other Toyota genuine diagnostic tool) can be used to obtain detailed information on the diagnostic trouble codes from the airbag system, as well as diagnostic information from other systems. However, in some cases, the diagnostic trouble codes of the airbag system recorded by the airbag ECU when the event occurred may not match the diagnostic trouble codes read out when the diagnostic tool is used.

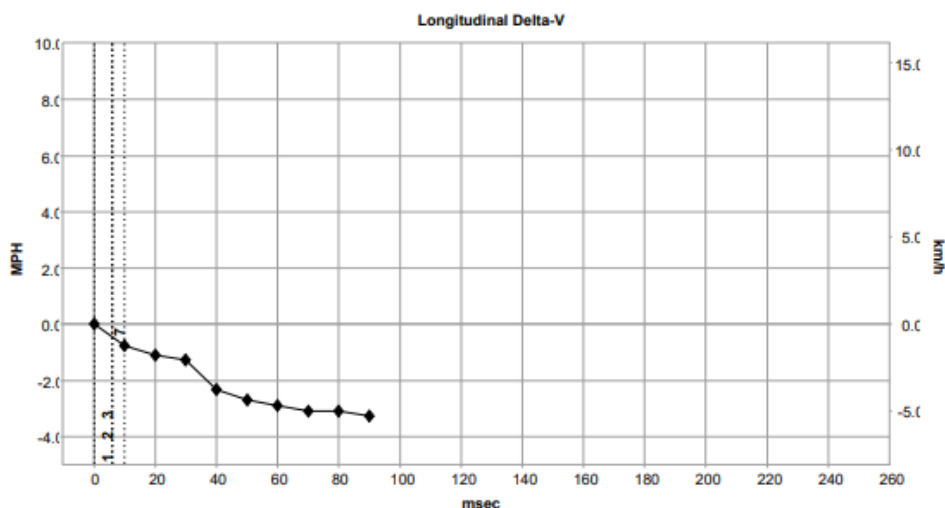
General Information:

- The data recording specifications of Toyota's airbag ECUs are divided into the following categories. The specifications for 12EDR or later are designed to be compatible with NHTSA's 49CFR Part 563 rule.
 - 00EDR / 02EDR / 04EDR / 06EDR / 10EDR / 12EDR / 13EDR / 15EDR / 17EDR
- The airbag ECU records data for all or some of the following accident types: frontal crash, rear crash, side crash, and rollover events. Depending on the installed airbag ECU, data for side crash and/or rollover events may not be recorded.
- This airbag ECU records pre-crash data and post-crash data.
 - If a single event occurs independently, the data for that event is recorded on a one-to-one basis.
 - If multiple events occur successively (within a period of approximately 500ms), the establishment of the recording trigger for the first event is defined as the "pre-crash recording trigger". Pre-crash data for the first event and post-crash data for each successive event is then recorded.
- The airbag ECU has two recording pages (memory maps) to store pre-crash data. Additionally, to store post-crash data, the airbag ECU has two recording pages for each accident type: two pages for frontal and rear crash, two pages for a side crash, and two pages for rollover event.
- The data recorded by the airbag ECU includes correlating information between each previously occurring event (i.e., information that clarifies the collision event sequence. This correlation information consists of the following items.
 - Time from Previous Pre-Crash TRG
 - Linked Pre-Crash Page
 - Time from Pre-Crash TRG
 - TRG Count
 - Previous Crash Type

Obr. č. 10 – Příklad titulní/první strany CDR protokolu [1]

Longitudinal Crash Pulse (1st Prior Event, TRG 9 - table 1 of 2)

| | |
|--|-------------|
| Recording Status, Time Series Data | Complete |
| Time from Time Zero to TRG (msec) | 6 |
| Length of Delta-V (msec) | 90 |
| Max. Longitudinal Delta-V (MPH (km/h)) | -3.3 [-5.3] |
| Time, Maximum Delta-V, Longitudinal (msec) | 91 |
| Power Supply Status at Max. Delta-V | ON |



Deployment Time Marker Key

| | |
|---|---|
| 1 | Driver Airbag Deployment Time |
| 2 | Passenger Airbag Deployment Time |
| 3 | Driver/Passenger Pretensioner |
| 4 | Driver 2nd Stage Airbag Deployment Time |
| 5 | Passenger 2nd Stage Airbag Deployment |
| 6 | Driver/Passenger AHR |
| 7 | Driver/Passenger CSA |
| 8 | Rear Window Airbag Deployment Time |

Obr. č. 11 – Příklad strany CDR protokolu s tabulkou a grafickým vyjádřením [1]

Ne vždy však lze protokol použít jako primární zdroj důkazů bez jeho důkladného prošetření a zkontrolování, zda mohou být zaznamenaná data vůči situaci reálná a smysluplná. V případech datových omezení se musí uvažovat fakt, že je to maximální hodnota, kterou je možné zaznamenat. Následně je důležité zkontrolovat smyslnost dat, protože se může stát, že z různých vlivů budou data nepřesná, například rychlost vozidla v případě snížené adheze vozovky. [43]

2.6 EDR PRO AUTONOMNÍ VOZIDLA

S rozvojem automatizovaného provozu a používání autonomních vozidel se otevírá potřeba implementace zařízení EDR. Tato zařízení mají klíčovou roli při vylepšování systémů autonomních vozidel a zajištění informací při řešení případných dopravních nehod. Vzhledem k budoucnosti automobilového průmyslu, která směřuje k větší automatizaci, je význam EDR v kontextu autonomních vozidel neodmyslitelný. Dosavadní funkce EDR budou muset být dále rozšiřovány, aby zahrnovaly a zaznamenávaly i údaje, které jsou v rámci autonomních vozidel důležité.

Dle Evropského nařízení 2019/2144 je automatizované vozidlo definováno jako vozidlo, které se dokáže po určitou dobu pohybovat autonomně, bez neustálého dohledu řidiče, avšak jeho interakce s vozidlem je očekávaná či přímo vyžadovaná. Naopak u definice plně automatizovaného vozidla se vozidlo pohybuje autonomně, a to bez jakéhokoliv dohledu řidiče. Nejsou zde však definovány požadavky na zapisovač nehodových dat, tedy EDR, pro autonomní vozidla. [24][26]

I přesto, že ve zmíněném Nařízení Evropské unie zatím není definováno EDR pro použití v autonomních vozidlech, vzniklo zařízení, které bude spolupracovat s EDR a pomáhat ukládat veškerá data o autonomním řízení. Toto zařízení je standardizováno standardem IEEE 1616.1-2023. Standard byl schválen 29. června 2023. Zabývá se zařízením DSSAD, celým názvem Data Storage Systems for Automated Driving. Definovány jsou zde datové prvky, které jsou relevantní pro systémy automatizovaného řízení úrovně 3, 4 a 5. Standard bude i nadále měněn a rozvíjen tak, aby obsahoval příslušné definice dat a datových prvků pro vývoj autonomních vozidel. Cílem je vytvoření standardu pro sběr dat pro automatizovanou jízdu, který zahrnuje funkční požadavky na automatizované brány vozidel a bezpečnostní pokyny pro ukládání dat záznamníku i v cloudu. [44]

Znamená to tedy, že každé autonomní vozidlo bude muset být vybaveno DSSAD. Zaznamenávat by měl události, jako je například aktivace systému, snížení nebo potlačení vstupu řidiče do řízení, začátek a konec nouzových manévrů, spuštění EDR, informaci o závažném selhání systému pro automatické udržování vozidla v jízdním pruhu, o závažné poruše vozidla a jiné. Pro každou zaznamenanou událost bude muset být identifikovatelným způsobem zaznamenáno i příznak výskytu a důvod výskytu události, datum a časové razítko v rozložení hh:mm:ss s odchylkou jedné sekundy. [45]

Získávání údajů poté podléhá požadavkům vnitrostátního a regionálního práva. Pro Evropskou unii to bude Nařízení 2019/2144. Při dosažení limitu uložení budou, obdobně jako u EDR, přepisovány nejstarší zaznamenané údaje. Možné taktéž bude muset být vyčtení dat

i v případech, kdy nebude dostupné hlavní napájení vozidla. Data musí být snadno získatelná standardizovaným způsobem. Jedná se alespoň o vyčítání dat, stejně jako u EDR, pomocí standardního rozhraní diagnostického portu. Vždy však musí být k dispozici pokyny výrobce týkajících se přístupu k datům. [45]

2.7 PŘÍKLADY VYUŽITELNOSTI EDR DAT

V této části práce jsou popsány dva příklady reálných nehod, u kterých by zařízení EDR mohlo pomoci při popisu nehodového děje nebo právě naopak pomohlo s vyloučením variant, které se při dané situaci nabízely.

2.7.1 Honda, Volvo a NA Mercedes

První popisovaná nehoda je bez přítomnosti EDR, které se účastnily tři vozidla. Nehoda se stala na křižovatce mimo obec. Vozidlo Honda, které přijíždělo z vedlejší komunikace na hlavní, kde se střetlo s vozidlem Volvo, které následně čelně narazilo do protijedoucího nákladního vozidla Mercedes.[46]

Nejtěžší otázkou tohoto případu bylo určení průběhu prvního střetu, tedy vozidla Honda a Volvo. Vozidlo Honda nebylo nijak zvláště deformované a dle fotodokumentace se vozidlo Volvo o něj pouze otřelo. Nastaly tak dvě možné varianty celého průběhu. První varianta pracovala s myšlenkou, že vozidlo Honda nepřekročilo podélnou přerušovanou čáru a tím nezasahovalo do jízdního koridoru vozidla Volvo. To však znamenalo, že vozidlo Volvo by muselo jet po nebezpečně krajnici, aby k takovému střetu došlo. Tato varianta byla technicky možná, ale nebyly nalezeny žádné stopy z místa dopravní nehody, které by této variantě nasvědčovaly. Druhou variantou poté bylo, že vozidlo Honda vjelo do jízdního koridoru vozidla Volvo a tím vytvořilo náhlou překážku. I tato varianta nemohla být prokázána, jelikož nebyla zaznamenána konečná poloha Vozidla Honda.[46]

Pomoc s vyřešením nehodového děje by mohlo poskytnout zařízení EDR, které ve vozidlech nebylo, protože se jednalo o vozidla, která byla staršího modelového roku, do kterých zařízení pro záznam nehodových dat nebylo implementováno. Pokud by byla přítomnost EDR v obou vozidlech a prvotní střet byl zaznamenán, bylo by možné určit polohu vozidla Honda a také jestli vozidlo bylo v pohybu nebo stálo. S největší pravděpodobností by tento střet zaznamenán nebyl, protože by nemusel být dostatečně silný na to, aby došlo k zápisu hodnot. Druhý střet, respektive střet vozidla Volvo s protijedoucí vozidlem již byl dostatečně silný na zápis nehodových dat. Ze získaných dat by bylo možné zjistit, jak se Volvo pohybovalo před střetem. Tím by se zjistilo, zda se řidič vyhýbal

náhlému vjetí druhého vozidla do jeho koridoru jízdy nebo zdali vybočil vpravo, respektive se dostal a jel nezpevněnou krajnicí. Díky informacím získaných z EDR by tak bylo možné vyloučit jednu z možných variant.[46]

2.7.2 Dvě nákladní vozidla a Toyota

Druhá dopravní nehoda se stala u výjezdu z dálničního okruhu směrem. Nehody se znovu účastnili tři vozidla. Osobní vozidlo Toyota se dostalo mezi dvě nákladní vozidla, přičemž důsledkem střetu bylo jeho vklínění mezi a částečně pod nákladní vozidla. I zde se nabízelo více možných variant, které mohly popsat nehodový děj. První z nich bylo, že řidič vozidla Toyota se na poslední chvíli potřeboval dostat do pruhu mezi dva nákladní vozy. Na základě toho poté nemohl řidič zadního nákladního vozidla dostatečně zabrzdit. Další variantou zde bylo, že Toyota stála za jedním z nákladních vozidel a řidič druhého nevěnoval dostatečnou pozornost řízení, čímž způsobil dopravní nehodu.[46]

Mezi dostupnými podklady byly i výpisy tachografů nákladních vozidel, ze kterých bylo zjištěno, že první v průběhu 25 sekund zpomalilo z rychlosti 67 km/h na 12 km/h. Druhé mělo ve stejnou chvíli rychlost 80 až 90 km/h. Nereagování na toto zpomalení mohlo být taktéž příčinou vzniku dopravní nehody. Celý nehodový děj poté pomohlo lépe popsat vyčtení dat EDR z vozidla Toyota. Protokol obsahoval sedm záznamů o události, avšak pouze 4 měly přímou spojitost s okamžikem nárazu. Tyto čtyři záznamy byly typu zadní náraz, čelní náraz, boční náraz a čelní náraz. Po analýze získaných a obsažených dat v protokolu, bylo zjištěno, že řidič vozidla Toyota nevjel mezi nákladní vozidla na poslední chvíli. Jeho rychlost taktéž odpovídala rychlosti vozidla před ním, tedy v průběhu 5 sekund před nárazem změnil svoji rychlost z 22 km/h na 13 km/h a v podstatě celou dobu do nárazu brzdil. V průběhu zaznamenaných událostí bylo možné vyčíst například i změnu rychlosti v podélném směru, kdy při prvotním zadním nárazu byla maximální hodnota ΔV 58,9 km/h.[46]

Lze tedy říci, že v tomto případě sehrála nehodová data uložena zařízením EDR důležitou roli při analýze nehodového děje a pomohla tak k určení příčiny vzniku dopravní nehody.

3 ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DAT

Jak již bylo řečeno, zařízení EDR sbírá a ukládá nehodová data, respektive data nejen o dynamice vozidla v průběhu nehody, ale i jiné důležité údaje. Proto, aby taková data mohlo EDR získávat a ukládat potřebuje být propojeno s mnoha dalšími systémy, senzory a akčními členy, kterými je vozidlo vybaveno.

Ne vždy jsou EDR data validní. Z obecného hlediska mohou být důsledkem poruchy elektronických snímačů a součástek, popřípadě chyby systémového softwaru vozidla. Některá data mohou být nesprávná i vlivem jiných okolností než právě selháním elektroniky. V této kapitole je popsáno, jakým způsobem jsou konkrétní data zaznamenávána a v případě možnosti ovlivnění jejich validity i příklady tohoto ovlivnění.

