

# Technologie EDR a její principy

Veronika Kostěncová, Luboš Nouzovský

Praha, 2020

Copyright © České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní, březen 2020  
Všechna autorská práva textu jsou vyhrazena. Není dovoleno kopírování, rozdělování a veřejné šíření textů, ani žádné její části bez vědomí autorů a editorů.

Autoři: Bc. Veronika Kostěncová, Ing. Luboš Nouzovský, Ph.D.

Název díla: Technologie EDR a její principy

Recenzent: Ing. Vlastimil Rábek, Ph.D.

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta dopravní

Kontaktní adresa: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Horská 2040/3, 128 00 Praha 2

Tel.: +420 224 359 003

Tisk: pouze elektronicky - online

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-01-06705-5

## **Poděkování**

Kniha vznikla za podpory Ministerstva vnitra ČR, programu Bezpečnostního výzkumu – projektu VI20172020108 Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat.

## Obsah

Úvod.....	6
1. Technologický vývoj.....	8
1.1. První zařízení pro záznam dynamických veličin.....	8
1.1.1. Železniční doprava .....	8
1.1.2. Letecká doprava .....	9
1.1.3. Vodní doprava .....	10
1.1.4. Automobilová doprava .....	10
1.2. První verze EDR.....	11
1.2.1. EDR společnosti General Motors.....	12
1.2.2. EDR společnosti Ford Motor .....	14
1.3. Pracovní skupiny .....	15
1.4. Evropská verze AD (Accident Data Recorder).....	16
1.5. Současný vývoj.....	17
1.6. Koncepty budoucnosti .....	18
1.6.1. EDR/AD .....	19
1.6.2. DSSAD.....	20
1.7. Vývoj zařízení pro čtení EDR dat.....	20
2. Legislativa .....	21
2.1. Legislativa v USA .....	22
2.1.1. 49 CFR část 563 .....	22
2.1.2. IEEE 1616 .....	23
2.1.3. SAE International .....	24

2.1.4.	Driver's Privacy Act of 2015 .....	26
2.2.	Evropská legislativa.....	26
2.2.1.	Výzkumné projekty .....	27
2.2.2.	Adaptace legislativy v jednotlivých evropských zemích .....	34
2.2.3.	Zpracování osobních údajů, vlastnictví dat EDR.....	36
2.2.4.	Vývoj situace v současné době.....	36
3.	Princip fungování záznamových zařízení a struktura dat.....	39
3.1.	Event Data Recorder.....	39
3.1.2.	Princip technologie EDR.....	44
3.1.3.	Data EDR .....	47
3.2.	Accident Data Recorder.....	48
3.2.1.	FIA ADR .....	51
3.2.2.	UDS-AT .....	53
3.2.3.	RAG .....	57
4.	Metody získání a systémy pro čtení nehodových dat.....	58
4.1.	Metody získání nehodových dat .....	59
4.1.1.	Připojení skrze komunikační cesty sériového připojení k OBD II.....	61
4.1.2.	Přímé připojení k ACM/EDR.....	61
4.2.	Nástroje pro interpretaci EDR dat .....	63
4.2.1.	Bosch CDR Tool .....	63
4.2.2.	GIT EDR pro Hyundai a Kia.....	67
4.2.3.	Tesla EDR .....	68
4.2.4.	Jaguar Land Rover .....	71
4.3.	Protokol CDR .....	71
5.	Praktické testování systému CDR .....	77
5.1.	Referenční měřicí zařízení.....	77
5.2.	Nárazové testy .....	79

5.2.1.	Hromadná srážka.....	82
5.2.2.	Test s převrácením vozidla.....	85
5.2.3.	Test s předstřetovým vybočením vozidel.....	93
5.2.4.	Test s dvěma nárazy .....	94
6.	Závěr.....	98
7.	Seznam použitých zdrojů .....	99

## ÚVOD

Automobilová doprava je nejvyužívanějším typem dopravy, jen v České republice je dle údajů Svazu dovozců automobilů (SDA) k 31. 12. 2019 registrováno 5 989 538 osobních automobilů. Oproti roku 2018 došlo k nárůstu o 3,12 %, tedy o téměř 200 000 vozidel. [1] Rychle rostoucí počet automobilů s sebou přináší řadu negativních efektů, pro příklad lze zmínit hustý provoz, s ním spojené vytváření kongescí, znečišťování životního prostředí, ale i dopravní nehody, které mají snad nejhorší následky z výše vyjmenovaných.

Ač jsou ze strany Evropské unie realizovány snahy o snížení počtu smrtelných nehod na silnicích, nelze tvrdit, že by byly úspěšné. V rámci Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020 bylo hlavním cílem dosáhnout v roce 2020 v porovnání s rokem 2009 snížení počtu usmrcených na úroveň průměru evropských zemí, tedy přibližně o 60 % a počtu těžce zraněných o 40 %, tohoto ideálu se však nedaří docílit. [2] Druhým zmíněným projektem, který je rovněž řešen na našem území, je platforma VIZE 0. Individuální projekty zaměřené na zvýšení bezpečnosti složek dopravního systému jsou v rámci partnerů VIZE 0 ve vzájemné spolupráci, přičemž filosofie je založena na výrazně odvážnější myšlence, a tedy snížit počet usmrcených a vážně zraněných osob v důsledku dopravních nehod na nulu. Další myšlenkou je tvrzení, že dopravní nehoda není selháním jednotlivce, ale celého dopravního systému, proto je tedy třeba zvyšovat bezpečnostní úroveň všech složek systému. [3] Úsilí, které bylo na úrovni Evropské unie vynaloženo k lepšímu porozumění okolností vedoucích ke smrtelným nehodám a současně i řada studií však uvádí, že hlavní příčinou dopravních nehod je chyba řidiče. [4]

Otázka odpovědnosti za dopravní nehodu je jednou z mnoha řešených i v rámci její rekonstrukce. Zásadním problémem v tomto procesu je však nedostatek důkazů a klíčových informací, které by poskytly nezpochybnitelný a jasný obraz o průběhu dané nehody. Pro tyto účely jsou v letectví již více než 60 let používány černé skříňky, tedy zařízení, která průběžně zaznamenávají řadu vybraných parametrů se záměrem případné rekonstrukce havárie. Tato technologie inspirovala k myšlence vytvořit a implementovat záznamníky založené na podobném principu i do automobilů. V současné době se můžeme setkat s celou řadou záznamníků dat, které zaznamenávají dynamiku vozidla a stav různých systémů v automobilu. Jedná se o specializovaná zařízení, respektive funkce, které dokážou zaznamenat přesné parametry v reálném čase. Obecně odlišujeme tři typy takových záznamníků, Journey Data Recorders (JDR), které zaznamenávají data během celé cesty, Event Data Recorders (EDR), ty ukládají data jen v okamžiku, kdy nastane událost, která překročí předem stanovené prahové

hodnoty a v neposlední řadě videorekordery (VEDR), které fungují na podobném principu s přidanou schopností videozáznamu okolního prostředí, tyto jsou často zaměňovány s palubními kamerami do automobilů.

Tento dokument je zaměřen především na zařízení pro záznam údajů EDR (Event Data Recorder) a dále také zařízení pro záznam nehodových dat ADR (Accident Data Recorder). Obě fungují na podobném principu, přičemž nejzásadnějším rozdílem je území implementace. Jak již bylo zmíněno, tyto záznamníky uchovávají data v případě výskytu nehodové události, tedy v časovém intervalu krátce před, během a po nehodě. Ve Spojených státech jsou data získaná ze záznamníků hojně využívána při vyšetřování příčin dopravních nehod, a to ať už jako důkazní prostředek v soudním řízení, tak i při zavádění nových bezpečnostních opatření v rámci konstrukce vozidel. Implementace této technologie je v současné době řešena i na evropské úrovni, a to ať už se bavíme o snahách pojišťovacího trhu, veřejných i soukromých subjektů, a nakonec i legislativním řešením k zajištění účinného provádění EDR v EU.



## 1. TECHNOLOGICKÝ VÝVOJ

### 1.1. První zařízení pro záznam dynamických veličin

Historie zařízení pro záznam údajů sahá až do 19. století, kdy byly implementovány první datové zapisovače, to konkrétně u železniční dopravy. Další vlna této technologie byla zaznamenána o něco později v letectví, následně u lodní dopravy, přičemž neustále docházelo ke zdokonalování a vývoji nových zařízení. V následujících odstavcích si představíme některé předchůdce dnešních černých skříněk.

#### 1.1.1. Železniční doprava

Na počátku celého konceptu EDR stojí zařízení pro záznam nehodových událostí původně umístěvané do vlaků, známé jako On-Train Monitoring Recorder (OTMR), (Obrázek 1). Prvním typem takového zařízení byl mechanický záznamník švýcarské společnosti HaslerRail, který byl uveden v září roku 1891. Kromě dráhy umožňoval zaznamenávat i čas a rychlost, kterou se lokomotiva pohybovala. [5]



Obrázek 1: OTMR (zdroj: <https://en.wikipedia.org>)

Francouz Nicolas Charles Eugène Flaman dále vynalezl přístroj, který fungoval na podobném principu, jednalo se o tzv. Flaman Speed Indicator and Recorder (Obrázek 2). Opět zaznamenával rychlost, kterou zapisoval na papírovou odvíjecí pásku. Cívka se pohybovala v závislosti na pohybu kol lokomotivy o 5 mm na 1 km. Výstupem tohoto zařízení byly tři grafy. [6] [7]



Obrázek 2: Flaman Speed Indicator and Recorder (zdroj: [www.gettyimages.co.uk](http://www.gettyimages.co.uk))

Současné záznamníky nehodových dat se řídí zákonnými úpravami FRA 49 CFR částí 229, nutno však podotknout, že tyto předpisy platí pouze pro USA. Vyžadují, aby byly tyto záznamníky nainstalovány na hnací vozidla všech vlaků nákladní, osobní a příměstské dopravy s rychlostí nad 30 mph (48 km/h) na železniční síti USA. V ČR se umístování záznamových zařízení řídí normou ČSN EN 62625-1 (342671). [8]

### 1.1.2. Letecká doprava

V leteckém průmyslu byl poprvé představen záznamník letových dat (Flight Data Recorder – FDR) v roce 1939 ve Francii. První takový přístroj fungoval na bázi zápisu dat na pomalu se pohybující fotografický film, jenž byl vystaven odrazu tenkého světelného paprsku z nakloněného zrcadla. Tento film musel být umístěn ve světlotěsné schránce, tedy bylo třeba, aby byla uvnitř černá. Existuje mnoho teorií, jak mohl vzniknout název „černá skříňka“, je zde však velká pravděpodobnost, že je zařízení pojmenováno právě po této první verzi. [9]

Australský vynálezce David Warren v roce 1958 sestrojil kombinovaný prototyp FDR/CVR (Flight Data Recorder/Cockpit Voice Recorder), kde kromě letových údajů (např. výška, rychlost, stav paliva v letadle) bylo možné pomocí žáruvzdorného magnetofonu nahrávat i rozhovory v pilotní kabině (Obrázek 3). [10]



Obrázek 3: Černá skříňka umísťovaná do letadel (zdroj: [www.svetovafakta.cz](http://www.svetovafakta.cz))

### 1.1.3. Vodní doprava

Vyšetřování mimořádných událostí spojených s námořní dopravou pomocí záznamníků událostí o plavbě (Voyage Data Recorder – VDR), (Obrázek 4) pravděpodobně zaujímá nejkratší dobu vývoje. Tato jednotka byla poprvé zmíněna v roce 1974, kdy byly zveřejněny povinné předpisy pro bezpečnost plavby v Mezinárodní úmluvě o bezpečnosti lidského života na moři (International Convention for the Safety of Life at Sea – SOLAS). Tyto přístroje jsou schopny zaznamenat mimo informace o poloze, času a rychlosti i zvuk z můstku. [11]



Obrázek 4: Voyage Data Recorder (zdroj: <http://www.sealantern.com.cn>)

### 1.1.4. Automobilová doprava

Černé skříňky v komerčních letadlech přinesly mnoho objektivních dat k rozboru leteckých nehod, proto vytvořit obdobný nástroj k usnadnění vyšetřování silničních nehod bylo hlavním

cílem projektu Národního úřadu pro bezpečnost silničního provozu Spojených států amerických (National Highway Traffic Administration – NHTSA). Společnost GM v roce 1974 jako první představila jednoduché analogové zařízení pro záznam a ukládání dat o nárazu. Tento záznamník byl znám spíše jako Disc Recorder a byl instalován na 1000 vybraných vozidel, která byla vybavena airbagy. Pro představu, záznam obsahoval údaje o závažnosti nárazu, stavu airbagu, tedy zda byl, nebo nebyl aktivován. Systém zároveň nahrával data během událostí, kdy nedošlo k aktivaci airbagu, respektive kdy náraz nebyl tak silný, aby došlo k nasazení. Data získaná tímto zařízením však byla dostupná pouze pro GM. Co se týče technických parametrů, první zapisovače fungovaly na základě začlenění elektromechanických snímačů a diagnostického obvodu, který nepřetržitě monitoroval ovládací obvody airbagů a stav varovné kontrolky na přístrojovém panelu vozidla. V případě události pak uložil i přibližný čas. [12] [13] [14] [15]

Během let 1973 a 1974 vozidla vybavená Disc Recordery dosáhla hodnoty 26 milionů ujetých mil. V průběhu této doby bylo analyzováno 23 nehod, přičemž přibližná hodnota delty-V těchto událostí byla 20 mph. Záznamníky byly původně předpokládány jako zařízení pro sběr dat a vzhledem k tomu že jejich výroba byla velice nákladná, byl počet nehod takto omezen. Výsledkem tohoto projektu bylo srovnání změn rychlostí odhadovaných vyšetřovateli nehod a změn rychlostí, které byly zaznamenány zařízením. Zjištění měla význam především bavíme-li se o skutečnosti, že do této doby byla přijímána důležitá politická rozhodnutí na základě nesprávných předpokladů. [16]

## **1.2. První verze EDR**

První verze systému byla od roku 1990 rozšiřována o další funkce za účelem potenciálního vyhodnocování využití EDR dat, přičemž hlavním záměrem bylo vylepšování bezpečnosti vozidel a bezpochyby také snaha záchrany lidských životů. Do popředí se tak dostala myšlenka zkombinovat EDR s ACN (Automatic Collision Notification) technologií. Tu lze představit jako asistenta automatického oznámení nehody, který dokáže upozornit záchranné služby na tuto skutečnost. Tento projekt kombinoval oznamovací a záznamovou technologii, což v praxi znamená, že v případě havárie systém zahájil pomocí bezdrátového komunikačního systému žádost o pomoc, určil polohu vozidla a zároveň uložil údaje o nehodě. V rámci testování bylo touto technologií vybaveno přibližně 700 vozidel. [14]

Od roku 1994 začalo stále více vozidel zaznamenávat užitečná data, která byla středem zájmu NHTSA. Původní myšlenkou byla spolupráce s výrobcí automobilů. Úřad tedy začal shromažďovat EDR data v rámci tří hlavních programů:

- **SCI – Special Crash Investigations – zvláštní vyšetřování nehod**

Data získaná programem SCI představovala široké spektrum dat od policejních spisů až po rozsáhlé zprávy odborných týmů pro vyšetřování dopravních nehod. Středem zájmu tohoto programu bylo zlepšení bezpečnostních prvků osobních automobilů, lehkých nákladních automobilů a školních autobusů. [17]

- **NASS-CDS – National Automotive Sampling System – Crashworthiness Data System**

Doslovně se jedná o národní automatizovaný systém odběru vzorků, který se skládá ze dvou systémů – Crashworthiness Data System (CDS) a General Estimates System (GES). Tento program zakládal především na datech získaných z policejních spisů. Nezaměřoval se ani tak na detaily nehody, neboť se snažil komplexně nahlížet na celou událost. CDS data pak byla využívána při identifikaci potenciálních zlepšení designu vozidel. [18]

- **CIREN – Crash Injury Research & Engineering Network**

Program, který kombinoval sběr lékařských a technických dat, přičemž hlavním cílem bylo určit příčinu zranění při nehodě. Hlavním posláním programu CIREN bylo zlepšit nejen prevenci, ale i snížit počet nehod se smrtelnými následky. [19] [20] [21]

S rostoucí popularitou EDR přibývali i výrobci tohoto zařízení. Týmy NHTSA pro vyšetřování nehod shromažďovaly údaje od dvou hlavních – General Motors a Ford. Je třeba zmínit, že každý výrobce využíval pro své EDR jiných modulů.

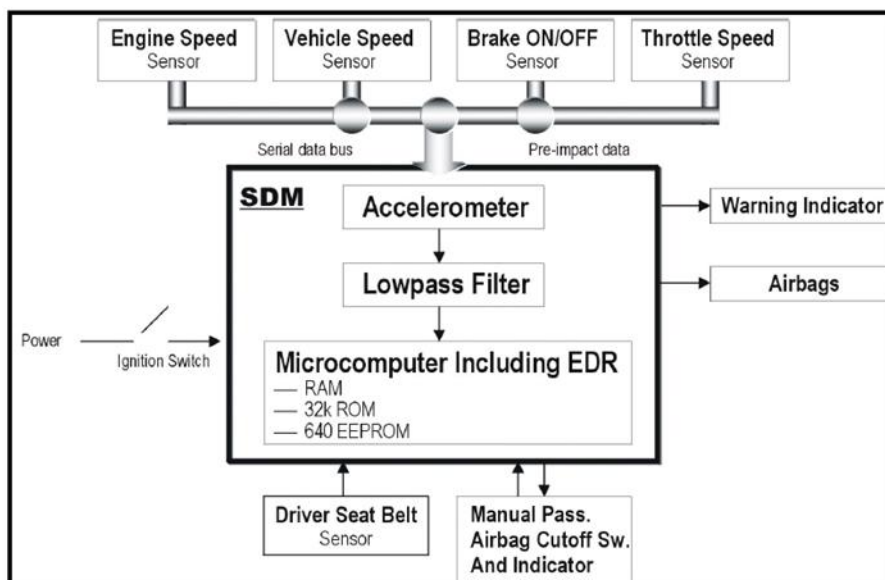
### **1.2.1. EDR společnosti General Motors**

Od roku 1990 začalo GM EDR procházet významnými změnami. To bylo pro výzkumníky výzvou pro porovnávání schopností vozidel vybavených různými generacemi GM EDR. Abychom mohli porovnávat vývoj zařízení, je třeba si nejprve představit původní verzi EDR,

keré bylo součástí diagnostického modulu Diagnostic and Energy Reserve (DERM), kde bylo možné zaznamenávat časy pro stavové senzory a poruchové kódy v době aktivace. [14] [15]

Jako první výraznou změnu v systému výrobce GM lze považovat nahrazení elektromechanických spínačů, dříve používaných pro detekci nárazu, za analogový akcelerometr a počítačový algoritmus integrovaný do řídicího modulu airbagů Sensing and Diagnostic Module (SDM). Dle roku uvedení je označován jako 1994 SDM. Jednalo se o první verzi EDR, která měřila závažnost nárazu a dále vypočítala a uložila změnu podélné rychlosti vozidla ( $\Delta V$ <sup>1</sup>) během havárie. Mimo to byly nově zaznamenávány i další hodnoty, jako například stav předpínače bezpečnostního pásu řidiče a událost blížící aktivaci airbagu. [14] [15]

Počínaje modelovým rokem 1999 byl představen model 1999 SDM (Obrázek 5), obohacen o záznam stavových údajů několik sekund před nárazem, přičemž data byla nahrávána každou vteřinu, to byla oproti přechodným verzím další nápadná změna. Samozřejmě bylo možné nadále zaznamenávat údaje předchozích verzí. Přidanými parametry byla rychlost vozidla, otáčky motoru, stav brzdy, stav airbagu spolujezdce a poloha škrtkové klapky v časové ose 5 sekund před nárazem. V Tabulce 1 jsou přehledně zobrazeny zaznamenávané parametry v závislosti na modelovém roce zařízení a použitého modulu pro výrobu GM. [14] [15]



Obrázek 5: Diagram 1999 GM SDM [14]

<sup>1</sup> Delta-V, boční/podélné znamená kumulativní změnu rychlosti zaznamenanou EDR vozidla podél boční/podélné osy, počínaje časem nárazu nula a konče po 0,25 s; zaznamenává se každých 0,01 s. [19]

Tabulka 1: Data ukládaná vybranými systémy airbagů GM [14]

Parametr	1990 DERM	1994 SDM	1999 SDM
Stav výstražného indikátoru v případě výskytu nehodové události (zapnuto/vypnuto)	X	X	X
Délka doby, po kterou svítila výstražná žárovka	X	X	X
Aktivační časy detekce nárazu nebo kritéria snímání	X	X	X
Čas od nárazu vozidla po aktivaci airbagu	X	X	X
Diagnostické poruchové kódy figurující v době nárazu	X	X	X
Počet zapalovacích cyklů v době nárazu	X	X	X
Maximální $\Delta V$ pro událost blízko události s aktivací airbagu ("skoronasazení")		X	X
$\Delta V$ vs. čas potřebný pro aktivaci čelního airbagu		X	X
Čas od nárazu vozidla do času maximální $\Delta V$		X	X
Stav zapnutí bezpečnostního pásu řidiče		X	X
Čas mezi událostí "skoronasazení" a událostí s aktivací airbagu (pokud do 5 s)		X	X
Stav airbagu spolujezdce – aktivovaný nebo deaktivovaný stav			X
Rychlost motoru (5 s před nárazem)			X
Rychlost vozidla (5 s před nárazem)			X
Stav brzdy (5 s před nárazem)			X
Pozice škrtecí klapky (5 s před nárazem)			X

### 1.2.2. EDR společnosti Ford Motor

Konkurenční společnost Ford Motor přišla s výrobou zařízení o něco později, až v roce 1997 začala instalovat modul zádržného systému (Restraint Control Module – RCM). Důraz byl kladen především na kontrolu spouštění zádržných systémů, což zahrnovalo aktivaci vícestupňového čelního airbagu, bočních airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů. Původní verze modulu ukládala pouze omezené množství dat o airbagu, později pak byla přidána funkce zaznamenávání jak podélného, tak i bočního zrychlení. Markantním rozdílem mezi zařízeními výrobců GM a Ford je kratší doba záznamu Ford EDR. To je způsobeno vyšší spotřebou paměti modulu, za kterou je zodpovědný větší počet zaznamenaných vzorků za sekundu (vzorkovací frekvence). [14] [22]

### 1.3. Pracovní skupiny

Problematikou EDR se začaly zabývat i další organizace, v roce 1997 vydala Národní rada pro bezpečnost dopravy (National Transportation Safety Board – NTSB) a laboratoř Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku (National Aeronautics and Space Administration – NASA) Jet Propulsion Laboratory (JPL) doporučení pro NHTSA, aby zvážil možnost vyžadovat instalaci EDR do motorových vozidel. V listopadu roku 1999 NTSB vydala další doporučení pro NHTSA, jehož hlavním předmětem byla instalace EDR i do školních autobusů a autokarů. [19] [23]

Počátkem roku 1998 vytvořil NHTSA pracovní skupinu složenou ze členů automobilového průmyslu, akademické obce, vlády a dalších organizací určenou ke studiu EDR. Cílem bylo především usnadnit shromažďování a využívání údajů o předcházení kolizím. Byl rovněž vypracován soubor dílčích cílů, kterými se skupina zabývala. Jedná se o:

1. Stav technologie EDR;
2. Datové prvky;
3. Získávání dat;
4. Shromažďování a ukládání dat;
5. Trvalý záznam;
6. Soukromí a legislativní otázky;
7. Zákazníci a využití údajů EDR;
8. Prezentace a EDR technologie.

Do konce roku 2000 se pracovní skupina scházela pravidelně třikrát do roka, kde prezentovala své výsledky. V květnu 2001 vydala závěrečnou zprávu s 29 nálezy. [14] [23] [24]

Druhá skupina, kterou NHTSA sponzoroval od roku 2000, se zabývala EDR v nákladních automobilech, školních autobusech a autokarech. V květnu 2002 zveřejnila závěrečnou zprávu, kde se uvádí následující:

- V současném vozovém parku těžkých vozidel je EDR technologie velice málo využívána.
- Výrobci příslušenství nemají takový úspěch při instalaci EDR do vozových parků těžkých vozidel.



- Mnoho výrobců motorů pro velká vozidla zahrnuje instalaci paměťových modulů do vestavěného počítače pro řízení automobilových systémů (Electronic Control Unit – ECU). Zatím jsou zaznamenávána data primárně pro účely managementu vozových parků.
- NTSB použila data řídicí jednotky motoru (Engine Control Module – ECM) k účelům vyšetřování nehod.
- Pracovní skupina definovala 28 datových proměnných pro zařazení EDR do těžkých vozidel.
- Třináct datových proměnných bylo definováno jako Priorita 1<sup>2</sup>.
- Pracovní skupina stanovila směrnice pro „přežití“ zařízení při nehodě, které jsou speciálně přizpůsobeny pro instalaci na těžkých vozidlech.
- Pracovní skupina identifikovala několik oblastí, které vyžadují další výzkum. Je zapotřebí financování výzkumu a vývoje nově vznikajících technologií EDR.
- EDR mají potenciál výrazně zlepšit bezpečnost nákladních automobilů, autokarů a školních autobusů. [23]

Tento celý projekt vyvrcholil vytvořením 49 CFR část 563.

#### **1.4. Evropská verze ADR (Accident Data Recorder)**

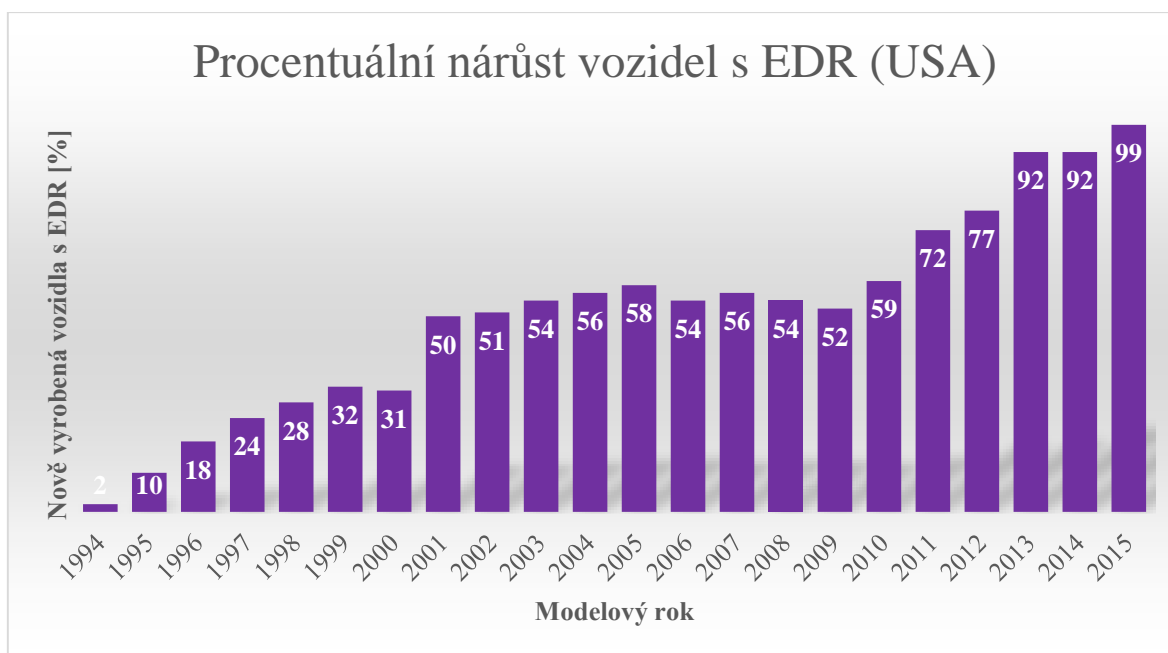
Koncept černé skříňky Davida Warrena hrál hlavní roli při vývoji zařízení ADR, rovněž známého jako Unfalldatenspeicher (UDR). Jedná se o období EDR, která byla paralelně vytvářena v Německu na počátku 80. let společnostmi Messerschmitt-Bölkow-Blohm a Kienzle. Konečná verze zařízení ADR byla představena v roce 1993 společností Mannesmann Kienzle GmbH. V roce 1996 z důvodu rostoucího počtu nehod zorganizovala Berlínská policie projekt, při kterém byla do všech hlídkových vozidel instalována zařízení ADR. V Evropě není instalace těchto zařízení povinná, ovšem některá vozidla jsou vybavena ADR a na základě průzkumu, který byl proveden Evropskou komisí pro dopravu, byl zaznamenán pokles dopravních nehod o 20 až 30 procent. To bylo způsobeno především psychologickým podvědomím řidiče o možnosti dokumentace chování vozidla. [25]

---

<sup>2</sup> Zaznamenávané datové prvky byly rozděleny dle priority na 3 oblasti: 13 prvků s Prioritou 1, 13 prvků s prioritou 2, 2 prvky volitelné. Členové pracovní skupiny se měli zaměřovat především na shromažďování prvků s Prioritou 1. [23]

## 1.5. Současný vývoj

Co se současného vývoje EDR technologie týče, v roce 2004 bylo na základě ročních prodejů odhadnuto, že asi 40 milionů osobních a lehkých nákladních automobilů vyrobených společnostmi GM a Ford bylo vybaveno technologií EDR. Tato hodnota rapidně rostla o přes skutečnost, že instalace tohoto zařízení byla dobrovolná. V roce 2006 vzešel od NHTSA návrh, aby byl tento systém dobrovolně instalován výrobci automobilů pro účely bezpečnostního výzkumu, přičemž v roce 2012 byly upřesněny požadavky. Dle Federálních norem pro bezpečnost motorových vozidel (Federal Motor Vehicle Safety Standards – FMVSS) č. 405 již mělo být EDR instalováno ve všech vozidlech modelového roku 2015 a pozdějších, prodávaných v USA. Nicméně v současné době existují i výjimky, které technologií vybaveny nejsou, např. Porsche. Obrázek 6 prezentuje procentuální nárůst nově vyrobených vozidel s EDR v průběhu let. Tyto hodnoty jsou však platné pouze pro Spojené státy americké. [22] [24] [26] [27]



Obrázek 6: Nárůst vozidel vybavených EDR v rozmezí let 1994-2015 [28]

Dále jen stručně zmíníme několik mezinárodních milníků současného a budoucího vývoje:

- 2006: 49 CFR část 563 stanovuje požadavky na EDR pro lehká užitková vozidla;
- 2008: Japonsko – dobrovolná instalace EDR, lehká užitková vozidla;
- 2012: NHTSA navrhl, aby bylo EDR zahrnuto ve FMVSS; EDR je v USA považováno za „nejmodernější technologii“;

- 2015: Jižní Korea – EDR poprvé představeno u některých lehkých užitkových vozidel;
- 2016: Čína začíná pracovat na nové směrnici pro EDR vozidel kategorie M1 a N1 (v zásadě vychází z části 563, koncepce a požadavky srovnatelné s USA);
- 2018: Evropa – EDR začleněno do obecného nařízení o bezpečnosti (GSR – General Safety Regulation) pro vozidla kategorie M & N:
  - povinné pro vozidla kategorií M1 a N1:
    - 2022: nově vyrobená vozidla;
    - 2024: nově registrovaná vozidla;
  - povinné pro vozidla kategorií M2, N2, M3, N3:
    - 2025: nově vyrobená vozidla;
    - 2028: nově registrovaná vozidla. [29]

Bavíme-li se o vývoji z hlediska ekonomiky, společnost Technavio, která se zabývá průzkumem celosvětového trhu v oblasti nově vznikajících technologií, zveřejnila v červnu 2019 zprávu o globálním průzkumu EDR trhu pro 2019-2023. Dle této zprávy se očekává, že v tomto období dosáhne složená roční míra růstu hodnoty 6 %. Klíčovým faktorem pro tuto skutečnost by měly být především poskytované slevy na pojistném u vozidel vybavených EDR (lze pozorovat i u vozidel vybavených palubní kamerou). Během prognózovaného období se v automobilovém průmyslu tak očekává zvýšení poptávky po EDR, zároveň 40 % této poptávky by mělo pocházet z Evropy. Dle průzkumu patřila v otázce poptávky v roce 2018 přední místa pomyslného žebříčku Severní Americe, dále následovaly Evropa, Asijsko-pacifický region, Jižní Amerika a region Středního východu a Afriky. [30]

## 1.6. Koncepty budoucnosti

Se vzrůstající potřebou EDR technologie se nabízí další otázka, a tedy jaký přístup zvolit u autonomních vozidel. V současné době není jasně definováno, jakým způsobem budou vyšetřovány dopravní nehody budoucnosti, tedy nehody s participací těchto vozidel. Jisté však je, že bude třeba získat důkaz o odpovědnosti řidiče/systému za chybný manévr. Na základě stávajících technologií se nabízí hned několik konceptů. Prvním je EDR/AD (Event Data Recorder for Autonomous Driving), tedy EDR pro autonomní řízení; druhým systémem, který by mohl na základě uložených dat z vozidel stupňů automatizace 3, 4 a 5 určit odpovědnost za nehodu, je DSSAD (Data Storage System for Automated Driving), tedy systém pro ukládání dat pro automatizované řízení. [29] [31]

### 1.6.1. EDR/AD

Event Data Recorder for Autonomous Driving je technologií, která má významný potenciál v rámci rozvíjejícího se automobilového průmyslu automatizovaným směrem. Zatím se jedná o předpokládaný subsystem řídicích systémů vozidel, který zajišťuje získání celistvých a spolehlivých údajů o nehodě. Přesné technické a regulační požadavky na zařízení jsou stále ve stádiu vývoje, nicméně je příhodné předpokládat, že bude zaznamenáváno velké množství informací založených na vnější a vnitřní komunikaci systémů. Legislativní stránka problematiky je úzce spjata s právě řešenou legislativou pro EDR, přičemž v případě autonomních vozidel by měla být přizpůsobena mnohem bohatšímu a technicky náročnějšímu kontextu. [32]

Co se přístupu k datům týče, měly by být dodrženy následující zásady:

- Podmínky poskytování údajů: souhlas – vlastník rozhoduje, zda mohou být údaje poskytovány a komu, včetně konkrétního účelu použití údajů;
- Spravedlivá, ničím nerušená hospodářská soutěž;
- Ochrana osobních údajů;
- Zabezpečení dat proti neoprávněnému přístupu;
- Ekonomika dat – interoperabilita mezi jednotlivými systémy, užívání stejných dat pro různé účely. [32]

Přesné řešení přístupu a sdílení dat ve vozidle by mělo být určeno jak technologickou dostupností, tak i na základě domluvy dotčených skupin – výrobci vozidel, dodavatelé komponent, subjekty údržby, testování a certifikace, silniční úřady, poskytovatelé IT služeb aj. V současné době jsou mezi účastníky sjednána tři hlavní řešení:

- Palubní platforma – interní operační systém ve vozidle, který propojuje aplikace třetích stran, které přistupují k datům vozidla;
- Rozhraní ve vozidle – poskytuje rozhraní pro interní nebo externí aplikace;
- Datový server – mimo vozidlo, zajišťuje přístup třetích stran k údajům, data ze systému pro záznam a ukládání dat (EDR-AD/DSSAD) jsou synchronizována se serverem výrobce vozidel, který obsahuje pravidla pro správu dat a dále s neutrálním serverem, ten je poskytován třetími stranami na datovém trhu business-to-business (zasílání dat konkrétním poskytovatelům služeb). [32]

### 1.6.2. DSSAD

Data Storage System for Automated Driving, volně přeloženo jako systém pro ukládání dat automatizovaného řízení, je zařízení nebo funkce, která zaznamenává a ukládá soubor dat během jízdních sekvencí jakéhokoli vozidla vybaveného automatizovanými jízdními systémy stupně 3, 4 a 5, přičemž kdykoli dojde k významné události související s bezpečností, mohou získaná data poskytnout jasný obraz o interakcích mezi řidičem a systémem v čase před, během a po události. Na základě těchto údajů je možné stanovit:

- zda byl řidič/systém požádán o kontrolu nad řízením;
- kdo skutečně řídil vozidlo.

