

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



## **Diplomová práce**

**Monitorování nákladních vozidel v dopravě**

**Bc. Martin Tošovský**

© 2022 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Tošovský

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Monitorování nákladních vozidel v dopravě**

Název anglicky

**Monitoring of trucks in transport**

---

### Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na monitorování nákladních vozidel v dopravě. Hlavním cílem je provést testování u externích systémů detekce únavy v nákladních vozidlech při jejich běžném provozu.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé typy monitoringu nákladních vozidel,
- provést a vyhodnotit experimentální testování externích systémů detekce únavy v nákladních vozidlech a to při běžném provozu.

### Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na definování monitoringu vozidel a experimentální měření spojené s externími systémy detekce únavy. Na základě měření bude posléze provedena finanční analýza testovaných systémů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova:

- 1 Úvod
  - 2 Cíl práce
  - 3 Metodika práce
  - 4 Přehled řešené problematiky
  - 5 Vlastní řešení
  - 6 Zhodnocení výsledků
  - 7 Závěr a doporučení
  - 8 Seznam použitých zdrojů
-

9 Přílohy



### **Doporučený rozsah práce**

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

### **Klíčová slova**

detekce únavy, přejezdové váhy, kamerové systémy

---

### **Doporučené zdroje informací**

- BERAN, Tomáš. Dopravní nehody: právní rádce pro každého řidiče : [včetně návodu na poskytnutí první pomoci]. Brno: Computer Press, 2007. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press). ISBN 978-80-251-1791-0.
- DĚSI, I. Tajemný mozek. Praha: Orbis, 1976.
- OREL, M. – FACOVÁ, V. Člověk, jeho mozek a svět. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2617-5.
- PRAŠKO, J. *Chronická únava : zvládání chronického únavového syndromu*. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-139-5.
- SEDLÁK, J. *Pracovní únava*. Praha: Academia, 1981.
- SCHERRER, J. – KRISTOFORI, J. – MÁČEK, M. *Únava*. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85865-73-4.
- VLK, F. Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy : [EPS, DSC, AHS, PSM, VDC – elektronická stabilizace ASR, ASC, DTC, ETC, TCS – protikluzové systémy ABC, ACC, BAS, FLR, HDC, LDW ... a další systémy podporující řidiče]. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.
- 

### **Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

### **Vedoucí práce**

doc. Ing. Jan Hart, Ph.D.

### **Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2022

**doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2022

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 22. 11. 2022



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Monitorování nákladních vozidel v dopravě vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3.2023

---

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Janu Hartovi, PhD. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Dále bych rád poděkoval řidičům, za jejich kladný přístup a firmě Truck pool, a.s. za možnost testování.

# Monitorování nákladních vozidel v dopravě

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá monitorováním nákladních vozidel v dopravě, jejími specifickými a problematikou. Rešeršní část obsahuje ucelený přehled dané problematiky. Objasňuje podstatu telematiky, inteligentních dopravních systémů a monitoringu. Dále poukazuje na ochranu osobních údajů a legislativních vymezení. Shrnuje využití externích systémů, které umožňují monitorování vnější charakteristik vozidel, stav a využití komunikací. Kapitola interního monitoringu je zaměřena na systémy umožňující sběr informací o vozidle, nákladu i řidiči a jejich nezbytnost pro zvyšování bezpečnosti a efektivity dopravy. Dále objasňuje vznik únavy, definuje stavy s ní spojené a opatření proti řízení v ospalosti. Rovněž jsou zahrnuty statistiky o nehodovosti zapříčené únavou. V návaznosti jsou popsány systémy odhalující známky únavy, princip jejich činnosti a příklady systémů aktuálně využívaných v reálném provozu. Cílem praktické části bylo zhodnotit využitelnost externích zařízení detekce únavy v reálném prostředí. Obsahuje popis a princip na kterém testované zařízení Vuemate DL550A pracuje a postup měření. Z výsledků bylo zřejmé že změna světelných podmínek nemá na schopnost detekce pozorovatelný vliv. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při jízdě po dálnici, při které byl pohyb řidiče vozidla minimální a ztráta detekce dosáhla pouhých 2,9 %. Zároveň bylo v tomto případě naměřeno že pohled řidiče směřoval vpřed na vozovku 94,35 % času z celé jízdy. Z tohoto samého měření bylo detekováno 6 projevů zavřených očí, které trvaly déle než 920ms.