3.1 ČASOVÉ ÚDAJE ZAZNAMENÁVANÉ ZAŘÍZENÍM EDR

Aby mohlo EDR zaznamenávat jakýkoliv údaj vázaný určitému časovému úseku, musí být vybaveno časovači, které umožňují počítat uplynulý čas mezi dvěma definovanými hranicemi nebo nastavit časování událostí a záznamů kolize. Jsou součástí vestavěných systémů a řízeny softwarem. Proto aby časovače mohly fungovat a zaznamenávat časový údaj, potřebují být připojeny ke zdroji hodin, který se obecně skládá z oscilátoru. Časové proměnné jsou v případě EDR vázány k času nula, tedy k okamžiku, kdy došlo ke spuštění záznamu, resp. k dopravní nehodě. Jedná se především o samotné časové záznamy událostí, jak se například v čase měnila rychlost vozidla, kdy byl aktivován brzdový systém a podobně. Kdyby nebylo možné zaznamenávat časové údaje, bylo by obtížné analyzovat samotný nehodový děj. Většina záznamníků EDR nezaznamenává datum a čas události. Některé novější modely však dokáží získat časové razítko, tedy získat datum a čas, ve kterém událost nastala. [28][47][48][49]

3.2 PODÉLNÉ A BOČNÍ DELTA-V, PŘED NÁRAZOVÉ A PO NÁRAZOVÉ PODÉLNÉ A BOČNÍ ZRYCHLENÍ

Pro zjišťování a zaznamenávání zrychlení slouží tříosý akcelerometr nebo skupina kombinovaných akcelerometrů. Dokáží měřit hodnoty zrychlení ve třech ortogonálních směrech, které odpovídají osám X, Y a Z. Tyto akcelerometry bývají složeny z akcelerometrů MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems). Fungují na jednom ze tří nejběžnějších principů, kterými jsou piezoelektrické, piezodoporové a kapacitní technologie. Při vibracích nebo pohybu snímače dochází na základě využití technologie ke změnám napětí, odporu či kapacity. Tyto změny jsou

podporovány elektromechanickými součástkami uvnitř těla akcelerometru. Akcelerometry bývají nejčastěji integrovány v jednotce elektronické stability (ESC/ESP), v inerciální měřící jednotce (IMU) a podobně. Uloženy jsou poté v blízkosti těžiště vozidla nebo jeho geometrického středu. Hodnoty zrychlení jsou průběžně monitorovány s požadovanou frekvencí a zpracované hodnoty jsou odesílány přes datovou síť vozidla do řídicí jednotky airbagů (ACM) a tedy i do zařízení EDR. Parametry zaznamenávaných hodnot zrychlení a DeltaV jsou zobrazeny v **tab. č. 1**. Uvedené parametry vycházejí z předpisu OSN č. 160 a jsou závazné pro všechny výrobce záznamníků EDR. [49]

Tab. č. 1 – Parametry hodnot zrychlení a DeltaV [23]

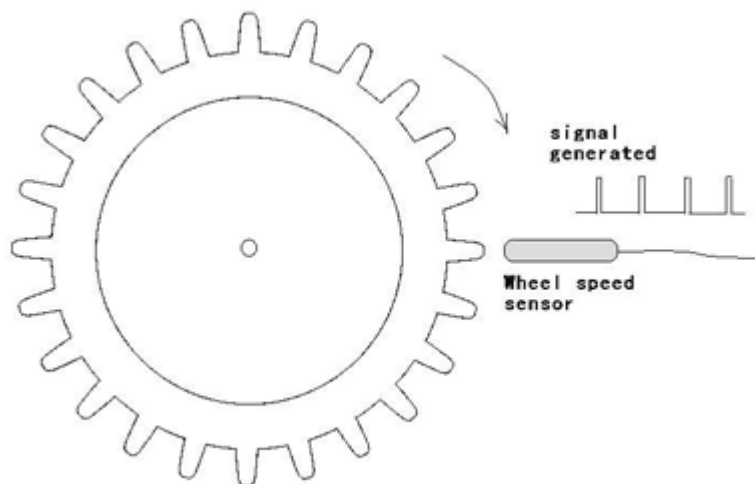
| Prvek údajů | Interval/čas záznamu | Frekvence/četnost odběru vzorků | Přesnost |
|----------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------|
| DeltaV, podélná | 0 až 250 ms | 100 Hz | + -10 % |
| Boční zrychlení (po nehodě) | 0 až 250 ms | 500 Hz | + -10 % |
| Podélné zrychlení (po nehodě) | 0 až 250 ms | 500 Hz | + -10 % |
| Normálové zrychlení (po nehodě) | -1,0 až 5,0 s | 10 Hz | + -10 % |
| DeltaV, boční | 0 až 250 ms | 100 Hz | + -10 % |
| Podélné zrychlení (před nehodou) | -5,0 až 0 s | 2 Hz | + -10 % |
| Boční zrychlení (před nehodou) | -5,0 až 0 s | 2 Hz | + -10 % |

DeltaV je kumulativní změna rychlosti, která vznikla důsledkem nehody. Je tedy odvozeno z akcelerometry naměřeného zrychlení. Maximální hodnota, která je zobrazena po vyčtení uložených dat z EDR, je nejvyšší zaznamenaná hodnota DeltaV v rámci definovaného časového intervalu.

3.3 RYCHLOST VOZIDLA

Rychlost, která je zaznamenána záznamníkem EDR je stejná jako ta, kterou řidič vidí na rychloměru. Znamená to tedy, že EDR získává údaj o rychlosti stejně jako samotné vozidlo, které ji zobrazuje na rychloměru. Rychlost je získávána pomocí snímače rychlosti otáčení kol připojeného k modulu ABS. Snímač rychlosti otáčení kol funguje tak, že snímá a „počítá“ zuby na ozubeném kole, které se otáčí na hřídeli podle toho, jak se otáčí samotné kolo. Snímač může být optický nebo elektromagnetický. V případě elektromagnetického snímače je ozubené kolo z feromagnetického

materiálu a samotný snímač tvoří permanentní magnet a cívka. Tím, že se střídá zub kola s mezerami mezi zuby, mění se vlastnosti magnetického pole, což vytváří impulsy, které jsou přímo závislé na rychlosti otáčení kol. Princip funkce snímače rychlosti otáčení kol lze vidět na **obr. č. 12**. [49][50]



Obr. č. 12 – Princip funkce snímače rychlosti otáčení kol [50]

Rychlost vozidla je hodnotou, která nemusí být vždy zaznamenána nebo nemusí být za jistých okolností zaznamenána správně. V případě, že v CDR protokolu není rychlost vozidla zaznamenána, existuje přesto možnost rychlost z jiných zaznamenaných hodnot zjistit. Jestliže je znám typ motoru vozidla a rychlostní stupeň, který byl zařazen v okamžiku nehody, lze poté z hodnot otáček motoru, pokud jsou zaznamenány, vypočítat orientačně rychlost vozidla. Nesprávně zaznamenaná rychlost může záviset na mnoha faktorech. Jelikož je rychlost vozidla získávána pomocí snímání rychlosti otáčení kol, mohou nastat situace, kdy rychlost zobrazená na rychloměru nemusí odpovídat reálné rychlosti vozidla jako celku. Mezi takové situace patří například, když je na vozovce snížena adheze. Může se například jednat o prokluz kol při rozjezdu, kdy se kola otáčejí určitou rychlostí, ale kvůli nízké adhezi se vozidlo může pohybovat jinou rychlostí či se nemusí pohybovat vůbec. Opačná situace může nastat tehdy, když se kola po vozovce neodvalují, ale smýkají. Tj. vozidlo je v pohybu, ale dle otáček kol vyhodnotí řídicí jednotka nižší či nulovou rychlost. Taková situace nastane, pokud se vozidlo do střetu pohybuje smykem, či je delší dobu intenzivně brzděno.

3.4 HODNOTA PROCENTUÁLNÍHO SEŠLÁPNUTÍ AKCELERAČNÍHO PEDÁLU

Jak moc byl řidičem sešlápnutý akcelerační pedál, lze zjistit pomocí snímání polohy škrtkící klapky motoru. Tuto hodnotu využívá i řídicí jednotka motoru pro řízení dodávky paliva do motoru,

zapalování a časování vstřikování v případě vnitřního spalování. Hodnota sešlápnutí akceleračního pedálu je získávána elektromechanickým snímačem, který je propojen přímo s pedálem nebo škrtícím ventilem sacího potrubí, který je ovládán právě akceleračním pedálem. Snímač obvykle funguje na principu potenciometru, což znamená, že se sešlápnutím pedálu mění elektrický odpor. Dále může být na principu Hallova jevu či na indukčním principu. Řídící jednotka motoru získanou hodnotu zpracovává k určení požadavku řidiče na zatížení motoru. Poté odesílá tuto hodnotu do datové sítě vozidla, aby ji mohly využít i ostatní elektronické moduly a systémy. V rámci EDR je tato hodnota zaznamenávána s frekvencí 2 Hz, tedy 2 vzorky za sekundu. [23][49]

3.5 PROVOZNÍ BRZDA

Jedná se o stavovou proměnnou, která vypovídá o tom, zda byla provozní brzda v daném čase aktivní, respektive nese informaci o tom, zda řidič vozidla brzdil či nikoliv. Proměnná je získávána spínačem brzdových světel. Informaci o stavu brzdového systému též využívá například systém ABS a ESP/ESC. Spínač brzdových světel je tvořen tlakovým spínačem, který je instalován přímo na mechanismu brzdového pedálu. V rámci záznamníku EDR je informace o stavu brzdového systému snímána s frekvencí 2 Hz, tedy 2 vzorky za sekundu. [23][49]

Protože je tato stavová proměnná závislá na spínači zadních brzdových světel, je důležité, aby spínač fungoval správně a byl plně funkční. Taktéž je velmi důležité zmínit, že četnost odběru vzorků je poměrně nízká. Jak již bylo zmíněno jsou zaznamenány dva vzorky za sekundu, tedy jeden za půl sekundy, což je z hlediska nehodového děje poměrně dlouhý časový úsek. Příkladem toho, že je to relativně dlouhý časový úsek a bylo by potřeba zvýšit frekvenci odběru vzorků, může být následující scénář. V časovém okamžiku jednu sekundu před kolizí záznamník EDR zaznamenal, že řidič vozidla nebrzdil. Je ale možné, že brzdový pedál sešlápl těsně po odběru vzorku, například -0,9 s před kolizí. To znamená, že k dalšímu odběru dojde za 0,4 s a v čase -0,5 s by došlo k odběru vzorku, kde by se již řidičovo brzdění projevilo i v nehodových datech. Jestliže by osoba, která interpretuje vyčtená nehodová data, tuto možnost nevzala v potaz a počítala s tím, že řidič začal brzdit až v čase -0,5s, ve kterém došlo k úspěšnému zaznamenání brzdění, znamenalo by to, že například při rychlosti 50 km/h (13,89 m/s) by uvažovala brzdění na dráze cca 6,9 m, přitom skutečná by byla 12,5 m. Při rychlosti 90 km/h by pak tento rozdíl v interpretaci dat činil 10 metrů. Na to pak navazuje analýza možného počátku reakce řidiče apod. Proto je nutné, aby byly zvýšeny nároky na vzorkovací frekvenci informací o aktivaci brzdové soustavy.

3.6 POČET CYKLŮ ZAPALOVÁNÍ, POČET UDÁLOSTÍ (MULTI-EVENT) A ÚPLNOST DAT

Záznamník EDR vždy zaznamená počet zapalovacích cyklů v okamžik nehody, resp. zaznamenána je vždy hodnota jednu sekundu před samotnou kolizí a porovnává se s hodnotou počtu zapalování, která je aktuální při stahování dat ze záznamníku. Počet cyklů zapalování se v záznamníku zvýší o jedna pokaždé, když dojde k napájení EDR záznamníku a tím tedy i samotného řídicího modulu airbagů. Dle předpisu OSN č. 160 je počet cyklů zapalování definován jako „počet cyklů v režimu spotřeby energie ...“ [23]. Z této definice vyplývá, že se nemusí jednat přímo o pokus nastartování vozidla. I přesto rozdíl mezi hodnotou, která byla zaznamenána a hodnotou, která byla zjištěna při stahování dat, může vybízet k prověřování toho, zda došlo po nehodě k pokusu o nastartování motoru a přesunu vozidla do jiné polohy. [49]

Informace o vícenásobné události může být taktéž zaznamenána. EDR tuto hodnotu zaznamenává díky svému softwaru a příslušnému čítači. Při prvním nárazu neboli události, má čítač hodnotu jedna. Jestliže nastane další událost, zvýší svůj stav o jedna. Podmínkou pro zaznamenání další události je, že musí nastat v průběhu následujících pěti sekund od konce předešlé události. [49]

V průběhu nehody může dojít k poškození datové sítě vozidla či poškození napájení, především modulu ACM, ve kterém je záznamník integrován. Data tak mohou být poškozená, neúplná nebo nemusejí být zaznamenána vůbec. Po uložení veškerých dat záznamník určí a sám vyhodnotí, zdali uložená data jsou kompletní. Tato informace je povinná a může pomoci při interpretaci dat odborníkem. [49]

3.7 STAV BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ

Samotný řídicí modul airbagů využívá stavovou proměnou o tom, zda byly bezpečnostní pásy v průběhu kolize zapnuty, a to v rámci rozhodovacího procesu nasazení a vystřelení airbagů. Jelikož se jedná o stavovou veličinu, nalezneme ji v protokolu CDR jako hlásící stav „připnuto“ nebo „nepřipnuto“. Stav bezpečnostních pásů je sledován a zaznamenáván kontinuálně, ale uložen a v protokolu o vyčtení dat je zobrazen stav, který odpovídá stavu v čase jedné sekundy před kolizí. [23][49]

Stav pásu je zaznamenáván spínačem pásů, který se skládá z reed sensorů pracujících na principu magnetismu. Jedná se o bezkontaktní spínač skládající se ze dvou kontaktů z feromagnetického jádra zapouzdřeného ve skleněném nebo plastovém pouzdře, které je

integrováno na přezkách bezpečnostních pásů a samotný trn bezpečnostního pásu tvoří zdroj magnetického pole, respektive funguje jako magnet. [49]

Stav bezpečnostních pásů zaznamenaný jako „připnuto“ ještě nemusí znamenat, že byl člověk bezpečnostním pásem připoután. Stav „připnuto“ pouze znamená, že je uzavřen magnetický obvod za pomoci vsunutí trnu bezpečnostního pásu do jeho zámku. Pokud tedy člověk má například jiný trn, který do zámku vsune místo toho, který je na bezpečnostním pásu, může tak řídicí jednotka airbagu vyhodnotit zapnutí pásu, ale člověk nebude připoután. Další možností ovlivnění může být za pomoci jiného obvodu, který se uzavře například za pomoci přepínače a bude vysílat falešný signál o tom, že je pás zapnutý. Je tedy nutné tuto informaci ověřit prohlídkou vozidla po nehodě. Pokud se po nehodě bezpečnostní pás nenavíjí zpět, znamená to, že byl použit, resp. byl člověk tímto pásem připoután.