Každé vozidlo vybavené technologií DSSAD musí splňovat dané požadavky pro datové prvky, formát, ukládání a získávání dat, autodiagnostiku a informace v příručce uživatele. Data by měla být získávána pomocí specializovaného nástroje nebo jakékoli jiné metody, která zahrnuje i přístup při vyjmutí z vozidla. [33]

Vozidla disponující DSSAD musí shromažďovat a ukládat níže uvedené datové prvky:

- Změna vysoce automatizovaného systému řízení z jednoho stavu do stavu jiného („vypnuto“, „aktivováno“) označená časovým razítkem;
- Požadavek změny režimu vysoce automatizovaného systému řízení označený časovým razítkem a jeho povaha (vizuální, slyšitelný, haptický);
- Časově označený manévr s minimálním rizikem vysoce automatizovaného systému řízení;
- Časově označený proces převzetí kontroly řidičem. [33]

DSSAD ukládá minimálně 25 000 časově označených událostí nebo událostí po minimální dobu 3 měsíce. Dále po vzoru EDR dochází při zaplnění paměti k přemazávání nejstarších dat nejnovějšími.

### 1.7. Vývoj zařízení pro čtení EDR dat

Aby byla data užitečná pro analýzu a rozbor dopravních nehod, bylo třeba vytvořit další zařízení. NHTSA se zabýval touto problematikou od poloviny devadesátých let. Data byla původně získávána pomocí SCI programu, přičemž bylo možné užít dvou metod:

1. EDR bylo vyšetřovateli vyjmuto z vozidla a odesláno do GM, kde byla data stažena;
2. Společnost GM vyslala k nabouranému vozidlu zástupce, aby vyčetl data přímo.

V roce 1999 společnost GM udělila výrobní práva společnosti Vetronix, která vyvíjela nástroj pro získávání EDR dat. Úspěch byl zaznamenán již začátkem roku 2000, kdy byl uveden systém CDR (Crash Data Retrieval). S tímto přístrojem bylo možné se jednoduše přímo připojit notebookem k GM vozidlu, které bylo vybaveno SDM. V případě poškození elektrického systému vozidla během havárie bylo možné připojit se i přímo do SDM. Software umožňoval stáhnout data z vozidel GM modelového roku 1994 a novějších. [13] [14]

Ford ve spolupráci s NHTSA v roce 2000 také vyvinul své zařízení pro stažení EDR dat, konkrétně se jednalo o pět jednotek, které byly schopny stáhnout informace z vozidel vybavených modulem RCM. Systém byl odlišný od nástroje Vetronix CDR, umožňoval se připojit pouze mezi notebookem a diagnostickým konektorem. V případě poškození elektronického systému se nebylo možné připojit k RCM, EDR muselo být vyjmuto z vozidla a zasláno Fordu ke stažení. [13] [14]

NHTSA vybavil své vyšetřovací týmy (SCI, NASS-CDS, CIREN) nástroji Vetronix CDR. Pro týmy SCI a NASS-CDS pak i Ford poskytl pět svých nástrojů, přičemž týmy byly dále vyškoleny ke správnému používání těchto zařízení. [14]

O něco později projevila i společnost Ford a Chrysler zájem o spolupráci s Vetronix.

V dnešní době se s označením Vetronix CDR téměř nesetkáváme. Je to z důvodu, že Vetronix odkoupila společnost Bosch v roce 2003, přičemž byla provozována její dceřinou společností ETAS. V současnosti je zařízení označováno značkou Bosch, od roku 2012 je Vetronix součástí oddělení Bosch Automotive Aftermarket. [34]

V současné době má 56 % amerických vozidel data přístupná systémem CDR společnosti Bosch. Nejnovější trendy, co se týče konkrétních typů zařízení, jsou zařazeny v kapitole „Metody získání a systémy pro čtení EDR dat.“ [35]

## **2. LEGISLATIVA**

Tato kapitola je zaměřena na rozbor legislativního rámce EDR. Je však třeba brát v potaz, že přístupy implementace této funkce se v každé zemi značně liší, a to z důvodů národních i místních strategických rozhodnutí a nařízení. Kromě toho je vývoj používání EDR v každé zemi

v jiné fázi, nejvýše jsou pak v pomyslném žebříčku Spojené státy, kde byl vývoj technologie od počátku iniciován dobrovolným rozhodnutím výrobců automobilů. Vzhledem k tomuto stupni rozšíření je nejprve rozebírána legislativa ve Spojených státech, dále pak legislativa v Evropě, která je již poněkud stručnější.

## **2.1. Legislativa v USA**

Vznik legislativních předpisů je úzce spjat s počátky vývoje EDR, neboť v minulosti každý výrobce rozhodoval o vlastnostech záznamníku v závislosti na specifických požadavcích vozidla. Přesněji řečeno, neexistoval jednotný formát pro sběr, získávání a uchovávání dat. Z toho důvodu vznikaly velké rozdíly jak v datových prvcích, tak i v definicích těchto prvků. Jako příklad lze uvést zaznamenávání odezvy nárazu v závislosti na čase nebo nárazovém impulsu, přičemž zařízení společnosti Ford Motor zaznamenávalo data každých 0,8 ms, kdežto zařízení General Motors každých 10 ms. Takové nedostatky ve standardizaci dat vedly k vytvoření norem pro EDR používané v komerčních vozidlech a osobních automobilech. [35] Průmyslové standardy nebo doporučené postupy pro formátování dat, metody získávání a uchovávání dat jsou definovány v těchto hlavních dokumentech:

- 49 CFR část 563 – Event Data Recorders;
- IEEE 1616-2004 – IEEE Standard for Motor Vehicle Event Data Recorder;
- SAE J1698: Event Data Recorder;
- Driver's Privacy Act of 2015.

### **2.1.1. 49 CFR část 563**

Kodex federálních právních předpisů (Code of Federal Regulations – CFR) 49, část 563 je v podstatě nejdůležitějším předpisem pro zařízení EDR. Tento dokument byl uveden ve sbírce v srpnu 2006.

§ 563.1 udává rozsah dokumentu následující definicí: „*Tato část specifikuje jednotné národní požadavky na vozidla vybavená zařízením pro záznam údajů (EDR), které se týkají shromažďování, uchovávání a vyhledávání údajů o událostech nehody na palubě motorového vozidla. Rovněž specifikuje požadavky pro výrobce vozidel, aby nástroje a/nebo metody byly komerčně dostupné, aby vyšetřovatelé nehod a výzkumníci byli schopni získat údaje z EDR.*“

[19]

§ 563.2 definuje účel: „Předmětem této části je zajistit, aby EDR zaznamenávaly snadno použitelným způsobem údaje užitečné pro účinné vyšetřování nehod a pro analýzu výkonu bezpečnostních zařízení (např. pokročilé zadržné systémy). Tyto údaje pomohou lépe porozumět okolnostem, při kterých dochází k nehodám a zraněním, a povedou k návrhu bezpečnějších vozidel.“ [19]

§ 563.3 specifikuje použití: „Tato část se vztahuje na vozidla vyrobená 1. září 2012 či vozidla vyrobená později, jsou-li vybavena zařízením EDR: osobní automobily, víceúčelové osobní automobily, nákladní automobily a autobusy s hodnotou hrubé hmotnosti vozidla rovnou nebo nižší než 3 855 kg (8 500 liber) a hmotností nenaloženého vozidla rovnou nebo nižší než 2 495 kg (5 500 liber), s výjimkou nákladních automobilů typu dodávka, které jsou určeny výhradně pro prodej Poštovní službě USA. Tato část platí také pro výrobce těchto vozidel. Vozidla vyrobená před 1. zářím 2013, která jsou vyráběná ve dvou nebo více etapách nebo jsou přestavěna (ve smyslu 49 CFR 567.7) poté, co byla předtím certifikována podle federálních bezpečnostních norem pro motorová vozidla v souladu s částí 567 této kapitoly, nemusí požadavky této části splňovat.“ [19]

Od EDR zařízení je požadováno zaznamenávat alespoň 15 datových veličin. Dále kromě definic, informací o sběru, formátu, výkonu a zachování dat při nárazových testech a požadavků na vozidla, předpisy obsahují i informace v uživatelské příručce, která se vztahuje na každé vozidlo, pro které platí toto nařízení. Informuje uživatele o zaznamenávání dat o funkčnosti různých systémů v daném vozidle, zda byl, nebo nebyl zapnut bezpečnostní pás řidiče a spolujezdce, jak moc (pokud vůbec) byl stlačen pedál plynu nebo brzdový pedál a jak rychle se vozidlo pohybovalo. V neposlední řadě je zde zahrnuta informace, že vozidlo zaznamenává data pouze v případě, že dojde k nehodové události, za normálních podmínek nejsou ukládána žádná data. EDR dále nesmí uchovávat osobní data, resp. jméno, pohlaví, věk a místo nehody. Jiné strany, např. orgány činné v trestním řízení, však mohou kombinovat údaje EDR s údaji osobně identifikačními. [19]

### **2.1.2. IEEE 1616**

V první řadě je třeba nastínit, co se ve skutečnosti skrývá pod názvem této normy. IEEE, v plném znění Institute of Electrical and Electronics Engineers, případně z českého překladu Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství, je mezinárodně uznanou organizací a od roku 2018 zároveň největším světovým sdružením technických odborníků s více než



423 000 členy ze 160 zemí světa. Hlavním polem působnosti organizace je technický rozvoj elektrotechniky, elektroniky, telekomunikací a výpočetní techniky. Mimo jiné vytváří IEEE důležité technické normy (IEEE Standards Association), mezi něž patří i norma týkající se bezpečnosti na silnicích – IEEE 1616. [36]

IEEE 1616 byla schválena v září 2004, a jedná se tedy o první univerzální normu pro zařízení zaznamenávající data z nehodových událostí (Motor Vehicle Event Data Recorders – MVEDR). Motivem tvorby této normy byl nedostatek jednotných vědeckých údajů o nehodách, které jsou potřebné k vývoji bezpečnějších vozidel, s čímž se pojí snížení úmrtnosti na silnicích a zavedení nových bezpečnostních technologií. [37]

Standard IEEE 1616 navazuje na více než deset let výzkumu a vývoje MVEDR. Definiuje minimální standard pro palubní záznamníky nehodových dat pro všechny typy silničních vozidel včetně osobních automobilů, lehkých nákladních vozidel, těžkých nákladních vozidel a autobusů. Tato norma nepředepisuje minimální počet datových prvků, případně které konkrétní prvky musí být zaznamenávány, nicméně obsahuje standardizované definice pro jednotlivé prvky, kterých je celkem 86. Výrobci tak nyní mají příležitost dobrovolně standardizovat výstupní data a protokoly pro získávání dat, čímž je usnadněna následná analýza a kompatibilita dat MVEDR. [38] [39]

V roce 2010 byla uveřejněna změna této normy, tedy IEEE 1616a, „Standard for Motor Vehicle Event Data Recorders (MVEDRs) Amendment 1: MVEDR Connector Lockout Apparatus (MVEDRCLA). V této novele je hlavním záměrem definovat protokol pro přístup k výstupním MVEDR datům pomocí zajištění diagnostického konektoru vozidla (DLC), tedy je řešena určitá ochrana proti zneužití elektronických nástrojů, které používají DLC k vymazání, úpravu nebo manipulaci s daty. Norma nepředepisuje zabezpečení dat v rámci elektronických řídicích jednotek vozidla (Electronic Control Unit – ECU) nebo komunikačních a diagnostických sítí uvnitř vozidla, nicméně definuje způsoby a prostředky umožňující jednotný a zároveň kontrolovaný přístup elektronických diagnostických nástrojů k DLC ke zjištění emisního stavu vozidla, pro údržbu a opravy. [40]

### **2.1.3. SAE International**

SAE International, dříve jako Society of Automotive Engineers je celosvětové společenství sdružující více než 128 000 inženýrů a technických expertů z oblasti leteckého, automobilového

a dopravního průmyslu, přičemž členství je spíše než společností poskytováno jednotlivcům. Mimo jiné se zabývá tvorbou technických norem a doporučených postupů pro vývoj součástí motorových vozidel. Dokumenty SAE nenesou právní váhu, ovšem v několika případech jsou zaštiťovány NHTSA a dopravním oddělením Transport Canada. [41] [42]

#### **2.1.3.1. SAE J1698**

Primárním účelem je v tomto dokumentu poskytnutí definic datových položek, které souvisí s nehodovými událostmi současně s popisem běžných formátů datových výstupů. V současné době existuje mnoho verzí, a to jak z důvodu aktualizace zastaralých principů, tak i z potřeby zpřehlednit řešená odvětví rozčleněním do jednotlivých segmentů. V následujícím soupisu jsou představeny konkrétní a zároveň aktuální verze dokumentů z rodiny SAE J1698:

- **SAE J1698/1\_201805 – Event Data Recorder – Output Data Definition;** jak již z názvu vyplývá, tento dokument se soustředí především na definice datových výstupů a běžné formáty různých datových prvků;
- **SAE J1698/2\_201803 – Event Data Recorder – Retrieval Tool Protocol;** využívá stávajících průmyslových standardů k identifikaci společného fyzického rozhraní a definuje protokoly nezbytné pro načtení záznamů uložených pomocí EDR. S tím rovněž souvisí diagnostický konektor SAE J1962, který je označen jako primární fyzické rozhraní pro nástroje čtení EDR dat;
- **SAE J1698/3\_201512 – Event Data Recorder – Compliance Assessment;** definuje postupy, které mají být použity k ověření, zda příslušné výstupní záznamy EDR odpovídají specifikovaným limitům měřeného vstupu snímače do zařízení. [43]

#### **2.1.3.2. SAE J2728**

Tento doporučený postup se vztahuje především na záznamníky nehodových dat těžkých vozidel (Heavy Vehicle Event Data Recorders – HVEDR) nad 4 545 kg (10 000 US liber). [44]

V rámci SAE International existuje mnoho dalších dokumentů, které částečně souvisí se záznamníky nehodových dat. Zabývají se jimi však okrajově, proto zde nejsou dále rozebírány.

#### **2.1.4. Driver's Privacy Act of 2015**

S rostoucím počtem vozidel s instalovaným záznamníkem nehodových dat rostly i obavy týkající se ochrany osobních údajů v souvislosti s údaji shromážděnými technologií EDR. V prosinci roku 2015 byl přijat federální zákon o ochraně osobních údajů řidiče (Driver's Privacy Act). Vztahuje se na veškeré údaje uchovávané v systému EDR a objasňuje, že shromážděné údaje patří vlastníkovvi vozidla, v případě pronajatého vozidla pak nájemci vozidla, ve kterém je tato technologie nainstalována nezávisle na modelovém roku vozidla. Tyto údaje nesmí být přístupné jiné osobě, nicméně existuje několik výjimek:

- přístup k údajům je povolen soudem nebo správním orgánem;
- vlastník nebo nájemce vozidla na základě písemného, elektronického vyjádření nebo audiozáznamu souhlasí s poskytnutím těchto dat;
- získání dat v souvislosti s prováděním určitých šetření nebo inspekcí povolených federálním zákonem, s omezením zveřejnění osobně identifikačních informací a identifikačního čísla vozidla;
- potřeba údajů pro rychlou reakci na mimořádné situace (lékařská pomoc);
- získání dat pro účely bezpečnostně dopravního výzkumu, pouze však v případě, že nejsou uvedeny osobní údaje vlastníka nebo nájemce a identifikační číslo vozidla. [45]

Sedmnáct států schválilo tyto stanovy týkající se EDR a ochrany soukromí, konkrétně se jedná o státy Arkansas, Kalifornie, Colorado, Connecticut, Delaware, Maine, Montana, Nevada, New Hampshire, New Jersey, New York, Severní Dakota, Oregon, Texas, Utah, Virginie a Washington. [46]

#### **2.2. Evropská legislativa**

Vývoj záznamových zařízení se v Evropě mezi členskými státy výrazně liší. To je způsobeno chybějícím společným rámcem pro standardy EDR/ADR, vlastnictví údajů a obecně i styl, kterým jsou údaje používány. Za instalaci systému jsou v některých zemích zodpovědní především komerční zájmy pojišťoven, nebo potřeby instalovat zařízení do vybraných vozů (vozidla záchranné služby, vozový park veřejné dopravy). Takové rozdílné faktory vedly k vývoji různých norem a právních rámců, v některých zemích dokonce i absenci legislativní podpory. Neznamena to však, že problematika není vůbec řešena. V EU bylo uskutečněno hned několik projektů, které se zabývaly výzkumem a přínosem zařízení EDR.

### **2.2.1. Výzkumné projekty**

Existuje řada výzkumných studií, které jsou spjaty s otázkou přínosu technologie EDR. V následujících odstavcích se podrobněji seznámíme s některými projekty, konkrétně projekty z evropského prostředí, neboť ty jsou klíčové pro další vývoj a legislativní řešení této technologie na našem území.

#### **2.2.1.1. SAMOVAR**

Některé studie potvrzují myšlenku, že existence monitorovacího zařízení ve vozidle snižuje počet dopravních nehod. Vysvětlení tohoto jevu je zřejmé – řidič si uvědomuje přítomnost takového zařízení a na základě toho mění své chování, tedy volí přiměřenou rychlost, chová se obezřetně. Vlivem monitoringu na chování řidiče se rovněž zabýval výzkumný projekt třetího evropského rámcového programu z roku 1992 – SAMOVAR (Safety Assessment Monitoring on Vehicle with Automatic Recording). Tohoto projektu se zúčastnilo celkem 9 vozových parků Velké Británie, Nizozemska a Belgie. V rámci studie byla data shromažďována po dobu 12 měsíců z celkem 341 vozidel, která byla vybavena různými typy technologií pro záznam nehodových dat (ADR). Jedním z hlavních cílů projektu bylo posoudit, zda existuje potenciál ke snížení nehod s užitím technologie ADR, druhotným pak i posouzení účinnosti vyšetřování dopravních nehod s ADR. Celková syntéza výsledků prokázala, že použití technologie ADR ve vozidlech zapříčinilo snížení nehodovosti o 28,1 % dále pak snížení nákladů vozových parků o 40 % a v neposlední řadě i poskytnutí podrobnějších údajů o nehodě za kratší dobu než při vyšetřování nehod konvenčním způsobem. [16] [47]

#### **2.2.1.2. Veronica I**

Projekt Veronica (Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment) byl zahájen v prosinci roku 2004 a zakončen závěrečnou zprávou v prosinci roku 2006. Byl realizován jako součást programu Evropské unie v rámci plánu bezpečnosti silničního provozu EU, kdy hlavním cílem bylo definovat technické, administrativní, právní a bezpečnostní aspekty při implementaci záznamníků nehodových dat (EDR) v Evropě. S tím se váže i hodnocení dostupných standardů, požadavků a právního rámce, zejména hovoříme-li o vkládání údajů o nehodách do evropských nehodových databází. Konečné znění projektu je obecně složeno

z velkého počtu zpráv, přičemž výsledky dílčích výzkumů ústí v doporučení pro budoucí politiku Evropské komise a členských států, co se EDR týče. [48]

Veronica I definuje seznam nejdůležitějších údajů o nehodě:

- Nárazová rychlost;
- Počáteční rychlost;
- Rychlostní profil;
- Změna rychlosti v důsledku kolize;
- Podélné zrychlení nebo zpomalení;
- Příčné zrychlení nebo zpomalení;
- Úhel podélné osy vozidla (úhel natočení);
- Stav brzd, kontrolky, klakson, modré světlo;
- Datum a čas nehody;
- Akce uživatele: škrticí klapka, brzda, klakson, spojka;
- Zádržné systémy;
- Prvky aktivní bezpečnosti;
- Chybová hlášení.

V úvodu se projekt ohlíží za dřívější praxi, vůbec první projekty související s EDR byly v evropském prostředí financovány na počátku devadesátých let 20. století. Tyto a několik dalších studií, které provedly průmyslové a bezpečnostní instituce, motivovaly Evropskou komisi, aby byla zdůrazněna role EDR v rámci politiky bezpečnosti silničního provozu, konkrétně pak v Bílé knize z roku 2001. Neméně důležitou částí úvodu je vymezení různých druhů záznamníků dat o vozidle a porozuměním jim. Obecně se jedná o zařízení, která sledují stav systémů vozidla (např. rychlost, otáčky motoru, brzdění). Některá mohou být vybavena akcelerometry, které jsou schopny sledovat změny rychlosti během nárazu. Lze tedy říci, že pojem „záznamník dat“ zahrnuje široké spektrum zařízení, vesměs však můžeme rozlišovat dva typy takových systémů, jednak Journey Data Recorders (JDR) a Event Data Recorders (EDR). Zásadním rozdílem je skutečnost, že JDR zaznamenává stav vozidla v průběhu celé cesty obvykle v sekundových intervalech, přičemž tyto záznamníky jsou přínosem především pro bezpečnost silničního provozu skrz monitorování chování řidiče. EDR uchovává data pouze v případě, že nastane událost o předem definovaných parametrech. [48]

Studie se zabývá prvopočátky záznamových zařízení, kdy se dostává až k tachografům, které původně překvapivě nesloužily jako zařízení pro kontrolu doby řízení posádky vozidla, nýbrž jako prostředky pro vyšetřování kolizí a získávání podrobnějších informací. Tachografy byly povinně implementovány a brzy právně uznány jako věrohodné důkazní prostředky pro soudní záležitosti. Brzy se však ukázalo, že údaje získané z tachografů nebyly pro tyto účely vždy dostatečné, a to ani z modernějších digitálních verzí, které ve srovnání s mechanickými tachografy umožňovaly rekonstrukci dopravní nehody v ještě menší míře. Záznamníky ADR (Accident Data Recorders), byly navrženy zejména jako „právní“ nástroje pro usnadnění vyšetřování nehod, v podstatě se jedná o evropskou verzi EDR, přičemž ADR mají širší rozsah záznamu dat v porovnání s verzí americkou. ADR nejsou integrovány do jiných elektronických systémů, a tak jsou jejich spouštěcí prvky vesměs nezávislé. Co se implementace týče, v Evropě nedosáhla instalace ADR výrobci do vozových parků takového úspěchu jako jeho americká obdoba. [48]

Veronica dále shrnuje zkušenosti a požadavky stran zúčastněných v oblasti bezpečnosti silničního provozu, jedná se o pojišťovny, lékařské a záchranné složky, výrobce vozidel, vyšetřovatele dopravních nehod aj. Jak již bylo zmíněno, implementace EDR byla v Evropě založena především na zájmech orgánů činných v trestním řízení, pojišťovnictví a veřejných a soukromých institucí pro vyšetřování dopravních nehod. Projekt zmiňuje doporučení přenositelná do evropského prostředí z hlediska právní bezpečnosti po vzoru EDR, jedná se o spravedlivé soudní řízení, ochranu práv obětí, boj proti pojistným podvodům a jiným trestným činům a například i urychlení postupů pomocí standardizované technologie. Pokud hovoříme o požadavcích na technologii, pro procesní a praktické účely soudního řízení by měly být dodrženy následující zásady:

- Schválené a certifikované technologie vysoké úrovně;
- Správná korelace mezi daty a časem nehody;
- Standardizovaná technologie;
- Certifikovaní odborníci na EDR;
- Jasná pravidla pro používání dat;
- Stahování dat pouze pro účely soudního řízení, policie a pojišťoven. [48]

Projekt dále řeší dvě oblasti bezpečnosti silničního provozu, a sice vyšetřování nehod a prevenci nehod, konkrétně pak z různých pohledů zúčastněných stran (pojišťovny, výkonné složky). Pro příklad si uvedeme právě pohled pojišťoven na prevenci, kdy působení preventivních účinků

EDR společně s nástroji pojišťovnictví vytváří synergické účinky na snižování nehod a nákladů. Efektivnost tohoto vlivu závisí na různých okolnostech, může být větší, je-li pojištěncem obchodní nebo vládní subjekt; dále také na míře důrazu právního rámce na osobní odpovědnost nebo náhradu škody. Použití EDR má rovněž vliv na služby poskytované pojišťovnami, podrobnější informace o nehodách mohou být důležitým prvkem při hodnocení škod, zejména pak v boji proti pojistným podvodům. [48]

Ani zde není opomenut behaviorální výzkum zaměřený na změnu chování a s tím spojené snížení rizik, zde však pomocí integrace proaktivně řízeného procesu zahrnujícího zpětnou vazbu řidiče. Bylo provedeno několik terénních pokusů, přičemž jednotlivé události byly zaznamenány, zhodnoceny odborníky a následně projednány s řidiči. Obdobně jako u projektu SAMOVAR byl zaznamenán pokles incidentů o 23 %. Druhým faktem, zjištěným na základě dotazování v různých fázích projektu, byla i vysoká míra přijetí technologie EDR zúčastněnými. [48]

Dalším poznatkem je zmínka o kooperaci EDR se záchrannými složkami, konkrétně pak při poskytování kvalitativních údajů pro lékařské databáze u posuzování rizik zranění. Data EDR ve všech fázích nehody (před, během a po) mohou poskytnout užitečná data pro dílčí výzkumné aplikace. Především tedy informace o průběhu zrychlení, a to jak podélného, tak příčného. EDR však může fungovat v součinnosti s dalšími systémy bezpečnosti silničního provozu, a sice jak pro účely poskytování dat (aktivní EDR), tak pro využívání informací pocházejících z externích zdrojů (pasivní EDR). [48]

Informace, které mohou přímo nebo nepřímo souviset s identifikací osoby, musí být chráněna před zneužitím. Proto tyto účely existují směrnice a různá ustanovení, jež jsou ve studii rovněž zmíněny, v současné době jsou však nahrazeny zněním aktualizovanými. Vlastnictví dat EDR je v současné době též změněno, Veronica pro představu uvádí následující stupně:

- Vlastníci a řidiči;
- Policie, orgány činné v trestním řízení;
- Účastníci nehody a oběti;
- Pojišťovny a třetí strany;
- Výrobci automobilů;
- Zkušební instituce.