**Klíčová slova:** monitorování nákladních vozidel, detekce únavy, přejezdové váhy, kamerové systémy, sensorika, lokace, nehodovost

# Monitoring of trucks in transport

## Abstract

This thesis deals with the monitoring of freight vehicles in transportation, its specifics, and issues. The research part provides a comprehensive overview of the given issues. It explains the essence of telematics, intelligent transportation systems, and monitoring. It also points out the protection of personal data and legislative limitations. It summarizes the use of external systems that allow monitoring of vehicle characteristics, status, and communication utilization. The chapter on internal monitoring focuses on systems that enable collection of information about vehicle, cargo, driver and it's necessity for increasing the safety and efficiency of transportation. It also explains the development of fatigue, defines associated states, and measures against drowsy driving. Statistics on fatigue-related accidents are also included. In follow-up systems detecting signs of fatigue are described, including the principle of their operation and examples of systems currently used in real-world operations. The aim of the practical part was to evaluate the usability of external fatigue detection devices in a real-world environment. It includes a description and principle of operation of the tested device, Vuemate DL550A, and the measurement procedure. The results showed that changes in lighting conditions do not have an observable impact on detection capability. The best results were achieved when driving on the highway, where the driver's vehicle movement was minimal, and the detection loss reached only 2.9%. At the same time, it was measured that the driver's gaze was directed forward to the road for 94.35% of the entire trip. From the same measurement, 6 instances of closed eyes lasting longer than 920ms were detected.

**Keywords:** truck monitoring, drowsiness detection, truck scales, camera systems, sensors, location, accident rate

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl Diplomové práce.....	2
3	Metodika.....	3
4	Telematika.....	4
4.1	Využití ITS.....	4
4.2	Architektura dopravní telematiky.....	5
4.2.1	Základní rozdělení telematického systému:.....	6
4.3	Monitoring v silniční nákladní dopravě.....	6
4.3.1	Legislativní vymezení monitoringu.....	7
4.3.2	Data, informace a znalosti.....	8
4.3.3	Senzory.....	9
4.4	Externí monitoring dopravy.....	11
4.4.1	Satelitní navigační systémy.....	11
4.4.2	Videodetekce.....	13
4.4.3	Kontrola hmotnosti vozidel.....	13
4.5	Interní monitoring vozidel.....	16
4.5.1	Řídící jednotky.....	16
4.5.2	Komunikace.....	16
4.5.3	Lokátory.....	19
4.5.4	Kontrola pohonných hmot.....	20
4.5.5	Hmotnost nákladu a zatížení náprav.....	22
4.5.6	Zabezpečení vozidla a nákladu.....	23
4.5.7	Elektronická kniha jízd.....	24
4.6	Elektronické systémy vozidel.....	25
5	Únava.....	26
5.1	Pozornost.....	27
5.2	Mikrospánek.....	27
5.3	Nehodovost zapříčiněna mikrospánkem.....	29
5.4	Detekce stavu bdělosti.....	31
5.4.1	EKG a EEG.....	32
5.4.2	Pohyb volantu.....	33
5.4.3	Vychýlení pozice vozidla.....	33
5.4.4	Rychlost vozidla a akcelerace.....	33
5.4.5	Videodetekce.....	34
5.5	Systémy využívané v reálném provozu.....	36
6	Vlastní měření.....	37

6.1	Detekce obličeje.....	37
6.2	Podmínky detekce obličeje .....	37
6.2.1	Detekční systém.....	38
6.2.2	Umístění Monitorovacího zařízení .....	38
6.2.3	Detekovatelná rozmezí .....	39
6.2.4	Princip funkčnosti zařízení .....	40
6.2.5	Základní detekovatelné pozice .....	42
6.3	Metodika měření .....	43
6.3.1	Charakteristika subjektů .....	44
7	Analýza a vyhodnocení.....	45
8	Závěr .....	51
	Seznam použitých zdrojů.....	53
	Seznam obrázků.....	57
	Seznam tabulek.....	58
	Seznam grafů .....	58
	Seznam Zkratek .....	58
	Přílohy .....	59

# 1 Úvod

Z pohledu bezpečnosti a efektivity dopravy je monitorování vnějších charakteristik vozidla jako jsou rychlost, poloha, spotřeba, zatížení ale i správa údržby vozidel klíčovým faktorem. Moderní technologie umožňují monitorovat stav vozidla a detekovat potencionální problémy dříve, než způsobí nehodu. Tyto údaje jsou zároveň využívány pro optimalizaci provozu, zvýšení bezpečnosti a snížení nákladů na provoz vozového parku.

V oblasti nákladní dopravy je důležité mít k dispozici spolehlivé a efektivní nástroje pro monitorování řidičů a detekci únavy, která je jednou z hlavních příčin dopravních nehod dálkové přepravy. Bezpečnost v silniční dopravě je klíčovou oblastí zájmu pro mnoho zemí a organizací, jelikož nehody způsobené nákladními vozidly mohou mít vážné následky nejen na životech, ale také na majetku a životním prostředí. Z tohoto důvodu je v posledních době velká snaha zvýšit bezpečnost a snížit nehodovost na silnicích pomocí moderních technologií.

Monitorování a detekce únavy řidičů nákladních vozidel je jedním z nejvýznamnějších opatření pro zvýšení bezpečnosti. Únava řidičů může vést k poklesu pozornosti, zpomalení reakčních časů a narušení motorických schopností. Cílem monitorování řidiče není jen detekovat únavu, ale také snižující se pozornost řidiče na vozovku. Tento problém je nejčastěji řešen pomocí technologií, jako jsou senzory, kamerové systémy a algoritmy pro analýzu chování řidiče.