3.8 STAV VAROVNÝCH INDIKÁTORŮ SYSTÉMU VOZIDLA

Záznam varovných indikátorů neboli kontrolků zobrazovaných na palubní desce, je užitečný k určení toho, zda před nehodou nedošlo k nějaké poruše nebo k varování řidiče. Záznamník EDR tak monitoruje datovou síť vozidla a shromažďuje zprávy modulů, které mohou aktivovat varovné indikátory, aby mohl vyhodnocovat jejich stav. Dle předpisů musí EDR povinně zaznamenat stav kontrolků airbagu, monitorování tlaku v pneumatikách a systémů ochrany zranitelných účastníků silničního provozu. Veškeré tyto stavy jsou v protokolu prezentovány hodnotami zapnuto nebo vypnuto a zaznamenán je jejich stav v časovém okamžiku jednu sekundu před nehodou. [23][49]

3.9 OTÁČKY MOTORU

Otáčky motoru za minutu jsou také jednou z povinně zaznamenávaných hodnot. Zaznamenaná hodnota je stejná jako ta, kterou řidič vidí na otáčkoměru vozidla. Hodnota je založena na rychlosti otáčení setrvačnicku motoru, která je získávána snímačem otáček, podobně jako je to u snímače otáček kol vozidla. [23][49]

Záznamník EDR hodnoty otáček motoru získává z datové sítě vozidla a zaznamenává je v časovém intervalu od 5 sekund před samotnou nehodou. V protokolu pak najdeme 11 hodnot, z čehož vyplývá, že hodnota otáček motoru je zaznamenána každou půl sekundu, tedy s frekvencí 2 Hz. V případě hybridních či elektricky poháněných vozidel by měla hodnota odkazovat na otáčky za minutu související s výstupní hřídelí hnacího ústrojí. [23][49]

Jak již bylo zmíněno, pokud není známa rychlost vozidla, lze za pomoci zaznamenaných hodnot otáček motoru samotnou rychlost vypočítat (za předpokladu plného odvalování kol před střetem, tj. pohyb bez prokluzu). Pro tento výpočet je taktéž stěžejní znát typ převodovky, respektive znát převodové poměry a obvod pneumatik použitých na vozidle. Díky tomu poté lze vypočítat rychlost vozidla v (km/h) dle vzorce níže:

$$v = rpm \cdot i_{st\acute{a}t\acute{y}} \cdot i_{stupn\acute{e}} \cdot O \cdot \frac{60}{1000} \quad (1)$$

kde rpm je počet otáček motoru (min^{-1}),

$i_{st\acute{a}t\acute{y}}$ je převodový poměr stálého převodu převodovky (-),

$i_{stupn\acute{e}}$ je převodový poměr konkrétního zařazeného stupně (-) a

O je obvod vozidlového kola (m)

3.10 ÚHEL KLOPENÍ VOZIDLA, RYCHLOST STÁČENÍ VOZIDLA

K tomu, aby bylo možné měřit rotační dynamiku vozidla během kolize, musí být ve vozidlech integrován tříosý gyroskop nebo skupina kombinovaných gyroskopů. Ty totiž dokáží měřit hodnoty pro úhel klopení a úhlovou rychlost v příčném směru vozidla a rychlost stáčení vozidla podél tří ortogonálních os, tedy os X, Y a Z vozidla. Podobně jako akcelerometry se gyroskopy skládají z malých zařízení označovaných jako MEMS (mikro-elektro-mechanické systémy). Gyroskopické senzory tak pomocí zemské gravitační síly mohou určit svojí orientaci, měřit rotaci a rotační rychlost. Hodnoty jsou pak změnami kapacity převáděny na elektrický signál. [49]

Úhel klopení je zaznamenáván v intervalu šesti sekund, a to od 1 sekundy před kolizí do 5 sekund po kolizi s citlivostí 10 stupňů. Četnost vzorků je s frekvencí 10 Hz. Úhlová rychlost klopení je zaznamenávána ve stejném intervalu a stejným počtem získaných vzorků za sekundu jako hodnota úhlu klopení a je zaznamenávána s citlivostí 1°/s. Rychlost stáčení je získávána pouze v intervalu 5 sekund před samotnou kolizí včetně, s frekvencí 2 Hz s citlivostí 0,1°/s. Tento údaj umožní při vyhodnocení zjistit, zda se vozidlo před kolizí nepohybovalo ve smyku. [23][49]

3.11 STAV FUNKČNOSTI PRVKŮ AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI

Prvky či systémy, aktivní bezpečnosti mají za úkol předejít nebo zabránit vzniku dopravní nehody. Mezi tyto systémy, které taktéž monitoruje záznamník EDR, patří protiblokovací brzdový systém ABS, elektronický systém stability ESC/ESP, systém kontroly trakce TCS, pokročilý nouzový

brzdový systém AEBS, adaptivní tempovat ACC, systém asistence hlídání jízdních pruhů LDWS, systém korektivního řízení CSF, systém nouzového řízení ESF, automaticky ovládané funkce řízení ACSF a systém nouzového tísňového volání AECS. [23][49]

V protokolu CDR je stav těchto systémů prezentován stavem, ve kterém systém byl. Jedná se o to, zdali byl systém zapnutý, vypnutý, aktivně v činnosti nebo jestli v systému nedošlo k poruše. Stav je zaznamenáván 2x za sekundu v časovém intervalu pět sekund před nehodou. Stav systému AECS je vázán pouze k zaznamenané události, tudíž nemá stanovenou frekvenci četnosti odběru vzorků či časový interval, ve kterém by měl být zaznamenáván. [23][49]

3.12 ÚHEL NATOČENÍ VOLANTU

Znát úhel natočení volantu těsně před nehodou je dobré k tomu, aby bylo možné vyhodnotit úmysl řidiče. Vypovídá to o tom, jestli se řidič vyhýbal nějaké překážce, která se vyskytovala v jeho směru jízdy, nebo jestli se třeba snažil srážce zabránit změnou svého směru. Natočení volantu je také využíváno systémy vozidla, například systémem ESC/ESP, ale i elektrickým posilovačem řízení. Jednotka elektrického posilovače řízení pomocí úhlu natočení volantu vyhodnotí, jak velkou pomoc s otáčením volantu poskytne [51]. Úhel, o který je volant pootočen se získává za pomoci elektromechanického snímače připojeného ke sloupku řízení vozidla. Snímač naměřené hodnoty odesílá do modulů vozila prostřednictvím komunikačního rozhraní vozidla. [49]

V rámci záznamníku EDR je požadováno, aby hodnota úhlu natočení volantu byla zaznamenána alespoň pět sekund před nehodou. Hodnoty jsou zaznamenávány s frekvencí 2 Hz. [23]

3.13 STAV AIRBAGU SPOLUJEZDCE

Další zaznamenávanou hodnotou záznamníkem nehodových dat je stav airbagu na místě spolujezdce. Jelikož lze přední airbag spolujezdce v dnešní době deaktivovat, a to třeba z důvodu dětské autosedačky, je v případě nehodových dat dobré stav tohoto airbagu zaznamenat pouze z důvodu posouzení, zdali měl být airbag aktivovaný či nikoliv. Stav je zaznamenán sekundu před kolizí. [23][49]

3.14 SNÍMAČ POLOHY SEDADEL

Některá vozidla mohou mít namontovaný snímač polohy sedadel řidiče a spolujezdce. Polohu sedadel poté využívá ACM modul při rozhodování správného načasování aktivace airbagů. Snímače pracují na principu Hallova efektu a v protokolu nehodových dat je dle předpisu OSN

č. 160 tato stavová hodnota vztažena k nejvysunutější poloze. Stav sedadla v nejvysunutější poloze je tedy zobrazen ve formátu ano nebo ne a je zaznamenáván sekundu před kolizí. Díky této informaci může odborník posuzovat, zdali došlo při kolizi ke správné aktivaci airbagů. [23][49]

3.15 KLASIFIKACE VELIKOSTI CESTUJÍCÍCH

Podobně jako snímání polohy sedadel napomáhá ke správné aktivaci airbagů klasifikace velikosti cestujících ve vozidle. Pro takovou klasifikaci slouží systém rozpoznávání cestujících, který zahrnuje senzory pro jejich kvalifikaci a senzory detekce elektrického pole, které mohou být rozmístěné podél sedáku, opěradla nebo na krytu airbagu na palubní desce. Detekční klasifikaci provádějí matice tlakové citlivých silkových odporů a detekce elektrického pole funguje na bázi změny elektrické kapacity skupiny kapacitních senzorů. V rámci nehodových dat nejsou tyto údaje povinné. Jestliže ale vozidlo tato data umožňuje získat, záznamník EDR je zapíše sekundu před kolizí. Hodnota je stavová a tedy hodnoty, které lze najít v protokolu jsou ano nebo ne. Pro místo řidiče je to vztaženo k tomu, jestli je řidičem ženská postava 5. percentilu nebo větší. Pro místo spolujezdce se posuzuje, jestli je zde postava šestiletého dítěte nebo menší (figuríny HIII pro US, nebo figurína Q6). [23][49]

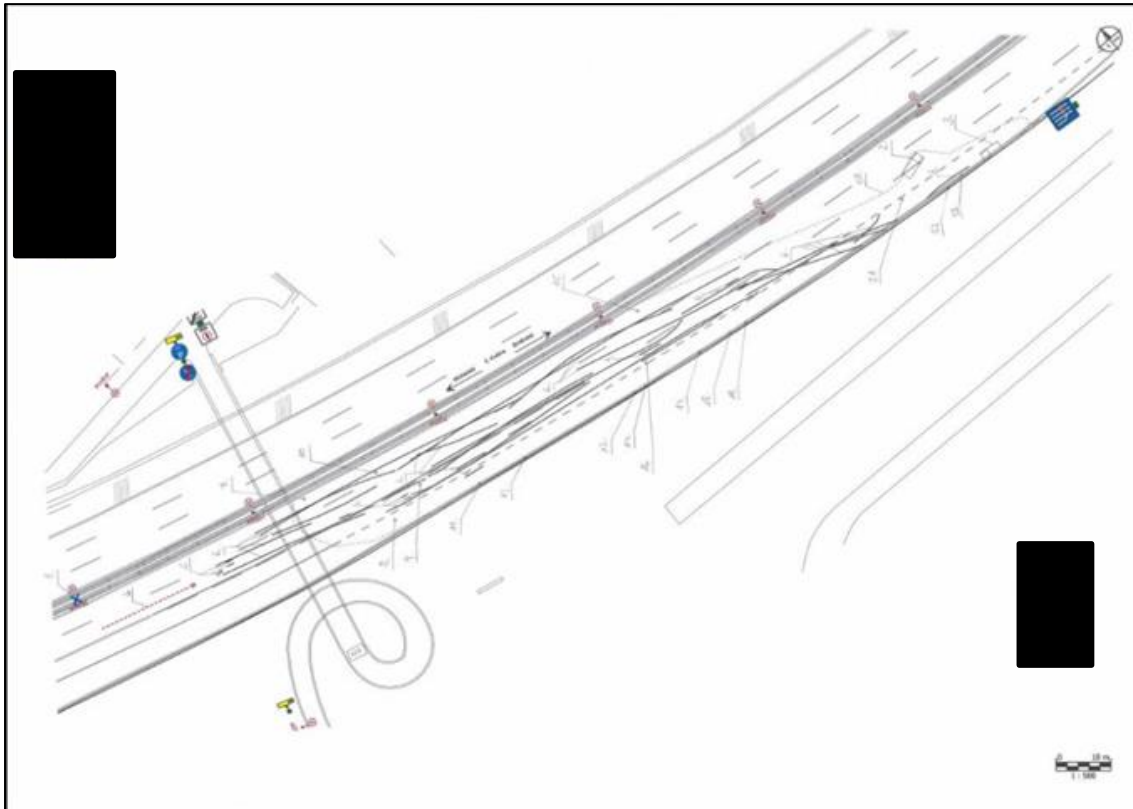
4 PŘÍPADOVÉ STUDIE

V rámci případových studií bude popisováno a zhodnoceno, jakým způsobem mohly být pro znalce přínosné informace, které byly vyčteny z řídicí jednotky airbagů, tedy záznamníku nehodových dat EDR. Nejprve vždy bude stručně popsána samotná dopravní nehoda. Dále budou obsahovat zmínku o datech, která byla vyčtena ze záznamníku nehodových dat, jakým způsobem vzhledem k situaci mohla být případně ovlivněna a bude posouzeno, jakým způsobem mohla data znalci pomoci při analýze dopravní nehody.

4.1 PŘÍPADOVÁ STUDIE 1

Prvním řešeným případem, kde byla přítomnost záznamníku EDR a možnost vyčtení nehodových dat, bude střet vozidel značky Mercedes a Škoda.

Nehoda se stala na komunikaci se 2 směrově rozdělenými jízdními pásy, 6 jízdními pruhy, s maximální povolenou rychlostí 80 km/h. Místo dopravní nehody je taktéž možné vidět na plánu dopravní nehody, **obr. č. 13**. V tomto případě se jednalo o předozadní náraz dvou osobních vozidel, kde vozidlo Mercedes zezadu narazilo do vozidla Škoda. Znalec musel objasnit nejen celkový průběh dopravní nehody, ale posuzovat například i upoutání posádky vozidla Škoda bezpečnostními pásy, čemuž mohlo dopomoci právě záznamové zařízení EDR v něm nainstalované. Při této nehodě byly k analýze předstřetového děje využity převážně kamerové záznamy kamerového systému instalovaného kolem této komunikace a dále kamerový záznam z palubní kamery jednoho ze svědků. [52]



Obr. č. 13 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 1) [52]

4.1.1 Dostupná data EDR

Jak již bylo zmíněno, záznamové zařízení EDR bylo přítomno pouze ve vozidle značky Škoda. Řídící jednotka airbagů byla demontována z vozidla a zaslána k automobilové společnosti Škoda Auto a.s., protože nehoda a přítomnost EDR bylo v době, kdy ještě nebyla tato problematika v Evropě legislativně řízena a výrobci implementovali do vozidel záznamníky EDR dobrovolně, a především pro vlastní využití v rámci zlepšování bezpečnosti svých vozidel. Po zaslání tak mohla provést analýzu této řídicí jednotky. Vyčítání dat bylo provedeno diagnostickým softwarem CTool Gen2 od dodavatelské společnosti ZF, verze 1.13.17, který byl určen výhradně pro provádění vývojových datových analýz v rámci interních zadání společnosti. Vyčtená data byla poté převedena do slovní podoby a poskytnuta znalci. Hned na úvod protokolu lze vidět, že byla zaznamenána pouze jedna kolize a to zadní (**obr. č. 14**). [52]

| | |
|----------------------------|------|
| Header Info: Event Counter | 1 |
| EDID 1 Event Type | Rear |

Obr. č. 14 – Zaznamenaný počet a typ kolize [52]

Rychlost vozidla

Nejdůležitější a nejčastěji využívanou informací znalcem je rychlost vozidla. Ta však v rámci této zaznamenané události zaznamenána nebyla. Otáčky motoru ale zaznamenány byly a lze je vidět na **obr. č. 15**.

| | |
|--------------------|---|
| EDID 93 Engine RPM | 1344 rpm,1408 rpm,1344 rpm,1408 rpm,1408 rpm,1472 rpm,1408 rpm,1408 rpm,1408 rpm,1408 rpm |
|--------------------|---|

Obr. č. 15 – Otáčky motoru vozidla [52]

Počet zaznamenaných hodnot se odvíjí od vzorkovací frekvence záznamníku. Díky těmto hodnotám bylo možné rychlost vozidla dopočítat. Vzorec pro výpočet rychlosti vozidla pomocí otáček motoru už byl v této práci zmíněn, a to v kapitole **3.9**. Odpovídající hodnoty převodových poměrů a stálého převodu vycházejí ze znalosti modelu vozidla, jeho motorizace a známého typu převodovky, tedy Škoda Octavia Combi 4x4 2.0 TDI (140 kW) a jsou zobrazeny v **tab. č. 2** níže:

Tab. č. 2 – Převodové poměry a stálý převod vozidla Škoda [52]

| Převod | R | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Převodový poměr | 2,9 | 3,4 | 2,75 | 1,77 | 0,93 | 0,71 | 0,76 | 0,64 |
| Stálý převod | 4,167 | 4,167 | 4,167 | 4,167 | 4,167 | 4,167 | 3,125 | 3,125 |

Na vozidle byly v době nehody namontovány pneumatiky 205/55 R16, z čehož vyplývá obvod kola 1,985 m. Výsledné vypočítané hodnoty rychlosti vozidla v km/h pro příslušnou výši otáček jsou zobrazeny v **tab. č. 3** níže. Rychlosti bylo možné vypočítat pro každý převod zvlášť, avšak v tabulce je pouze VII. převodový stupeň. Je to z toho důvodu, jak již bylo zmíněno, že v místě nehody byla povolená maximální rychlost 80 km/h a dle kamerových záznamů bylo zjištěno, že vozidlo Škoda se pohybovalo rychlostí okolo této hodnoty, tudíž lze předpokládat, že při výši zaznamenaných hodnot otáček motoru byl zařazen právě VII. převodový stupeň.