Vlastnosti EDR musí korelovat s řadou požadavků, EDR pro těžká vozidla nemohou být identické s EDR pro vozidla osobní z důvodu odlišné jízdní dynamiky. Veronica shrnuje zásady pro hardwarové požadavky jako jsou např. vzorkovací frekvence, citlivost na náraz aj. [48]

Na závěr jsou uvedena doporučení týkající se implementace EDR včetně definice „události“, doporučení cílových skupin pro instalaci EDR, a v neposlední řadě i hardwarových a softwarových prvků. Projekt Veronica poskytuje komplexní zhodnocení dostupných EDR technologií, které přispívají k hodnocení příčin dopravních nehod. Vymezuje hlavní požadavky na záznamníky nehodových dat, aby mohly být považovány za platné důkazní prostředky v soudním řízení. [48]

### **2.2.1.3. Veronica II**

Projekt Veronica II byl uskutečněn v letech 2007-2009. Závěrečná zpráva projektu má za cíl představit současný stav technologií pro záznam nehodových dat, požadavky na EDR a informace, které napomohou zavádění technologie EDR v jednotné Evropě, respektive poskytuje doporučení pro návrh směrnice. Veronica II v podstatě volně navazuje na poznatky zjištěné při dosavadním výzkumu, tedy na projekt Veronica I. Opět začleňuje poznatky z různých organizací veřejného a soukromého sektoru. [49]

V úvodu představuje několik bodů, které je třeba brát v potaz při zavádění EDR technologie, jedná se především o hlavní úmysl tohoto procesu, tedy snížení počtu úmrtí na silnicích. Data EDR mohou být mimo vyšetřování konkrétních nehod použita pro tvorbu nehodových databází, na jejichž základě lze lépe určit vhodná opatření pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu ve všech oblastech: aktivní a pasivní bezpečnost vozidel, infrastruktura a školení účastníků. Zásadní význam mají ale i další složky, například přesná definice pojmu „událost“ a „inteligentní trigger“, tedy fyzické předpoklady spuštění procesu záznamu takovým způsobem, kdy je EDR schopno zaznamenat i události spojené se střety s „měkkými objekty“, tj. zranitelnými účastníky silničního provozu. Pozornost je věnována otázce ochrany soukromí a dále i infrastruktury, legislativě, společnému přístupu k homologaci EDR a standardizaci shromažďovaných údajů, tyto prvky by totiž mohly výrazně usnadnit dosažení cílů projektu v souvislosti s vytvořením jednotných evropských předpisů pro EDR. [49]

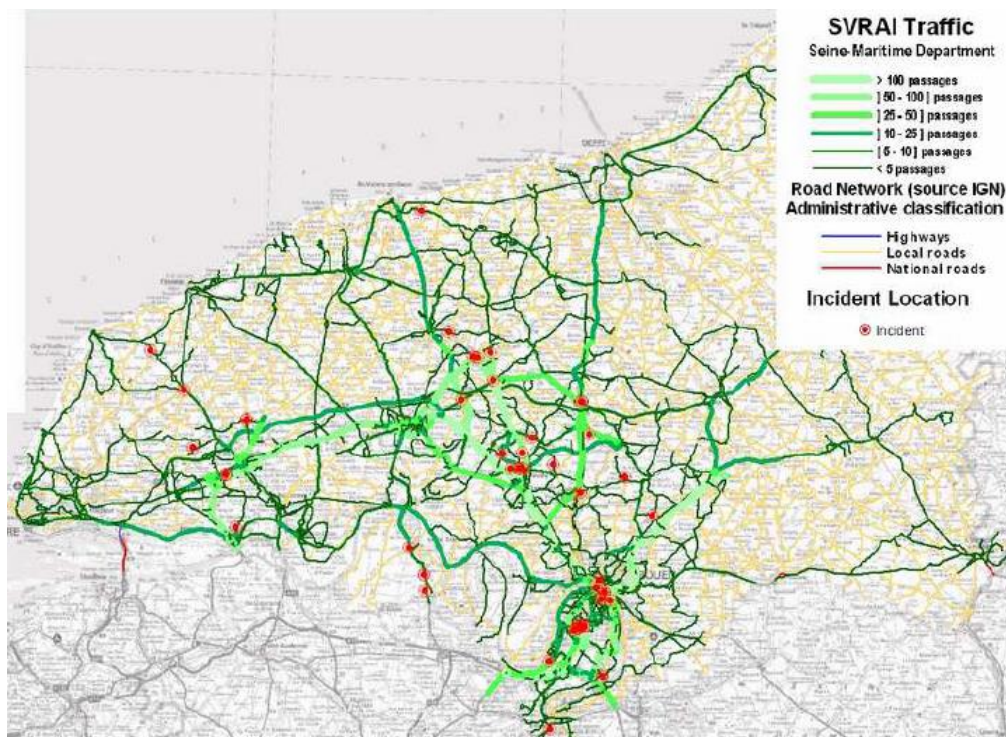


#### **2.2.1.4. SVRAI – využití EDR při odhalování závad silniční infrastruktury**

Využití EDR dat je rovněž patrné v oblasti silniční infrastruktury, konkrétně pak u zvyšování její bezpečnosti. EDR dokáže poskytovat relevantní informace o chování řidiče, přičemž bavíme-li se o provázanosti dopravního systému, lze i v tomto případě pozorovat určité propojení mezi reakcí řidiče na nedostatky silniční infrastruktury. Lépe řečeno, závady na komunikaci mohou výrazně ovlivnit chování řidiče, v horším případě být i jednou z příčin dopravní nehody. [50]

Francouzský projekt z roku 2014 SVRAI (Sauver des vies par le retour d'analyse sur incidents) se jako jeden z mála zabývá právě problematikou použití záznamníku nehodových dat k detekci poruch silniční infrastruktury z bezpečnostního hlediska a analýzou diagnostiky infrastruktury s pomocí EDR. Pro měření bylo užito GPS a speciálně navrženého nástroje EMMA2, který měl integrovanou funkci EDR, přičemž data byla analyzována pomocí vestavěného softwaru, který zjišťoval potenciální události, respektive situace, kdy byla překročena určitá prahová hodnota zrychlení. Soubor datových prvků byl poté odeslán na zabezpečený server pomocí sítě GSM a událost byla na základě průběhu zrychlení následně klasifikována. Pro příklad lze uvést události, kde byly hodnoty zrychlení charakterizovány velmi krátkým trváním maximálních hodnot, což bylo vyvoláno nerovnostmi na silnici. Naopak delší trvání maximálních hodnot zrychlení definovalo incidenty vážnější. [50]

Sběr dat započal v srpnu 2012 a trval jeden rok, přičemž tohoto experimentu se zúčastnilo celkem 221 dobrovolníků, ti byli předem informováni o jeho cílech a podrobnostech. Celkem bylo shromážděno 339 incidentů na ujeté vzdálenosti 116 000 km, projížděné trasy byly evidovány a v součinnosti se specifickými algoritmy následně zanášeny do mapové sítě, z té pak bylo možné například vyčíst, kolikrát byl konkrétní úsek projížděn. Dalším důležitým výstupem byl počet vygenerovaných incidentů. Následující obrázek zobrazuje silniční síť francouzského departementu Seine-Maritime a jednotlivé incidenty, přičemž se téměř všechny odehrály na sekundární silniční síti, kde se řidiči potýkají s riskantnějšími situacemi. [50]



Obrázek 7: Incidenty na SVRAI síti v Seine-Maritime [50]

Vyhodnocení získaných dat záviselo na řádné extrakci dat, respektive získání informací o místě nehody či trajektorii vozidla (rychlost, podélné a příčné zrychlení) během 45 s záznamu. Tyto parametry byly vyjádřeny jako funkce času, pro účely experimentu byly převedeny na dráhu, to z důvodu správného přiřazení k dané infrastruktuře. Následovala prohlídka úseku silnice, na kterém se incident odehrál, tedy každé místo bylo posouzeno odborníky na bezpečnost silničního provozu, kde hlavním cílem bylo zjištění nedostatků, které zapříčinily událost. Kontrola byla uskutečněna prostřednictvím několika průjezdů laboratorního vozidla, nejprve bylo zohledněno vybavení silnic (dopravní značky, křižovatky...) a následně byly provedeny průjezdy různými rychlostmi, aby bylo možné zaznamenat různé trajektorie a dynamické průběhy. Na závěr byly vyhotoveny dvě zprávy – inspekční zpráva s detailním popisem nehody včetně grafických výstupů a výsledná zpráva, která obsahovala závěry o vlivu infrastruktury na výskyt nehod. [50]

## 2.2.2. Adaptace legislativy v jednotlivých evropských zemích

### 2.2.2.1. Spojené království

Ve Velké Británii bylo zavedení EDR iniciováno především dvěma stranami: soukromé společnosti a veřejné orgány, které využívaly telematiku jako způsob správy vozidel; a pojišťovny za účelem vyvinutí lepších bezpečnostních standardů. V roce 2012 nabídlo 17 různých pojišťoven pojistné smlouvy, které zahrnovaly zařízení typu EDR, nicméně zlepšení standardizace zařízení vychází z iniciativy osmi předních pojišťovacích společností a makléřů, registrovaných v rámci Asociace Britských Pojistitelů (Association of British Insurers – ABI), které zřídilo Radu Industry Data Initiative Board. Zde je cílem vytvořit stabilní a konkurenceschopný telematický trh, který zlepší výsledky pro spotřebitele a zvýší potenciál nových technologií. [51]

### 2.2.2.2. Itálie

V Itálii v současné době neexistuje legislativní řešení pro jednotky EDR, nicméně byly zaznamenány snahy o nastolení určitých opatření. Zavedení EDR bylo iniciováno pojistným trhem, v roce 2014 existovalo přes 1,6 milionu pojistných smluv na EDR, téměř všechny pak pro osobní automobily. Většina italských pojišťoven dobrovolně přizpůsobila své zásady zákonnému ustanovení DL 24/01/2012, v němž se uvádí: „*Náklady na instalaci, odstranění, výměnu a provoz nesou pojišťovací společnosti.*“ Tyto předpisy však nebyly implementovány a legislativní řešení EDR je v Parlamentu pozastaveno. [51]

Co se týče aplikace EDR, u vozů veřejné dopravy a taxislužby se ujala vylepšená verze – VEDR, která zaznamenává nehodová data a snímky pohledu z čelního skla před i po nehodě. [51]

Aktuálně řešenou záležitostí je nové právní ustanovení, přičemž jedním z požadavků na zařízení je komunikace se systémem Galileo a mobilní telekomunikační infrastrukturou (GPRS), dále pak např. umožnění nepřetržitého sledování polohy a rychlosti vozidla, povolení vzdálené diagnostiky zařízení a umožnění obousměrné bezdrátové komunikace s jinými zařízeními instalovanými ve vozidle. Ve spojitosti s touto vyhláškou byla navržena paralelní regulace, která by stanovila typ nahrávaných údajů a omezení jejich použití. Konkrétně se měly zaznamenávat údaje o vzdálenosti (celkový počet ujetých kilometrů) a údaje potřebné k určení

dynamiky nehodové události, je však třeba zmínit, že ani tato ustanovení nejsou uvedena v platnost. [51]

#### **2.2.2.3. Švédsko**

Ve Švédsku lze pozorovat jistou podobu se systémem ve Spojených státech, neboť instalace zařízení byla závislá na rozhodnutí výrobce, především pro výzkumné účely. Společnost Saab začala vybavovat své vozy od roku 1998 EDR od amerického výrobce GM, ten vlastnil většinový podíl v Saab až do roku 2010. Navíc všechna vozidla Volvo prodávaná ve Švédsku od roku 1995 byla vybavena digitálním zařízením DARR (Digital Accident Data Recorder). [51]

#### **2.2.2.4. Německo**

V Německu byla berlínská policie prvním orgánem, který zavedl EDR ve svém vozovém parku ve velkém měřítku, celkem 381 policejních vozů bylo v roce 1998 vybaveno zařízením. Bavorsko pak od roku 2002 vyžaduje, aby všechna vozidla záchranné služby měla systém EDR. Několik spolkových zemí zavedlo EDR ve svých nových vozech veřejné dopravy. [51]

#### **2.2.2.5. Rakousko**

V Rakousku jsou EDR již součástí standardního vybavení vozidel záchranné služby i vozového parku veřejné dopravy, nicméně úroveň podpory EDR je velice nízká. Tomu napomáhá i skutečnost, že neexistují žádné zvláštní právní předpisy týkající se EDR. [51]

#### **2.2.2.6. Švýcarsko**

Švýcarsko zavedlo právní předpisy, přičemž hlavním cílem je upřesnění technických vlastností EDR, ty jsou stanoveny v nařízení o technických požadavcích pro silniční vozidla (Ordinance on Technical Requirements for Road Vehicles). Konkrétně pak v souladu s článkem 102 tohoto nařízení musí být zaznamenána konkrétní data (např. rychlost, stav brzdových světel atd.) po dobu nejméně 30 vteřin, nebo 250 m vzdálenosti před místem nehody. Kromě toho nesmí být s daty manipulováno a nesmí být mazána. [51]

Ve Švýcarsku veškerá vozidla záchranné služby a vozidla s hmotností do 3,5 t; která jsou používána jako školní autobusy, musí být vybavena systémem EDR, a to od srpna 2002, kdy vstoupilo v platnost nařízení o technických požadavcích pro silniční vozidla. [51]

#### **2.2.2.7. Francie**

Zavedení EDR bylo ve Francii po mnoho let diskutovaným tématem, avšak vzhledem k ostatním evropským zemím vývoj poněkud zaostává; to je zapříčiněno kontroverzí v otázce zpracování osobních údajů. Ministerstvo dopravy totiž uvedlo, že data zaznamenaná EDR ve Francii mohou být poskytnuta pouze pro konkrétní výzkumné projekty schválené Národní radou pro bezpečnost silničního provozu (National Council for Road Safety). Nejprve tedy bude třeba vytvořit legislativní rámec pro povahu dat zaznamenávaných EDR. [51]

#### **2.2.3. Zpracování osobních údajů, vlastnictví dat EDR**

V současné době se na veškeré informace, které mohou být přímo nebo nepřímo vázány na identifikovanou/identifikovatelnou osobu, vztahuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů). [52]

Soukromé právo na ochranu osobních údajů je však překonáno v případě, že je potřeba těchto soukromých informací pro účely veřejného zájmu, tedy např. při rekonstrukci příčiny dopravní nehody, kdy aktéři čelí trestnímu stíhání. Přístup k údajům EDR a jejich využívání jako důkazů pro soudní řízení však může být založeno i na „soukromé dohodě“ v pojistné smlouvě. Jedná se o situaci, kdy pojišťovny mohou přistupovat k údajům EDR, pokud se takto strany dohodly. [51]

#### **2.2.4. Vývoj situace v současné době**

I přes nepříznivý vývoj, který v minulých letech provázel legislativní stránku problematiky zařízení pro záznam nehodových údajů, se v roce 2018 začaly dít změny, přičemž mezi důležité milníky patří návrh Komise na nahrazení stávajícího *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato*

vozidla z hlediska obecné bezpečnosti a dále zavedení velkého množství bezpečnostních opatření. Dále Rada EU 29. listopadu 2018 na zasedání Rady pro konkurenceschopnost dosáhla dohody o obecném přístupu k nařízení o programu pro jednotný trh a nařízení o obecné bezpečnosti vozidel. [53] [54] [55]

Návrh *Nařízení Evropského parlamentu a Rady 2018/0145(COD) o požadavcích 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, kterým se ruší Nařízení (ES) č. 78/2009, (ES) č. 79/2009 a (ES) č. 661/2009 a změny v tomto dokumentu provedené v lednu 2019 Výborem pro vnitřní trh a ochranu spotřebitelů (IMCO) definují následující:*

(7) *„Zavedení záznamníků nehodových dat (ADR), které ukládají řadu důležitých údajů o vozidle v krátkém časovém rámci před, během a po spouštějící události (např. nasazení airbagu) je významným krokem při získávání přesnějších údajů o nehodách. Z tohoto důvodu by mělo být požadováno, aby motorová vozidla kategorií M1 a N1 byla vybavena těmito záznamníky. Rovněž by mělo být požadováno, aby tyto záznamníky byly schopny zaznamenávat a uchovávat údaje takovým způsobem, aby je členské státy mohly použít k provádění analýzy bezpečnosti silničního provozu a posouzení účinnosti konkrétních přijatých opatření.“*

(8) *„Jakékoli zpracování osobních údajů, jako jsou např. informace o chování řidiče v ADR, informace o bdělosti a sledování pozornosti řidiče nebo distrakce řidiče, by mělo být prováděno v souladu s právními předpisy Unie o ochraně osobních údajů, zejména GDPR. ADR by měly fungovat na principu uzavřené smyčky, přičemž každých několik sekund se uložená data přepisují a neumožňují identifikaci vozidla nebo řidiče ...“*

§ 5 *„Vozidla kategorií M1 a N1 musí být vybavena ADR, které splňují zejména tyto požadavky:*

(a) *údaje, které jsou schopna zaznamenávat a uchovávat před, během a po kolizi, zahrnují přinejmenším rychlost vozidla, stav a rychlost aktivace bezpečnostních systémů, palubní systém eCall a všechny další relevantní vstupní parametry palubních systémů aktivní*

*bezpečnosti a systémů pro předcházení nehodám, s vysokou mírou přesnosti a zajištěním přežití těchto dat;*

*(b) zařízení nesmí být možné deaktivovat;*

*(c) způsob, jakým jsou schopna zaznamenávat a uchovávat údaje, musí být takový, aby:*

- i. fungovaly na principu uzavřené smyčky;*
- ii. shromážděné údaje jsou anonymizovány a chráněny před manipulací; a*
- iii. bylo možné identifikovat přesný typ vozidla, verzi a variantu, a zejména systémy aktivní bezpečnosti a systémy pro předcházení nehodám instalované ve vozidle.“ [56] [57]*

V současné době stále probíhají jednání v rámci Rady nebo jejích přípravných orgánů, je tedy jen otázkou času, kdy nově navržené Nařízení vstoupí v platnost. Navrhované záznamníky nehodových dat by však s největší pravděpodobností měly být povinné pro vozidla kategorií M1 a N1 od 1. září 2020 pro nové modely a od 1. září 2022 pro nové registrace. [58]

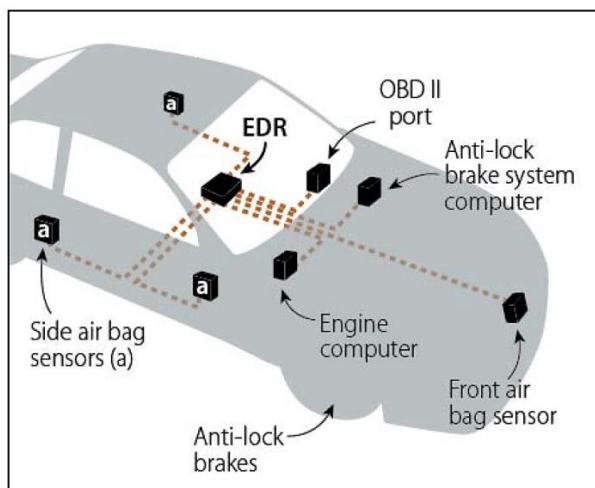
V souvislosti s novým nařízením je třeba poznamenat, že ač se jedná prakticky o první návrh legislativního řešení záznamníků pro nehodová data, obsahuje hned několik nedostatků. Lze uvést například srovnání rozsahu amerického dokumentu 49 CFR 563, který věnuje standardizaci a konceptu zařízení výrazně více prostoru, než návrh Nařízení 2018/0145(COD). Ten neuvádí ani konkrétní údaje, které by měly být zaznamenávány a prakticky ponechává veškerá rozhodnutí na členských státech a jejich vlastních zákonných úpravách. Dále řeší používání „*k provádění analýzy bezpečnosti silničního provozu a posouzení účinnosti konkrétních přijatých opatření*“, tedy nepředpokládá přímé využití při analýze jednotlivých dopravních nehod, jakožto pro další odvozené aspekty, jako je např. návrh bezpečnější konstrukce vozidel. I přes to, že byl v této legislativní problematice zaznamenán výrazný pokrok, nemůže být vstup v platnost považován za konečné stadium, neboť bude třeba ujit ještě dlouhou cestu a dořešit dosud neřešené otázky.

### 3. PRINCIP FUNGOVÁNÍ ZÁZNAMOVÝCH ZAŘÍZENÍ A STRUKTURA DAT

V posledních desetiletích dramaticky vzrostlo nejen množství elektroniky ve vozidlech, ale také úroveň elektronických systémů z hlediska vývoje. To lze pozorovat i v technologii pro záznam nehodových dat, kde se přibližně od roku 1990 začala měnit schopnost jednotlivých modulů, pro příklad lze uvést výše zmíněný přechod z diagnostického modulu DERM na řídicí modul airbagů SDM, v tomto případě byl hlavním dopadem záznam většího počtu datových prvků. V této kapitole je zobrazen princip současné podoby záznamových zařízení EDR a ADR.

#### 3.1. Event Data Recorder

Zákon 49 CFR část 563 definuje EDR jako „zařízení nebo funkci ve vozidle, které zaznamenává dynamická sériová data během časového období těsně před havárií (např. rychlost vozidla vs. čas) nebo během havárie (např. delta-V vs. čas) určená ke zpětnému získání po havárii. Pro účely této definice data události nezahrnují zvukové a obrazové údaje.“ [19] Jinými slovy řečeno, jedná se o funkci konkrétního modulu, nejčastěji ACM, který je instalován v dobře chráněném prostoru vozidla, obvykle pod jedním z předních sedadel, případně ve středové konzoli a hraje důležitou roli při záznamu nehodových dat, které shromažďuje z vyhrazených snímačů, ty jsou rozmístěny po celém vozidle (Obrázek 8). [59]



Obrázek 8: Umístění EDR a napojení na další systémy ve vozidle [59]

#### 3.1.1. Integrace EDR v dalších systémech

Systém EDR pro osobní vozidla je obvykle součástí řídicího modulu airbagu (Airbag Control Module – ACM), ovšem s EDR se setkáváme i ve vztahu s elektronickým řídicím modulem



(Electronic Control Module – ECM) a například i systémem AACN (Advanced Automatic Collision Notification).

### 3.1.1.1. Electronic Control Module

Elektronické řídicí jednotky (Obrázek 9) často obsahují cenné informace, které pomáhají při rekonstrukci a analýze dopravních nehod. Data ECM jsou často srovnávána s daty EDR, i přes to, že tyto jednotky jsou ve skutečnosti odlišné, především z hlediska používaných algoritmů a zaznamenaných dat. Snímače na vozidle a motoru poskytují informace ECM, jako je rychlost vozidla, otáčky motoru, poloha škrtecí klapky a stav brzdových a spojkových spínačů. Tato data o provozu vozidla jsou nepřetržitě zaznamenávána a v případě prudkého zpomalení vozidla (0,31 G) nebo zjištění poruchy vozidla (chybové kódy) uložena do zabudované paměti. Data jsou zaznamenána v časovém intervalu 1 – 60 s před událostí a až 15 s po události. [60] [61]

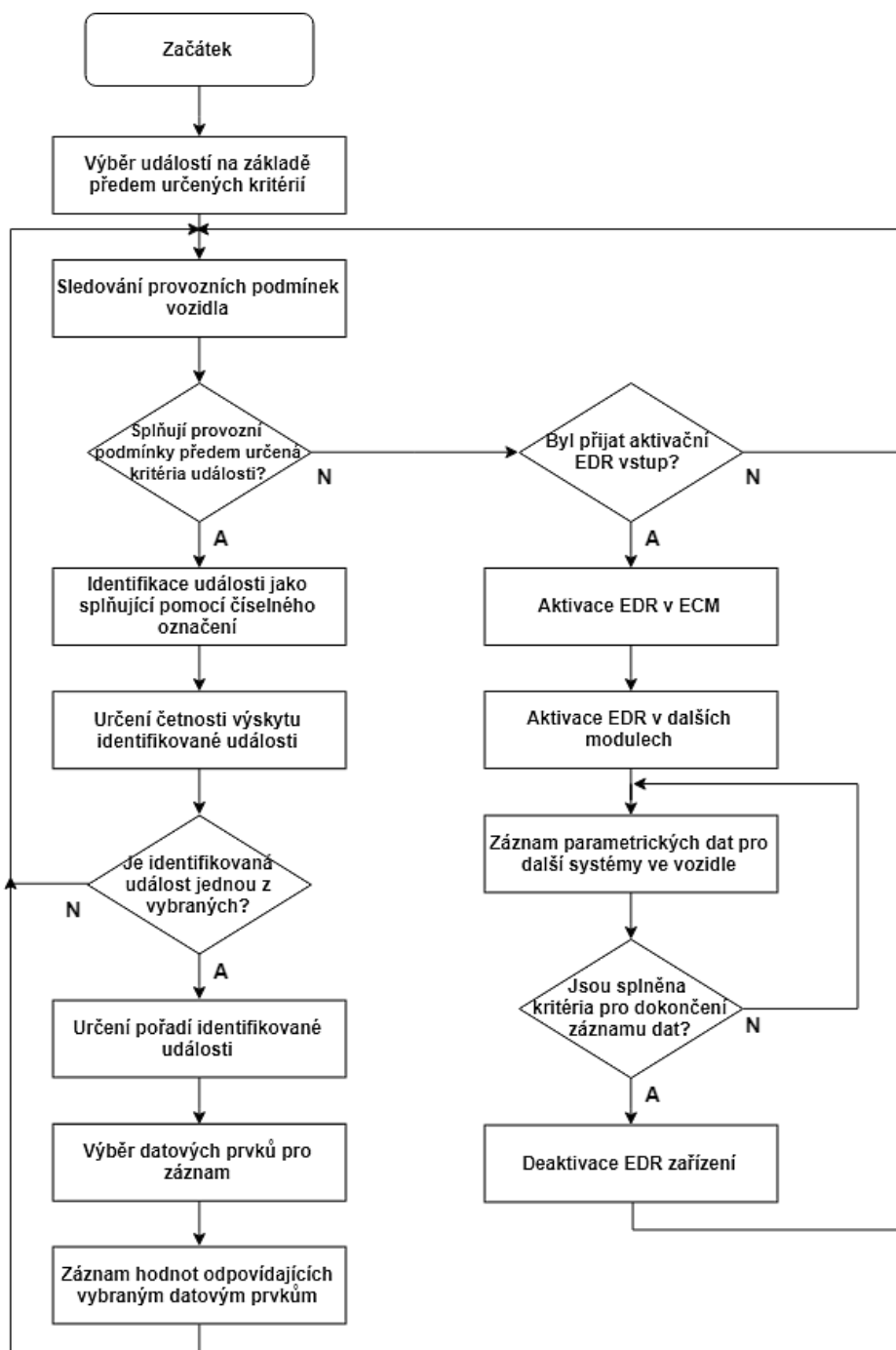


Obrázek 9: Elektronická řídicí jednotka (zdroj: auto.howstuffworks.com)

Podrobně popisuje fungování EDR v rámci ECM americký patent US 8,800,281 B2 z roku 2014. Následující řádky shrnují nejdůležitější informace.

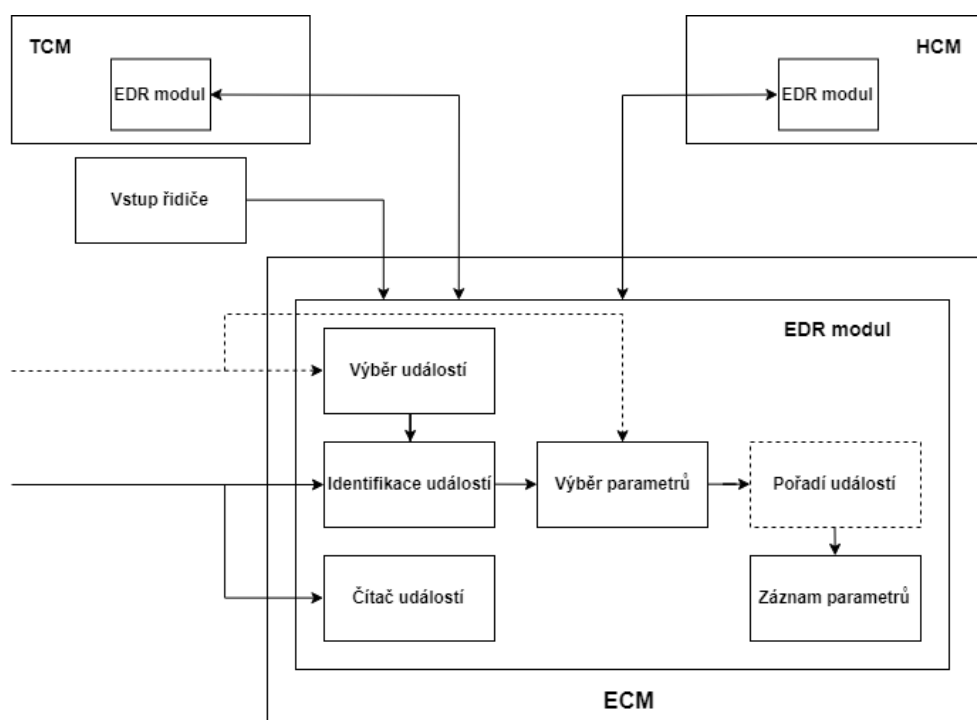
Záznamník dat EDR vyžaduje značné množství paměti, a to jak pro konfiguraci soft-kódovaných spouštěčů událostí, tak i pro data, která jsou nepřetržitě zaznamenávána. Kapacita paměti řídicích modulů, které obsahují EDR, je však omezená. Proto je třeba nějakým způsobem omezit parametry a události, které mohou být zaznamenány. Navíc EDR zaznamenává stejné parametry bez ohledu na to, k jakému typu události dojde. Z toho důvodu nemusí být využití paměti účinné a zároveň nemusí být zaznamenány požadované údaje, proto paměť použitá pro konfiguraci událostí omezuje počet událostí a parametrů, které mohou být zaznamenány. [62]

Na následujícím obrázku je znázorněn algoritmus záznamu dat z nehodové události. EDR systém na základě daných provozních podmínek vozidla identifikuje událost, vybere parametry pro záznam a zaznamená data pro tyto parametry. Tyto předem určené události a předem určené parametry mohou být pevně kódovány. [62]



Obrázek 10: Algoritmus záznamu dat (převzato a upraveno z [62])

EDR systém může rovněž zahrnovat aktivační zařízení a další moduly, které jsou spojeny s dalšími systémy vozidla. Aktivační zařízení umožňuje řidiči aktivovat záznam dat událostí v případě, že například zpozoruje hluk; jedná se o prvek obsažený v přístrojové desce. Tento mechanismus může usnadnit diagnostiku systému, technik při vyčtení dat z EDR analyzuje události probíhající ve vozidle z tohoto okamžiku. Kromě EDR může aktivovat i ECM, které následně aktivuje další EDR moduly umístěné na jiných místech vozidla, tedy lze současně zaznamenávat data pro více systémů. Obrázek 11 znázorňuje ECM a další moduly zahrnuté v systému. Modul ECM obsahuje modul EDR, který zaznamenává údaje o událostech týkajících se systému motoru, jak již však bylo zmíněno, EDR modul obsahují i jiné systémy, např. řídicí modul převodovky (Transmission Control Module – TCM) a hybridní modul (Hybrid Control Module – HCM), ty zaznamenávají data související s převodovkou a hybridním systémem. [62]

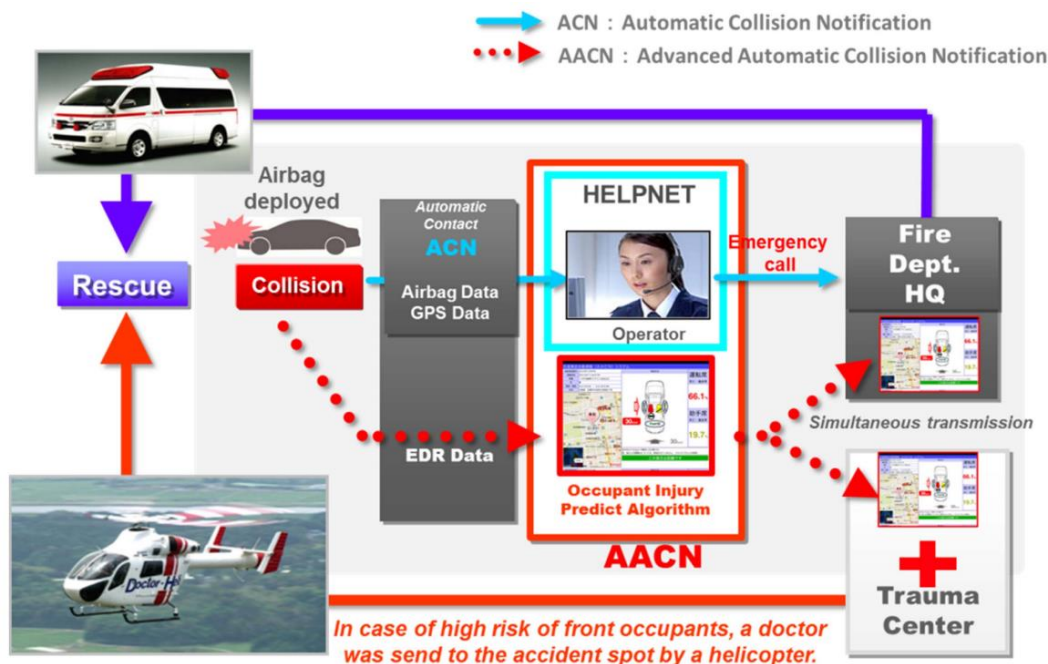


Obrázek 11: Funkční blokové schéma systému ECM s EDR modulem (převzato a upraveno z [62])

### 3.1.1.2. Advanced Automatic Collision Notification

Efektivní využití lze zaznamenat u systému pokročilého automatického oznámení nehody (Advanced Automatic Collision Notification – AACN), který samočinně informuje třetí stranu (např. operátora 911) o nehodě. Tyto systémy využívají data z EDR jako např. delta-V a stav bezpečnostních pásů k určení závažnosti nárazu. Informace jsou předány personálu záchranné

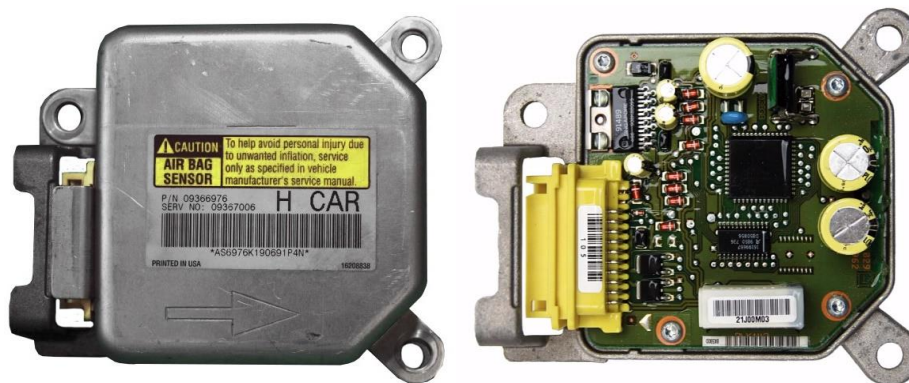
služby a slouží ke klasifikaci nehody a potřebného vybavení, které je nutno doručit na místo nehody. Jednotka je zároveň propojena s technologií GPS pro určení přesné polohy kolize. Je však třeba zmínit, že tyto systémy jsou ve fázi zkušebního provozu. Na následujícím obrázku je schematicky zobrazen princip AACN. [12] [63]



Obrázek 12: Princip fungování systémů ACN a AACN [63]

### 3.1.1.3. Airbag Control Module

EDR jsou typicky implementovány jako součást řídicí jednotky airbagu (Airbag Control Module – ACM), (Obrázek 13). Tento modul je schopen zaznamenat určitá data spojená s nehodovou událostí, kde dochází následkem nárazu o definovaných parametrech k aktivaci airbagů nebo předpínačů bezpečnostních pásů. Systémy však zaznamenají i události, kdy se hodnoty blíží prahu aktivace, nicméně k ní samotné nedojde. Taková událost obvykle není modulem uzamčena a může být přepsána. [64] [65]



Obrázek 13: Řídící jednotka airbagu s EDR (zdroj: [www.edmunds.com](http://www.edmunds.com))

ACM používá integrované akcelerometry, případně další snímače, které sledují zpomalení a směr vozidla tak, aby na základě závažnosti kolize určily, jaké systémy pasivní bezpečnosti, a zda vůbec, mají být aktivovány. [65]

ACM je obecný název modulu, nicméně každý výrobce má pro jednotku vlastní název. Níže je uvedeno několik příkladů:

- RCM: Restraint Control Module (FORD);
- PCM: Powertrain Control Module (FORD);
- SDM: Sensing Diagnostic Module (GM);
- ORC: Occupant Restraint Control (Chrysler);
- ACU: Airbag Control Unit (Nissan);
- ACSM: Advanced Crash Safety Module (BMW);
- CABS: Center Air Bag Sensor (Toyota). [64]

### 3.1.2. Princip technologie EDR

EDR zachycuje průběžné informace na základě sledování několika systémů vozidla, jako jsou brzdy, rychlost, airbagy a bezpečnostní pásy. Nahrávání dat pracuje na principu uzavřené smyčky, tedy EDR nepřetržitě zaznamenává data a přepisuje několik předchozích vteřin, dokud ho nezastaví „událost“, tedy nehoda, která splňuje stanovenou prahovou hodnotu závažnosti, případně událost blízká takovému stavu. Spouštěcí prahovou hodnotu lze definovat jako změnu rychlosti vozidla v podélném směru, která se rovná nebo překračuje 8 km/h v intervalu 150 ms. Na základě vstupu informací rozhoduje prediktivní algoritmus snímání nárazu během 15-50 ms po události, zda má být airbag aktivován, nebo ne. Pak zařízení automaticky uloží několik

sekund dat před<sup>3</sup>, během a po nehodě do dlouhodobé paměti pro účely pozdější analýzy. [19] [59] [66]

Ukládané informace jsou omezeny pouze kapacitou dostupné paměti. Jakmile jsou data uložena, nemohou být vymazána nebo změněna, to je možné pouze v případě, že se jedná o data z události blízke aktivaci airbagu, v takovém případě jsou data vymazána z paměti po 250 cyklech zapalování, tedy přibližně po 60 dnech; případně nahrazena daty události následující. [59]

Zákonem je definován minimální počet událostí, které zařízení musí být schopno uchovat, jedná se o dvě události. V případě, že k takovým událostem dojde v krátkém časovém úseku, je třeba detekovat konec události jedné, aby bylo možné definovat počátek druhé. Čas konce události je okamžik, kdy kumulativní delta-V v časovém intervalu 20 ms klesne na 0,8 km/h (0,5 mph) nebo méně. [19]

## **Paměť**

Před samotným popisem je třeba definovat typy paměti užívané v EDR.