Tab. č. 3 – Rychlost vozidla Škoda pro příslušnou výši otáček [vlastní]

| Otáčky | 1344 | 1408 | 1344 | 1408 | 1408 | 1472 | 1408 | 1408 | 1408 | 1408 | 1408 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rychlost [km/h] | 80 | 84 | 80 | 84 | 84 | 88 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 |

Bezpečnostní pásy

Taktéž byla zaznamenaná informace o použití bezpečnostních pásů. Dle protokolu nehodových dat bylo zjištěno, že řidič a spolujezdec vpředu, byli bezpečnostním pásem připoutáni,

což je možné vidět na **obr. č. 16** a **obr. č. 17**. Co se týče spolujezdce na místě vzadu za řidičem, zde byla informace, že bezpečnostním pásem připoután nebyl, **obr. č. 18**.

| | |
|----------------------------|--------|
| EDID 71 Safety Belt Driver | belted |
|----------------------------|--------|

Obr. č. 16 – Bezpečnostní pás – řidič [52]

| | |
|-------------------------------|--------|
| EDID 77 Safety Belt Passenger | belted |
|-------------------------------|--------|

Obr. č. 17 – Bezpečnostní pás – spolujezdec vpředu [52]

| | |
|---|------------|
| EDID 281 Dr. Safety Belt Status 2nd Row | not belted |
|---|------------|

Obr. č. 18 – Bezpečnostní pás – spolujezdec vzadu za řidičem [52]

Bylo zjištěno, že vozidlo bylo vybaveno speciálními přepínači. Jeden z nich je možné vidět na místě spolujezdce, a to na **obr. č. 19**. Funkce tohoto přepínače umožňuje, aby posádka vozidla nebyla připoutána, aniž by byla světelně či zvukově upozorňována na nepoužití bezpečnostních pásů. Nahrazuje tak spínač v zámku bezpečnostních pásů, který předává řídicí jednotce informaci o jejich zapnutí. Jedná se tedy o možnost, díky které může být tato informace ovlivněna. Proto musí znalec či pověřená osoba pro interpretaci dat vždy před samotnou interpretací ověřit veškeré možnosti a skutečnosti, které by mohly zapříčinit ovlivnění dané informace. Na již zmíněném obrázku je možné vidět, že je přepínač ve vypnuté poloze, a proto lze tvrdit, že data o použití bezpečnostního pásu spolujezdcem by nemusela být tímto přepínačem ovlivněna.



Obr. č. 19 – Přepínač na sedadle spolujezdce [52]

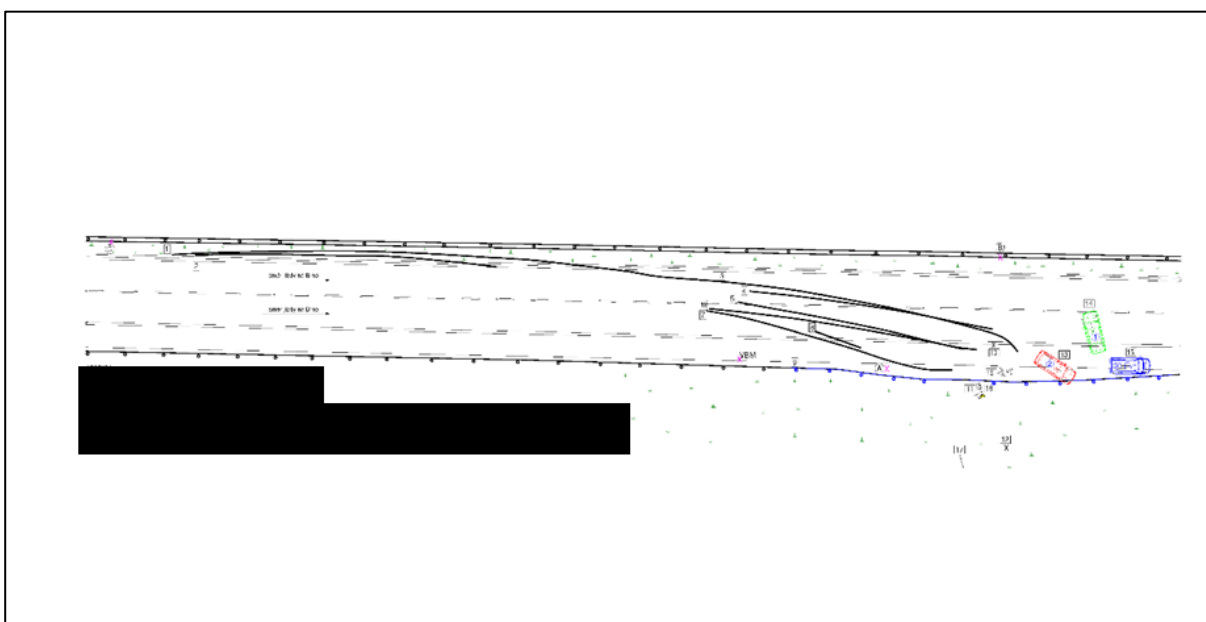
Další zaznamenané informace

Dalšími informacemi, které byly zaznamenány v protokolu nehodových dat jsou například informace o aktivaci brzdového systému, aktivitě dalších systémů vozidla, úhel natočení volantu

skutečnosti znalcem týkajících se přednehodového pohybu vozidla Škoda a pomoci tak při případných nejasnostech. Pokud by záznamník EDR byl implementován i ve vozidle Mercedes, pomohlo by to ještě více objasnit nehodový děj.

4.2 PŘÍPADOVÁ STUDIE 2

Další posuzovaná nehoda se stala na dálnici. K nehodě došlo v důsledku agresivního předjíždění vozidel Lexus a Audi v levém jízdním pruhu vozidlem BMW, které je předjíždělo zprava. Vozidlo BMW se v závěru předjíždění vyhýbalo vozidlu Mercedes jedoucímu před ním v pravém jízdním pruhu. Vozidlo se však při tomto manévru stále nacházelo zadní částí na úrovni pravého předního kola vozidla Lexus. Řidič vozidla Lexus tak ve snaze zabránit střetu s vozidlem BMW strhnul volant doleva, což zapříčinilo vyjetí vozidla z komunikace na travnatý pás u svodidel. Při návratu zpět na komunikaci se vozidlo pohybovalo ve smyku a došlo k nárazu jeho pravé přední části do levého boku vozidla Mercedes, které se pohybovalo v pravém jízdním pruhu. Vozidlo Mercedes tak bylo odmrštěno do odstavného pruhu při pravém kraji dálnice, který byl uzavřen z důvodu údržby. V tomto odstavném pruhu se také pohybovali i samotní pracovníci, kteří údržbu prováděli. Zde vozidlo Mercedes narazilo do svodidel a následně do odstaveného vozidla údržby Mercedes Vito. Do zadního levého rohu tohoto odstaveného vozidla narazilo i vozidlo Lexus, a to levým bokem. Celá situace společně se stopami pneumatik a konečnými polohami vozidel lze vidět na plánu nehody, viz **obr. č. 23**. Vozidlo Lexus je na obrázku vyznačeno zeleně, vozidlo Mercedes, které jelo v pravém jízdním pruhu červeně a vozidlo Mercedes Vito modře. [52]



Obr. č. 23 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 2) [52]

4.2.1 Dostupná data EDR

Při této dopravní nehodě byl záznamník EDR přítomen ve vozidle značky Lexus. Bylo použito vyčítací zařízení značky Bosch. Verze Crash Data Revival tool byla 23.0. Zaznamenáno bylo pět událostí, které lze vidět na **obr. č. 24**. Taktéž byla z vozidla Lexus vyčtena VCH data (Vehicle Control History) za pomoci systému Techstream, který je systémem výrobce vozu (Toyota, Lexus, Scion). Tento systém zaznamenává ovládací data vozidla po aktivaci specifikovanou událostí. V tomto případě bylo specifikovanou událostí náhlé brzdění. Vyčtená nehodová data pomocí CDR i VCH si vzájemně odpovídají a zachycují průběh stejné dopravní nehody. Avšak kvůli lepší přehlednosti samotného protokolu nehodových dat bude v této případové studii pracováno s daty vyčtenými pomocí Bosch CDR. [52]

| Event Record Summary at Retrieval | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Events Recorded | TRG Count | Crash Type | Time (msec) | Pre-Crash Recording Status | Diagnostic Data Recording Status | Occupant Data Recording Status | Crash Info Recording Status | Time Series Recording Status |
| Most Recent Event | 5 | Side Crash | 0 | N/A | Complete | N/A | N/A | Complete |
| 1st Prior Event | 4 | Frontal/Rear/Side Crash | -172.5 | Complete | Complete | Complete | Complete | Complete |
| 2nd Prior Event | 3 | Side Crash | -173.5 | N/A | Complete | N/A | N/A | Complete |
| 3rd Prior Event | 2 | Side Crash | -1595.5 | N/A | Complete | N/A | N/A | Complete |
| 4th Prior Event | 1 | Frontal/Rear/Side Crash | -1653.5 | Complete | Complete | Complete | Complete | Complete |

Obr. č. 24 – Shrnutí zaznamenaných událostí v protokolu CDR [52]

Události jsou označovány tzv. trigger číslem (TRG Count). Když mají události toto číslo vyšší, znamená to, že byly zaznamenány později než předešlé, z čehož tedy vyplývá, že událost s číslem 5 byla zaznamenána jako poslední. Lze taktéž vidět, že pořízená data byla kompletní pouze v případě první a čtvrté události. Dle zaznamenaných časů je možné tvrdit, že událost s číslem 1 a 2 souvisí s nárazem do vozidla Mercedes jedoucího v pravém jízdním pruhu. Následně po 1,422 sekundy došlo k zaznamenání dalších nárazů, které byly do odstaveného vozidla Mercedes Vito, resp. událostí s číslem 3, 4 a 5.

Událost TRG 1 a TRG 2

Jak bylo popsáno výše, události 1 a 2 souvisí s nárazem pravým předním rohem vozidla Lexus do levého boku vozidla Mercedes.

První událost byla v protokolu CDR zaznamenána jako čelní/zadní/boční střet, ale jako spouštěcí faktor byl zaznamenán čelní náraz. Před střetem jsou data zaznamenána v časovém intervalu -4,7 až -0,0 sekundy. Znamená to tedy, že bylo možné dovozovat předstřetový pohyb vozidla Lexus až 4,7 sekundy před střetem. Data ze snímačů ve vozidle během rázu jsou poté

zaznamenány v celkové době trvání 130 ms. Ve vozidle byl pouze řidič a v čase 200 ms před střetem byla uložena informace o tom, že bezpečnostní pás na místě řidiče byl zapnutý.

Na **obr. č. 25** je možné ve sloupci „Vehicle speed“ vidět rychlost vozidla. V čase 4,7 sekundy před střetem se vozidlo pohybovalo rychlostí 165 km/h a dále do času 3,2 sekund před střetem zrychlovalo na rychlost 171 km/h, vyznačeno červenou barvou. V tomto časovém intervalu byl akcelerační pedál plně sešlápnutý (sloupec „Accelerator pedal“), vyznačeno zelenou barvou. Následně docházelo k sešlápnutí brzdového pedálu a vozidlo bylo od času 2,2 sekundy před střetem brzděno (sloupec „Service Brake“), vyznačeno modrou barvou. Systém ABS (sloupec „ABS Control Status“) byl v činnosti od času 1,7 sekundy, viz **obr. č. 26**, vyznačeno červeně.

| Time (sec) | Vehicle Speed (MPH [km/h]) | Accelerator Pedal, % Full (%) | Percentage of Engine Throttle (%) | Fuel Injection Quantity (mm ³ /st) | Engine RPM (RPM) | Motor RPM (RPM) | Service Brake, ON/OFF |
|------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|------------------|-----------------|-----------------------|
| -4.70 | 102.5 [165] | 100.0 | Invalid | Invalid | 5,700 | 15,200 | OFF |
| -4.20 | 103.8 [167] | 100.0 | Invalid | Invalid | 5,600 | 15,400 | OFF |
| -3.70 | 105.0 [169] | 100.0 | Invalid | Invalid | 5,600 | 15,500 | OFF |
| -3.20 | 106.3 [171] | 100.0 | Invalid | Invalid | 5,600 | 15,700 | OFF |
| -2.70 | 106.3 [171] | 0.0 | Invalid | Invalid | 5,200 | 15,700 | OFF |
| -2.20 | 101.9 [164] | 14.5 | Invalid | Invalid | 4,000 | 15,200 | ON |
| -1.70 | 93.8 [151] | 6.0 | Invalid | Invalid | 2,800 | 14,300 | ON |
| -1.20 | 79.5 [128] | 0.0 | Invalid | Invalid | 1,600 | 12,300 | ON |
| -0.70 | 73.9 [119] | 0.0 | Invalid | Invalid | 1,200 | 11,000 | ON |
| -0.20 | 67.1 [108] | 0.0 | Invalid | Invalid | 1,000 | 10,000 | ON |
| TRG(0) | 60.9 [98] | 0.0 | Invalid | Invalid | 1,000 | 9,400 | ON |