1. **ROM** – trvalá paměť. Obsahuje data nebo algoritmy již z výroby, která nelze přepsat. Vyznačuje se poměrně dlouhou přístupovou dobou, proto se informace v ní uložené často kopírují po zapnutí napájení do paměti RAM. [67]
2. **RAM** – operační paměť. Informace v ní uložené lze kdykoliv přepsat. Vyznačuje se velmi krátkou dobou přístupu a též tím, že po ztrátě napájení se data v ní uložená nenávratně ztratí, tedy jedná se o tzv. volatilní paměť. [67]
3. **EEPROM** – přepisovatelná paměť. Zachovává si naprogramovaná data i po vypnutí napájení, jedná se o tzv. nevolatilní paměť. Data je možno bez externího zásahu kdykoli přepsat či vymazat. Doba přepisu je však poměrně dlouhá, proto se nehodí pro běžné operace, ale pouze na uchování dat před vypnutím zařízení. Během zápisu dat zároveň nesmí dojít k výpadku napájení, jinak může dojít k poškození paměti. [67]
4. **FRAM** – ferroelektrická paměť. Kombinuje vlastnosti zmíněných pamětí a zaručuje permanentní zachování informace i v případě ztráty napájení (nevolatilní paměť). Mezi

---

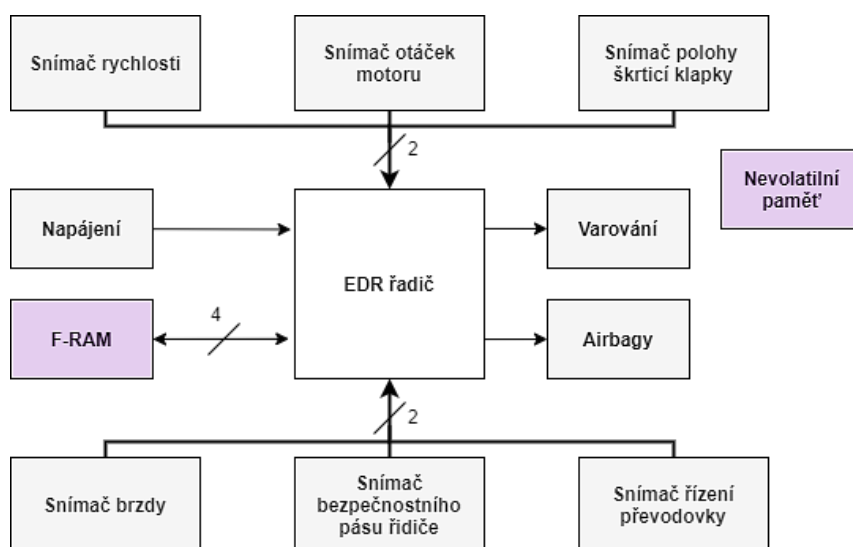
<sup>3</sup> Doba záznamu dat před kolizí se liší v závislosti na modelu zařízení, pro představu to mohou být informace o délce 2,5-25 s. [66]

hlavní výhody patří rychlý zápis a čtení bez prodlev, nízký napájecí proud, nízká spotřeba a odolnost vůči nepříznivému prostředí. [68]

Jak již bylo výše zmíněno, data zachycená ze senzorů jsou uchovávána v kruhové vyrovnávací paměti po dobu minimálně 5-10 s před přepsáním novou sadou dat. V případě, že algoritmus jednotky airbagu zjistí náraz, obnovování ve vyrovnávací paměti je pozastaveno a je aktivován airbag. V tomto okamžiku je dočasně zachycen stav předpínače bezpečnostního pásu řidiče, airbagu spolujezdce, výstražné kontrolky a hodnoty parametrů rozhodujících o aktivaci airbagu do paměti RAM. Po uplynutí 150 ms jsou data z paměti RAM přenesena do trvalé paměti. Tou je paměť EEPROM a celý proces trvá přibližně 700 ms. [69]

Aby došlo k uložení požadovaných informací do paměti EEPROM, musí být řídicí jednotkou airbagu zajištěna dostatečná rezerva, v tomto případě tedy napájení po dobu minimálně 700 ms. V případě ztráty elektrické energie během kolize se celá rezerva výkonu v záložním modulu ACM použije k akci s nejvyšší prioritou, tedy k aktivaci airbagů. Pokud po tomto úkonu nezbyde žádná energie v rezervě, nemohou být EDR data uložena. Aby takové informace nebyly vystaveny riziku ztráty, začíná se nasazovat paměť FRAM. [69]

Ferroelektrická paměť s přímým přístupem (Ferroelectric Random Access Memory – FRAM) začíná být úspěšně nasazována do automobilových aplikací nové generace, u kterých je třeba zajistit vysokou spolehlivost. Pro zařízení EDR je použití přínosné především z důvodu napět'ové nezávislosti, kdy se na rozdíl od EEPROM při odpojení napájení informace uchová a může tak dojít k rekonstrukci nehody. Na Obrázku 14 je znázorněno blokové schéma EDR s aplikací paměti FRAM. [69]



Obrázek 14: Blokové schéma EDR (převzato a upraveno z [69])

### 3.1.3. Data EDR

Data EDR představují cenné informace pro výzkum bezpečnosti silničních vozidel, neboť mohou být použita jak pro diagnostiku vozidla v době nárazu, tak při hledání hlavní příčiny dopravní nehody. To umožňují inovace a zavádění pokročilejších bezpečnostních systémů. V případě četného výskytu nehod na stávající komunikaci lze na základě dat určit chování řidiče před nehodou, tak data EDR rovněž napomáhají v oblasti silničního stavitelství, kdy jsou v rámci minimalizací stavebních závad nastolována vhodná bezpečnostní opatření jak na stávající komunikaci, tak ve fázi výstavby nové komunikace. [69]

Nutno podotknout, že EDR v osobních vozidlech sbírají mnohem menší rozsah informací, respektive data o výrazně menším objemu, než „černé skříňky“ na palubách jiných typů dopravních prostředků. Jako příklad lze uvést zapisovač letových dat na palubě letadla, který zaznamenává stovky parametrů po dobu až 25 hodin. [59]

Zákon 49 CFR část 563 v závěrečném rozhodnutí definuje dvě kategorie datových prvků. První kategorie se váže k souboru 15 datových prvků ve specifikovaném formátu, které musí každé vozidlo vybavené EDR zaznamenávat. Pro příklad je uvedeno několik prvků včetně definic:

- **Delta-V, podélná** – znamená kumulativní změnu rychlosti, zaznamenanou EDR vozidla ve směru podélné osy, počínaje časem nárazu nula a konče po čase 0,25 s; zaznamenává se každých 0,01 sekundy.
- **Rychlost indikovaná vozidlem** – rychlost určená podsystémem stanoveným výrobcem, který je určen k označení aktuální rychlosti vozidla v běžném provozu.
- **Škrticí klapka, procento max** – znamená, že řidič inicioval zrychlení měřené snímačem polohy škrticí klapky na pedálu plynu ve srovnání s polohou plně zatlačenou.
- **Provozní brzda, zapnuto a vypnuto** – znamená stav zařízení, které je instalováno nebo připojeno k systému brzdového pedálu, aby zjistilo, zda byl pedál stlačen. Přístroj může obsahovat spínač brzdového pedálu nebo jiný ovladač provozní brzdy ovládaný řidičem.
- **Stav bezpečnostního pásu řidiče** – znamená zpětnou vazbu bezpečnostního systému, který slouží k určení, zda je, nebo není bezpečnostní pás řidiče zapnut. [19]

Druhá kategorie se skládá z datových prvků, které musí být zaznamenány tehdy, je-li vozidlo vybaveno specifikovaným systémem nebo snímací schopností. Mezi takové prvky patří např.:



- **Delta-V, boční** – znamená kumulativní změnu rychlosti, zaznamenanou EDR vozidla podél boční osy, počínaje časem nárazu nula a konče po 0,25 sekundy; zaznamenává se každých 0,01 sekundy.
- **Podélné zrychlení** – složka vektorového zrychlení bodu ve vozidle ve směru x. Podélné zrychlení je pozitivní ve směru jízdy vpřed.
- **Boční zrychlení** – složka vektorového zrychlení bodu ve vozidle ve směru y. Boční zrychlení je pozitivní zleva doprava z pohledu řidiče, když sedí ve vozidle směrem ke směru jízdy vpřed.
- **Otáčky motoru** – znamenají u vozidel poháněných spalovacími motory počet otáček hlavní klikové hřídele motoru vozidla za minutu a u vozidel bez pohonů spalovacími motory počet otáček hřídele motoru za minutu v bodě, kdy vstupuje do převodovky vozidla.
- **Stav bezpečnostního pásu spolujezdce sedícího vpředu** – znamená zpětnou vazbu bezpečnostního systému, který slouží k určení, zda je, nebo není bezpečnostní pás spolujezdce zapnut. [19]

Zákon rovněž stanovuje formát, tedy rozsah, přesnost a rozlišení datových prvků. Dále pak interval záznamu na 5 s před nehodou a dobu přidělenou pro záznam o nárazu na 0,25 s. [19]

Tato data jsou vyšetřovateli získávána primárně pomocí nástroje Crash Data Retrieval (CDR).

### 3.2. Accident Data Recorder

Accident Data Recorder (ADR), rovněž znám jako Unfalldatenspeicher (UDS) a ve Švýcarsku také Restwegaufzeichnungsgerät (RAG), je nezávislé elektronické zařízení, které zaznamenává relevantní údaje během časového období před, během a po nehodě. Vesměs se jedná o evropskou obdobu EDR, respektive pracuje na stejném principu. ADR je instalováno do motorových vozidel a neustále zaznamenává dynamické parametry vozidla, kdy se v důsledku silného nárazového impulsu tyto parametry uloží. [70] [71]

UDS může být instalováno ve kterékoli části vozidla, přičemž součástí tohoto procesu je zápis do vnitřní paměti zařízení o vlastní poloze vzhledem ke středu zadní nápravy. Na základě této informace je následně při analýze provedena korekce získaných hodnot. Obvykle je však UDS připevněno k podlaze pod sedadlem předního spolujezdce. Pomocí senzorů podélného a příčného zrychlení a magnetického snímače natočení, které jsou integrovány do záznamníku,

jsou monitorovány tři stupně volnosti vozidla. Mimo jiné je rovněž sledován vstup rychlosti ze systému rychloměru vozidla. Systém zaznamenává až deset stavových veličin, to včetně činnosti brzdového pedálu, směrových a brzdových světel a zapalování. [70] [71]

Maximální vzorkovací frekvence se liší dle jednotlivých kanálů:

- Akcelerometry: 500 Hz
- Snímač natočení: 12,5 Hz
- Rychloměr: 12,5 Hz
- Stavové signály: 25 Hz

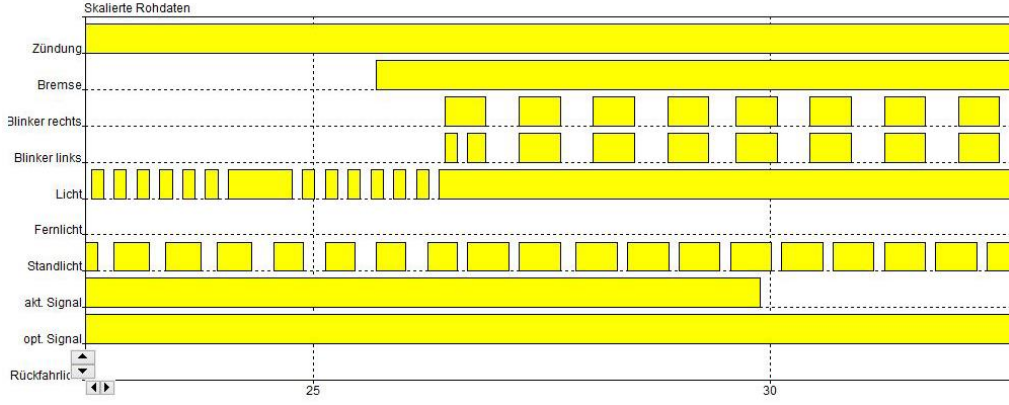
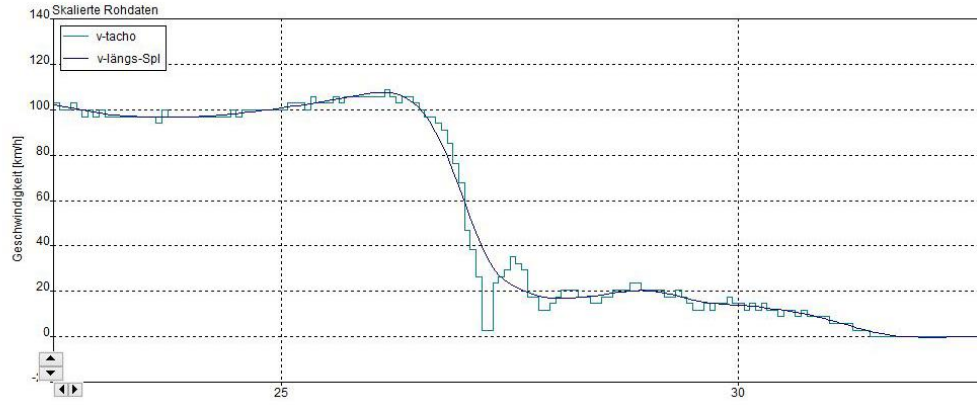
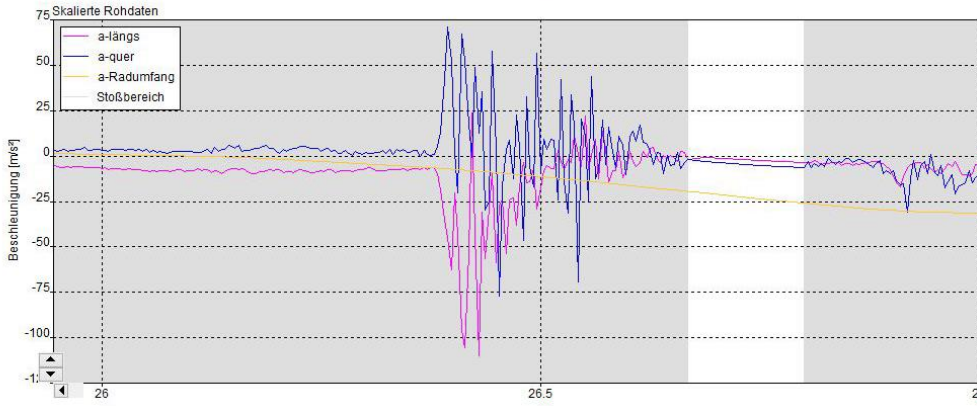
Paměť UDS vždy obsahuje data posledních 30 s. Existují dva způsoby spuštění ukládání dat, jednak v případě, že nastane událost, těchto 30 s je dále uloženo, přičemž je uchováno i následujících 15 s, tak je vytvořen konečný záznam o délce 45 s. Dalších 15 minut po nehodě (v závislosti na dostupné paměti) jsou rovněž zaznamenány další pohyby vozidla, zde však již při vzorkovací frekvenci 2 Hz. Tyto parametry nejsou stejné pro zařízení všech výrobců, obecně však platí, že je zaznamenáváno přibližně 20-30 s před událostí a 10-15 s po události. Druhým způsobem iniciace ukládání dat je pomocí spouštěcího tlačítka namontovaného na přístrojové desce. Kapacita UDS je rovněž omezena na dvě nehodové události. V případě, že je ukládání dat iniciováno řidičem, jsou data ukládána při nižší vzorkovací frekvenci a lze tak zaznamenat tři takto spuštěné události. Ty jsou v případě automaticky generované spouště přepsány. Následující obrázek zobrazuje datový výstup zařízení UDS. [70] [71]

UDS-Seriennummer: [redacted]  
 Speicherung: 12.Bereich - Automatisch vom [redacted] 2018 08:18:49 [ $\mu=1.00/1.00$ ]  
 Korrigierte Ereigniszeit: [redacted] 2018 09:18:59

Kfz-Kennzeichen: [redacted]  
 Fahrgestellnummer: WVWZZZ3CZ[redacted]  
 Fahrzeugtyp: VW Passat  
 Wegimpulszahl[Impulse/km]: 19600

Stoßbereiche:

Zeit	Stoßbeschreibung	Situation unmittelbar vor Stoßbeginn
25.9 s	schwer von vorne (16 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-3 m/s <sup>2</sup> )/Linksbogen (+2 m/s <sup>2</sup> )
26.8 s	leicht (10 m/s <sup>2</sup> )	Konstanfahrt/Linksbogen (+1 m/s <sup>2</sup> )
27.4 s	leicht (6 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-4 m/s <sup>2</sup> )/Rechtsbogen (-1 m/s <sup>2</sup> )
27.6 s	leicht (6 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-4 m/s <sup>2</sup> )/Rechtsbogen (-2 m/s <sup>2</sup> )
27.7 s	leicht (9 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-3 m/s <sup>2</sup> )/Rechtsbogen (-3 m/s <sup>2</sup> )
28.1 s	leicht (6 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-4 m/s <sup>2</sup> )/Rechtsbogen (-5 m/s <sup>2</sup> )
28.4 s	leicht (5 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung/Verzögerung (-3 m/s <sup>2</sup> )/Rechtsbogen (-5 m/s <sup>2</sup> )



Obrázek 15: Protokol UDS (zdroj: www.kneifel.de)

Tyto záznamníky nehodových dat jsou často používány mj. odborníky při nárazových testech jako měřicí zařízení, dále pak v motoristickém sportu, kde jsou záznamníky ADR povinné. V současné době existuje několik verzí, společnosti Peter Systemtechnik GmbH a Kast GmbH nabízí rozšířenou verzi ADR, která je technicky vyšší úrovně, a to i v rámci integrace s jinými systémy ve vozidle. Záznamová zařízení RAG od Mobatime AG jsou externí zařízení, která jsou závislá na palubních informacích, ty ukládají do kruhové vyrovnávací paměti, nikoliv však po definovanou dobu, ale na základě ujeté vzdálenosti, minimálně 12 km. Na rozdíl od UDS nemají RAG vlastní měřicí senzory. [70] [71]

### **3.2.1. FIA ADR**

Ještě v šedesátých letech byla přibližně jedna z osmi nehod při motorsportu pro závodníka fatální. Smrt nebo vážná zranění byla považována za běžnou součást závodů. V současné době je však pohled na tento jev výrazně odlišný, v rámci sportu jsou smrt a vážná zranění již nepřijatelná. Snížením rizik a s tím souvisejícím zvyšováním bezpečnosti se v rámci motorsportu zabývá organizace FIA (Federation Internationale de l'Automobile), která mimo jiné zavedla taková opatření, aby při nehodových incidentech bylo možné získat data užitečná pro následné analýzy. Na přesném zaznamenání skutečného průběhu nehody spolupracují tři komponenty – záznamník nehodových dat ADR, vysokorychlostní kamera instalovaná v kabině vozidla a akcelerometry do uší, které jsou navrženy tak, aby měřily zrychlení hlavy řidiče v případě nárazu. Již v roce 1997 byly všechny vozy Formule 1 vybaveny černou skříňkou, tedy záznamníkem ADR. V březnu 2015 Světová rada motoristického sportu (FIA World Motor Sport Council) oznámila, že ADR zařízení bude povinnou výbavou pro všechna vozidla na národních šampionátech FIA Formule 4. Oficiálním dodavatelem zařízení je MoTeC. Data z ADR (rovněž videozáznamy, fotografie, lékařské a technické zprávy) jsou vkládána do mezinárodní databáze FIA (FIA World Accident Database), studiem dat z těchto databází mohou výzkumní pracovníci následně identifikovat problémové oblasti a dosáhnout zvýšení bezpečnosti na základě vytvoření bezpečnějších systémů. [72]

Mezi důležité otázky, které mohou napomoci k vyřešení příčiny nehody, patří:

- Jakou udělal řidič chybu?
- Fungovaly všechny ovládací prvky vozidla dle očekávání?
- Kde bylo vozidlo v době nehody?

- Udělal řidič správnou věc, aby odvrátil incident?

Černé skřínky pro motorsport jsou mírně odlišné od zařízení užívaných v osobních vozidlech. To především z několika důvodů, zařízení ADR musí:

- být schopno zaznamenat více incidentů po delší dobu i v případě, že dojde ke ztrátě napájení;
- spoléhat na interní senzory v případě měření nárazového impulsu;
- spolehlivě ukládat data;
- zpřístupnit data ve standardizovaném formátu pro mezinárodní nehodové databáze;
- mít robustní konstrukci, která vydrží silné nárazy;
- mít nízkou hmotnost, aby vyhovovalo potřebám ve vozech formule;
- být bezúdržbové;
- být nízkonákladové. [73] [74]

FIA ADR (Obrázek 16) je tedy záznamové zařízení, které zachycuje příčné, podélné a svislé síly podvozku, sleduje klíčové senzory vozidla a dva akcelerometry. Zaznamenává datové prvky, které jsou požadovány institutem pro bezpečnost motorsportu FIA, jedná se tedy o speciálně navržený datový seznam pro účely analýz nehod motorsportu. Data jsou zaznamenávána nepřetržitě na základě cyklického nahrávání, to z toho důvodu, aby bylo možné zachytit data bezprostředně před událostí. Pokud při nehodě dojde ke ztrátě napájení, ADR převezme tuto roli, přičemž k tomuto účelu použije interní záložní napájení, aby tak nebyl ohrožen datový záznam. Zároveň se jedná o zařízení, které lze použít jak samostatně, tak ve spojení s jinými systémy (např. GPS, ECU). Prahové hodnoty, které spustí ukládání dat, jsou konfigurovatelné, přičemž pokud dojde k dosažení/překročení této hodnoty, je na skutečnost zároveň upozorněn zásahový personál, který následně učiní odpovídající opatření, například zajistí odpovídající lékařskou péči, dojde-li k nárazu tak silnému, že by mohl ohrozit zdraví posádky. Pro příklad si uvedeme některé rozhodující hodnoty:

- pokud je náraz menší než 5 g, projde řidič běžnou kontrolou, následně může být ihned propuštěn;
- pokud je náraz větší než 8 g, je provedena důkladná kontrola, minimální čekací doba v lékařském centru je 1 hodina, aby byly vyvráceny zpožděné zdravotní vlivy nehody;
- pokud je náraz větší než 20 g, musí řidič podstoupit důkladnou zdravotní kontrolou lékařským personálem. [73] [74]

## Specifikace FIA ADR

- 150 G 3osý G-senzor
- Záznam dat: 1000 Hz
- Rozlišení kanálu: 0,1 G
- Cyklický záznam
- Přístup k údajům chráněn heslem
- Délka záznamu před událostí: 2 sekundy
- Délka záznamu po události: 30 sekund
- Kapacita paměti: 10 událostí
- Software: ADR Manager pro konfiguraci, stahování, mazání/resetování dat ADR
- 11-pinový konektor
- Komunikace: CAN, RS232
- Formát datového výstupu: CSV
- Záznam až 20 kanálů (rychlost kol, poloha volantu, teplota pneumatik, stlačení brzdového pedálu, poloha škrtkové klapky) – 10 kanálů předdefinovaných, 10 uživatelských [73]



Obrázek 16: MoTeC ADR (zdroj: <https://www.motec.com.au/>)

### 3.2.2. UDS-AT

Záznamník nehodových dat UDS-AT (Advanced Technology), (Obrázek 17) byl uveden v březnu roku 2015 a jedná se o nejnovější verzi UDS, která nahradila verzi 2.0. Modernizace spočívá v použití vysoce citlivých senzorů a nejnovějších komponent. Pro připojení zařízení

k vozidlu je k dispozici celkem 10 vstupů, k nim jsou připojeny signály jako je stav zapalování, světla a rychlost vozidla. Kromě těchto vstupů nabízí sběrnice CAN možnost záznamu až dalších 16 signálů o vysoké vzorkovací frekvenci. Jedná se jak o jednoduché informační signály jako je stav on/off, tak i komplexní signály otáček motoru, úhlu řízení, aj. [75]



Obrázek 17: UDS-AT se třemi rozhraními, vlevo 16-pinový (připojení vozidla), uprostřed 10-pinový (GPS), vpravo 8-pinový (USB 2.0), (zdroj: <https://www.colliseum.net/wiki/UDS-AT>)

UDS-AT zajišťuje měření, klasifikaci a správu přijatých dat s vysokým rozlišením po předem definované dobu. Jsou definovány 4 různé typy ukládaných událostí – automaticky spuštěné, spuštěné v klidovém stavu vozidla, spuštěné ručně uživatelem a externě spuštěné. Automaticky spuštěné události jsou založeny na algoritmu detekce nárazů. Jsou-li detekovány drobné nárazy (způsobené např. výmoly), algoritmus rozhodne, zda se jedná o událost, či ne. Extrémní situace, jako je nouzové brzdění, automaticky spustí ukládání dat. Doba záznamu je rovněž jako u jiných verzí ohraničena intervalem záznamu 30 s před událostí a 15 s po události, přičemž jsou následně zaznamenávána data do 100 m dojezdové vzdálenosti po ukončení záznamu. Před spuštěním záznamu je vzorkovací frekvence až 100 Hz, bezprostředně před událostí se spustí fáze s vysokým rozlišením, kde se bavíme již o hodnotě 500 Hz. [75]

Energeticky nezávislá paměť zajišťuje uložení informace i v případě výpadku napájení. Technologie rovněž umožňuje načtení uložených dat bez připojení dalšího externího zdroje napájení. Hovoříme-li o úložné kapacitě paměti, UDS-AT může uchovat až několik megabytů dat. Pro standardní události je k dispozici celkem 20 kanálů:

- 10 pro automaticky nebo externě spuštěné události;
- 5 pro události spuštěné v klidovém stavu vozidla;
- 5 pro události spuštěné ručně uživatelem. [75]

Mimo 20 standardních paměťových kanálů obsahuje základní verze UDS-AT dalších 14 statických pamětí, ty uchovávají uložené informace (až 2048 záznamů) po celou dobu:

- Změna stavu zapalování;
- Stisknutí tlačítka UDS;
- Rychlost nad mezní hodnotou;
- Uložené záznamy;
- Procesy načítání;
- Vymazání procesů;
- Ztráta napětí;
- Spuštění při vypnutém zapalování;
- Chyby;
- Odpočinkové doby;
- Nahrávání deaktivováno;
- Změna signálu. [75]

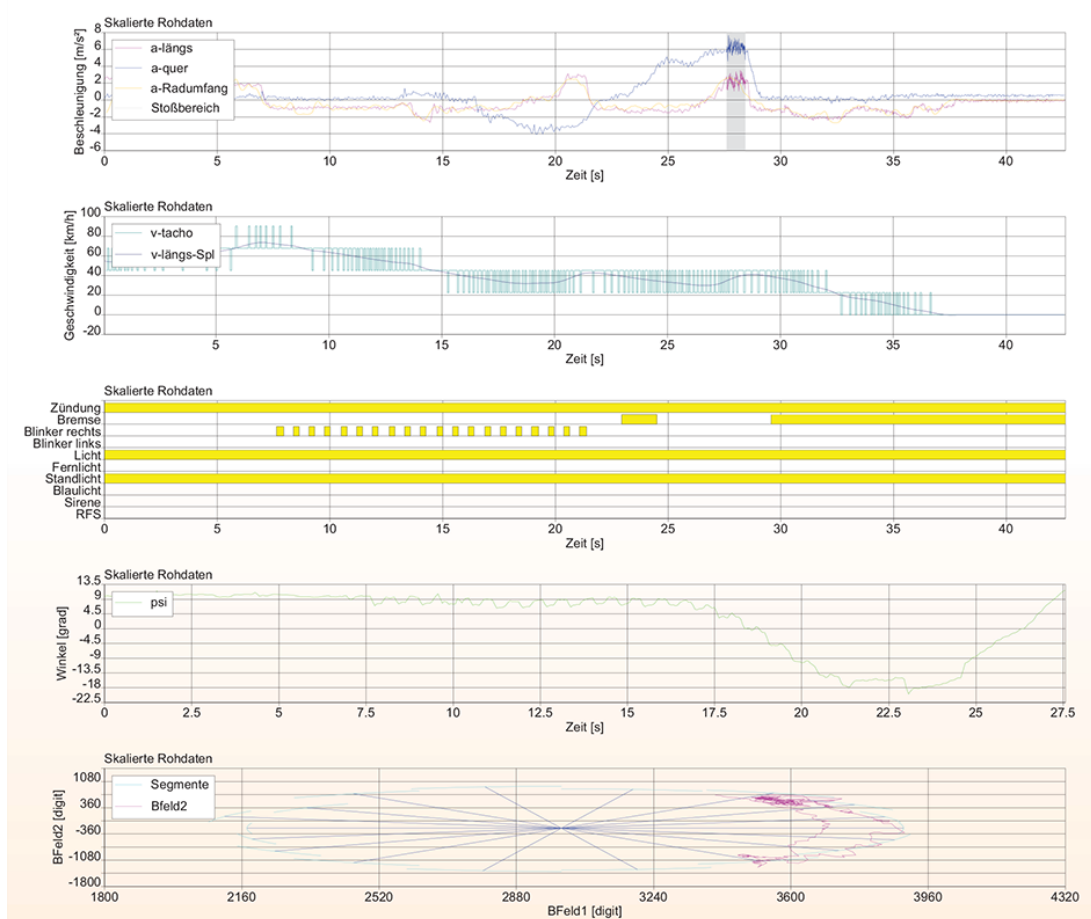
Co se týče připojení, UDS-AT obsahuje několik rozhraní. Kromě běžných CAN/CiA447 nabízí možnost připojení externího GPS/GLONASS pomocí sériového portu RS232. Vysokorychlostní připojení USB 2.0 umožňuje interaktivní konfiguraci UDS-AT a časově úsporné stahování uložených dat. Volitelný rozšiřující modul doplňuje UDS-AT o WiFi, Bluetooth, interní přijímač GPS a GPRS. [75]

Co se týče zabezpečení, data UDS-AT jsou zabezpečena jednak hardwarovým přístupovým omezením, dále pak kódovaným ukládáním dat, přenosem dat pomocí certifikovaného ovladače, a v neposlední řadě i šifrovaným ukládáním souborů. Zabezpečení zde však nekončí, software pro čtení dat je rovněž šifrován a lze jej používat pouze s pomocí hardwarového klíče. [75]

Software UDS-AT je moderní .NET aplikace pro interakci se zařízeními UDS-AT a analýzu uložených dat. Software funguje ve všech současných 32 a 64bitových operačních systémech Windows. Společné pro všechny softwarové balíčky je možnost zobrazit nejen diagramy, ale také tabulky s informacemi o uložených událostech, zařízeních a instalaci. Všechna zobrazená data lze snadno zkopírovat a vložit do jiných aplikací pro další zpracování. UDS-AT Science má také exportní rozhraní pro ukládání volitelných datových kanálů ve formátu XML. Pokud uložená data obsahují informace o poloze, mohou všechny softwarové balíčky již zobrazovat



pozice v mapovém modulu pro jednotlivé události i pro statistická data. Existuje hned několik verzí přístupového softwaru, např. UDS-AT Basic pro vozové parky, UDS AT pro servisní partnery, UDS-AT Science pro analytiku. Tato verze byla speciálně vyvinuta pro potřeby podrobné analýzy zaznamenaných hodnot. Software umožňuje rychlé vyhodnocení zjištěných informací v rámci jízdní dynamiky dalších. Interaktivní analýza je podporována funkcemi zoomu, měřicími pomůckami a rovněž i numerickou integrací, kdy jsou zobrazena veškerá nezpracovaná data o zrychlení (podélné, příčné, vertikální), rychlosti (kola, vozidla, GPS), úhlové rychlosti, úhlu řízení, standardním stavu (brzdy, kontrolka, světlo, zapalování), ujeté vzdálenosti aj. Verze UDS-AT Science Pro určená odborníkům umožňuje úpravu dat, numerickou integraci naměřených dat v definovaném časovém okně a zobrazení pohybu vozidla ve 3D zobrazení. [75]



Obrázek 18: Datový výstup v softwaru verze Science (zdroj: <https://www.mobatime.ch/>)

Co se týče specifikace, oproti verzi UDS 2.0 je UDS-AT obohacena o následující parametry:

- Triaxiální akcelerační senzor s rozšířeným rozsahem  $\pm 70$  g (namísto předchozího biaxiálního senzoru s  $\pm 50$  g);

- Další senzory zrychlení ( $\pm 6 \text{ g}$ );
- Gyroskop pro měření rychlosti rotace ( $\pm 500 \text{ }^\circ/\text{s}$ );
- Vzorkovací frekvence od 512 Hz - 1 kHz (namísto předchozích 256 Hz);
- Senzor magnetického pole (nyní 3-osý  $\pm 8 \text{ G}$ ; dříve 2-osý)
- Rozhraní CiA447 pro komunikaci s elektronikou vozidla;
- Volitelné připojení sběrnice CAN (16 signálních vstupů);
- Servisní rozhraní přes USB 2.0;
- Následná data dojezdové vzdálenosti 100 m;
- Data v UDS-AT jsou šifrovaná, přenos dat je ověřen certifikovaným ovladačem, software pro analýzu je též šifrován. [76]

### 3.2.3. RAG

Zařízení pro záznam dat Restwegaufzeichnungsgerät (dále jen „RAG“) je užíváno ve Švýcarsku a data jím získaná jsou rovněž považována za spolehlivý důkaz při objasňování průběhu dopravní nehody. Existují hned dvě verze, RAG 1000 a RAG 2000/A+ (Obrázek 19), které fungují na podobném principu. Do kruhové paměti zaznamenává data o průběhu jízdy, přičemž při nárazu uloží konkrétní data (RAG 2000/A+ uloží posledních 12 km, RAG 1000 minimálně 350 m nebo posledních 20 minut) a zároveň dokáže ukládat data i v případě, že je vozidlo v klidovém stavu. Sledované veličiny jsou opět stejné povahy jako u jiných zařízení, pro příklad se jedná o rychlost, čas, provozní stav osmi stavových vstupů, aj. Výstupem je protokol, který obsahuje data v grafické a tabulkové podobě. [77] [78]



Obrázek 19: RAG 1000 (vlevo) a RAG 2000/A+ (vpravo), (zdroj: <https://www.mobatime.ch/>)

Následující tabulka zobrazuje specifikace a některé rozdíly mezi různými provedeními zařízení RAG.

Tabulka 2: Specifikace RAG 1000 a RAG 2000/A+ [78]

Technická data	RAG 1000	RAG 2000/A+
Úložiště	RAM s baterií	RAM s baterií
Rozsah měřené rychlosti	až 200 km/h	až 200 km/h
Tolerance měření	< 2%	< 1%
Zaznamenaná data	350 m nebo 20 min jízdy	12 km
Počet stavových vstupů	8	8
Výměna baterie	indikována chybovou kontrolkou	každých 6 let

#### 4. METODY ZÍSKÁNÍ A SYSTÉMY PRO ČTENÍ NEHODOVÝCH DAT

Informace shromážděné z EDR závisí nejen na vývoji technologie ve vozidle, ale i na dostupnosti takových dat. Jak již bylo zmíněno, v roce 2000 byla představena sada společnosti Vetronix – Crash Data Retrieval (CDR), která umožnila přístup k datům EDR vozidel koncernu General Motors, postupně byla zpřístupněna varianta i pro vozidla Ford a Chrysler. Dnes se s CDR setkáváme pouze ve spojitosti s Bosch, to z důvodu, že tato společnost odkoupila Vetronix v roce 2003. Od roku 2012 je pak Vetronix součástí oddělení Bosch Automotive Aftermarket. [64] Schválením konečného pravidla 49 CFR 563 přichází i s několika málo výjimkami povinnost zpřístupnit EDR data z vozidel, která jsou touto funkcí vybavena. Reakce na federální rozhodnutí a jeho požadavky byly dvojího typu – prvním bylo vytvoření vlastního nástroje pro přístup k EDR datům, tento způsob zvolili například výrobci vozidel Hyundai a Kia, kteří vydali svůj patentovaný nástroj GIT EDR Tool; druhou variantou, a mnohými výrobci preferovanou, bylo připojit se k užívání sady Bosch CDR.

V současné době je ve Spojených státech 269 milionů registrovaných vozidel, přičemž 56 % má EDR s daty přístupnými systémem Bosch CDR. Více než 87 % vozidel modelového roku 2017 a novějších používá nástroj Bosch CDR, zbylých 12 % pak jiné nástroje (např. nástroj GIT pro Hyundai a Kia). [35] Vzhledem k majoritnímu postavení Bosch CDR (dále jen „CDR“) na trhu je v následujících kapitolách popisován postup a metody pro tuto jednotku.

#### 4.1. Metody získání nehodových dat

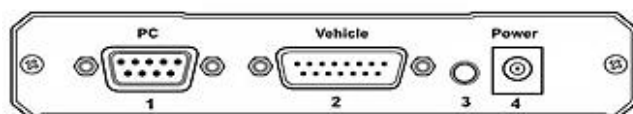
System CDR slouží k zobrazení dat EDR, která jsou uložena v řídicích modulech osobních automobilů, lehkých nákladních vozidel a SUV, nikoliv k resetování, mazání nebo úpravě těchto dat. Nástroj v podstatě vyčte hexadecimální kód, který dále přeloží na technické jednotky a informace zobrazí v textovém a grafickém formátu. Zmíněný hexadecimální kód je v podstatě kombinací číslic 1 – 9 a písmen A – F, tyto hodnoty nesou určité informace a bez kódových číselníků z nich prakticky není možné tyto informace číst. Softwarová komponenta je k dispozici ke stažení a instalaci přímo z webu Bosch Diagnostics a je tvořena programem pro provoz v prostředí Windows. Hardware je kolekce součástí včetně kabelů a adaptérů, která je proškolenými technikami používána k získání dat z podporovaných vozidel. [79]

K dispozici je hned několik metod stažení dat, přičemž obě používají sériové datové rozhraní. Použití konkrétní metody závisí na více faktorech, mezi které patří míra poškození vozidla a dostupné zdroje energie. Systémové připojení lze uskutečnit následovně:

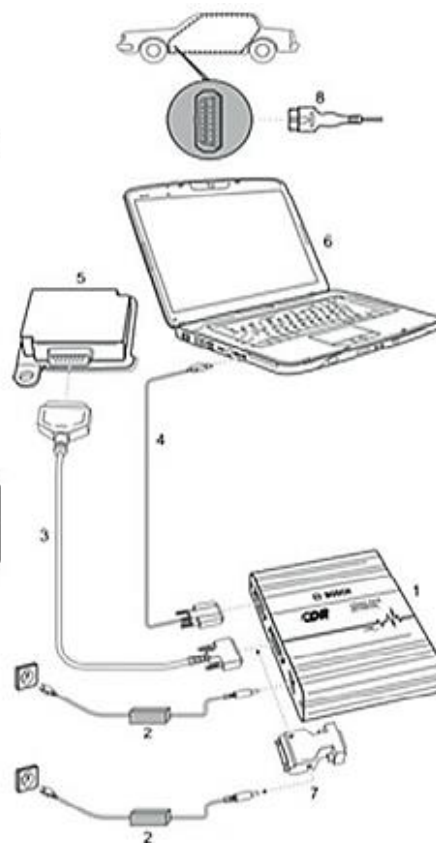
1. prostřednictvím komunikační cesty sériového připojení k diagnostickému komunikačnímu portu vozidla;
2. přímým připojením k ACM/EDR. [64] [80]

Před samotným zahájením stahování dat je důležité, abychom celý systém správně připojili. Pro připojení jednotky CDR k počítači se používá standardní 9-pinový kabel RS-232. Pro připojení CDR k ACM/EDR je pak zapotřebí speciální 15-pinová přípojka, pokud však připojujeme CDR přímo k modulu ACM, je třeba užít odpovídajícího kabelu. Napájení zajišťuje dodaný síťový zdroj nebo diagnostické rozhraní vozidla. Pokud je nástroj CDR připraven k provozu, svítí kontrolka LED zeleně. [81] Následující obrázek prezentuje příklad systémového zapojení.

- 1 Nástroj CDR
- 2 Síťový zdroj 12 Volt
- 3 Diagnostické vedení OBD nebo diagnostické vedení specifické pro vozidlo
- 4 Připojovací kabel USB/sériový (jedno nebo dvojitý)
- 5 Řídicí jednotka nebo diagnostické rozhraní vozidla
- 6 Laptop
- 7 Připojení pomocí volitelných adaptérů (Obr. jako příklad)
- 8 Nástroj CDR připojen k diagnostické zásuvce OBD-2 vozidla.



- 1 Připojka RS-232 (9-Pin)
- 2 Připojka diagnostického vedení (15-Pin)
- 3 LED napájení
- 4 Připojka napájení



Obrázek 20: Příklad schématu připojení nástroje CDR [81]

Po inicializaci softwaru CDR začíná komunikace prostřednictvím standardních příkazů. Software dále kontroluje přítomnost modulu CDR a po obdržení uspokojivé odpovědi software otevře existující soubor, nebo zahájí nový případ v závislosti na výběru vyšetřovatele.

Nástroj obecně vyžaduje před samotným stažením dat identifikační číslo vozidla (VIN). Jeho umístění se liší v závislosti na značce a modelu vozidla, mezi nejčastější místa pak patří motorový prostor vozidla, prostor pod čelním sklem, prostor dveří nebo sloupek dveří na straně řidiče. Výhody požadování VIN jsou zřejmé:

- zajištění správné interpretace dat EDR pro dané vozidlo;
- stahování je automaticky spojeno s konkrétním vozidlem, tím je zajištěna určitá transparentnost a nezaměnitelnost údajů s jiným vozidlem;
- možnost aktualizace datových souborů pro konkrétní VIN v případě aktualizace interpretačního softwaru. [82]

Kromě identifikačního čísla vozidla je vyšetřovatel povinen zadat i jiné informace o případě, jako je jméno vyšetřovatele, číslo případu, datum vyšetřování, datum havárie a komentáře (např. místo nehody a jiné podrobnosti). CDR pak odesílá příkaz výpisu odpovídající modelu

EDR. Příkaz „dump“ dále stáhne nevolatilní paměť z EDR do modulu rozhraní CDR. Tento celý proces se opakuje ještě dvakrát. Poté, co software dokončí proces načítání, data EDR jsou zanalyzována a je vygenerována zpráva CDR, ta je umístěna do dočasného souboru, který se odstraní v případě, že není explicitně uložen před ukončením programu. [83]

#### 4.1.1. Připojení skrze komunikační cesty sériového připojení k OBD II

Připojení je uskutečňováno přes standardní síťové rozhraní vozidla, přes port SAE J1962, rovněž nazývané jako diagnostický konektor vozidla (DLC) nebo konektor OBD II, ten je umístěn pod palubní deskou na straně řidiče (Obrázek 21). Jedná se o upřednostňovaný způsob stahování dat z ACM/EDR, neboť umožňuje jednotce komunikovat s jinými systémy uvnitř vozidla, které poskytují i jiné údaje, než uchovává funkce EDR. Tento přístup je rovněž opatřen zvláštním režimem, respektive bezpečnostní funkcí, která brání přístupu běžného uživatele k datům EDR. Pro tuto metodu musí být splněny dvě podmínky, jednak musí být k dispozici stejnosměrné 12 V napětí a dále je potřebný klíč zapalování. [64] [79] [80] [84]



Obrázek 21: Připojení CDR k DLC (zdroj: <https://collisionresearch.com>)

#### 4.1.2. Přímé připojení k ACM/EDR

Může se stát, že v důsledku poškození vozidla nemá technik přístup k DLC, nebo je elektrický systém vozidla nefunkční. V takovém případě je nutné přímé připojení k modulu, často je tato metoda označována rovněž jako D2M nebo DTM (z anglického „Direct to Module“). Na základě přístupu lze metodu ještě dělit na dva možné způsoby:

1. ACM/EDR ve vozidle (Obrázek 22);
2. ACM/EDR odstraněn z vozidla (Obrázek 23).





Obrázek 22: D2M připojení, modul stále ve vozidle (zdroj: <https://www.crashdatagroup.com>)

Preferovaným způsobem je nalezení modulu a zobrazení dat z ACM/EDR, který je stále přítomen ve vozidle. Pokud je však nutno vyjmout modul z vozidla, je třeba postupovat dle příslušných postupů pro demontáž a velice opatrně, neboť hrubá manipulace s modulem, který je stále připojen ke zdroji energie, může mít za následek přepsání hodnot z události blízke aktivaci airbagu. [60] [64]



Obrázek 23: D2M připojení, modul vyjmut z vozidla (zdroj: <https://www.kneifel.de>)

Dalším důvodem, proč tato metoda není preferována je skutečnost, že modul ACM existuje v různých provedeních a každé toto provedení má jedinečný konektor, respektive neexistuje standard pro konektor ACM. Pro metodu D2M existuje přes 85 různých kabelů a adaptérů pro spojení jednotky CDR a modulu (Obrázek 24). [85]



Obrázek 24: Různá provedení ACM a kompatibilní konektory [85]

## 4.2. Nástroje pro interpretaci EDR dat

V této kapitole jsou stručně rozebrána specifika konkrétních nástrojů různých výrobců, které se v současné době užívají ke čtení nehodových dat.

### 4.2.1. Bosch CDR Tool

Jak již bylo zmíněno, souprava Bosch CDR je komerčně dostupným nástrojem pro zobrazení dat od většiny výrobců vozidel. Pro představu jsou podporována tato vozidla:

- BMW (BMW, MINI, Rolls Royce);
- Daimler (Mercedes-Benz, Smart);
- Fiat Chrysler Automobiles – FCA (Alfa Romeo, Chrysler, Dodge, Fiat, Jeep, Maserati, RAM, SRT, Sterling);
- Ford (Ford, Lincoln, Mercury);
- General Motors – GM (Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC, Geo, Hummer, Isuzu, Oldsmobile, Pontiac, SAAB, Saturn);
- Honda (Acura, Honda);
- Karma Automotive;
- Mazda;
- Mitsubishi;
- Nissan (Infiniti, Nissan);
- Subaru;
- Suzuki;
- Toyota (Lexus, Scion, Toyota);



- Volkswagen Group (Audi, Bentley, Lamborghini, Pagani, Volkswagen);
- Volvo. [79]

Celý seznam podporovaných vozidel konkrétních verzí zařízení CDR je k dispozici na <https://www.boschdiagnostics.com/cdr/software-downloads>.

### Crash Data Retrieval DLC Base Kit

V současné době je stále velice hojně používána sada CDR DLC Base Kit (Obrázek 25). Jedná se o soupravu základní úrovně, která obsahuje většinu komponent potřebných k načtení dat EDR přímo z DLC podporovaných vozidel. Výše popsané postupy získávání EDR dat prostřednictvím DLC připojení používají právě tuto sadu. Ta obsahuje následující komponenty:

1. CDR modul rozhraní (w/CANplus);
2. Sériový připojovací kabel USB podle RS232;
3. Sériové připojovací vedení;
4. Připojovací vedení k zásuvce zapalovače cigaret;
5. Taška Bosch;
6. Síťový zdroj 12 V;
7. Snímatelné síťové připojovací vedení;
8. DLC kabel. [81] [94]



Obrázek 25: Sada Bosch CDR DLC Base Kit (zdroj: [www.boschdiagnostics.com](http://www.boschdiagnostics.com))

V základní CDR sadě nejsou kabely pro metodu získávání EDR dat D2M, neboť vzhledem k rozmanitosti konektorů jednotlivých ACM/ECU modulů by bylo téměř nemožné přizpůsobit sadu tak, aby vyhovovala požadavkům uživatele. Proto lze v samostatných sadách nebo jednotlivě dokoupit kabely a adaptéry CDR D2M (Obrázek 26) pro připojení nástroje přímo do modulu dle daných požadavků uživatele. [95]



Obrázek 26: CDR D2M kabely a adaptéry [95]

### CDR 900 Upgrade Kit

Nejnovější verze Bosch CDR 900 na rozdíl od předchozí podporuje vozidla Mitsubishi a Subaru a nabízí rychlejší komunikaci, než je u současného modulu rozhraní CANplus; novou hardwarovou platformu CDR a bezdrátové připojení mezi zařízením a počítačem. Hlavním podnětem pro CDR 900 jsou především změny technologie vozidel, jako například vysoce výkonné řídicí jednotky, vysokorychlostní elektrické sítě vozidel a autonomní systémy. CDR 900 používá 19-pinový konektor. Stejně tak jako předchozí verze, sada CDR 900 Upgrade Kit neobsahuje hardware pro D2M metodu. K správné interpretaci dat je dále nezbytný CDR software verze 17.8 a novější<sup>4</sup> kompatibilní s Windows 7/8/8.1/10 (32 bit a 64 bit). [79] [85] [86]

### *Komponenty CDR 900*



Obrázek 27: CDR 900 Upgrade Kit (zdroj: [www.boschdiagnostics.com](http://www.boschdiagnostics.com))

#### *1. CDR 900 VCI (Vehicle Communications Interface)*

Vysoce výkonné komunikační rozhraní s podporou aktuálních i nových diagnostických sběrnic:

<sup>4</sup> K únoru 2020 je nejaktuálnější verzí CDR v19.3 System Software.

- Starší UART protokoly;
- K-Line;
- J1850;
- CAN, Single Wire, Dual Wire, Fault Tolerant;
- Ethernet;
- CAN FD.

VCI je dále kompatibilní s adaptérem CDR 500, poskytuje bezdrátovou komunikaci, a kromě USB rozhraní nabízí integrovanou správu napájení ACM. [79] [85] [86]

#### 2. *CDR 900 napájecí a propojovací kabel*

Tento kabel zajišťuje propojení mezi jednotkou VCI a dalšími pomocnými kabely jako jsou D2M kabely, adaptér D2M pro starší kabely a DLC/OBD J1962 kabel. Rovněž zajišťuje přenos 12 V napájení do ACM pro D2M zobrazování. [79] [85] [86]

#### 3. *Adaptér pro starší kabely*

Adaptér se používá k připojení existujících (starších) kabelů CDR D2M k rozhraní CDR 900 a napájecímu kabelu. Ačkoli nové kabely CDR 900 D2M tento adaptér nevyžadují, mnoho starších kabelů CDR ho pro správnou funkci potřebuje, tak je zajištěna podpora starších vozidel u nového zařízení. [79] [85] [86]

#### 4. *DLC/OBD J1962 kabel*

Kabel J1962 se používá pro spojení rozhraní CDR 900 a DLC/OBD konektoru vozidla. Slouží pro zobrazování EDR dat prostřednictvím komunikační cesty sériového připojení k diagnostickému komunikačnímu portu vozidla. [79]

#### 5. *CDR 900 prodlužovací kabel*

Kabel slouží k prodloužení připojení DLC/OBD i D2M o 1 m. [79]

#### 6. *CDR 900 USB kabel, 3 m*

Jedná se o vysoce odolný kabel o délce 3 m, který zajišťuje stabilní propojení mezi CDR 900 a počítačem. Takové připojení je sice zajištěno bezdrátovou komunikací, nicméně pro konfiguraci, přeprogramování a registraci CDR 900 je potřebný tento kabel. [79] [85]

#### 7. CDR 900 bezdrátový 802.11n modul

Jedná se o dva moduly, které poskytují bezdrátovou komunikaci typu „point-to-point“ mezi počítačem a CDR 900. [86]

#### 4.2.2. GIT EDR pro Hyundai a Kia

Nástroj pro získávání EDR dat z vozidel Hyundai a Kia byl vytvořen společností Global Information Technology (GIT). Poprvé byl představen v roce 2012, aby vozidla prodaná těmito výrobci ve Spojených státech<sup>5</sup> po září 2012 splňovala požadavky části 563. Kia a Hyundai od modelového roku 2010 implementovali zařízení EDR, nicméně v té době ještě neexistoval komerčně dostupný nástroj ke čtení dat EDR. Empiricky však bylo zjištěno, že nástroj dokáže vyčíst data z některých vozidel modelových let 2010 – 2012. [87] [88]

Nástroje GIT pro modely Hyundai a Kia se zdají být téměř totožné, nicméně prodávají se samostatně a moduly nesmí být zaměněny. Rozhraní se na první pohled liší vnějším plastovým krytem, modrý pro Hyundai a červený pro Kia (Obrázek 28). Nástroj GIT a Bosch CDR jsou rozdílné hned v několika ohledech:

1. Nástroj GIT nevyžaduje před stažením EDR dat zadání identifikačního čísla vozidla. Je třeba zadat pouze model vozidla, modelový rok a objem motoru. Bez VIN tak nemůže být zaručeno propojení s konkrétním vozidlem a existuje určité riziko, že ve výsledné zprávě budou zkreslené informace.
2. Bosch CDR umožňuje uložení nezpracovaných hexadecimálních dat v souboru .CDRx, zatímco nástroj GIT ukládá data pouze jako soubor .pdf. Přestože jsou hexadecimální data obsažena v tomto souboru, není žádný způsob, jak zpětně interpretovat tato data. Pokud jsou pak ve výsledném protokolu objeveny drobné chyby, je systém Bosch CDR schopen interpretovat dříve načtený soubor surových dat i při vydání aktualizací softwaru. GIT v takovém případě musí znovu načíst data z modulu. Z tohoto důvodu se doporučuje uchovat modul ACM.
3. Bosch CDR zabezpečuje přístup k datům, aby se minimalizovalo riziko neoprávněné manipulace s údaji. GIT nemá žádné šifrování a po načtení souboru tato data opět podléhají riziku.

---

<sup>5</sup> Pro severoamerický trh představují vozidla Hyundai a Kia asi 9 % celkového prodeje.

4. Nástroj GIT čte data pouze jednou, poté je uloží. Bosch CDR čte data třikrát a porovnává tyto hodnoty před uložením souboru. [81] [88]



Obrázek 28: Hyundai (vlevo) a Kia (vpravo) EDR Tool (zdroj: <http://www.collisionsafety.net>)

Vyjma výše zmíněných, nástroje pro čtení EDR dat Hyundai a Kia pracují na podobném principu jako Bosch CDR. Nástroje GIT využívají metodu přístupu přes diagnostický port, i D2M metodu v případě fatálního poškození vozidla. Neexistuje žádná sada pro DLC připojení jako je tomu u Bosch CDR. Sada Hyundai se dodává se 14 kabely D2M, Kia s 15 kabely D2M. [35] [87]

#### 4.2.3. Tesla EDR

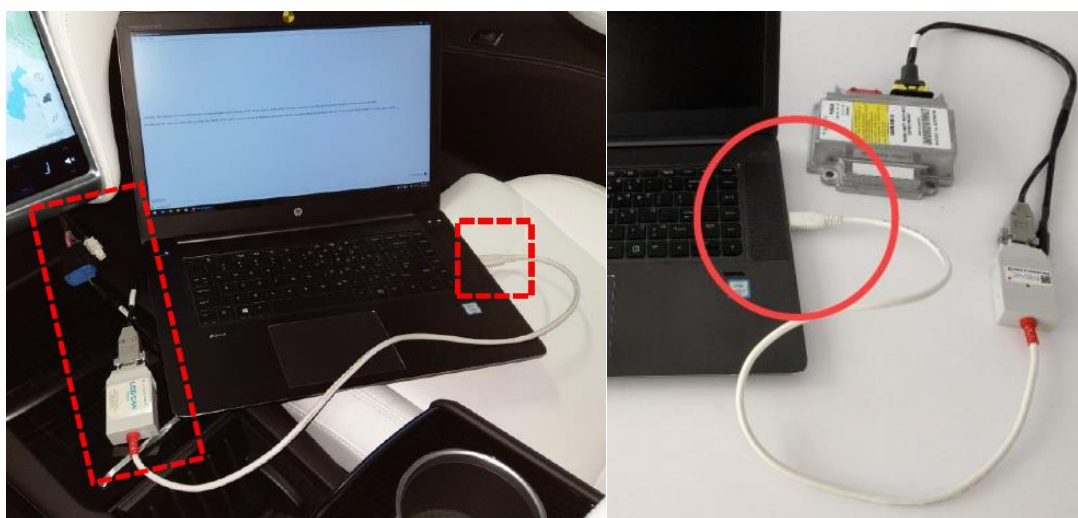
Za zmínku nepochybně stojí i systém získávání nehodových dat od výrobce Tesla. Společnost svým způsobem obešla zákon 49 CFR 563. Když se poprvé objevilo tvrzení, že Tesla nesplňuje příslušné předpisy upravující EDR ve Spojených státech, byla tato skutečnost vyvrácena argumentem, že Tesla nemá zařízení EDR, tedy tak, jak je zákonem definováno. Naopak Tesla má vlastní systém záznamu dat (ovšem funguje také jako EDR), který se neomezuje pouze na krátký interval nehodové události, ale zachycuje a ukládá data o mnohem větším objemu, a to i během jízdy. Data tak nebyla přístupná vlastníkům ani jiným orgánům, které by tyto údaje mohly využít pro další účely. V minulosti Tesla používala „datové protokoly“, jednalo se o vyčtená data z vozidla, která společnost využívala pro svoji obhajobu ve sporu s vlastníkem vozidla. Příkladem je událost, kdy majitel žaloval Teslu s tvrzením, že vozidlo samo zrychlilo, což bylo příčinou nehody. Datový protokol následně vyvrátil tento výrok důkazem o fyzickém stlačení pedálu. Změna přišla až se zákonem Driver Privacy Act of 2015, tedy zákonem o ochraně osobních údajů, ten se mimo jiné zabývá vlastnictvím zaznamenaných dat o vozidle,

příčemž tyto údaje patří vlastníkovvi vozidla, v případě pronajatého vozidla pak nájemci. Data tak nesmí být přístupná jiné osobě s několika málo výjimkami. Zákon se neomezuje pouze na EDR a jeho požadavky jsou obecně použitelné na jakoukoli formu záznamu dat o vozidle. [89] [90]

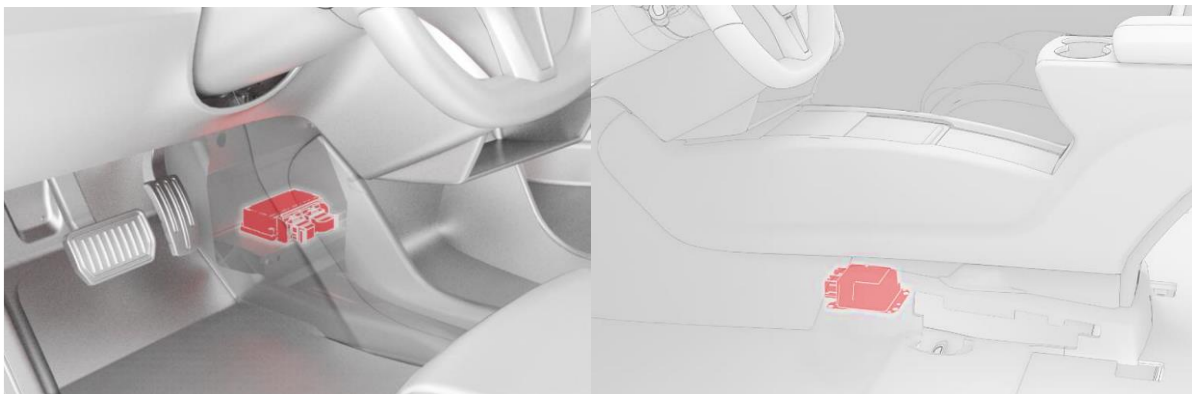
V roce 2018 Tesla vydala komerčně dostupné nástroje pro přístup k protokolům, tedy obecně řečeno údajům EDR. Společnost tak zpřístupnila informace, které vyžaduje NHTSA, záznamy z kamer autopilota, které mimo jiné zahrnují nehodové záběry, a další údaje spjaté s touto funkcí však nejsou dostupné. Všechna vozidla (Tesla Model S, Model X a Model 3) společnosti kromě původního Roadsteru jsou vybavena zařízením pro záznam nehodových dat. Data související s dynamikou vozidla a bezpečnostními systémy v okamžiku nehodové události jsou uložena v řídicím modulu zádržného systému vozidla (RCM). [91]

Přístup a získávání dat vyžaduje napájení a připojení k RCM vozidla. Stejně tak jako u Bosch CDR existují dva způsoby přístupu k modulu (Obrázek 29):

1. **Připojení k RCM ve vozidle**, které vyžaduje, aby vozidlo bylo schopné poskytnout stejnosměrné 12 V napájení RCM, a aby spojení mezi konektorem CAN a RCM bylo neporušeno. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, je třeba přistoupit k D2M metodě.
2. **D2M připojení**, přičemž u Modelu X a Modelu 3 je RCM umístěn v podlahové části vozidla, pod středovou konzolí mezi sedadly. V Modelu S je RCM umístěn na podlaze pod středovou obrazovkou (Obrázek 30). [79]



Obrázek 29: Připojení počítače s adaptérem PCAN-USB a EDR ve vozidle (vlevo) a D2M připojení (vpravo) [91]



Obrázek 30: Umístění RCM v Modelu S (vlevo) a v Modelu X (vpravo) [91]

Pro přístup k EDR datům je potřebné následující hardwarové vybavení:

- Počítač se systémem Windows (jiné operační systémy nejsou podporovány);
- PCAN-USB adaptér, který umožňuje jednoduché připojení k síti CAN, vyráběný společností Peak System;
- Vhodný kabel Tesla ze sady EDR Retrieval Hardware Kit. [91]

Co se týče softwaru, získávání dat se neobejde bez ovladačů zařízení pro PCAN-USB a programu Tesla EDR Retrieval Program, který je bezplatný a veřejně přístupný. Po načtení hodnot EDR z modulu je soubor dat uložen ve formátu s příponou *.edr*. Dále je potřebné internetové připojení a vytvořený účet MyTesla, kde se po nahrání datového souboru EDR generuje protokol ve formátu *.pdf*, kde jsou popsána zjištění z EDR. [79] [91]

#### EDR Retrieval Hardware Kit

Jedná se o profesionální sadu (Obrázek 31), která obsahuje soubor kabelů, adaptéru a napájení pro všechny modely vozidel Tesla, která mají schopnost nahrávání dat EDR.