Obr. č. 25 – Tabulka předstřetových dat 1 (Případová studie 2) [52]

Se zmíněným brzděním je spojen manévr, kterým se řidič snažil zabránit střetu s vozidlem BMW, které jej předjíždělo zprava. Tento manévr lze pozorovat na **obr. č. 26** dle hodnot natočení volantu a rotace vozidla (sloupce „Steering Input“, vyznačen zeleně, a „Yaw Rate“, vyznačen modře). Před tím, než řidič vozidla začal brzdit, byl volant natočen mírně vpravo. V moment brzdění došlo k natočení volantu vlevo a v čase 1,7 sekundy před střetem razantně zpět vpravo. To zapříčinilo, že se vozidlo dostalo do smyku. Na vzniku smyku se také podílelo to, že vozidlo při manévru vjelo na travnatý pás. Poté ve snaze vyrovnat vzniklý smyk, byl volant natočen takřka do maximálního natočení, s čímž korespondují zaznamenané hodnoty natočení vozidla, kdy nejprve bylo stáčeno mírně doprava a následně stočeno vlevo. Poté od času 1,2 sekundy bylo vozidlo ve smyku a bylo natočeno výrazně vpravo odpovídající hodnotám přes 30 °/s. V důsledku toho nelze od momentu brzdění vozidla považovat zaznamenané hodnoty rychlosti vozidla z předešlého obrázku považovat za validní.

| Time (sec) | ABS Control Status | BOS Control Status | Brake Oil Pressure (Mpa) | Longitudinal Acceleration, VSC Sensor (m/s ²) | Yaw Rate (deg/s) | Steering Input (degrees) | Shift Position |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---|------------------|--------------------------|----------------|
| -4.70 | OFF | OFF | 0.00 | 0.861 | -1.46 | -3.0 | D |
| -4.20 | OFF | OFF | 0.00 | 1.077 | -1.46 | -3.0 | D |
| -3.70 | OFF | OFF | 0.00 | 0.790 | -1.95 | -3.0 | D |
| -3.20 | OFF | OFF | 0.00 | 0.861 | -1.95 | -3.0 | D |
| -2.70 | OFF | OFF | 0.00 | -0.646 | -0.98 | 0.0 | D |
| -2.20 | OFF | OFF | 1.63 | -7.537 | 8.30 | 27.0 | D |
| -1.70 | ON | OFF | 1.54 | -7.752 | -7.81 | -40.5 | D |
| -1.20 | ON | OFF | 0.53 | -3.733 | -33.67 | -13.5 | D |
| -0.70 | ON | OFF | 0.62 | -4.809 | -31.72 | 70.5 | D |
| -0.20 | ON | OFF | 1.39 | -2.225 | -37.58 | 267.0 | D |
| TRG(0) | ON | OFF | 2.06 | -8.973 | -35.62 | 309.0 | D |

Obr. č. 26 – Tabulka předstřetových dat 2 (Případová studie 2) [52]

Druhá událost související s nárazem do vozidla Mercedes byla zaznamenána jako boční střet a nastala 58 ms po předchozí události. Tento čas by odpovídal místům poškození na levém boku vozidla Mercedes, viz **obr. č. 27**, kde červenou barvou je vyznačeno pravděpodobné místo prvního záznamu, tedy TRG 1, a žlutou barvou silnější ráz, tedy pravděpodobné místo záznamu TRG 2. Z hlediska charakteru celkového poškození levého boku je zřejmé, že vozidlo Lexus se nepohybovalo přímo proti boku vozidla Mercedes, ale pohybovalo se pod malým úhlem vzhledem k podélné ose vozidla Mercedes. Střet tedy proběhl s výrazným skluzem, ale pouze do místa největší deformace, tedy do místa druhého záznamu vyznačeného na obrázku žlutě. Vzdálenost mezi místy záznamu je možné vypočítat dle vzorce níže, avšak výsledná hodnota bude orientační z důvodu zanedbání zpomalení vozidla Lexus vlivem jeho pohybu ve smyku. Jelikož nebyla známa rychlost vozidla Mercedes a u vozidla Lexus nebylo možné použít vyčtené hodnoty rychlosti z důvodu zmíněného vzniku smyku, byly tyto rychlosti určeny znalcem pomocí simulačního programu Virtual Crash. Rychlost vozidla Lexus tak v momentě střetu byla 117 km/h, vozidla Mercedes 84 km/h.

$$s = v_r \cdot t \quad (2)$$

kde v_r je rychlost relativní = rozdíl rychlostí vozidel (m/s) a

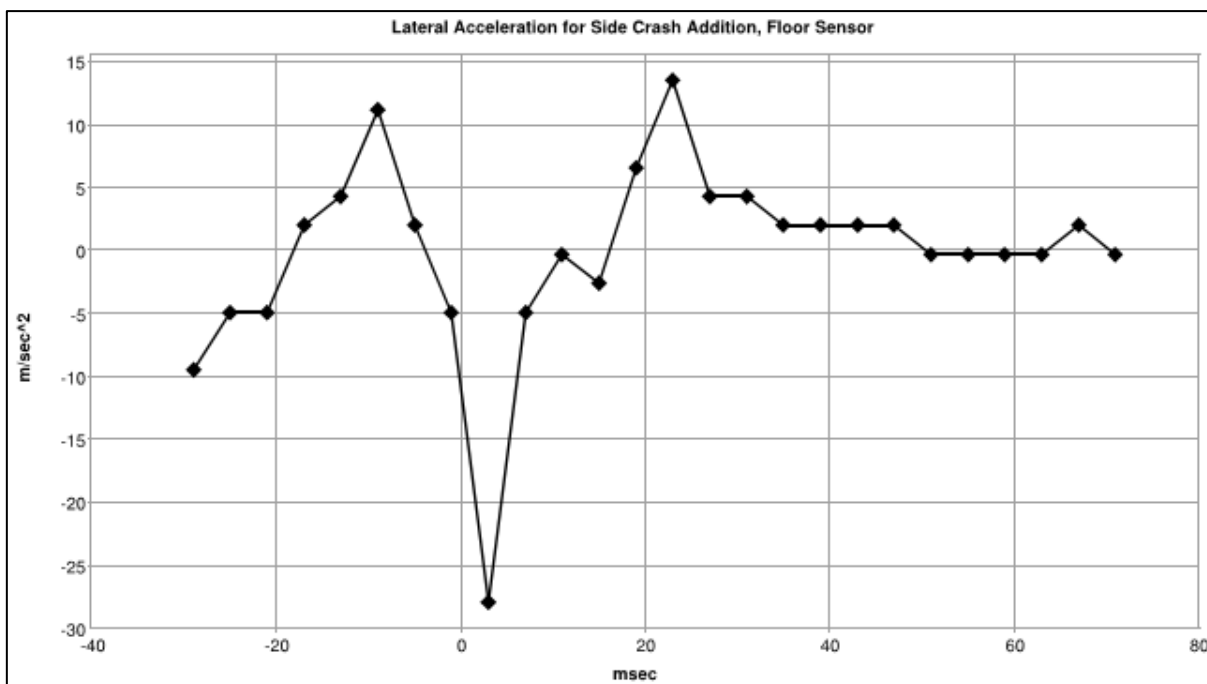
t je čas (s)

Po dosažení relativní rychlosti, tedy rozdílu rychlostí vozidel, který je 9,17 m/s a dosažení časového rozdílu mezi záznamy, tedy 0,058 s je výsledná vzdálenost 0,53 m. Znamená to tedy, že střetová místa, která měla za následek záznam událostí v protokolu CDR, jsou od sebe na boku vozidla Mercedes vzdálena 0,53 m.



Obr. č. 27 – Poškození vozidla Mercedes (levý bok vozidla) [52]

Při druhé události byly zaznamenány pouze hodnoty bočního zrychlení pomocí snímačů, které jsou ve vozidle umístěny na B-sloupku, C-sloupku a na podlaze vozidla. Nejlépe vystihujícím je graf bočního zrychlení zaznamenaného snímačem na podlaze, který je zobrazen na **obr. č. 28**. Lze totiž na něm pozorovat celkový průběh změn zrychlení v zaznamenaném čase. Kladné hodnoty vyjadřují zrychlení působící zleva doprava, záporné poté naopak zprava doleva. Zprvu je vidět mírné zrychlení zprava doleva, které v čase -20 ms přešlo na zrychlení působící zleva doprava. Při nárazu vozidla do druhého došlo k urychlení snímače směrem doleva, čemuž odpovídá náraz pravého předního rohu. Následně se tímto nárazem vozidlo Lexus otočilo. Tomu poté odpovídá další průběh grafu, tedy urychlení pravé rotace vozidla. Ta postupně klesala vlivem toho, že vozidlo bylo ve smyku.



Obr. č. 28 – Graf bočního zrychlení vozidla (snímač na podlaze vozidla) [52]

Událost TRG 3 a TRG 4

Třetí i čtvrtá událost souvisí s nárazem vozidla Lexus do ostaveného vozidla Mercedes Vito v odstavném pruhu. Časový rozdíl mezi těmito událostmi byla jedna milisekunda, tudíž lze říci, že se jedná o jeden náraz. Mezi událostí TRG 2 a TRG 3 byl časový rozdíl 1,442 sekundy. Vozidlo Lexus narazilo levým bokem, konkrétně pak částí v úrovni levého zpětného zrcátka. Narazilo do levého zadního rohu dodávky, viz **obr. č. 29**, čemuž také odpovídá poškození na levém A-sloupku vozidla Lexus, které lze vidět označené zelenou barvou na **obr. č. 30**.



Obr. č. 29 – Poškození levého zadního rohu vozidla Mercedes Vito [52]



Obr. č. 30 – Poškození vozidla Lexus v úrovni levého zpětného zrcátka [52]

Událost TRG 3 byla zaznamenána jako boční náraz. Co se týče samotných dat, bylo zde zaznamenáno podobně jako u předchozí události pouze boční zrychlení vozidla. Veškeré již zmíněné snímače bočního zrychlení zaznamenaly velmi silný boční náraz, tedy zrychlení působící zleva doprava. Hodnoty tohoto zrychlení dosahovaly v maximálních hodnotách téměř 280 m/s^2 .

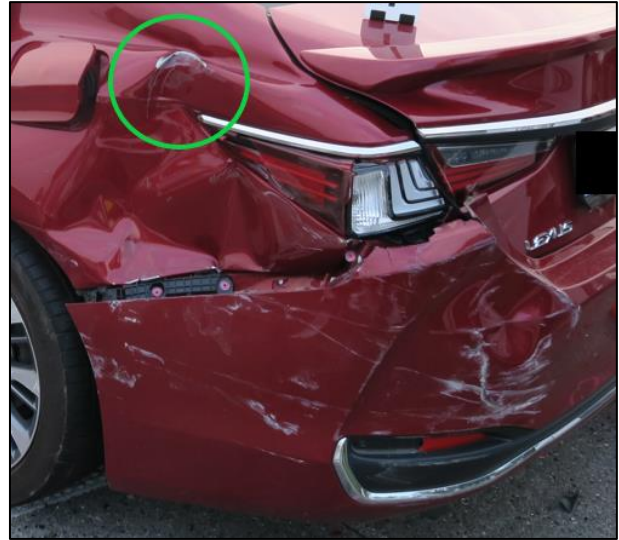
Událost TRG 4 byla zaznamenána kompletní, podobně jako událost TRG 1. Zaznamenány jsou údaje až 4,6 sekundy před nárazem levým bokem vozidla Lexus do vozidla Mercedes Vito. Čtvrtá událost souvisí s první zaznamenanou událostí taktéž tím, že lze pozorovat překryv zaznamenaných dat. Znamená to tedy, že údaj zaznamenaný v rámci události TRG 4 v čase 4,6 sekund před nárazem je stejný s tím, který byl zaznamenaný v rámci události TRG 1 v čase 3,2 sekundy před nárazem do vozidla Mercedes jedoucího v pravém jízdním pruhu, resp. před prvním zaznamenaným nárazem. Je důležité znovu zdůraznit, že zaznamenané rychlosti nejsou validní, jelikož se vozidlo pohybovalo ve smyku. Taktéž nárazová rychlost 20 km/h , tedy rychlost v čase 0,0 sekund, není validní, jelikož nekoresponduje s bočním zrychlením vozidla, které bylo zaznamenáno v rámci události TRG 3.

Událost TRG 5

Poslední zaznamenaná událost, resp. náraz, nastala 172,5 ms po předchozí a 1,6 sekundy po první. Zaznamenána byla jako boční náraz. Nastal v důsledku rotace vozidla Lexus po nárazu levým bokem do vozidla Mercedes Vito. Kontaktní a korespondující poškození vozidel, které vyvolalo záznam, lze vidět na **obr. č. 31** a **obr. č. 32**.



Obr. č. 31 – Poškození levého boku vozidla Mercedes Vito [52]



Obr. č. 32 – Poškození levé zadní části vozidla Lexus [52]

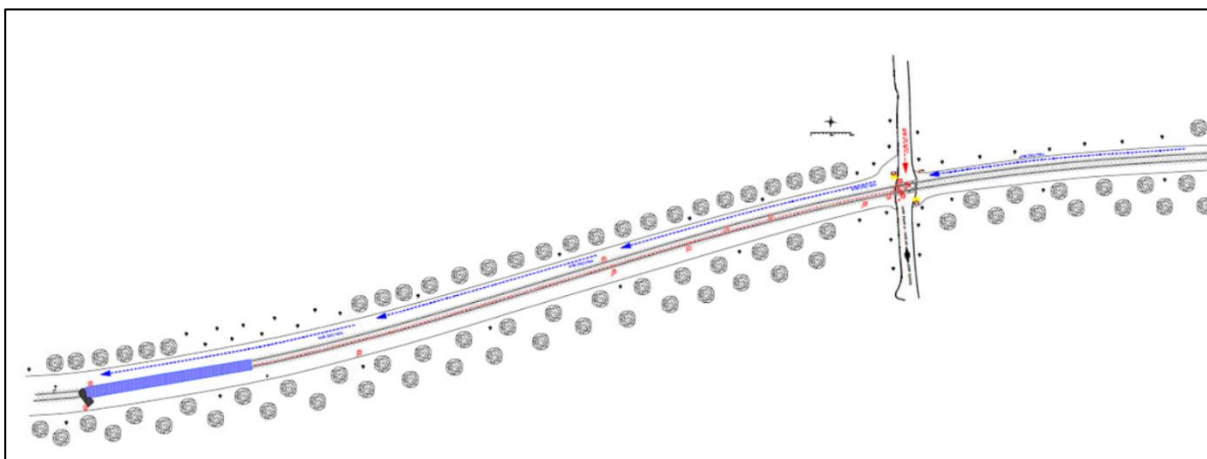
Co se týče samotných dat, byly znovu zaznamenány pouze hodnoty bočního zrychlení. Hodnoty všech snímačů vykazovali rostoucí i kolísající boční zrychlení působící zleva doprava. Jednalo se tedy o sekundární nárazy vozidla Lexus do vozidla Mercedes Vito vlivem rotace vozidla.