Sada obsahuje:

1. Kabel pro Tesla Model S a Model X pro připojení k RCM ve vozidle;
2. Kabel pro Tesla Model S (starší) pro připojení k RCM ve vozidle;
3. Kabel pro Tesla Model 3 pro připojení k RCM ve vozidle;
4. Kabel D2M pro Tesla Model X a 3;
5. Kabel D2M pro Tesla Model S;
6. Jednotka zdroje střídavého napětí (100v-240v);
7. PCAN-USB adaptér;
8. Pevný ochranný kufřík. [91]





Obrázek 31: EDR Retrieval Hardware Kit (zdroj: [www.kneifel.de](http://www.kneifel.de))

#### 4.2.4. Jaguar Land Rover

Posledním zajímavým případem je získávání dat z vozidel britské nadnárodní automobilky Jaguar Land Rover. Tato vozidla jsou vybavena funkcí EDR a data následně čtena pomocí vyhrazeného softwaru, nicméně nástroj pro získávání dat pouze získá hexadecimální data, která musí být zaslána do Velké Británie pro interpretaci. V současné době jsou ustanoveni dva inženýři v New Jersey, kteří jsou kvalifikováni pro řešení EDR otázek vozidel Jaguar a Land Rover. [35]

### 4.3. Protokol CDR

Poté, co software CDR dokončí proces načítání, analyzuje data EDR a vygeneruje zprávu. Ta je uložena v proprietárním formátu s příponou *.CDRx*. Tento soubor však lze otevřít, přeložit a číst pouze programem CDR. Data mohou být převedena do souboru *.pdf* nebo *.CSV*, nicméně tyto soubory již není možné otevřít programem CDR s použitím aktuálnější verze. Často se však stává, že použití aktuálnější verze dělá problém i při načítání souboru s příponou *.CDRx*, data shromážděná starší verzí programu totiž nemusí být přeložitelná aktuální verzí. [64] [83] [92]

Protokol CDR je výstupní zprávou, tedy několikastránkovým dokumentem, jehož rozsah se liší v závislosti na případě. Záleží na počtu událostí, které byly zaznamenány a na vozidle, respektive výrobci a modelovém roce. Obvykle se pohybujeme v rozmezí 4 až 50 stran.



Vzhledem k tomu, že se ve zprávě objevují veškeré podrobné informace o nehodě, poskytuje velmi užitečná data, která mohou být použita při podrobné analýze. [64]

První strana každého protokolu je u všech případů velmi podobná, neboť obsahuje blok informací o souboru CDR, komentáře a datová omezení. (Obrázek 32) Komentáře jsou zadány technikem, datová omezení se pak liší v závislosti na modulu. Uvádíme názorný příklad první strany protokolu, kde si lze povšimnout, že se jedná o data získaná z vozidla Dodge Nitro modelového roku 2011. Z komentáře lze odvodit, že stahování dat bylo uskutečněno připojením CDR k diagnostickému komunikačnímu portu vozidla (DLC). Informace z datových omezení udávají skutečnost, že řídicí modul airbagu je zde označován jako ACM (Airbag Control Module), nicméně tento název se často liší, setkáváme se s i výše zmíněnými, např. RCM, ACU, aj. V úvodu je kladen důraz na upozornění, respektive doporučení pro správnou manipulaci s modulem, a to v případě vyjmutí z vozidla. Dále je uvedena dostupnost konkrétních datových prvků u různých vozidel a modelových roků. Další důležité informace v tomto bloku obsahuje tabulka, která definuje použití kladného znaménka pro datové prvky, které jsou ve zprávě použity. Veškeré směrové odkazy jsou z pohledu řidiče, který sedí ve vozidle ve směru jízdy dopředu. První strana obvykle uvádí i informace o počtu ukládaných událostí a limitech zaznamenávané rychlosti. [64]

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	1D4PU4GK5BW561721
User	B. Muir CDS LLC
Case Number	2011 Dodge Nitro - PSP 2018 - Baseline
EDR Data Imaging Date	10/30/2018
Crash Date	
Filename	2011 DODGE NITRO - PSP 2018 - BASELINE - 1D4PU4GK5BW561721_ACM.CDRX
Saved on	Tuesday, October 30 2018 at 09:28:14
Imaged with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 17.9.1
Imaged with Software Licensed to (Company Name)	Crash Data Specialists
Reported with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 17.9.1
Reported with Software Licensed to (Company Name)	Crash Data Specialists
EDR Device Type	Airbag Control Module
Event(s) recovered	Most Recent Event 1st Prior Event

### Comments

DLC

### Data Limitations

#### AIRBAG CONTROL MODULE (ACM) DATA LIMITATIONS:

#### GENERAL INFORMATION:

CAUTION: During direct-to-module imaging where the Airbag Control Module (ACM) is disconnected and removed from a vehicle, make sure the ACM is not moved, tilted or turned over while connected to and powered by the CDR Interface Module (with appropriate adaptors in place, where required). Also, after a CDR imaging process, wait 2 minutes after power is removed from the ACM before attempting to move the module. Not following these general ACM guidelines direct-to-module imaging could cause new events to be recorded in the ACM.

- For additional definitions, please refer to the CDR Help File Glossary.
- As the VIN may be used to determine the configuration of the restraint system, it is imperative that the correct VIN be entered into the CDR Tool during the imaging process.
- For Fiat vehicles, the "Read VIN from Vehicle" feature in the CDR Tool will not work. The VIN will have to be manually entered.
- Delta-V is first available starting with some 2010 MY vehicles.
  - On vehicles not equipped with side impact sensing, Lateral acceleration and Delta-V will not be available.
  - Lateral acceleration is also not available for the 2008-2009 MY Chrysler Town and Country/ Dodge Grand Caravan/Lancia Voyager and 2010 MY Dodge Journey and Fiat Freemont even when equipped with side impact sensing.
  - Longitudinal and Lateral Delta-V are not available for the 2010-2012 MY Chrysler Town and Country/ Dodge Grand Caravan/Lancia Voyager.
- The following table provides an explanation of the sign notation for data elements that may be included in this CDR report. All directional references to sign notation are from the perspective of the driver when seated in the vehicle facing the direction of forward vehicle travel.

Data Element Name	Positive Sign Notation Indicates
Longitudinal Acceleration	Forward
Delta-V, Longitudinal	Forward
Maximum Delta-V, Longitudinal	Forward
Lateral Acceleration	Left to Right
Delta-V, Lateral	Left to Right
Maximum Delta-V, Lateral	Left to Right
Steering Input*	Steering wheel turned counter clockwise
Angular Rate	Left to Right Rotation Clockwise rotation around the longitudinal axis
Yaw Rate**	Counter clockwise rotation

- \* The Steering Input for the following vehicles has a positive sign notation for the steering wheel turned clockwise:
- o 2006 - 2007 Grand Cherokee
  - o 2006 - 2007 Commander
  - o 2005 - 2010 300, Magnum, and Charger

Obrázek 32: Ukázka první strany protokolu CDR

Následující obrázky jsou ukázkou protokolu CDR, tedy grafické interpretace a hexadecimálních dat.



V sekci datových omezení se ostatně nachází mnoho informací, na které je třeba brát zřetel. Za zmínku nepochybně stojí i horní limity pro zaznamenanou rychlost, tedy v případě, že je limit 75 MPH, nelze vyvrátit, že se vozidlo pohybovalo rychlostí vyšší. Dalším důležitým prvkem, na který by se měl vyšetřovatel při analýze zaměřit, jsou cykly zapalování. Pokud jsou data načítána v době těsně po nehodě, cyklus zapalování v momentě nehody by se měl shodovat, případně být o jeden nižší než cyklus zapalování při vyčítání dat. (Obrázek 34) Pokud bylo nutné s vozidlem manipulovat, např. při vyjíždění z vozovky, lze zohlednit větší rozdíl cyklů. [64]

#### System Status At Deployment

SIR Warning Lamp Status	OFF
Driver's Belt Switch Circuit Status	UNBUCKLED
Passenger Belt Switch Circuit Status (If Equipped)	UNBUCKLED
Driver Seat Position Status (If Equipped)	Forward
Passenger Seat Position Status (If Equipped)	Forward
Ignition Cycles At Deployment	17713
Ignition Cycles At Investigation	17714
Maximum SDM Recorded Velocity Change (mi/h)	92.62
Algorithm Enable to Maximum SDM Recorded Velocity Change (msec)	107.5
Driver 1st Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command Criteria Met (msec)	12.5
Driver 2nd Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command Criteria Met (msec)	15
Passenger 1st Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command Criteria Met (msec)	12.5
Passenger 2nd Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command Criteria Met (msec)	N/A
Time Between Non-Deployment And Deployment Events (sec)	0.1
AOS Status at Event Enable (If Equipped)	Suppressed
Event Recording Complete	Yes

Obrázek 34: Cyklus zapalování v době nehody a při vyčítání dat [64]

Je potřeba upozornit, že komerčně dostupné nástroje pro překlad hexadecimálních dat nemohou zaručit úplnou komplexnost dekódovaných údajů. Důvodem je skutečnost, že tyto nástroje nemohou překládat všechna data v EDR. Ve výsledném protokolu se zobrazí pouze data určená výrobcem k vyhledání. Obrázek 35 zobrazuje úryvek hexadecimálních dat stažených během typického získávání dat pomocí komerčně dostupného softwaru. Pouze zvýrazněné části byly přeloženy komerčním softwarem k vytvoření protokolu. [93]

```

B600: 20 50 48 00 00 00 00 AA
B608: 00 00 00 00 00 00 00 AA
B610: 00 00 00 00 00 30 0A F9
B618: F9 F9 F9 F9 F9 F9 FF AA
B620: AA AA AA 00 AA 00 00 7D
B628: 00 00 40 0C 03 0A 0F 10
B630: 18 1D 22 29 2F 33 38 3C
B638: 40 42 43 43 43 43 43 44
B640: 44 44 43 42 42 42 42 42
B648: 42 42 2E B8 10 00 00 FF
B650: 00 55 AA AA AA 55 02 00
B658: 00 00 00 00 00 00 00 00
B660: 00 00 00 00 00 00 00 00
B668: 00 00 00 00 00 00 00 00
B670: 00 00 00 00 00 00 00 00
B678: 00 00 00 00 00 00 00 00
B680: 00 00 00 00 00 00 00 00
B688: 00 00 00 15 81 00 00 34
B690: 82 00 00 00 00 00 00 00
B698: 7D FA 00 00 7D FA 00 00
B6A0: 7D FA 00 00 7D FA 00 00
B6A8: 7D FA 00 00 00 00 00 00
B6B0: 00 00 00 00 00 00 00 00
B6B8: 00 00 00 00 00 92 6E C6
B6C0: 34 4E 1A 01 00 64 02 00
B6C8: 00 AA 00 00 00 00 01 01
B6D0: BE AD B9 B2 B9 AD BE AC

```

Obrázek 35: Přeložená hexadecimální data (zvýrazněné hodnoty) [93]

Ve zbytku nepřeloženého kódu jsou pak ukryty informace o stavu systému v době kolize, včetně údajů o komponentech, které v době události selhaly a nevykazovaly žádnou činnost. Jediným způsobem, jak získat úplný překlad dat z EDR, je obdržet záznam všech uložených hexadecimálních dat a pak ručně překládat každý řádek pomocí kódových číselníků. Ty však nejsou veřejně dostupné. Převod pouze malého množství dat však není jediným problémem. Nástroj neprovádí diagnostiku systému a nezohledňuje chybové kódy. Nevíme tedy, zda při vyčítání dat systém vozidla pracoval správně, pro představu nedovede zjistit, zda byly senzory kola kalibrovány. [93]

Existuje mnoho dalších rizik spojených s daty EDR, uvést lze opět konkrétní příklad. Jedná se o neurčitost původu dat uložených v EDR, tedy jedná-li se o data z vyšetřované nehody nebo jiné události. Vozidlo při jízdě detekuje náhlé zpomalení, systém airbagu se aktivuje a EDR začíná zaznamenávat data. Jakmile tato událost skončí a systém dokončí zápis, data jsou uložena. Vozidlo je pak ale zapojeno do další události, která má za následek nehodu, během které vozidlo ztratilo elektrickou energii ještě před uložením dat. Při stahování se pak zobrazila data z předchozí události. Není tedy jednoznačné, z jaké události data, která jsou momentálně analyzována, pochází. [93]

## 5. PRAKTICKÉ TESTOVÁNÍ SYSTÉMU CDR

Během realizace projektu VI20172020108 Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat podpořeného z programu Bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra ČR byla provedena řada praktických experimentálních měření. A to za účelem ověření současného stavu poznání a stavu techniky používané pro zjišťování, vyčítání a dekodování technických údajů z řídicí jednotky vozidla a jednotek EDR. Mezi ně patřily i dynamické nárazové zkoušky, jejichž výstupem byla vzájemné komparace výstupů z EDR s daty naměřenými nezávislým referenčním systémem, který byl pro tuto verifikaci navržen.

Testovací vozy byly vybírány se zvláštním zřetelem na možnost vyčtení nehodových dat, což není u evropských vozů samozřejmostí, a se snahou o získání vozidel vzájemně odlišných. Vyčtení dat z EDR jednotky pomocí CDR systému bylo provedeno jak před začátkem celého testovacího procesu, tak po každém provedeném testu. Stejně tak byly z řídicích jednotek načteny informace o poruchách systému vozidel pomocí zakoupených standardních servisních diagnostik, a to z důvodu celkového přehledu o stavu vozidel a zároveň funkčnosti a využitelnosti diagnostik v rámci navrhovaného pracovního postupu. Využívány byly například diagnostiky Bosch KTS 590 a TEXA Navigator Nanos.



Obrázek 36: Ilustrace testovacích vozidel (zleva Toyota RAV4, Toyota Auris, Dodge Caliber, Jeep Compass)

### 5.1. Referenční měřicí zařízení

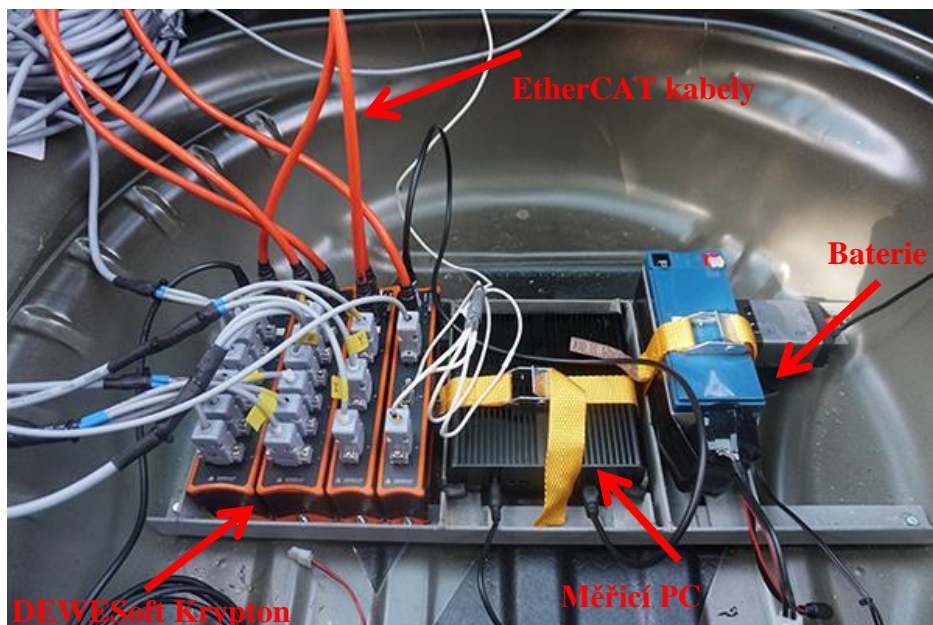
Testovací vozidla byla vybavena nezávislou měřicí soustavou skládající se z měřicí ústředny DEWESoft Krypton a jejího zdroje energie, akcelerometrů společností Kistler a Measurement Specialities, potenciometrů značky Micro-Epsilon či siloměru bezpečnostního pásu a speciálně připraveného měřicího počítače. Tato soustava je dále v textu označována jako měřicí systémem Krypton. Druhý kolizní partner byl vždy vybaven samostatným zařízením PicDAQ5 výrobce DSD.



Měřicí počítač byl zkonstruován pro využití v extrémních případech, jako jsou právě nárazové testy, není v něm tedy využito žádných otáčivých nebo volně uložených součástek. Ve zjednodušeném pohledu se jedná o základní desku vybavenou základními PC komponentami včetně síťové karty a WiFi modulu, která je zabudována do hliníkového šasi. Komunikace s tímto počítačem, kterým je měření nastavováno, softwarově prováděno a na jehož disk jsou naměřená data ukládána, probíhá pomocí bezdrátového spojení a funkce vzdálené plochy.

Ústředna Krypton byla využita ve dvou provedeních, a to dva kusy 3xSTG a dva kusy 6xSTG, dohromady tak umožnila zapojit až 18 kanálů, přičemž na každém z nich je možno měřit frekvencí až 20 kHz. Její provedení je modulární, proto bylo možno ji při testech s více než dvěma automobily rozdělit a vytvořit tak dvě na sobě nezávislé referenční soustavy. Komunikace a přenos dat mezi ústřednou a počítačem i mezi jednotlivými moduly probíhá za pomoci tzv. EtherCAT protokolu a EtherCAT kabelu, který umožňuje jak přenos dat, tak elektrické energie a zajišťuje rychlejší a bezpečnější komunikaci mezi zařízeními. Krypton byl po dobu průběhu jednotlivých testů napájen 12 V článkovou baterií.

Sestava Kryptonu, měřicího počítače a baterie byla umístěna a připevněna k železné konstrukci, jež byla pevně přichycena ke karoserii automobilu, což zobrazuje ilustrativní obrázek.



Obrázek 37: Ilustrační zapojení a upevnění měřicí soustavy

## 5.2. Nárazové testy

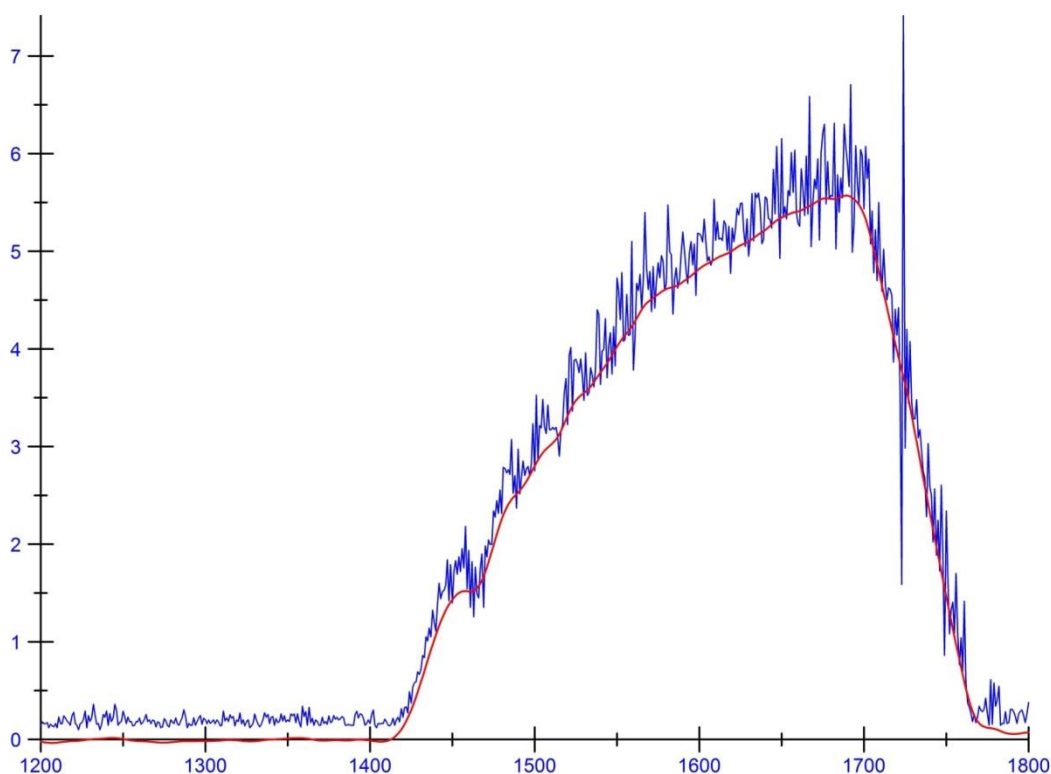
Samotné testy byly prováděny s různou konfigurací, celkově jich bylo během realizace projektu uskutečněno 12. Za účelem ověření možnosti získání dalších pro analýzu nehody významných či zajímavých údajů byl před každým testem například spuštěn stěrač předního okna, ukazatel směru či světelné výstražné znamení. Z výše uvedeného seznamu u jednotlivých vozidel je však patrné, že kromě informací o vývoji některých parametrů pohybu či zapnutí bezpečnostních pásů, aktivaci airbagů nebo vybraných funkcí (systémy ABS či ESP) nebylo možné tyto informace získat.

Zpracování dat z referenčního měřicího systému probíhalo v prostředí softwarového balíku National Instruments LabView programu DIAdem, které je určeno mimo jiné pro práci s daty podobného typu. Mezi výhody patří řada předdefinovaných funkcí zpracování signálu jako frekvenční analýza FFT, „crash“ filtry nebo jednoduché zpracování grafických výstupů.

Zjednodušeně popsaný postup prací na záznamu dynamických veličin za účel získání komparačního grafu zrychlení působícího na karoserii dle protokolu CDR a dle měřicí soustavy byl zahájen exportem dat z jednotky EDR a exportem z datového úložiště měřicí soustavy skrze programové prostředí DEWESoft X2. Následně byla data nahrána do programu DIAdem, v němž došlo k vlastnímu zpracování, přičemž prvním krokem bylo vybrání relevantního intervalu dat, neboť samotný záznam obsahoval dlouhý interval „prázdných“ záznamů před nárazem a po něm. Tato skutečnost je dána jednak potřebou zapnutí záznamu v dostatečném předstihu před samotným započítáním testu, který zahrnuje i rozjezd vozidla a získání požadované rychlosti, a jednak časovým odstupem mezi vlastním nárazem a možností ukončení záznamu, což zahrnuje i vytvoření síťového spojení mezi měřicím PC a ovládacím notebookem.

Data z akcelerometrů byla po ořezání tzv. offsetována či tárována, což je proces, při němž je k datové řadě (např. zrychlení v ose X) přičtena či odečtena konstantní hodnota, která představuje odchylku od nulové hodnoty ve chvíli, kdy je měření objekt v klidu (a měřená hodnota má být tedy rovna nule). Poté byl aplikován filtr, jehož úkolem je odstranit z dat šum. Pro data z akcelerometrů byl využit v automobilovém průmyslu standardizovaný filtr CFC60, který je uplatňován na zrychlení na karoserii automobilu.





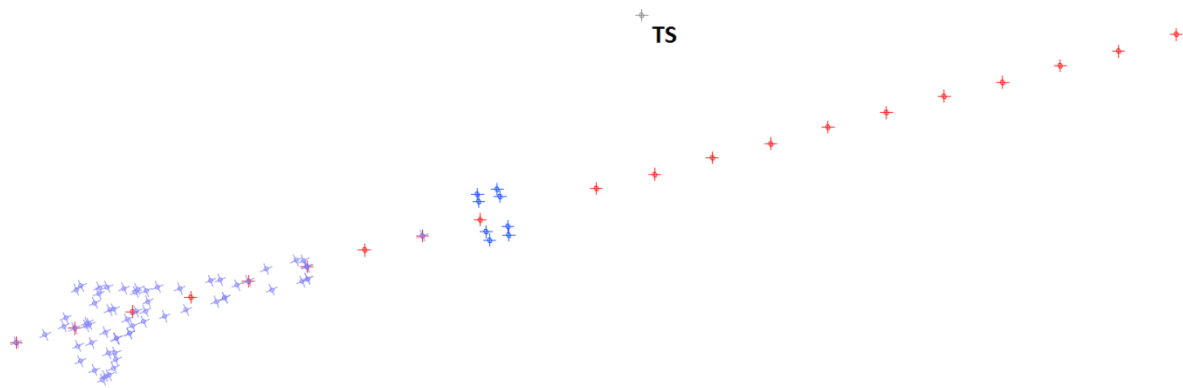
Obrázek 38: Ukázka neupravené (modrá) a offsetované, filtrované datové řady (červená)

Data z některých protokolů CDR (např. vozidel značky Toyota) musela být přepočtena, neboť v tomto případě jsou poskytovány údaje o vývoji rychlosti nikoliv zrychlení. Při znalosti délky intervalu  $\tau$  mezi dvěma záznamy jednoho měření byl použit vztah

$$a = \frac{v_{n+1} - v_n}{3,6 \cdot \tau}$$

kde  $a$  je zrychlení v  $[m.s^{-2}]$ ,  $v_n$  a  $v_{n+1}$  jsou rychlosti v  $[km/h]$  dvou po sobě následujících měřeních, konstanta 3,6 zde vystupuje z důvodu převodu mezi jednotkami. Tyto hodnoty pak již nemusely být filtrovány, na rozdíl od hodnot zrychlení, které poskytly CDR protokoly např. vozidel Jeep a Dodge. Na ně byl aplikován též filtr CFC60. Následně byly křivky zrychlení vloženy do jednoho grafu a z důvodu porovnání tvarů i hodnot vzájemně překryty.

Za účelem vyhodnocování dalších aspektů dynamických testů bylo využito geodetických měření, laserového skenování a fotogrammetrie. Geodetické zaměření počátečních a konečných poloh v průběhu testů bylo prováděno za pomoci digitální totální stanice Topcon GPT-7003i. Výstupem tak byla výběrová řídká bodová mračna s velmi vysokou mírou přesností určených poloh automobilů a stop po testech.

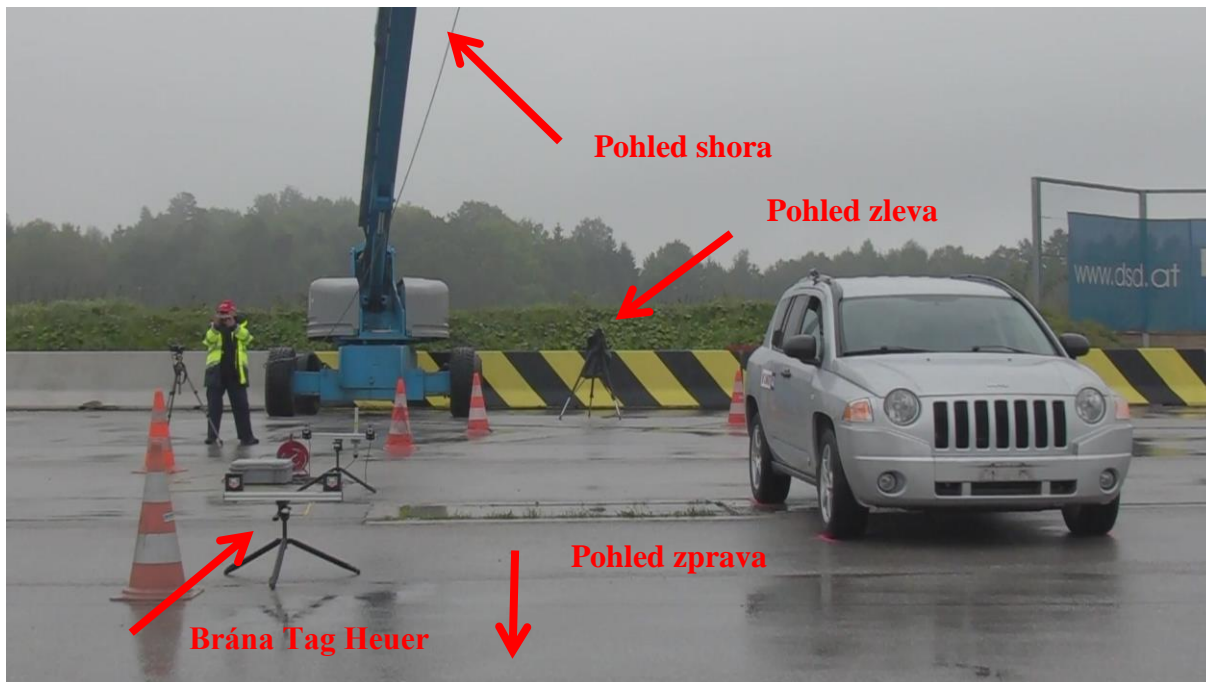


Obrázek 39: Ukázka zaměření totální stanicí (test 2017-4, výchozí i konečné polohy)

Fotogrammetrická měření byla prováděna jak ve formě pozemní fotogrammetrie, tak letecké fotogrammetrie z nízkých výšek. Pro pozemní fotogrammetrická měření byl využit full-frame digitální fotoaparát Nikon D600 s fixním objektivem Sigma s ohniskovou vzdáleností 35 mm. Primárním výstupem pozemní fotogrammetrie byla zejména dokumentace výsledných poškození na jednotlivých automobilech v průběhu testů. Letecká fotogrammetrie byla prováděna za pomoci bezpilotního prostředku DJI Phantom 4 Pro. Výstupem těchto měření byly, oproti pozemní fotogrammetrii, zejména ortografické snímky počátečních a konečných poloh při testech, které tak doplňovali data získaná za pomoci totální stanice. Výsledné snímky pořízené pro fotogrammetrické měření byla vyhodnocena za využití principů digitální obrazové korelace v programu PhotoScan od firmy Agisoft.

Za pomoci laserového scanneru FARO Focus bylo prováděno laserové skenování. Výsledná hustá bodová mračna sloužila zejména k dokumentaci celkové situace po testech a zhodnocení výsledných deformací na jednotlivých automobilech.

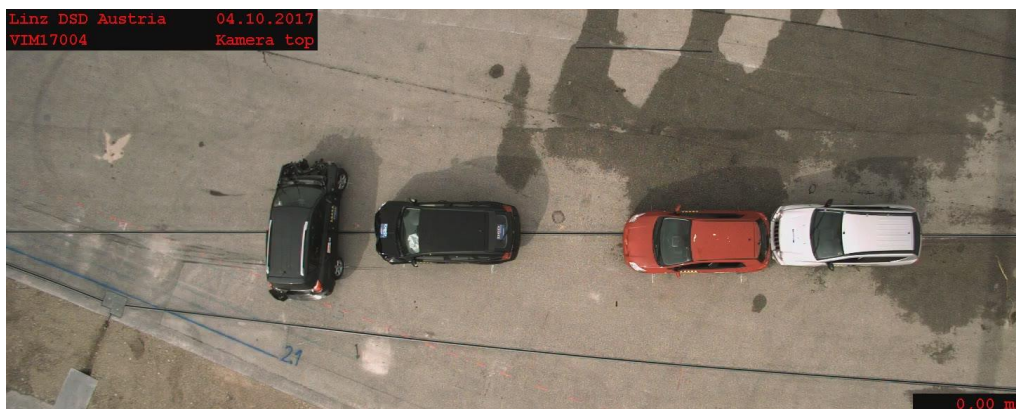
Zjištění těsně přednárazové a nárazové rychlosti bylo realizováno pomocí dvou přístupů. Přednárazová rychlost byla určována na základě snímků z rychlokamerového záznamu. Každý z crashtestů byl snímán minimálně třemi vysokorychlostními kamerami. Minimální rozlišení těchto kamer bylo 720p (tedy 1280x720px), rychlost snímání byla zvolena na alespoň 500 fps. Druhým přístupem potom bylo snímání rychlosti pomocí časové brány TAG Heuer.



Obrázek 40: Umístění rychlokamer a časové brány

### 5.2.1. Hromadná srážka

Jedná se o test simulující hromadnou havárii na komunikaci s vyšším rychlostním limitem, neboť primární nárazová rychlost byla 116,1 km/h ( $\pm 4$  km/h). Touto rychlostí naráželo vozidlo Jeep Compass do zádí vozidla Toyota Auris, které bylo ve směru pohybu Jeep stojící podélně. Před Toyotou Auris bylo ve vzdálenosti 3 m umístěno další podélně stojící vozidlo, kterým byl Dodge Caliber. Obě tato vozidla reprezentovala vozy stojící na místě dopravní nehody dříve kolidujícího vozidla Toyota RAV4, které fiktivně skončilo v konečné poloze příčně vůči směru pohybu ostatních vozidel. Dodge Caliber stál za příčně umístěným vozem ve vzdálenosti 1,2 m. Celá konfigurace je patrná na následujících snímcích.



Obrázek 41: Konfigurace testu 2017-4



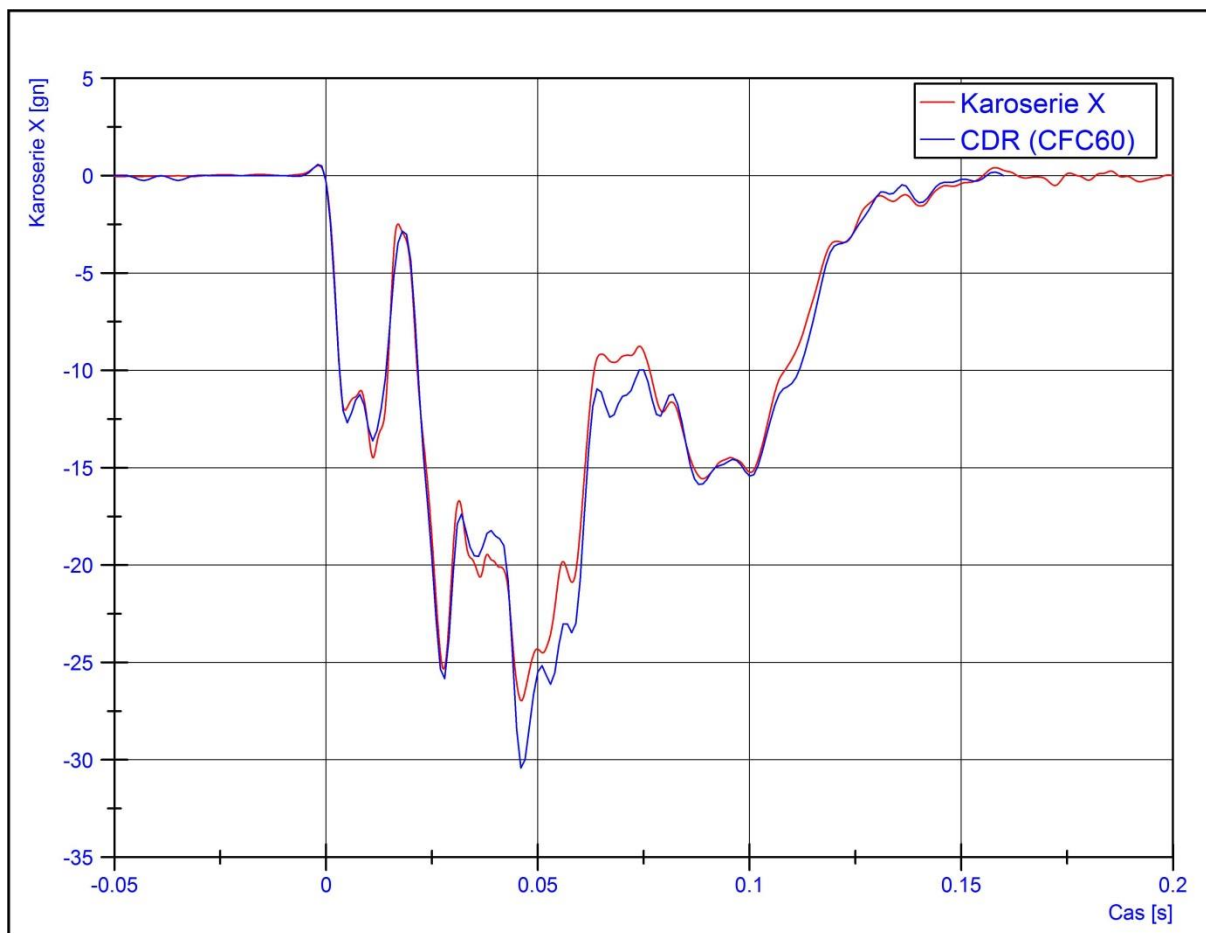
Obrázek 42: Konfigurace testu 2017-4, šikmý pohled

Pro toto měření bylo využito modulárnosti ústředny Krypton a byly vytvořeny dva nezávislé měřicí systémy, přičemž jedním byl instrumentován vůz Jeep a druhým vozidlo Toyota Auris. Zařízení PicDAQ bylo umístěno v Dodge, vozidlo Toyota RAV4 nebylo instrumentováno vzhledem k dřívějšímu vyřazení EDR z činnosti.

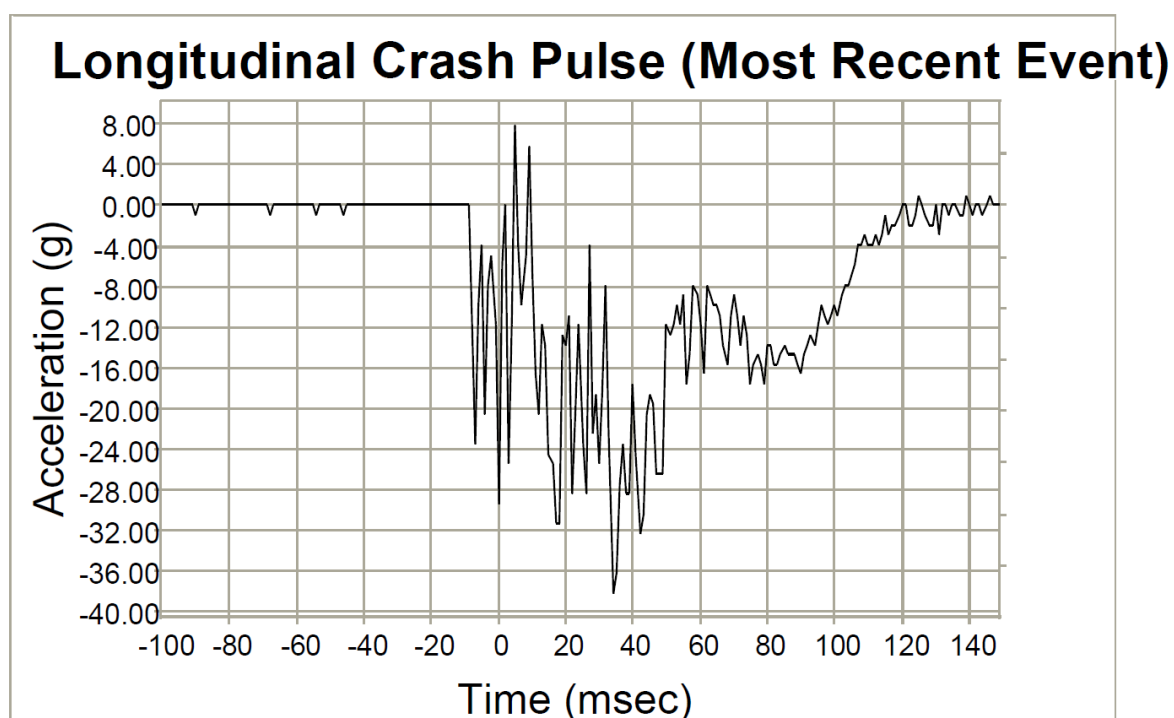
Shodou nešťastných okolností je však z tohoto hromadného nárazového testu možno provést jen jedno porovnání zaznamenaných hodnot zrychlení. Mezi tyto okolnosti patří přerušení spojení baterie a ústředny ve vozu Auris, které bylo vyvoláno silami na vozidlo působící a změnami v interiéru. Data zaznamenaná pomocí PicDAQ byla naproti tomu zašuměna natolik, že nebylo možné je pro porovnání s adekvátní vypovídající hodnotou použít.

Graf tedy ukazuje porovnání zaznamenaných průběhů zrychlení působícího na Jeep Compass dle CDR a měřicí soustavy Krypton. Podobně jako u Dodge i tento protokol kromě jiného uvádí tabulkový záznam přímo zrychlení, a to při frekvenci 1 000 Hz. Oba tyto průběhy vykazují shodný tvar křivky a k výraznější odchylce došlo jen ve dvou místech, přičemž jedním z nich však je absolutní minimum.

Následují ukázky z protokolu CDR zobrazující grafický průběh nehodového děje znázorněný zrychlením a přednehodových hodnot některých parametrů (v tomto případě otáček motoru, rychlosti a provozní brzdy).

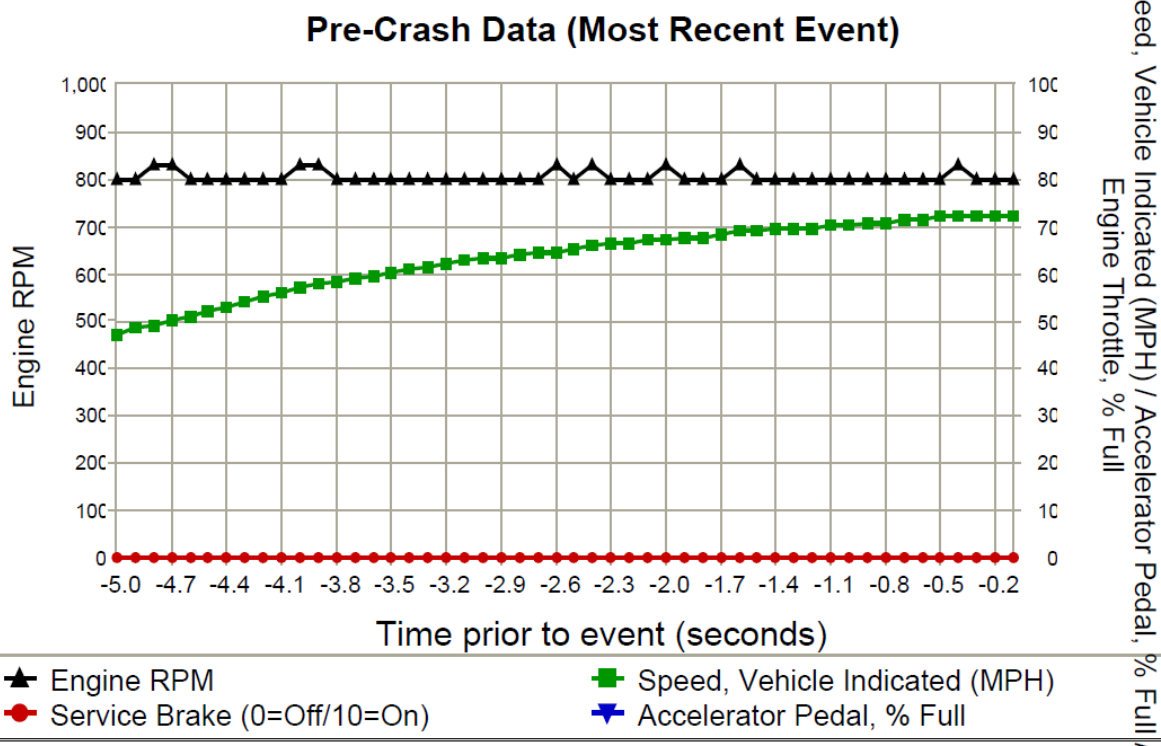


Obrázek 43: Porovnání údajů CDR (Jeep) a nezávislého měření (Krypton) – test 2017-4



Obrázek 44: Přednehodová data (grafická část) Jeep – test 4





Obrázek 45: Graf zpomalení z CDR protokolu Jeep – test 2017-4

### 5.2.2. Test s převrácením vozidla

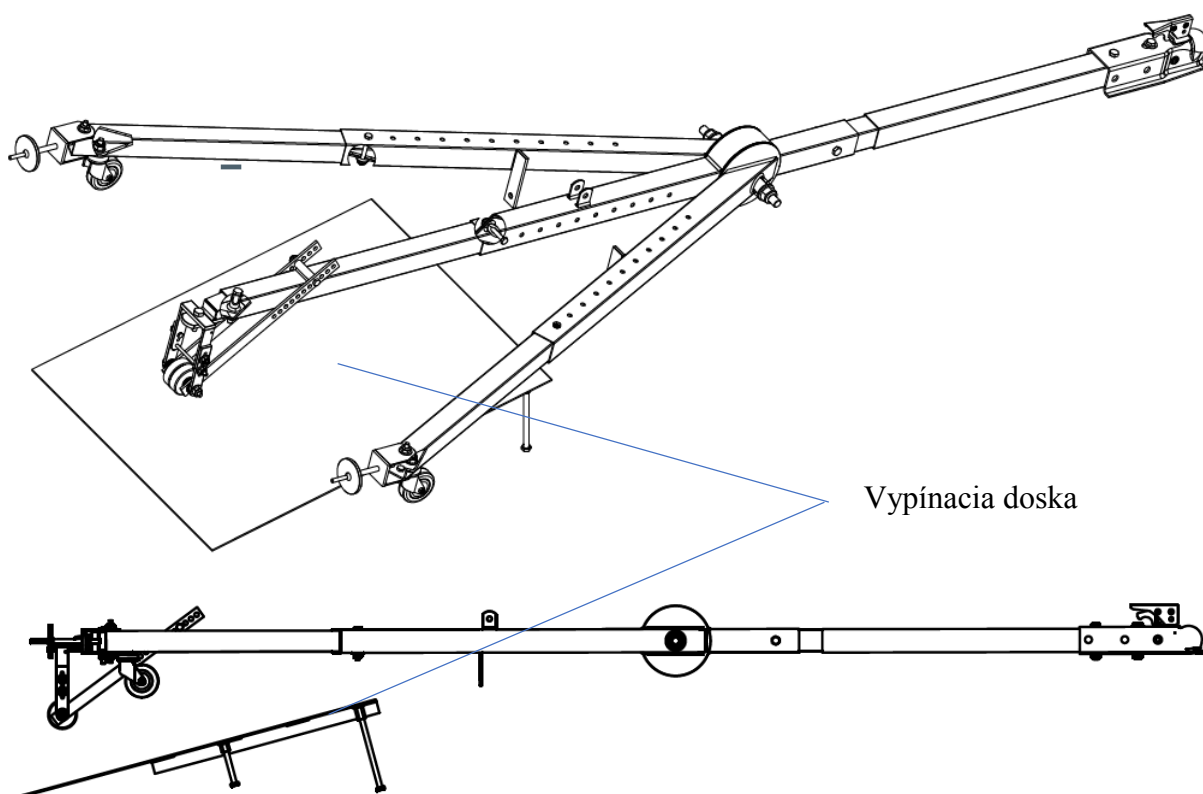
Cílem testu bylo nasimulovat nehodovou událost vozidla, které při vysoké rychlosti 97,3 km/h opustí vozovku a následně dojde k jeho převrácení. Pro test bylo použito vozidlo Toyota RAV4. Test byl proveden na uzavřené místní komunikaci v obci Vlčkovce (okr. Trnava). Komunikace splňovala podmínky pro výkon testu. Dráha potřebná pro rozjezd vozidla musela být minimálně 400 m v přímém směru. Následně měla komunikace pokračovat minimálně dalších 400 m v přímém směru. Vedle komunikace v oblasti testu byl příkop s proměnlivou hloubkou.





Obrázek 46: Místní komunikace použitá pro test

Vozidlo Toyota RAV4 bylo připevněno synchronizačním členem s automatickým vypínáním k vozidlu Seat Alhambra. Samotný synchronizační člen byl vyroben na zakázku v rámci projektu VIMOT. Celý mechanismus sestával ze synchronizačního členu, vypínací desky synchronizačního členu a mechanismu řízení vozidla po odpojení tažného a taženého vozidla.



Obrázek 47: Synchronizační mechanismus a vypínací deska

Vozidlo Seat Alhambra tažením uvedlo do pohybu vozidlo Toyota a zvýšilo jeho rychlost na požadovanou hodnotu. V místě, kde se mělo vozidlo Toyota od vozidla Seat odpojit, byla umístěna šikmá deska, po které prošlo kolečko vypínacího mechanismu, vytáhlo kolík, který spojoval obě vozidla, a tímto okamžikem se už pohybovala obě vozidla nezávisle na sobě.



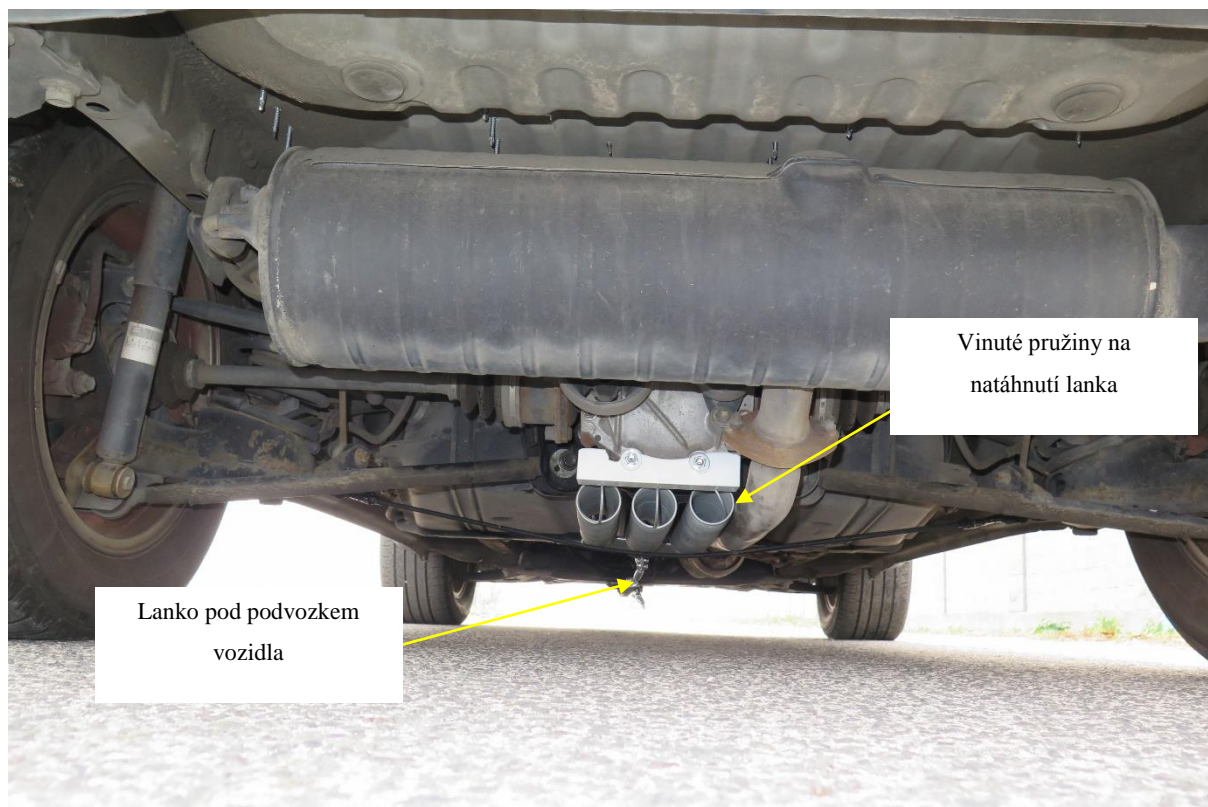
*Obrázek 48: Spojení vozidel Toyota RAV4 a Seat Alhambra roztahovacím mechanismem*



*Obrázek 49: Detail spojovacího zařízení a vypínací deska umístěná na komunikaci*

Další součástí synchronizačního členu vlečného mechanismu byl systém, který zajišťoval, že v okamžiku ihned po odpojení vozidel zatočil volant vozu Toyota vpravo. Systém zatáčení fungoval tak, že pokud byla vozidla spojena spojovacím kolíkem, bylo natažené lanko, které fixovalo v nataženém stavu 3 vinuté pružiny. Konce těchto pružin byly spojeny ocelovým lankem k volantu vozu Toyota pomocí bovdeny. Lanko bylo natočeno na připravený plechový věnec, který byl pevně spojen s volantem. V případě odpojení vozidel vinuté pružiny zatáhly namotané ocelové lanko kolem volantu, který zatočil vpravo.





Obrázek 50: Vinuté pružiny, které zabezpečovaly natočení volantu



Obrázek 51: Plechový věnec připevněný k volantu a mechanismus fixace bovdeny a ocelového lanka

Ve vozidle Toyota RAV4 byla osazena figurína dítěte, která byla za sedadlem řidiče, v dětské sedačce a byla řádně připnuta bezpečnostním pásem. Na obou předních sedadlech seděli dvě dummy figuríny, které byly nepřipoutané.



*Obrázek 52: Nepřipoutané figuríny ve vozidle*

Pro případ, že by vozidlo Toyota po odpojení od vozidla Seat pokračovalo neplánovaným a nekontrolovatelným směrem byla Toyota zajištěna dálkově ovládanou nouzovou brzdou. Tlakový zásobník byl propojen přes elektromagnetický ventil na brzdový okruh vozidla. Při otevření ventilu dojde k uvolnění tlaku z tlakové nádoby a aktivaci brzd na vozidle.





*Obrázek 53 Moment odepinání synchronizačního zařízení na vypínací desce*



*Obrázek 54 Maximální úhel natočení kol 7 metrů po odpojení vozidla*



Obrázek 55: Vozidlo opouští vozovku

Skutečná rychlost vozidla Toyota RAV4 byla vyhodnocena světelnými branami jako rychlost 97,3 km/h.

Z airbagové řídicí jednotky byly vyčítané následovné údaje. Platí pro ně, že primární náraz je označen jako „Prior Frontal/Rear Event“, následujícím je „1st Prior Frontal/Rear Event“ a posledním potom „Most Recent Frontal/Rear Event“. Pro předmětný nárazový test bylo vzhledem k jeho specifiku vybráno vozidlo, jehož EDR data by dle provedené analýzy měla obsahovat mj. i údaje o případném otočení vozidla kolem jeho osy X. V CDR protokolu jsou však uvedeny pouze tři události (s pořadovými čísly 1, 3 a 4 – událost číslo 2 byla tedy vymazána), přičemž všechny z nich byly identifikovány jako čelní/zadní náraz. Lze jen vést diskusi, zda událost č. 2 tyto údaje obsahovala.

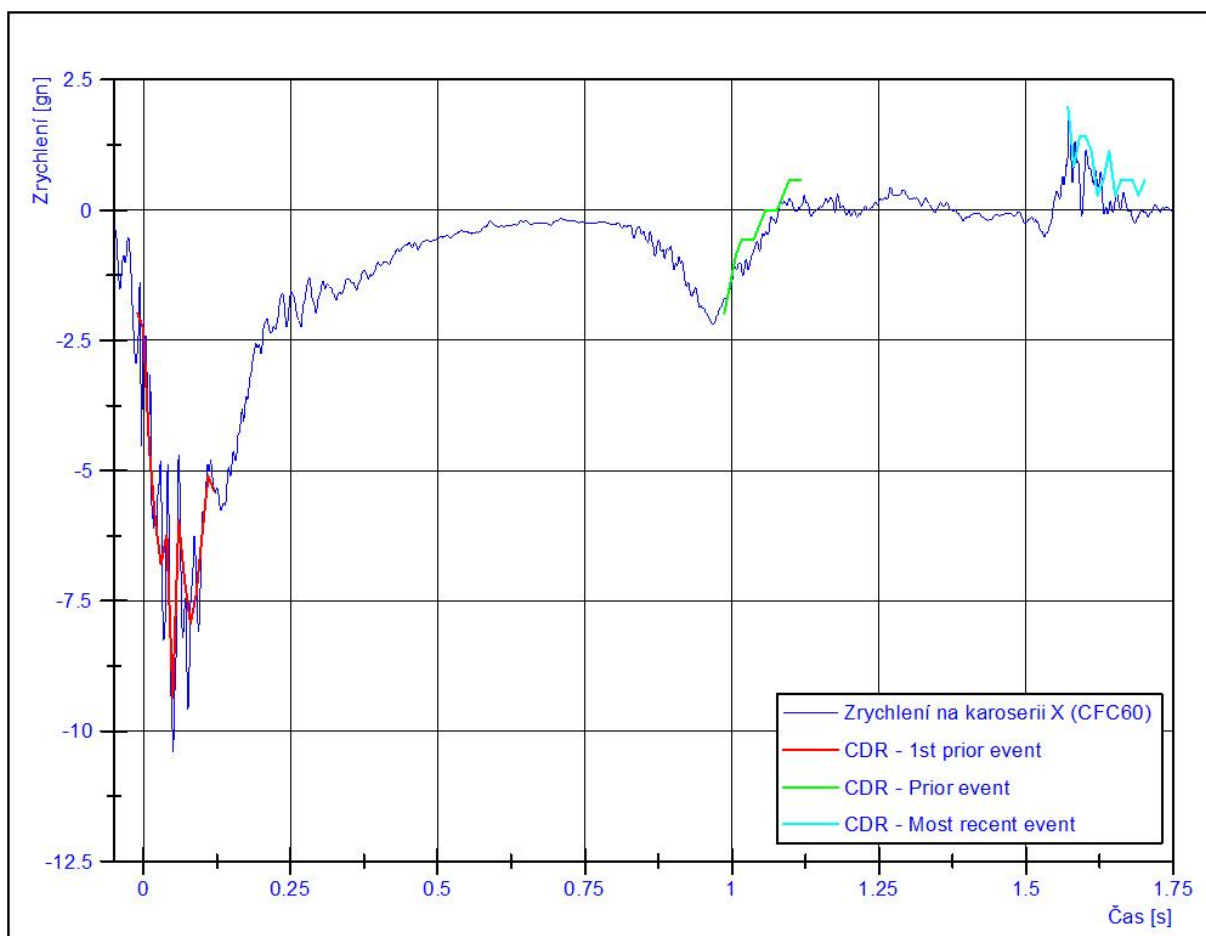
**Front/Rear Event Record Summary at Retrieval**

Events Recorded	TRG Count	Crash Type	Time (msec)	Event & Crash Pulse Data Recording Status
Most Recent Frontal/Rear Event	4	Front/Rear Crash	0	Complete (Front/Rear Page 1)
1st Prior Frontal/Rear Event	3	Front/Rear Crash	-620	Complete (Front/Rear Page 2)
Prior Frontal/Rear Event	1	Front/Rear Crash	N/A	Complete (Front/Rear Page 0)

Obrázek 56: Zapsané události v CDR protokolu

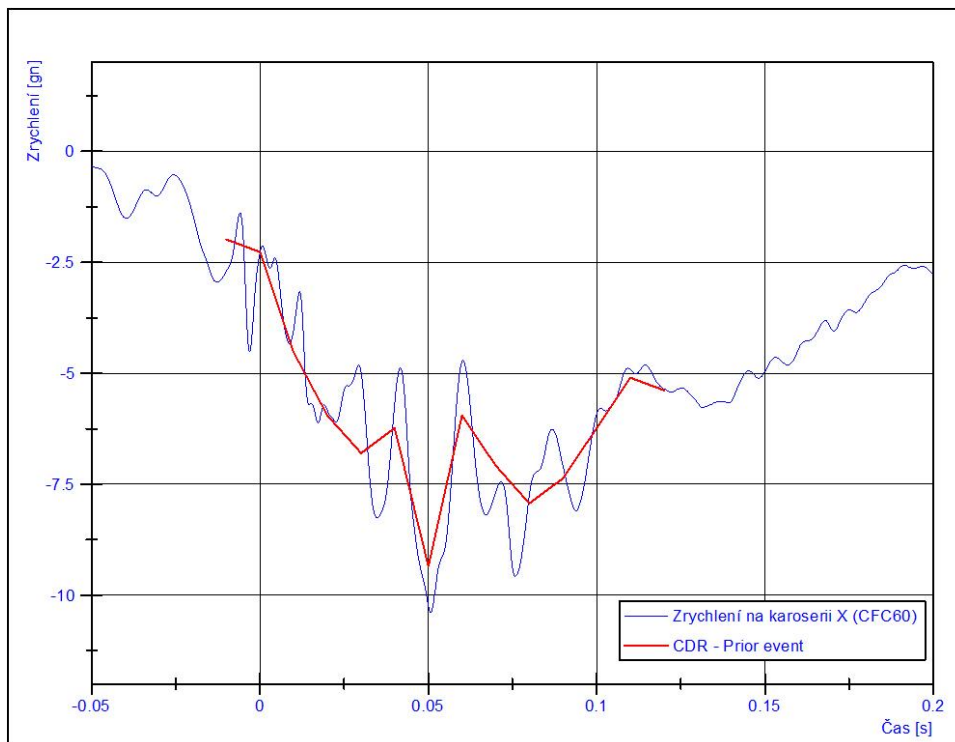


Kromě tohoto negativa je třeba uvést, že ani jedna z událostí nemá zaznamenány přednehodové údaje, ale jen 15 hodnot vývoje „delta-V“ ve fázi postřetové (do 150 ms). Porovnání průběhu dopočteného zrychlení ze zmíněné veličiny je zachyceno na následujících grafech. Ztotožnit bylo možné první náraz, který vykazuje nejvyšší hodnoty zrychlení (okolo 9 g, což je hodnota poměrně nízká, ale je třeba vzít v potaz, že kolizním partnerem byla ornice, která prudkost nárazu zmírnila), ale také největší shodu. Lokalizovat bylo možné i poslední náraz, v tomto případě odpoutání od zeminy, naopak náraz zaznamenaný jako č. 3 se neshoduje s průběhem zrychlení dle referenčního zařízení vůbec.



Obrázek 57: Porovnání průběhu zrychlení dle referenčního zařízení a EDR dat (test 4)

Následující obrázek zobrazuje relativně vysokou shodu, co do tvaru i hodnot, u primárního nárazu.



Obrázek 58: Porovnání průběhu zrychlení – primární náraz

### 5.2.3. Test s předstřetovým vybočením vozidel

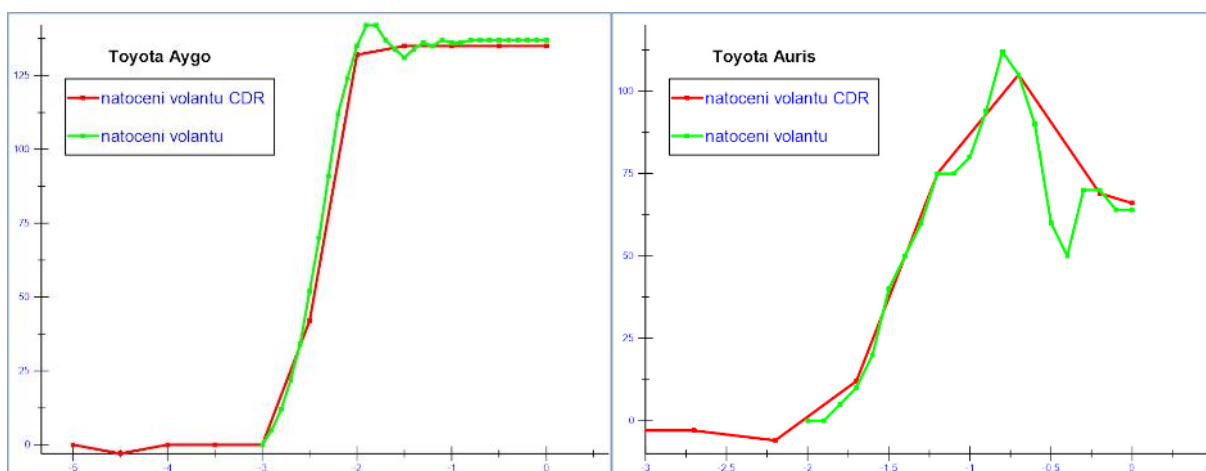
Při tomto testu došlo ke střetu mezi automobily Toyota Auris a Toyota Aygo. Oba automobily podporují EDR data včetně předstřetových údajích o natočení volantu a stáčení automobilu. Test probíhal tak, že v první fázi jely automobily za sebou (Aygo vpředu) rychlostí okolo 35 km/h. Ve finální fázi automobil Aygo zatáčí vlevo a brzdí až do zastavení. Řidič automobilu Auris také zatáčí vlevo, ale na brzdění nestačí dostatečně reagovat a dojde k nárazu do stojícího automobilu Aygo v rychlosti okolo 25 km/h.



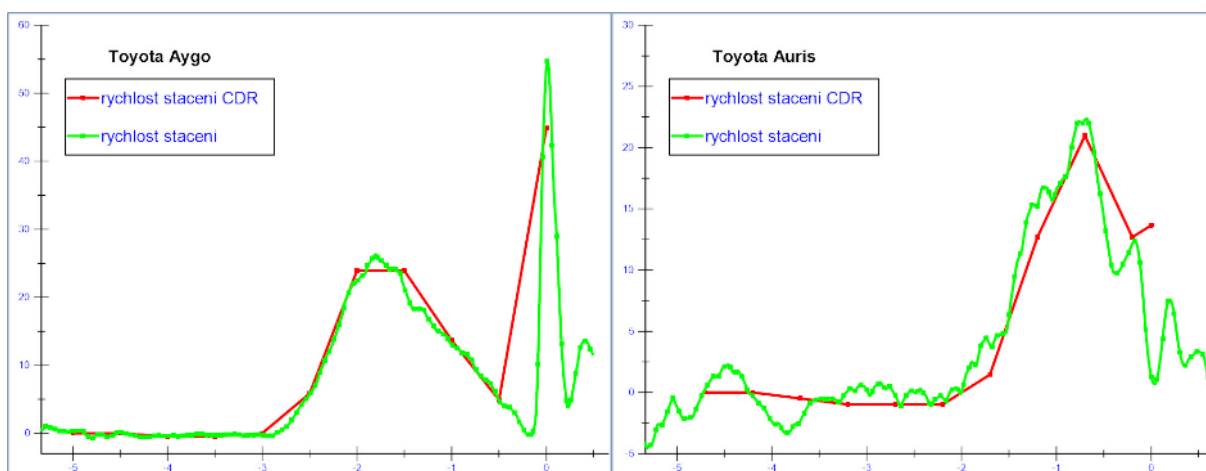
Obrázek 59: Střet Auris a Aygo

Pro určení natočení volantu bylo v každém automobilu mj. umístěno několik kamer zaznamenávajících pohyb volantu. Rychlost stáčení automobilu byla vyhodnocena z dat získaných z IMU Xsens MTi-G.