4.2.2 Shrnutí

V rámci této dopravní nehody již mohla nehodová data ze záznamníku EDR hrát důležitou roli. Přítomnost vozidla BMW byla zmíněna pouze ve výpovědích účastníků dopravní nehody. Jelikož nebyly dostupné žádné kamerové záznamy, které by tuto skutečnost potvrdily, jedinou potvrzující možností mohla být právě nehodová data. Data potvrdila skutečnost, že řidič vozidla Lexus provedl úhybný manévr, který by odpovídal vyhýbání se vozidlu, které jej předjíždělo zprava. Dále data potvrdila vznik smyku, tedy rotaci vozidla. Všechna data bylo možné považovat za validní, vyjma rychlosti vozidla. Ta byla validní pouze do okamžiku vzniku smyku a následné rotace vozidla, tedy do okamžiku 2,2 sekundy před prvním střetem. I přesto validní zaznamenaná rychlost před střetem mohla pomoci znalci jako vstupní data pro tvorbu simulace nehodového děje. Pokud by bylo EDR implementováno i ve vozidle Mercedes jedoucím v pravém jízdním pruhu, mohlo by to více pomoci s analýzou nehodového děje a případně s vytvářením simulace nehodového děje.

4.3 PŘÍPADOVÁ STUDIE 3

Místem dopravní nehody byl železniční přejezd. Jednalo se tedy o střet vlaku s osobním automobilem a situaci lze vidět na plánu místa dopravní nehody na **obr. č. 33**, kde směr pohybu vozidla je znázorněn červenou šipkou a směr pohybu vlaku je znázorněn šipkou modrou. Dle výpovědi jedné ze zúčastněných osob mohl stát za vznikem nehody špatný technický stav vozidla, které se nebylo schopno rozjet. Cílem znalce tak bylo zjistit, zdali technický stav vozidla měl vliv na vznik dopravní nehody. [54]



Obr. č. 33 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 3) [54]

Při technickém šetření bylo vozidlo znalcem opakovaně prohlédnuto a byl zjištěn technický stav vozidla. Ověřoval se stav pneumatik, bezpečnostních pásů, brzd vozidla, náprav, řízení a ostatních skupin vozidla. Závěrem technického šetření bylo, že všechny skupiny vykazovaly dobrý technický stav a nebyla zjištěna závada, která by se podílela na vzniku dopravní nehody. V rámci technického šetření byla taktéž možnost vyčtení nehodových dat z řídicí jednotky airbagů, resp. záznamníku EDR. [54]

4.3.1 Dostupná data EDR

Vyčtení dat bylo provedeno pomocí zařízení Bosch CDR 900. Verze CDR softwaru byla 23.1.1. V CDR protokolu byly zaznamenány tři události. Oproti protokolům uváděných v předešlých případových studiích tento protokol obsahoval u každé události i časový údaj o zaznamenání příslušné události, tedy datum a čas vzniku záznamu. Díky tomu bylo možné zjistit, zdali konkrétní událost souvisí s předmětnou dopravní nehodou či nikoliv. Související událostí tak byla pouze poslední zaznamenaná událost. [54]

Ve vozidle byly tři osoby, řidič a dva spolujezdci, kteří v době dopravní nehody seděli na místech vzadu. Stav bezpečnostních pásů byl zaznamenán pouze na místě řidiče a spolujezdce

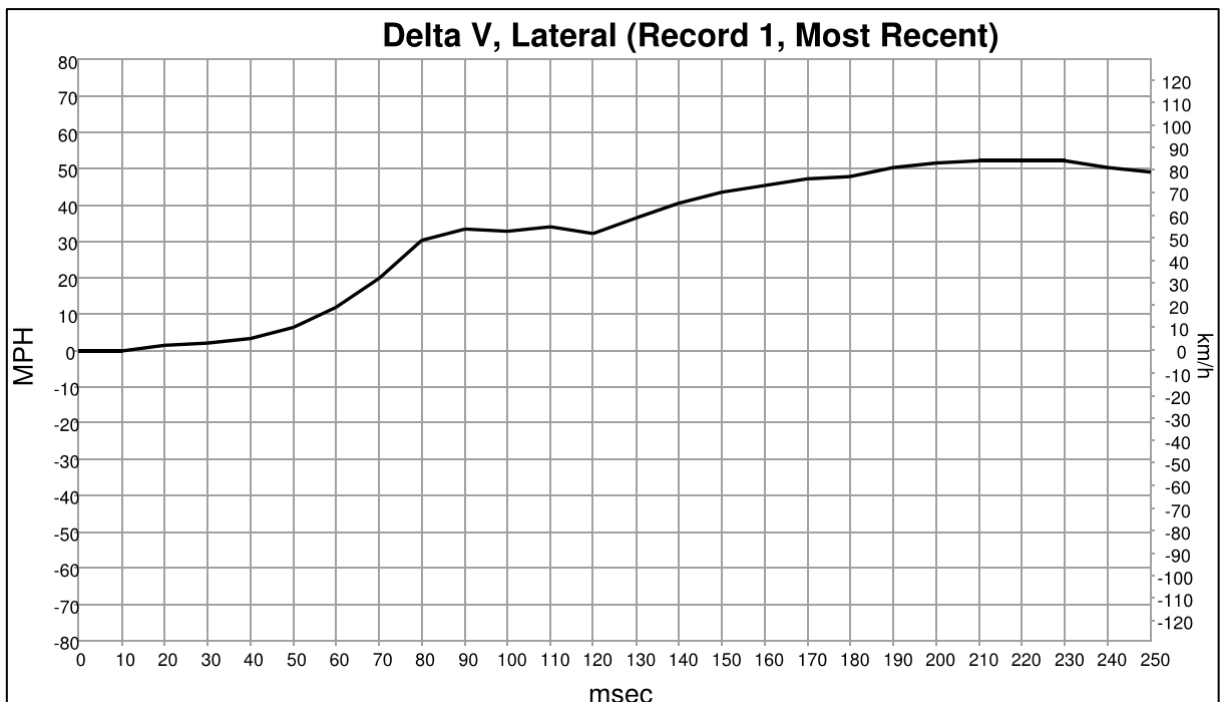
v předu, kdy na místě řidiče byl pás zapnutý a na místě spolujezdce ne, což by odpovídalo připoutání řidiče a volného místa spolujezdce. Stav bezpečnostních pásů byl však ověřen i v rámci technického šetření a odpovídal jejich použití.

Předstřetová data obsahovala hodnoty jednotlivých veličin až 5 sekund před zaznamenanou událostí (střetem). Tabulku zaznamenaných předstřetových dat je možné vidět na **obr. č. 34**. Technický stav motoru před nehodou lze posoudit pomocí otáček motoru (sloupec „Engine RPM“). Motor vozidla byl 5 sekund před nehodou v chodu a hodnoty otáček motoru byly na minimální hodnotě 832 ot./min, čemuž by odpovídaly volnoběžné otáčky. Pohyb vozidla a chování řidiče lze poté usuzovat dle rychlosti vozidla, procentuálního sešlápnutí akceleračního pedálu a aktivace brzdového systému, resp. sešlápnutí brzdového pedálu (sloupce „Speed Vehicle Indicated“; „Accelerator Pedal“ a „Service Brake Activation“). Pět sekund před nehodou mělo vozidlo rychlost 14 km/h. Tuto rychlost řidič udržoval do času 3,5 sekundy přes střetem, vyznačeno červenou barvou. Tomu odpovídá i mírné sešlápnutí akceleračního pedálu v tomto časovém úseku, vyznačeno zelenou barvou. Následně nebyl žádný z pedálů sešlápnut a vozidlo tak zpomalovalo motorem. V čase 2 sekundy před střetem došlo k sešlápnutí brzdového pedálu a úplnému zastavení vozidla, vyznačeno modrou barvou. V tuto chvíli se již vozidlo nacházelo přední částí v polovině železničního přejezdu. V tento moment mohla začít reakční doba řidiče reagujícího na přijíždějící vlak. Sekundu před střetem tak došlo k maximálnímu sešlápnutí akceleračního pedálu, vyznačeno žlutou barvou, a vozidlo se dostalo na rychlost 11 km/h. Vzhledem k rychlosti vlaku to již nestačilo na úplné přejetí vlakového přejezdu.

| Pre-Crash Data -5 to 0 sec (Record 1, Most Recent) | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Time (sec) | Engine RPM (Combustion Engine) (RPM) | ABS Activity | Stability Control | Steering Input (deg) | Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h]) | Accelerator Pedal (%) | Service Brake Activation |
| -5.0 | 832 | No ABS Activity | No ESC Activity | -2 | 9 [14] | 0 | Off |
| -4.5 | 1,024 | No ABS Activity | No ESC Activity | -20 | 8 [13] | 12 | Off |
| -4.0 | 1,152 | No ABS Activity | No ESC Activity | -8 | 8 [13] | 10 | Off |
| -3.5 | 1,152 | No ABS Activity | No ESC Activity | -2 | 9 [14] | 10 | Off |
| -3.0 | 1,088 | No ABS Activity | No ESC Activity | 8 | 9 [15] | 0 | Off |
| -2.5 | 832 | No ABS Activity | No ESC Activity | -6 | 4 [7] | 0 | Off |
| -2.0 | 832 | No ABS Activity | No ESC Activity | 4 | 0 [0] | 0 | On |
| -1.5 | 960 | No ABS Activity | No ESC Activity | 2 | 0 [0] | 0 | Off |
| -1.0 | 960 | No ABS Activity | No ESC Activity | 6 | 1 [1] | 100 | Off |
| -0.5 | 1,728 | No ABS Activity | No ESC Activity | -6 | 2 [3] | 100 | Off |
| 0.0 | 2,176 | No ABS Activity | No ESC Activity | -6 | 7 [11] | 100 | Off |

Obr. č. 34 – Tabulka předstřetových dat (Případová studie 3) [54]

Jelikož se jednalo o boční náraz stojí za zmínku i boční Delta V, resp. změna rychlosti v bočním směru. V průběhu střetu byla tato hodnota zaznamenána v časovém úseku 250 ms. Tento časový úsek je v souladu s časovým úsekem již dříve uvedeným v **tab. č. 1** v kapitole **3.2** této práce. Maximální hodnota byla 84 km/h, tedy rychlost, která odpovídala střetové rychlosti vlaku, který nebyl, s ohledem na výrazný nepoměr hybností, nárazem do vozidla prakticky zpomalen. Celý grafický průběh boční Dely V během střetu lze vidět na **obr. č. 35**.



Obr. č. 35 – Grafický průběh – Boční DeltaV vozidla [54]

4.3.2 Shrnutí

V rámci této dopravní nehody bylo úkolem znalce především posoudit technický stav předmětného vozidla a jeho případný vliv na vznik a průběh dopravní nehody. Tomu mohla částečně pomoci vyčtená nehodová data EDR, a to především z hlediska funkčnosti motoru. Ten dle vyčtených dat 5 sekund před nehodou nevykazoval známky špatného fungování a jeho otáčky byly nanejmiň otáčky volnoběžné. Data dále mohla pomoci specifikovat příjezd vozidla k vlakovému přejezdu a částečně i chování řidiče z hlediska používání akceleračního a brzdového pedálu, kdy vozidlo se pomalu pohybovalo k vlakovému přejezdu. Následně zastavilo, ale bylo již přední částí vozidla na vlakovém přejezdu. Sekundu před střetem se řidič reakcí na blížící se vlak pokusil plným sešlápnutím akceleračního pedálu odjet, avšak vzhledem k rychlosti vlaku to již bylo nemožné. Vzhledem k situaci dopravní nehody nebyly zjištěny skutečnosti, které by mohly ovlivnit správnost vyčtených dat, tudíž je lze považovat za validní.

4.4 PŘÍPADOVÁ STUDIE 4

Dopravní nehoda se stala na dálnici. Jednalo se o předozadní náraz, kdy vozidlo značky Škoda narazilo zezadu do vozidla Subaru, ve kterém byl přítomen záznamník nehodových dat EDR. [55]

4.4.1 Dostupná data EDR

Pro vyčtení dat bylo použito zařízení značky Bosch a verze softwaru byla 23.2.1 [55]. V rámci protokolu byla zaznamenána a vyčtena pouze jedna událost. Dle **obr. č. 36** je možné tvrdit, že ve vozidle byl přítomen pouze řidič a spolujezdec. Taktéž podle zaznamenaných dat je možné usuzovat, že byli oba v době dopravní nehody připoutáni bezpečnostními pásy, resp. záznamník EDR zaznamenal zapnutí bezpečnostních pásů. Na témže obrázku je i informace o velikostní klasifikaci spolujezdce. Ten dle dat nebyl dítětem a jeho velikost je srovnatelná s velikostí figuríny s označení AM50. Označení AM50 znamená, že se jedná o stavbu těla srovnatelnou s průměrnou stavbou těla amerických mužů, tedy výšku těla okolo 180 cm s hmotností 79 kg. [56]

| Pre-Crash Data -1 Sec (Frontal / Rear Crash (Record 1)) | |
|---|----------------|
| Ignition Cycle, Crash (cycles) | 3.784 |
| Safety Belt Status, Driver | buckled |
| Frontal Airbag Warning Lamp, On/Off | OFF |
| Safety Belt Status, Passenger | buckled |
| Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Driver | No |
| Occupant Size Classification, Passenger, Child Size (Yes, No) | No |
| Occupant Information, Passenger | Occupant(AM50) |
| Shift position information (reverse or not) | No |
| MT reverse SW (reverse or not) | No |

Obr. č. 36 – Předstřetová data – použití bezpečnostních pásů, klasifikace spolujezdce [55]

Co se poté týče předstřetových dat vozidla, byly zaznamenány hodnoty až 5 sekund před střetem, viz **obr. č. 37**. Po celých 5 sekund před střetem nebyl řidičem sešlápnutý akcelerační pedál (řádek „Accelerator Pedal“). Vozidlo se v čase 5 sekund před střetem pohybovalo rychlostí 120 km/h (řádek „Speed Vehicle Indicated“). Po dobu jedné sekundy vozidlo zrychlilo na rychlost 122 km/h i přesto že nebyl sešlápnutý plyn. Důsledkem toho mohlo například být předešlé zrychlování, které mohlo probíhat před časem záznamu. Následně v čase 3,5 sekundy před střetem byl řidičem sešlápnutý brzdový pedál, a to až do okamžiku střetu (řádek „Service Brake“). V průběhu brzdění v časovém intervalu od 3,0 do 1,5 sekund před střetem byl aktivní i systém ABS (řádek „ABS Activity“). Volant vozidla byl v průběhu 2 sekund před střetem byl mírně stáčen doleva (řádek „Steering Input“). Toto velmi malé stáčení mohlo být v souladu s vedením pozemní komunikace, resp. se nejedná o náhlé vybočení vozidla ze směru jízdy.

Z hlediska charakteru zaznamenaných předstřetových dat lze dovozovat, že řidič vozidla zpomaloval na dálnici z důvodu dojíždění vytvářející se dopravní kongesce před ním, se

zpomalením cca 6,8 m/s². Jeho reakce byla včasná s dostatečným odstupem, jelikož se nejednalo o náhlé a intenzivní brzdění, tudíž lze vyloučit tzv. „vybrzdování“ vozidla za ním. Jeho dostatečný odstup a včasnou reakci lze dovozovat i z toho, že vlivem nárazu vozidla Škoda zezadu nedošlo k žádnému sekundárnímu nárazu vozidla Subaru do dalšího vozidla, případně do jiné překážky, protože by takový náraz byl taktéž zaznamenán v řídicí jednotce airbagů, tedy v záznamníku EDR.

| Pre-Crash Data -5 to 0 Sec (Frontal / Rear Crash (Record 1 (Table 1 of 2))) | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Time (sec) | -5.0 | -4.5 | -4.0 | -3.5 | -3.0 | -2.5 | -2.0 | -1.5 | -1.0 | -0.5 | 0.0 |
| Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h]) | 74.6 [120] | 75.2 [121] | 75.8 [122] | 75.2 [121] | 62.1 [100] | 53.4 [86] | 42.3 [68] | 32.9 [53] | 27.3 [44] | 23.6 [38] | 21.7 [35] |
| Accelerator Pedal, % Full (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Service Brake, On/Off | OFF | OFF | OFF | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON |
| Engine RPM (RPM) | 3,800 | 3,900 | 3,900 | 3,800 | 2,800 | 1,900 | 900 | 800 | 900 | 1,100 | 1,100 |
| Motor RPM (RPM) | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid | invalid |
| ABS Activity | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | ON | ON | ON | OFF | OFF | OFF |
| Stability Control (On, Off, Engaged) | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON | ON |
| Steering Input (deg) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 7.5 |

Obr. č. 37 – Tabulka předstřetových dat (Případová studie 4) [55]

Dále byla zaznamenána data postřetová, konkrétně podélné a boční Delta V. Protože se jednalo o předozadní náraz s plným překrytím, boční Delta V lze zanedbat. Naopak nelze zanedbat podélné Delta V. Maximální hodnota DeltaV v podélném směru byla 19 km/h. Znamená to tedy, že vlivem nárazu vozidla Škoda bylo vozidlo urychleno o 19 km/h. Rychlost vozidla Subaru těsně před střetem byla 35 km/h a postřetová, resp. výběhová, byla právě o 19 km/h vyšší, tedy 54 km/h. Postřetová rychlost vozidla Škoda pak byla při ne zcela plastickém střetu o něco nižší, odhadem cca 50 km/h (koeficient restituce cca 0,1). Díky tomu, že se jednalo o předozadní náraz s plným překrytím a nevznikla tak žádná rotace vozidel a díky znalosti obou rychlostí vozidla Subaru, odhadu postřetové rychlosti vozidla Škoda a znalosti hmotností obou vozidel (Subaru XV 1408 kg a Škoda Octavia III kombi 2.0 TDI 1395 kg), lze pomocí zákona o zachování hybnosti vyjádřit rychlost vozidla Škoda těsně před střetem. Pro tento výpočet byly uvažovány pohotovostní hmotnosti obou vozidel, tudíž výsledná rychlost bude orientační, s možnou malou, avšak přijatelnou odchylkou. Pro přesné určení rychlosti by bylo potřeba znát okamžité hmotnosti obou vozidel.

Rovnice zákona o zachování hybnosti je uvedena níže:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (3)$$

kde m_1 je hmotnost vozidla Subaru (kg),
 m_2 je hmotnost vozidla Škoda (kg),
 v_1 je předstřetová rychlost vozidla Subaru (km/h),
 v_2 je předstřetová rychlost vozidla Škoda (km/h),
 v'_1 je postřetová rychlost vozidla Subaru (km/h) a
 v'_2 je postřetová rychlost vozidla Škoda (km/h)

Po následné úpravě a vyjádření předstřetové rychlosti vozidla Škoda vypadá rovnice následovně:

$$v_2 = \frac{m_1 v'_1 + m_2 v'_2 - m_1 v_1}{m_2} \quad (4)$$

Po dosazení hodnot rychlostí (km/h) a hmotností (kg):

$$v_2 = \frac{1408 \cdot 54 + 1395 \cdot 50 - 1408 \cdot 35}{1395} \quad (5)$$

Dle tohoto výpočtu tedy byla předstřetová rychlost vozidla Škoda 69 km/h. Jak již ale bylo zmíněno, jedná se o výsledek s možnou odchylkou od skutečné rychlosti vozidla.

4.4.2 Shrnutí

Nehodová data získaná ze záznamníku EDR vozidla Subaru mohla pomoci znalci při řešení této dopravní nehody z hlediska chování řidiče tohoto vozidla. Protože vozidlo Škoda narazilo do vozidla Subaru zezadu, nabízela se zde možnost, že řidič vozidla Subaru vytvořil svým stylem jízdy neočekávanou překážku pro vozidlo za ním (tzv. vozidlo Škoda „vybrzdil“). To však nehodová data pomohla vyvrátit. Vozidlo se totiž před střetem pohybovalo ve svém směru jízdy a nijak zásadně před střetem nevybočilo. I z hlediska rychlosti a brzdění bylo možné usuzovat, že řidič brzdil postupně se zpomalením cca 6,8 m/s², nikoliv náhle. Jelikož se jednalo o předozadní náraz s plným překrytím a vozidla se pohybovala ve stejném směru, bylo možné ze střetových dat, tedy pomocí zaznamenané změny rychlosti Delta V, vyjádřit relativně přesně rychlost vozidla Škoda těsně před střetem, která byla přibližně 69 km/h. Data z EDR tedy nemusejí sloužit pouze pro zjišťování okolností týkajících se přímo vozidla, ve kterém byl záznamník EDR přítomen, ale je možné zjišťovat i další skutečnosti. Přesto by však bylo dobré výsledky ověřit i dalšími soudně-inženýrskými metodami.

5 ZÁVĚR

V diplomové práci byla představena problematika využití nehodových dat EDR při analýze dopravních nehod. Nehodová data získaná pomocí záznamníku EDR představují objektivní zdroj informací, které se týkají dynamiky vozidla těsně před, v průběhu a po dopravní nehodě. Jelikož ne vždy ostatní dostupné podklady jednoznačně vypovídají o nehodovém ději, jsou data EDR velmi přínosným podkladem pro analýzu. Avšak při interpretaci těchto dat je nutné ověřovat správnost zaznamenaných údajů, protože nemusejí být vždy správné.

V úvodu práce je popsán záznamník EDR, jeho historický vývoj a jakým způsobem pracuje. Dále je zde i zmínka o právních předpisech, které regulují samotný záznamník EDR, ale ukládají i požadavky na zaznamenávaná data. Zmíněna je nejen regulace v rámci EU, ale i regulace USA, protože tam vznikaly první záznamníky EDR a jejich regulace.

Další část je zaměřena na samotná získávaná data. Je zde popsáno, jakým způsobem jsou zaznamenávána, jaké jsou požadavky na jejich vzorkovací frekvenci, případně jejich citlivost. V neposlední řadě je popsáno jejich případné ovlivnění (vlivem způsobu jejich získávání), které má za následek zaznamenání nesprávných hodnot, které je potřeba vzhledem k charakteru dopravní nehody vzít v potaz, aby nebyla data interpretována chybně.

Poslední část diplomové práce se věnuje případovým studiím. Ty měly za cíl analyzovat získaná data z reálných dopravních nehod a zhodnotit jejich validitu a přínos pro samotnou analýzu nehodového děje. V případě první případové studie byla EDR data spíše doplňujícím podkladem ke kamerovým záznamům a zanechaným stopám, kdy potvrzovala již zjištěné skutečnosti. V rámci těchto dat nebyla zaznamenána rychlost, která je zpravidla při analýze dopravních nehod tou nejdůležitější informací (nejednalo se o Bosch EDR a data byla vyčtena bez jejich interpretace přímo výrobcem vozidla). Přesto bylo možné rychlost stanovit výpočtem ze zaznamenaných otáček motoru a známých parametrů převodového ústrojí. Tento dopočet je možné provést pouze za předpokladu plného odvalování kol před střetem, tj. pohyb bez prokluzu. Druhá případová studie ukazuje, že zaznamenaná data dokáží s velkou přesností popsat pohyb vozidla před střetem a definovat případné manévry. I přesto, že v tomto případě byla rychlost zaznamenána, byla validní pouze v delším časovém odstupu před střetem (na počátku nehodového děje), jelikož se poté vozidlo pohybovalo ve smyku. Nehodová data však nemusejí nutně popisovat pouze pohyb vozidla v průběhu nehodového děje, ale mohou také vypovídat o technickém stavu vozidla. Právě ve třetí případové studii EDR data vypovídají o správném fungování vozidla, a tak potvrzují jeho dobrý technický stav a vylučují jeho vliv na vznik dopravní nehody. V poslední případové studii pomohla

data EDR definovat styl jízdy řidiče vozidla, do kterého zezadu narazilo jiné. Jelikož se jednalo o předozadní náraz s plným překrytím, bylo možné přeneseně vyjádřit rychlost vozidla, které bylo vzadu. Toto vyjádření rychlosti je též součástí této případové studie.

Výsledkem této diplomové práce je tedy ucelený přehled o tom, jakým způsobem jsou EDR data zaznamenávána a taktéž potvrzuje fakt, že jejich užití při analýze dopravní nehody umožňuje lépe pochopit a popsat nehodový děj. Práce rovněž ukazuje, že samotná data EDR neumožňují rekonstruovat celý průběh a příčinu nehodového děje, ale vždy je nutný soudně-inženýrský přístup a data z EDR tak pouze poskytují rozšíření množství relevantních vstupních dat. Rovněž byly popsány nedostatky, kterými jsou prozatím záznamníky nehodových událostí zatíženy (zejména nízká vzorkovací frekvence).

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČVUT, DOPRAVNÍ FAKULTA. *Analýza dopravních nehod s využitím*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.nehodovadata.cz/nehodova-data/>. [cit. 2023-11-26].
- [2] ČVUT, DOPRAVNÍ FAKULTA. *Nehodová data EDR: Objektivní podklad pro analýzu dopravních nehod*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.nehodovadata.cz/>. [cit. 2023-11-26].
- [3] CRASH DATA GROUP. *EDR Explained*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/pages/edr-explained>. [cit. 2023-12-03].
- [4] KOSTĚNCOVÁ, Veronika a NOUZOVSKÝ, Luboš. *Technologie EDR a její principy*. Online. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06705-5. Dostupné z: <https://k622.fd.cvut.cz/downloads/Technologie%20EDR.pdf>. [cit. 2023-11-28].
- [5] MITCHELL, Paul. *Black Box 101: Understanding Event Data Recorders (EDR)*. Online. MITCHELL, Paul. *Black Box 101: Understanding Event Data Recorders (EDR)*. 2020. Dostupné z: <https://www.pushormitchell.com/2020/11/black-box-101-understanding-event-data-recorders-edr/>. [cit. 2024-01-04].
- [6] CHIDESTER, Augustus; HINCH, John; MERCER, Thomas C. a SCHULTZ, Keith S. *Recording Automotive Crash Event Data*. Online. 1999. Dostupné z: <https://one.nhtsa.gov/cars/problems/studies/record/chidester.htm>. [cit. 2023-11-28].
- [7] EXCHANGE AAA. *Event Data Recorder*. Online. 2022. Dostupné z: <https://exchange.aaa.com/automotive/automotive-trends/event-data-recorder/>. [cit. 2023-11-28].
- [8] NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. *Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis*. Online. Washington, DC: The National Academies Press., 2005. ISBN 978-0-309-43147-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.17226/21974>. [cit. 2023-11-28].

- [9] NHTSA. *Event Data Recorder*. Online. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/research-data/event-data-recorder#overview-10516>. [cit. 2023-11-29].
- [10] BLACKBOXRECOVERY. *A Brief History of Event Data Recorders - In Trains, Planes, Vessels & Cars*. Online. 2018. Dostupné z: <https://blackboxrecovery.com/blog/2018/1/24/a-brief-history-of-event-data-recorders-in-trains-planes-vessels-cars>. [cit. 2023-11-29].
- [11] ROBERT BOSCH GMBH. *Bosch CDR Tool Whitepaper: The Bosch CDR Tool: KEY APPLICATIONS FOR INSURANCE AND LAW ENFORCEMENT CRASH INVESTIGATORS*. Online. Germany. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/pages/the-bosch-cdr-tool>. [cit. 2023-11-29].
- [12] ACADEMIC ACCELERATOR. *Accident Data Recorder: Encyclopedia, Science News & Research Reviews*. Online. Dostupné z: <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/accident-data-recorder>. [cit. 2023-11-29].
- [13] PLÍHAL, Jiří a PÍPA, Martin. *BLACKBOX - PROJEKT V&V MD ČR*. Online. Brno, 2007. Dostupné z: <https://exfos.cz/proceedings/2007/str01-plihal.pdf>. [cit. 2023-11-30].
- [14] EUROPIAN PARLIAMENT. *STUDIE: Technical development and implementation of event data recording in the road safety policy*. Online. 2014. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/529071/IPOL_STU%282014%29529071_EN.pdf. [cit. 2023-11-30].
- [15] RR SCHMIDT-COTTA. *VERONICA - II: Final Report*. 2009. Dostupné z: https://wiki.unece.org/download/attachments/87621710/EDR-DSSAD-01-10%20%28Secretary%29%20veronica2_final_report.pdf?api=v2. [cit. 2023-12-20].
- [16] LEDOUX, Vincent; SUBIRATS, Peggy; VIOLLETE, Eric; BONIN, Yves; SERRE, Thierry et al. *Using event data recorder to detect road infrastructure failures from a safety point of view*. Online. AET 2014 - European Transport Conference 2014, Sep 2014, FRANCFORT, Germany, 2014. Dostupné z: <https://hal.science/hal-01207860>. [cit. 2023-11-23].
- [17] KOMÁREK, Jindřich; HODBOŤ, Michal a STRAKA, Jan. *Inovativní metoda k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat*. Online. Praha: České vysoké

učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06704-8. Dostupné z: <https://k622.fd.cvut.cz/downloads/Inovativn%C3%AD%20metoda.pdf>. [cit. 2023-12-23].