Předstřetové hodnoty z EDR dat jsou zaznamenány s frekvencí pouze 2 Hz. Na obrázcích dále lze vidět srovnání EDR hodnot s daty získaných z externích měřicích zařízení.



Obrázek 60: Srovnání natočení volantu



Obrázek 61: Srovnání rychlosti stáčení automobilu

#### 5.2.4. Test s dvěma nárazy

V dále popsaném příkladu došlo k čelnímu střetu mezi předěmi automobilu Dodge Caliber a Toyota Aygo. Automobil Toyota Aygo stál zabrzděn ruční brzdou a automobil Dodge Caliber byl roztažen na nárazovou rychlost 49 km/h. Vzájemným střetem došlo ke zpomalení automobilu Dodge na 28 km/h a ke zrychlení automobilu Aygo na 37 km/h. Následně došlo k nárazu automobilu Dodge do boku stojícího automobilu Ford Transit.



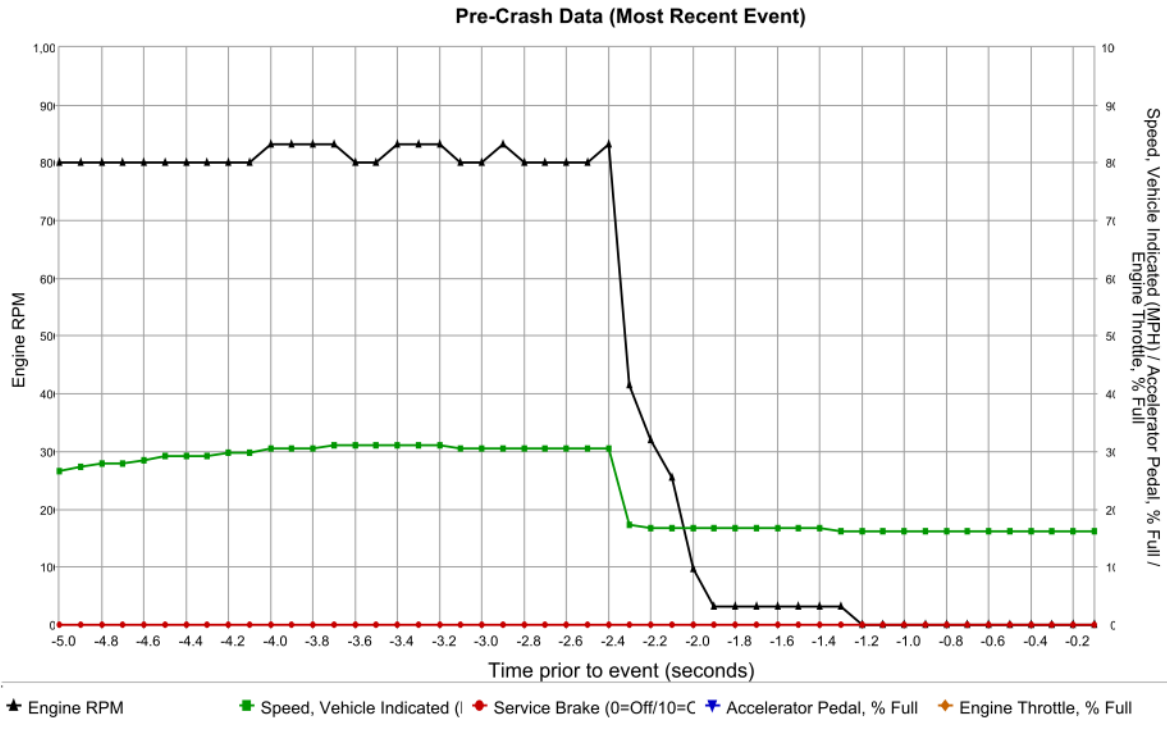
Obrázek 62: Primární střet Dodge a Aygo, čas 50 ms



Obrázek 63: Konečná poloha automobilů

Ačkoliv je automobil Dodge staršího data výroby, jeho výhodou je, že předstřetová EDR data neukládá pouze s povinnou frekvencí 2 Hz, ale s frekvencí vyšší, konkrétně 10 Hz. Po crashtestu bylo v CDR protokolu automobilu Dodge možno vyčíst 2 události. Vzhledem k tomu, že k druhému nárazu došlo do 5 s od prvního, lze z protokolu přesně určit dobu mezi dvěma nárazy (2,4 s).





Obrázek 64: Dodge předšřetové hodnoty (rychlost v mile/h)

### Pre-Crash Data (Most Recent Event - table 1 of 3)

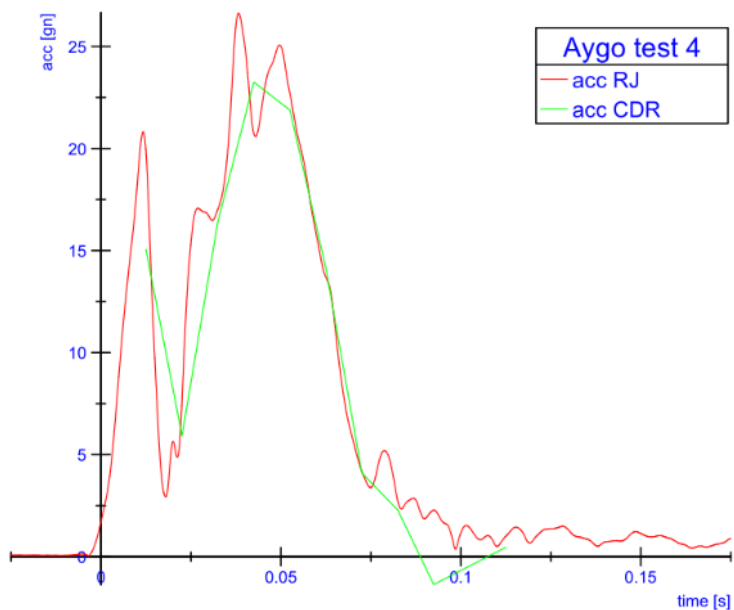
(the most recent sampled values are recorded prior to the event)

Time Stamp (sec)	Vehicle Event Recorder Status	Engine RPM	Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h])	Engine Throttle, % Full	Accelerator Pedal, % Full	Raw Manifold Pressure (kPa)	Service Brake	Brake Switch #2 Status
-5.0	Complete	800	27 [43]	SNA	SNA	97	Off	Open
-4.9	Complete	800	27 [44]	SNA	SNA	97	Off	Open
-4.8	Complete	800	28 [45]	SNA	SNA	97	Off	Open
-2.6	Complete	800	30 [49]	SNA	SNA	97	Off	Open
-2.5	Complete	800	30 [49]	SNA	SNA	97	Off	Open
-2.4	Complete	832	30 [49]	SNA	SNA	97	Off	Open
-2.3	Complete	416	17 [28]	SNA	SNA	SNA	Off	Open
-2.2	Complete	320	17 [27]	SNA	SNA	SNA	Off	Open
-2.1	Complete	256	17 [27]	SNA	SNA	94	Off	Open
-2.0	Complete	96	17 [27]	SNA	SNA	96	Off	Open
-0.5	Complete	0	16 [26]	SNA	SNA	98	Off	Open
-0.4	Complete	0	16 [26]	SNA	SNA	98	Off	Open
-0.3	Complete	0	16 [26]	SNA	SNA	98	Off	Open
-0.2	Complete	0	16 [26]	SNA	SNA	98	Off	Open
-0.1	Complete	0	16 [26]	SNA	SNA	98	Off	Open

Obrázek 65: Dodge předšřetové hodnoty (2 nárazy)

Hodnoty zrychlení z EDR dat automobilu Dodge jsou zaznamenány s frekvencí 1000 Hz, u automobilu Toyota Aygo s frekvencí 100 Hz.

Srovnání s referenčním měřením je zobrazeno na obrázcích níže. Z grafů je patrné, že hodnoty EDR odpovídají hodnotám naměřených externími měřícími zařízeními.



Obr. 15 – Toyota Aygo postřetové zrychlení

## 6. ZÁVĚR

Problematika záznamníků nehodových dat je v evropském prostředí aktuálně značně diskutovaným tématem, oproti tomu ve Spojených státech amerických data EDR již po několik desetiletí napomáhají vyšetřování příčin dopravních nehod. Použitím dat získaných z EDR jednotek je možné dosáhnout nových výsledků v rámci analýzy dopravních nehod, neboť obsahují přesné informace o kolizi, a tak mohou konkurovat dosud užívaným tradičním metodám rekonstrukce dopravních nehod.

Technologie EDR je užitečným podpůrným nástrojem pro vyšetřovatele dopravních nehod, nicméně existují další odvětví, kde lze pozorovat přínos implementace těchto jednotek. Za zmínku stojí užití záznamníků nehodových dat v trestním řízení, kde data získaná z vozidel kolize zúčastněných mohou být užita k potvrzení, nebo vyvrácení prohlášení účastníků nehod. Rovněž z psychologického hlediska lze předpokládat přínos, ať už pro vyšetřovatele, kteří získají informace o chování řidičů, tak pro řidiče samotné, kdy podvědomí o monitorování jejich reakcí může vést ke zvýšení pozornosti a rozvážnosti.

Kniha mimo jiné poskytuje podrobnou analýzu technického vývoje záznamníků nehodových dat, stejně tak jako analýzu řešerše legislativního rámce z amerického i evropského prostředí. Dále je představena technologie EDR a nástroje pro vyčítání EDR dat včetně odlišných způsobů získání a struktury obdržených informací.

Výsledky srovnání dat EDR a dat získaných referenční soustavou z praktické části ukázaly, že data EDR lze považovat za důvěryhodný zdroj informací. Mohou hrát důležitou roli při rekonstrukci nehodového děje a následném vypracování znaleckého posudku. Při takové analýze je však třeba brát v úvahu některé faktory a nedostatky, jako jsou chybějící, případně neinterpretovaná data, která mohou ovlivnit kvalitu důkazů. Je proto třeba, aby odborník při rekonstrukci nehody zvážil i další okolnosti a fakta a následně použil patřičné forenzní postupy.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vozový park v ČR stále stárne. *Svaz Dovozců Automobilů* [online]. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <http://portal.sda-cia.cz/clanek.php?id=6473&v=m>
- [2] *BESIP: Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011-2020, leden 2020* [online]. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/getattachment/Statistiky/Statistiky-nehodovosti-v-Ceske-republice/Dopravni-nehodovost-2020/20-01-NSBSP.pdf?lang=cs-CZ>
- [3] *Platforma VIZE 0* [online]. [cit. 2019-08-03]. Dostupné z: <https://www.platformavize0.cz/>
- [4] *Road accident investigation guidelines for road engineers* [online]. In: TECHNICAL COMMITTEE 3.1 ROAD SAFETY. 2013 [cit. 2019-08-04]. ISBN 978-2-84060-321-4. Dostupné z: <https://www.piarc.org/ressources/publications/7/19602,2013R07-EN.pdf>
- [5] *HaslerRail history: At a glance* [online]. [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <https://www.haslerrail.com/company/at-a-glance/>
- [6] FLAMAN, Nicolas Charles Eugene. *Apparatus for Indicating and Recording Speed*. 1901. United States. US686935. Uděleno 27. 7. 1900. Zapsáno 19. 11. 1901.
- [7] CALVERT, J. B. *Railways: History, Signalling, Engineering: Speed Recorders. Le Crocodile* [online]. 2004, 22. 5. 2004 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <http://mysite.du.edu/~jcalvert/railway/croco.htm#Spee>
- [8] *A Brief History of Event Data Recorders - In Trains, Planes, Vessels & Cars. Black Box Recovery* [online]. 2018, 24. 1. 2018 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <https://www.blackboxrecovery.com/blog/2018/1/24/a-brief-history-of-event-data-recorders-in-trains-planes-vessels-cars>
- [9] ENGBER, Daniel. *Who Made That?: Who Made That Black Box?. The New York Times Magazine*. 2014. Dostupné také z: <https://www.nytimes.com/2014/04/06/magazine/who-made-that-black-box.html>

- [10] Aircraft Electronics + Electrical Systems: Flight data and cockpit voice recorders. *Industrial-Electronics.com* [online]. [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: [http://www.industrial-electronics.com/aircraft\\_18.html](http://www.industrial-electronics.com/aircraft_18.html)
- [11] Voyage Data Recorders. *International Maritime Organization* [online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.imo.org/en/ourwork/safety/navigation/pages/vdr.aspx>
- [12] ASKLAND, Andrew. The Double Edged Sword that is the Event Data Recorder. *Temple Environmental Law and Technology Journal*. 2006, 25(1). Dostupné také z: <https://law.bepress.com/expresso/eps/1255/>
- [13] Vetronix launches Crash Data Retrieval (CDR) System. *Underhood Service*. 2000.
- [14] CHIDESTER, Augustus B., John HINCH a Thomas A. ROSTON. *Real World Experience with Event Data Recorders*. 2001. Dostupné také z: [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/real\\_world\\_experience\\_with\\_event\\_data\\_recorders.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/real_world_experience_with_event_data_recorders.pdf)
- [15] CHIDESTER, Augustus B., John HINCH, Thomas C. MERCER a Keith S. SCHULTZ. Recording Automotive Crash Event Data. *International Symposium on Transportation Recorders*. Arlington, Virginia, 1999. Dostupné také z: <https://one.nhtsa.gov/cars/problems/studies/record/chidester.htm>
- [16] KOWALICK, Thomas M. *Fatal Exit: The Automotive Black Box Debate*. John Wiley, 2004. ISBN 0471698075.
- [17] Special Crash Investigations (SCI). *NHTSA* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/research-data/special-crash-investigations-sci>
- [18] National Automotive Sampling System (NASS). *NHTSA* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/research-data/national-automotive-sampling-system-nass>
- [19] 49 CFR 563 - Event Data Recorders. In: *NHTSA*. United States: Office of the Federal Register, Government Publishing Office, 2011. Dostupné také z: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title49-vol6/xml/CFR-2018-title49-vol6-part563.xml>

- [20] *Roční zpráva za rok 2017 projektu: Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat. 2018.*
- [21] Crash Injury Research (CIREN). *National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://one.nhtsa.gov/Research/Crash-Injury-Research-\(CIREN\)](https://one.nhtsa.gov/Research/Crash-Injury-Research-(CIREN))
- [22] *Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis* [online]. Washington, D.C: Transportation Research Board, 2005 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.17226/21974. ISBN 978-0-309-43147-7.
- [23] TRUCKS AND BUS EVENT DATA WORKING GROUP. *Event Data Recorders: Summary of Findings by the NHTSA EDR Working Group; Volume II, Supplemental Findings for Trucks, Motorcoaches, and School Buses* [online]. Washington, DC, 2002 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/nhtsa\\_edrtruckbusfinal.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/nhtsa_edrtruckbusfinal.pdf)
- [24] NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. *FMVSS No. 405: Event Data Recorders (EDRs)*. 2012.
- [25] Accident Data Recorder. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-06-20]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Accident\\_data\\_recorder](https://en.wikipedia.org/wiki/Accident_data_recorder)
- [26] Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Roadside Crash Data Analysis. *The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine* [online]. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=450>
- [27] *Traffic Accident Reconstruction: Current List of Vehicles with an Event Data Recorder* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://harristechnical.com/>
- [28] KAHANE, Charles J. *A Preliminary Comparison of Seat Belt Use Coded in Crash Databases and Reported by Event Data Recorders* [online]. 2018 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812529>
- [29] *Event Data Recorder (EDR) & Data Storage System for Automated Driving (DSSAD)* [online]. [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: <http://www.oica.net/>

- [30] *Global Automotive Event Data Recorder (EDR) Market 2019-2023/ Development of Autonomous Vehicles to Boost Demand/ Technavio* [online]. June 13, 2019 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.businesswire.com/news/home/20190613005288/en/Global-Automotive-Event-Data-Recorder-EDR-Market>
- [31] FORSTER, Andreas, Christian KUHRT a Bardo PETERS. *Event Data Recorder (EDR) for Automated Driving* [online]. 2016 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: [https://www.evuonline.org/index.php/publikationen?lang=en&option=com\\_content&view=article&id=2738](https://www.evuonline.org/index.php/publikationen?lang=en&option=com_content&view=article&id=2738)
- [32] VEITAS, Viktoras Kabir a Simon DELAERE. *In-vehicle data recording, storage and access management in autonomous vehicles*. 2018.
- [33] *Data Storage System for Automated Driving: Informal document WP.29-176-17*. 2018. Dostupné také z: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/wp29/WP29-176-17e.pdf>
- [34] Vetronix Diagnostic Products. *ETAS* [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: [https://www.etas.com/en/vetronix\\_diagnostic\\_products.php](https://www.etas.com/en/vetronix_diagnostic_products.php)
- [35] RUTH, Rick. *State of EDR in the US CDR Update Oct 2018: CDR Software Level 17.9 PSP*. 2018.
- [36] *IEEE – Advancing Technology for Humanity: About IEEE* [online]. [cit. 2019-06-24]. Dostupné z: <https://www.ieee.org/about/index.html>
- [37] World's First Motor Vehicle 'Black Box' Standard Created at IEEE: Standardized Event Data Recorders for Crashes Promise to Improve Highway Safety. In: *IEEE* [online]. 2004 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/pr\\_1616.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/pr_1616.pdf)
- [38] SAPPER, Deborah, Henry CUSACK a Lisa STAES. *Evaluation of Electronic Data Recorder for Incident Investigation, Driver Performance, and Vehicle Maintenance* [online]. 2009 [cit. 2019-06-24]. Dostupné z: <https://www.nctr.usf.edu/pdf/77808.pdf>
- [39] IEEE 1616. *IEEE 1616-2004: IEEE Standard for Motor Vehicle Event Data Recorder (MVEDR)*. 02/10/2005.

- [40] IEEE 1616A. *IEEE 1616A-2010: IEEE Standard for Motor Vehicle Event Data Recorders (MVEDRs) Amendment 1: MVEDR Connector Lockout Apparatus (MVEDRCLA)*. 05/07/2010.
- [41] About SAE International. *SAE International* [online]. 2019 [cit. 2019-06-25].
- [42] 49 CFR. *Code of Federal Regulations: 49 Transportation*. 01/10/2008.
- [43] *SAE International: Event Data Recorder J1698\_201703* [online]. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: [https://www.sae.org/standards/content/j1698\\_201703/](https://www.sae.org/standards/content/j1698_201703/)
- [44] Heavy Vehicle Event Data Recorder (HVEDR) Standard - Tier 1. *SAE International* [online]. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: [https://www.sae.org/standards/content/j2728\\_201006/](https://www.sae.org/standards/content/j2728_201006/)
- [45] Driver Privacy Act of 2015. *Workplace Privacy, Data Management & Security Report* [online]. 2015 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://www.workplaceprivacyreport.com/2015/12/articles/workplace-privacy/driver-privacy-act-of-2015/>
- [46] Privacy of Data from Event Data Recorders: *State Statutes. National Conference of State Legislatures* [online]. 2018 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <http://www.ncsl.org/research/telecommunications-and-information-technology/privacy-of-data-from-event-data-recorders.aspx>
- [47] FILDES, Brian, Liam FECHNER a Astrid LINDER. *Scaling Measures and Improvement of Data Collection* [online]. November 2005 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects\\_sources/sarac2\\_1.3-4.3.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/sarac2_1.3-4.3.pdf)
- [48] SCHMIDT-COTTA, R.-R., H. STEFFAN, A. KAST, S. LABBETT a M. BRENNER. *VERONICA: Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment, Project Final Report*. 2006.
- [49] SCHMIDT-COTTA, R.-R. *VERONICA II: Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment*. 2009.



- [50] LEDOUX, Vincent, Peggy SUBIRATS, Eric VIOLETTE, Yves BONIN a Thierry SERRE. *Using event data recorder to detect road infrastructure failures from a safety point of view: AET 2014 - European Transport Conference 2014* [online]. Sep 2014 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01207860>
- [51] FRISONI, Roberta, Francesco DIONORI, Lorenzo CASULLO, Christoph VOLLATH, Michele TAVANI, Louis DEVENISH, Davide RANGHETTI a Federico SPANO. *Technical Development and Implementation of Event Data Recording in the Road Safety Policy: Study* [online]. Brussels, 2014 [cit. 2019-06-30]. Dostupné z: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/529071/IPOL\\_STU%282014%29529071\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/529071/IPOL_STU%282014%29529071_EN.pdf)
- [52] *Nářízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů)*. Praha: Verlag Dashöfer, [2018]. ISBN 978-80-87963-54-8.
- [53] *Nářízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009 ze dne 13. července 2009 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti*. [2009]. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0661&from=en>
- [54] BOT, Hans. EDR in Europe: Latest update about the new General Safety Regulation. *Eudarts-group* [online]. 2019 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://www.eudarts-group.com/edr-in-europe>
- [55] Rada pro konkurenceschopnost, 29. a 30. listopadu 2018: Hlavní výsledky. *European Council* [online]. 2018 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/meetings/compet/2018/11/29-30/>
- [56] Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles, as regards their general safety and the protection of vehicle occupants and vulnerable road users, amending Regulation (EU) 2018/... and repealing Regulations (EC) No 78/2009, (EC) No 79/2009 and (EC)

- No 661/2009. In: *Council of the European Union*. Brussels, 2018, 14467/18. Dostupné také z: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14467-2018-INIT/en/pdf>
- [57] Committee on the Internal Market and Consumer Protection: \*\*\*I Draft Report. In: *European Parliament*. 2018, 2018/0145(COD). Dostupné také z: [http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/IMCO-PR-629496\\_EN.pdf?redirect](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/IMCO-PR-629496_EN.pdf?redirect)
- [58] Procedure 2018/0145/COD. EUR-Lex: Access to European Union law [online]. [cit. 2019-07-10]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2018\\_145](https://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2018_145)
- [59] PETERMAN, David Randall a Bill CANIS. *"Black Boxes" in Passenger Vehicles: Policy Issues* [online]. July 22, 2014 [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43651.pdf>
- [60] CORREIA, Joe T., Ken A. ILIADIS, Ed S. MCCARRON a Mario A SMOLEJ. *UTILIZING DATA FROM AUTOMOTIVE EVENT DATA RECORDERS* [online]. London, Ontario, 2001 [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <http://www.hbc-consulting.com/docs/EDRs.pdf>
- [61] ANDREWS, Dennis F. a Rudy LIMPET. *ELECTRONIC CONTROL MODULE DATA IN LARGE TRUCK COLLISION ANALYSIS* [online]. PC Brake, 2013 [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <http://www.pcbrakeinc.com/epub/PCB%201-2013f.pdf>
- [62] *United States Patent: EVENT DATA RECORDER SYSTEM AND METHOD*. 2014. United States. US 8,880,281 B2. Zapsáno Nov. 4, 2014.
- [63] KIUCHI, Toru, Yuichi MOTOMURA, Hitoshi MATSUMOTO a Kunihiro MASHIKO. *Pilot Study on Advanced Automatic Collision Notification and Helicopter Emergency Medical Service System in Japan* [online]. Japan [cit. 2019-07-19]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/687f/626e33b604e950f2bf2b6b9bf84999026578.pdf>
- [64] KEAN, Steven T. *Event Data Recorder: An Overview* [online]. Virginia, 2015 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: [https://cdn.ymaws.com/mcaamn.org/resource/resmgr/files/tsrp/Resources/EDR\\_Overview\\_2-2015\\_-\\_Virgin.pdf](https://cdn.ymaws.com/mcaamn.org/resource/resmgr/files/tsrp/Resources/EDR_Overview_2-2015_-_Virgin.pdf)
- [65] BECKER, Steven. Interpreting Vehicle EDR (Black box) Data & Recognizing Errors: Expert Article. *Robson Forensic* [online]. November 11, 2011 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://www.robsonforensic.com/articles/interpreting-vehicle-edr-black-box-data-recognizing-errors-expert-article>

- [66] HENCH, David. 'Black Boxes' in cars capture data, and the truth. *Press Herald* [online]. March 2, 2015 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://www.pressherald.com/2015/03/02/black-boxes-in-cars-capture-data-and-the-truth/>
- [67] ŠTĚRBA, Pavel a Jiří ČUPERA. *Autoelektronika: elektronické systémy ve vozidlech, jejich propojení, diagnostika, základní nastavení, seřízení a ovlivnění jejich funkce*. Brno: Computer Press, 2010. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press). ISBN 9788025124147.
- [68] COUFAL, Tomáš. Ramtron představuje novou rodinu obvodů se zabudovanou FRAM pamětí a rychlým sériovým rozhraním. *Vyvoj.hw.cz* [online]. 8. červen 2007 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/ramtron-predstavuje-novou-rodinu-obvodu-se-zabudovanou-fram-pameti-a-rychlym-seriovym>
- [69] VENKATESH, Harsha a Shivendra SINGH. FRAMs in Automotive Applications. *EETimes* [online]. 07.09.15 [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: [https://www.eetimes.com/author.asp?section\\_id=36&doc\\_id=1327102](https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1327102)
- [70] NEEDHAM, P.L. Collision prevention: the role of an accident data recorder (ADR). *International Conference on Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)* [online]. IEE, 2001, 48-51 [cit. 2020-02-21]. DOI: 10.1049/cp:20010496. ISBN 0852967438. Dostupné z: [https://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp\\_20010496](https://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp_20010496)
- [71] FINCHAM, William F., Armin KAST a Richard F. LAMBOURN. The Use of a High Resolution Accident Data Recorder in the Field. *SAE Transactions: Vol. 104, Section 6: JOURNAL OF PASSENGER CARS: Part 1 (1995)*, 627-638.
- [72] Accident Data Recorder: Accident Data Recorders (ADRs) are set to be used in more championships than ever before following the development of increasingly affordable versions of this important technology by the FIA Institute and FIA Foundation. *FIA FOUNDATION* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.fiafoundation.org/our-work/motor-sport-safety/projects/accident-data-recorders>
- [73] *MoTeC: Accident Data Recorder Presentation* [online]. [cit. 2020-02-21].

- [74] ADR – Accident Data Recorder. *F1 Dictionary* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: [http://www.formula1-dictionary.net/adr\\_accident\\_data\\_recorder.html](http://www.formula1-dictionary.net/adr_accident_data_recorder.html)
- [75] *UDS-AT: Unfalldatenspeichertechnologie by SWOBODA und KAST* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <http://www.uds-at.info/>
- [76] UDS-AT Colliseum. *Colliseum.net* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.colliseum.net/wiki/UDS-AT>
- [77] *MOBATIME: DATENAUFZEICHNUNGSGERÄTE* [online]. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.mobatime.ch/de/fahrzeuggerate/datenaufzeichnungsgeraete>
- [78] *Newsletter Feuerwehrwesen Nr. 1/2010* [online]. 2010 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: [https://web.archive.org/web/20140115045755/http://www.agv-ag.ch/fileadmin/NewsletterFeuerwehr/2010-01/Pruefung\\_RAG.pdf](https://web.archive.org/web/20140115045755/http://www.agv-ag.ch/fileadmin/NewsletterFeuerwehr/2010-01/Pruefung_RAG.pdf)
- [79] *Crash Data Group* [online]. [cit. 2019-07-26]. Dostupné z: <https://www.crashdatagroup.com/>
- [80] HOUCK, Max M. *Forensic engineering*. London: Elsevier/Academic Press, [2017]. Advanced forensic science series. ISBN 978-0128027189.
- [81] *Bosch Crash Data Retrieval Tool: Původní návod k používání*. 2013. Dostupné také z: <https://www.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/czech.pdf>
- [82] HYND, David a Mike MCCARTHY. TRANSPORT RESEARCH LABORATORY. *Study on the benefits resulting from the installation of Event Data Recorders: Final Report*. European Union, 2014. ISBN 978-92-79-41307-0.
- [83] *Advances in digital forensics IV*. New York, NY: Springer, [2008]. ISBN 978-0-387-84926-3.
- [84] DUNCAN, Al. *Event Data Recorders and Collision Investigation* [online]. January 4, 2018 [cit. 2019-07-26]. Dostupné z: <https://www.warrenforensics.com/2018/01/04/event-data-recorders-and-collision-investigation/>
- [85] ROSE, Bill. *2018 European CDR Tool User Summit*. 2017.

- [86] BOSCH AUTOMOTIVE SERVICE SOLUTIONS INC. *CDR 900: User Manual*. 2018. Dostupné také z: [https://www.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/cdr\\_900\\_user\\_guide\\_en.pdf](https://www.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/cdr_900_user_guide_en.pdf)
- [87] RUTH, Richard R. a Ada TSOI. *Accuracy of Translations Obtained by 2013 GIT Tool on 2010-2012 Kia and Hyundai EDR Speed and Delta V Data in NCAP Tests*. *SAE International* [online]. 04/01/2014 [cit. 2019-07-30]. ISSN 0148-7191. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/277011488\\_Accuracy\\_of\\_translations\\_obtained\\_by\\_2013\\_GIT\\_tool\\_on\\_2010-2012\\_Kia\\_and\\_Hyundai\\_EDR\\_speed\\_and\\_delta\\_v\\_data\\_in\\_NCAP\\_tests](https://www.researchgate.net/publication/277011488_Accuracy_of_translations_obtained_by_2013_GIT_tool_on_2010-2012_Kia_and_Hyundai_EDR_speed_and_delta_v_data_in_NCAP_tests)
- [88] HAIGHT, Willet Ricketson, Shawn GYORKE a Sean HAIGHT. Hyundai and Kia Crash Data, the Indispensable Compendium. *Collision Magazine*. (8). Dostupné také z: <http://www.collisionsafety.net/wp-content/uploads/2014/02/Hyundai-and-Kia-Crash-Data-the-Indispensable-Compendium.pdf>
- [89] NIEDERMEYER, Edward. *Tesla's EDR About-Face Raises More Questions* [online]. March 6, 2018 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://dailykanban.com/2018/03/teslas-edr-face-raises-questions/>
- [90] LAMBERT, Fred. *Tesla releases new tool for people to retrieve 'blackbox data' after a crash* [online]. March 6, 2018 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/03/06/tesla-new-edr-tool-blackbox-data-crash/>
- [91] Tesla EDR User Guides. *EDR TESLA* [online]. 2018 [cit. 2019-07-31]. Dostupné z: <https://edr.tesla.com/help>
- [92] RAO, Rakshith Mukunda. *Using Event Data Recorder (EDR) data to perform What-if simulations for safety benefit analysis by reconstructing real traffic kinematics and driver behaviors*. Gothenburg, Sweden, 2017. Master's thesis. Chalmers University of Technology. Vedoucí práce Giulio Piccinini.
- [93] DANIEL, Dell'Osso. Beware the black box: The automotive black box data recorder is not infallible and its data is subject to interpretation. *Plaintiff Magazine*. 2013. Dostupné také z: [https://www.plaintiffmagazine.com/images/issues/2013/07-july/reprints/Dell-Osso\\_Beware-the-black-box\\_Plaintiff-magazine.pdf](https://www.plaintiffmagazine.com/images/issues/2013/07-july/reprints/Dell-Osso_Beware-the-black-box_Plaintiff-magazine.pdf)

- [94] BOSCH AUTOMOTIVE SERVICE SOLUTIONS INC. *CDR Crash Data Retrieval*. 2015. Dostupné také z: [https://www.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/15-93\\_cdr\\_crash\\_data\\_retrieval.pdf](https://www.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/15-93_cdr_crash_data_retrieval.pdf)
- [95] Bosch Diagnostics: D2M Kits. *Bosch Automotive Service Solutions Inc.* [online]. [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: [https://www.boschdiagnostics.com/cdr/products/field\\_category/cdr-86/field\\_category/d2m-kits-89](https://www.boschdiagnostics.com/cdr/products/field_category/cdr-86/field_category/d2m-kits-89)