- [18] STARFOS. *Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat*. Online. Dostupné z: <https://starfos.tacr.cz/projekty/VI20172020108#project-main>. [cit. 2023-12-23].
- [19] VERTICAL, Peter; NOUZOVSKÝ, Lubos a KOL. *Evaluation of CDR crash tests*. 31. Annual congress of the european association for accident research and analysis (EVU), 2023. Dostupné z: <https://www.evu-online.org/>. [cit. 2023-12-23].
- [20] NATIONAL ARCHIVES. *FEDERAL REGISTER The Daily Journal of the United States Government: Event Data Recorders*. Online. Dostupné z: <https://www.federalregister.gov/documents/2022/06/22/2022-12860/event-data-recorders>. [cit. 2023-12-02].
- [21] NATIONAL ARCHIVES. *Code of Federal Regulations: Title 49 part 563*. Online. Dostupné z: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-V/part-563>. [cit. 2023-12-02].
- [22] CONGRESS.GOV. *S.766 - Driver Privacy Act of 2015*. Online. Dostupné z: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/senate-bill/766/text>. [cit. 2023-12-03].
- [23] OSN č. 160, *Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska zapisovače údajů o události*. 2021. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42021X0993>. [cit. 2023-12-03].
- [24] 2019/2144, *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2019/2144*. 2019. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R2144-20220905#toclid3>. [cit. 2023-12-28].
- [25] EVROPSKÁ UNIE. *Systém eCall využívající linku tísňového volání 112 ve vozidlech*. Online. Dostupné z: https://europa.eu/youreurope/citizens/travel/security-and-emergencies/emergency-assistance-vehicles-ecall/index_cs.htm. [cit. 2023-12-28].
- [26] EVROPSKÁ KOMISE. *Nářízení Komise v přenesené pravomoci kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/2144*. 2022. Dostupné z:

<https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12989-Bezpecnost-vozidel-technicke-pozadavky-a-zkusebni-postupy-pro-evropske-schvaleni-typu-zapisovacu-udaju-o-udalostech-EDR- cs>. [cit. 2023-12-29].

- [27] CRASH FORENSICS. *Automobile Crash Event Data Recorder Downloading*. Online. Dostupné z: <https://www.crashforensics.com/automobiledatarecorders.cfm>. [cit. 2023-12-05].
- [28] WATTS, Dori. *Passenger Vehicle Event Data Recorders: What are they and how are they useful?* Online. 2022. Dostupné z: <https://www.explico.com/post/passenger-vehicle-event-data-recorders-what-are-they-and-how-are-they-useful>. [cit. 2023-12-05].
- [29] TOWNSLEY, Robert. *The role of event data recorders in vehicle collision reconstruction*. Online. 2021. Dostupné z: https://www.envistaforensics.com/media/ii3h4fne/envista_whitepaper-the-role-of-event-data-recorders-in-vehicle-collision-reconstruction.pdf. [cit. 2023-12-05].
- [30] BOSCH. *Bosch Event Data Retrieval Tool Solutions*. Online. Dostupné z: <https://boschcdrtool.com/>. [cit. 2023-12-05].
- [31] *Crash Data Group*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/>. [cit. 2023-12-05].
- [32] CRASH DATA GROUP. *CDR CANplus VCI Module: BOSCH CDR CANPLUS VEHICLE INTERFACE MODULE IS OFFICIALLY DISCONTINUED*. Online. 2023. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/pages/cdr-canplus-vci-module>. [cit. 2023-12-05].
- [33] CRASH DATA GROUP. *Bosch CDR 900 Upgrade Kit without Case*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/collections/kits-bundles/products/bosch-cdr-900-upgrade-kit-no-case>. [cit. 2023-12-05].
- [34] BOSCH. *CDR 900 Návod k obsluze*. Online. Dostupné z: https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/cdr_900_user_guide_cs.pdf. [cit. 2023-12-05].
- [35] RUTH, Rick. *Event Data Recorder Use in Traffic Crash Reconstruction: Kia/Hyundai Event Data Recorder Technician*. Online. 2021. Dostupné z: <https://img1.wsimg.com/blobby/go/f3331905-df90-40a9-95cc->

907000b3c738/downloads/Tab%20%20Item%20%20Hyundai%20Tool%20User%2001%2025%202022.pdf?ver=1649116366913. [cit. 2023-12-05].

- [36] CRASH DATA GROUP. *GIT: Hyundai / Kia Combo EDR Tool Kit with Software*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/collections/git-hyundai-kia-edr-tool-kits-and-bundles/products/git-hyundai-kia-edr-tool-combo-kit>. [cit. 2023-12-05].
- [37] CRASH DATA GROUP. *GIT: Hyundai EDR Tool Kit with Software*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/collections/git-hyundai-kia-edr-tool-kits-and-bundles/products/hyundai-edr-tool-kit>. [cit. 2023-12-05].
- [38] CRASH DATA GROUP. *GIT: Kia EDR Tool Kit with Software*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/collections/git-hyundai-kia-edr-tool-kits-and-bundles/products/git-kia-edr-tool-kit>. [cit. 2023-12-05].
- [39] NIEDERMEYER, Edward. *Tesla's EDR About-Face Raises More Questions*. Online. 2018. Dostupné z: <https://dailykanban.com/2018/03/06/teslas-edr-face-raises-questions/>. [cit. 2023-12-06].
- [40] LAMBERT, Fred. *Tesla releases new tool for people to retrieve 'blackbox data' after a crash*. Online. 2018. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/03/06/tesla-new-edr-tool-blackbox-data-crash/>. [cit. 2023-12-06].
- [41] TESLA. *Tesla EDR User Guides*. Online. Dostupné z: <https://edr.tesla.com/help>. [cit. 2023-12-06].
- [42] CRASH DATA GROUP. *EDR Kit for Tesla Vehicles*. Online. Dostupné z: <https://crashdatagroup.com/products/edr-kit-for-tesla-vehicles>. [cit. 2023-12-06].
- [43] KEAN, Steven T. *Event Data Recorder: An Overview*. Online. 2015. Dostupné z: https://cdn.ymaws.com/mcaamn.org/resource/resmgr/files/tsrp/Resources/EDR_Overview_2-2015_-_Virgin.pdf. [cit. 2023-12-25].
- [44] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. *IEEE 1616.1-2023, IEEE Standard for Data Storage Systems for Automated Driving*. 2023. Dostupné z: <https://standards.ieee.org/ieee/1616.1/10939/>. [cit. 2024-01-03].

- [45] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. 1616.1-2023, *IEEE Standard for Data Storage Systems for Automated Driving*. Online. 2023. Dostupné z: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10205988>. [cit. 2024-01-03].
- [46] NOUZOVSKÝ, Luboš; KOSTĚNCOVÁ, Veronika a FRYDRÝN, Michal. Využitelnost dat EDR pro analýzu silničních nehod. Online. *Soudní inženýrství*. 2021, roč. 32, č. 4, s. 9-18. ISSN 1211-443X. Dostupné z: <https://doi.org/10.13164/SI.2021.4.9>. [cit. 2024-01-29].
- [47] SCHLECHTE, Nicholas. *Answering 10 Common Questions about Electronic Data Recorders*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.kittelsonllc.com/answering-10-common-questions-about-electronic-data-recorders/>. [cit. 2024-04-03].
- [48] GOPINATH, B.; YUGESH, V.S. a SOBEKA, T. Design and Implementation of Event Data Recorder with Safety Parameters. Online. In: *2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)*. IEEE, 2023, s. 1-4. ISBN 979-8-3503-0681-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10200173>. [cit. 2024-05-24].
- [49] LARANJEIRA, Francisco Gonçalo Mendes. *Study and Validation of Data Recorded in the Vehicles' EDR in Order to Perform a Road Accident's Dynamic Reconstruction*. Master degree. Leiria: Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2022. ISBN 9798381531299. Dostupné také z: <https://www.proquest.com/docview/2925087353?parentSessionId=0UbmXkJMaR0WQ%2BsFkWsrXmUJU6CqxyFTtv6FUwDWQkl%3D&accountid=17115&sourcetype=Dissertations%20&%20Theses>.
- [50] CVEL. *Wheel Speed Sensors*. Online. Dostupné z: <https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/sensors/wheel-speed.html>. [cit. 2024-04-03].
- [51] BOSCH. *Electric power steering system*. Online. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/steering/electric-power-steering-systems/>. [cit. 2024-04-03].
- [52] VUT. *Archiv ÚSI*. [cit. 2023-05-10].
- [53] SAJDL, Jan. *Mutlikolizní brzda - MKB*. Online. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/mutlikolizni-brzda/>. [cit. 2024-05-10].

[54] ŘEHÁK, Miloslav. *Archiv Znalce*. [cit. 2023-05-21].

[55] DRAHOTSKÝ, Ivo. *Archiv Znalce*. [cit. 2023-05-21].

[56] FRESSMANN, Dirk; MÜNZ, Thomas; GRAF, Oliver; FRANZ, Ulrich a SCHWEIZERHOF, Karl. *FE Human Modelling in Crash-Aspects of the numerical Modelling and current Applications in the Automotive Industry*. Online. Frankenthal, 2007. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/325295323_FE_Human_Modelling_in_Crash-Aspects_of_the_numerical_Modelling_and_current_Applications_in_the_Automotive_Industry. [cit. 2024-05-21].

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. č. 1 – Parametry hodnot zrychlení a DeltaV [23]..... | 39 |
| Tab. č. 2 – Převodové poměry a stálý převod vozidla Škoda [52]..... | 49 |
| Tab. č. 3 – Rychlost vozidla Škoda pro příslušnou výši otáček [vlastní]..... | 49 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. č. 1 – Airbag Control Module (ACM) [3]..... | 16 |
| Obr. č. 2 – Propojení hardwaru pro získávání EDR dat [3]..... | 28 |
| Obr. č. 3 – Metoda připojení pomocí diagnostického portu [28]..... | 28 |
| Obr. č. 4 – ACM přítomen ve vozidle [29] | 29 |
| Obr. č. 5 – ACM vymontován mimo vozidlo [29] | 29 |
| Obr. č. 6 – Bosch CDR 900 [33]..... | 30 |
| Obr. č. 7 – GIT: Hyundai EDR Tool Kit [37] | 31 |
| Obr. č. 8 – GIT: KIA EDR Tool Kit [38] | 31 |
| Obr. č. 9 – EDR Kit for Tesla Vehicles [42]..... | 32 |
| Obr. č. 10 – Příklad titulní/první strany CDR protokolu [1] | 33 |
| Obr. č. 11 – Příklad strany CDR protokolu s tabulkou a grafickým vyjádřením [1]..... | 34 |
| Obr. č. 12 – Princip funkce snímače rychlosti otáčení kol [50]..... | 40 |
| Obr. č. 13 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 1) [52]..... | 48 |
| Obr. č. 14 – Zaznamenaný počet a typ kolize [52]..... | 48 |
| Obr. č. 15 – Otáčky motoru vozidla [52]..... | 49 |
| Obr. č. 16 – Bezpečnostní pás – řidič [52]..... | 50 |
| Obr. č. 17 – Bezpečnostní pás – spolujezdec vpředu [52]..... | 50 |
| Obr. č. 18 – Bezpečnostní pás – spolujezdec vzadu za řidičem [52] | 50 |
| Obr. č. 19 – Přepínač na sedadle spolujezdce [52]..... | 50 |
| Obr. č. 20 – Aktivace brzdového systému a aktivita systému ABS [52]..... | 51 |
| Obr. č. 21 – Aktivace systému multikolizní brzdy MKB [52]..... | 51 |
| Obr. č. 22 – Hodnoty úhlu natočení volantu [52] | 51 |
| Obr. č. 23 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 2) [52]..... | 52 |
| Obr. č. 24 – Shrnutí zaznamenaných událostí v protokolu CDR [52] | 53 |
| Obr. č. 25 – Tabulka předstřetových dat 1 (Případová studie 2) [52]..... | 54 |
| Obr. č. 26 – Tabulka předstřetových dat 2 (Případová studie 2) [52]..... | 55 |
| Obr. č. 27 – Poškození vozidla Mercedes (levý bok vozidla) [52] | 56 |
| Obr. č. 28 – Graf bočního zrychlení vozidla (snímač na podlaze vozidla) [52]..... | 57 |
| Obr. č. 29 – Poškození levého zadního rohu vozidla Mercedes Vito [52]..... | 58 |
| Obr. č. 30 – Poškození vozidla Lexus v úrovni levého zpětného zrcátka [52]..... | 58 |
| Obr. č. 31 – Poškození levého boku vozidla Mercedes Vito [52]..... | 59 |
| Obr. č. 32 – Poškození levé zadní části vozidla Lexus [52]..... | 59 |
| Obr. č. 33 – Plánek dopravní nehody (Případová studie 3) [54]..... | 60 |
| Obr. č. 34 – Tabulka předstřetových dat (Případová studie 3) [54] | 62 |

| | |
|--|----|
| Obr. č. 35 – Grafický průběh – Boční DeltaV vozidla [54]..... | 63 |
| Obr. č. 36 – Předstřetová data – použití bezpečnostních pásů, klasifikace spolujezdce [55] | 64 |
| Obr. č. 37 – Tabulka předstřetových dat (Případová studie 4) [55]..... | 65 |

SEZNAM ZKRATEK

EDR..... Event Data Recorder
ACM.....Airbag Control Module
GM.....General Motors
DERM..Diagnostic and Energy Reserve
SDMSensing and Diagnostic Module
RCM.....Restraint Control Module
NTSB ...National Transportation Safety Board
NASA...National Aeronautics and Space Administration
NHTSA National Highway Traffic Safety Administration
CFR Code of Federal Regulations
FMVSS.Federal Motor Vehicle Safety Standards
ADRAccident Data Recorder
UDSUnfalldatenspeicher
USA.....Spojené státy americké
EU.....Evropská unie
GPS..... Global Positioning System
GSMGroupe Spécial Mobile
SAESociety of Automotive Engineers
IEEEInstitute of Electrical and Electronics Engineers
OSN.....organizace spojených národů
VIN.....Vehicle Identification Number
GDPR...General Data Protection Regulation
CDRCrash Data Retrieval
GIT.....Global Information Technology
DLC.....Data Link Connector
OBD.....On-Board Diagnostics
D2MDirect to Module
DSSAD.Data Storage Systems for Automated Driving
MEMS..Micro-Electro-Mechanical-Systems
ESC/ESP jednotka elektronické stability
IMU.....inerciální měřicí jednotka
ABS.....Anti-lock Brake System
Rpm.....otáčky motoru za minutu
i_{stály}.....stálý převodový poměr

$i_{\text{stupně}}$převodový poměr příslušného převodového stupně
oobvod vozidlového kola
TCSTraction Control System
AEBS....Advanced Emergency Braking System
ACCAdaptive Cruise Control
LDWS ..Lane Departure Warning Systém
CSFsystém korektivního řízení
ESF.....systém nouzového řízení
ACSF....automaticky ovládaná funkce řízení
AECS....systém nouzového tísňového volání
a.s.....akciová společnost
TDI.....Turbocharged Direct Injection
MKBmutlikolizní brzda
 v_rrelativní rychlost
tčas
s.....dráha
TRGtrigger (vyvolání záznamu dat)
Ot.Otáčky
mhmotnost
v.....rychlost (předstřetová)
 v' rychlost (postřetová)