V současné době se u moderních nákladních vozidel začíná rozšiřovat vybavení integrovanými detektory únavy. Tyto technologie monitorují chování řidiče, detekují příznaky únavy a v případě nutnosti jsou schopny vyslat vizuální a akustická varování, navrhnout řidiči přestávku nebo v případě nouze převzít za řidiče kontrolu nad vozidlem a vozidlo odstavit. Externí zařízení si může uživatel zakoupit samostatně a nainstalovat do existujícího vozidla. Oba typy mají řadu výhod a nevýhod ale oba mohou být v současné době náchylné k falešným výstrahám, a to zejména když nejsou správně nastaveny.

## 2 Cíl Diplomové práce

Cílem diplomové práce je, seznámit čtenáře s problematikou monitorování nákladních vozidel v silniční dopravě. V praktické části bude provedeno experimentální testování detekce únavy v reálném provozu, jehož výsledek nám ukáže, zda je tento způsob detekce přínosný a prospěšný.

Za dílčí cíle si práce klade:

- Vytvořit přehled řešené problematiky
- Popsat možnosti monitorování a jeho legální vymezení
- Uvést základní pojmy spojené s telematikou, monitoringem, dopravní architekturou
- Popsat základní senzory využívané v dopravě
- Uvést a popsat únavu, mikrospánek a bdělost
- Uvést statistiky spojené s nehodovostí zapříčiněnou únavou
- Popsat principy detekce únavy
- Uvést aktuálně používané systémy detekce únavy
- Popsat externí zařízení detekce únavy Vuemate DL550A
- Provést měření detekce únavy ve skutečném provozu
- Vyhodit měření



### **3 Metodika**

Teoretická část práce se bude zabývat přehledem řešené problematiky. Bude založena na analýze odborné literatury a internetových zdrojů. Analýza poslouží k základnímu rozdělení v teoretické části, vyselektuje ji pomocí abstrakce na podstatné a méně významné části, které budou jen okrajově popsány a v globálním celku poukáže komplexní informace k řešené problematice.

Praktickou částí bude provázet taktéž analyzování, především bude však postavena na testování neboli zkoumání zařízení, které slouží k detekci únavy. Testování bude probíhat za provozu ve spolupráci profesionálních řidičů, jež bude nejprve třeba proškolit a seznámit se s zařízením. Řidiči budou zařízením sledováni a ze zařízení se získá záznam pro další zkoumání, vyhodnocení, porovnávání a vytvoření výsledku šetření. V praktické části bude využita i indukce, kde se předpokládá, že zkušenost řidiče se pojí s najetými kilometry a počtem let za volantem. Závěr bude obsahovat možnost implementace a návrh řešení k uvedení jednotek měření únavy do praxe.

## 4 Telematika

**Telematika** je systémově inženýrský obor, který vznikl kombinací slov telekomunikace a informatika a zároveň je tím vyjádřeno úzké pouto obou oborů. Propojením informačních a telekomunikačních technologií spolu s dopravním inženýrstvím, systémovým inženýrstvím, teorií dopravy, ekonomikami a dalšími souvisejícími odvětvími umožňuje dosáhnout optimalizace určitých činností dopravy. [1]

Dopravní telematika kombinuje informační a telekomunikační technologie spolu s dopravním inženýrstvím s cílem zvýšit přepravní výkony, bezpečnost, komfort přepravy a psychickou pohodu cestujících za využití stávající infrastruktury.[1]

Cílem inteligentních dopravních systémů (ITS) je aplikovat výše zmíněnou telematiku do dopravního inženýrství. O dopravním inženýrství lze říct že se jedná o vědní obor a technickou disciplínu, jejímž cílem je plánovat, organizovat a řídit dopravu. Cílem dopravní telematiky tedy není budování nové dopravní infrastruktury, ale výstupem správně vypracovaného telematického systému je zvýšení přepravního výkonu, omezení dopravních kongescí, zvýšení bezpečnosti a efektivnosti přepravy, komfortu stávající infrastruktury. Telematika tedy výrazně přispívá k efektivnějšímu využití existujících kapacit a bezpečnosti provozu.

Efektivní návrh ITS si vyžaduje systémový přístup k problematice, který zahrnuje využití různých komunikačních technologií, senzorů a dalších zařízení pro sběr dat, výběr architektury, hardware, způsob zpracování dat, testování, provoz a na závěr vyhodnocení výkonu hotového systému. [2]

### 4.1 Využití ITS

ITS neboli inteligentní dopravní systém, umožňuje uživatelům dopravy z různých rovin nabízet a využívat inteligentních služeb. Vztahuje se na cestující, řidiče, správce infrastruktury, dopravce, veřejnou správu, ale zejména i bezpečnostní a záchranný systém. [3]

**Služby pro cestující a řidiče** - jedná se o informace pro běžné uživatele. Zejména o informace spojené s momentálním stavem dopravních cest a spojů. Dopravní informace jsou sdělovány pomocí rádia, televize, internetu, nebo případně přímo do vozidel a navigačních systémů.

**Služby pro správce infrastruktury** - správci dopravních cest a dopravních terminálů využívají těchto systémů k monitorování kvality dopravních cest, jejich aktuálního stavu a bezpečnosti dopravního provozu.

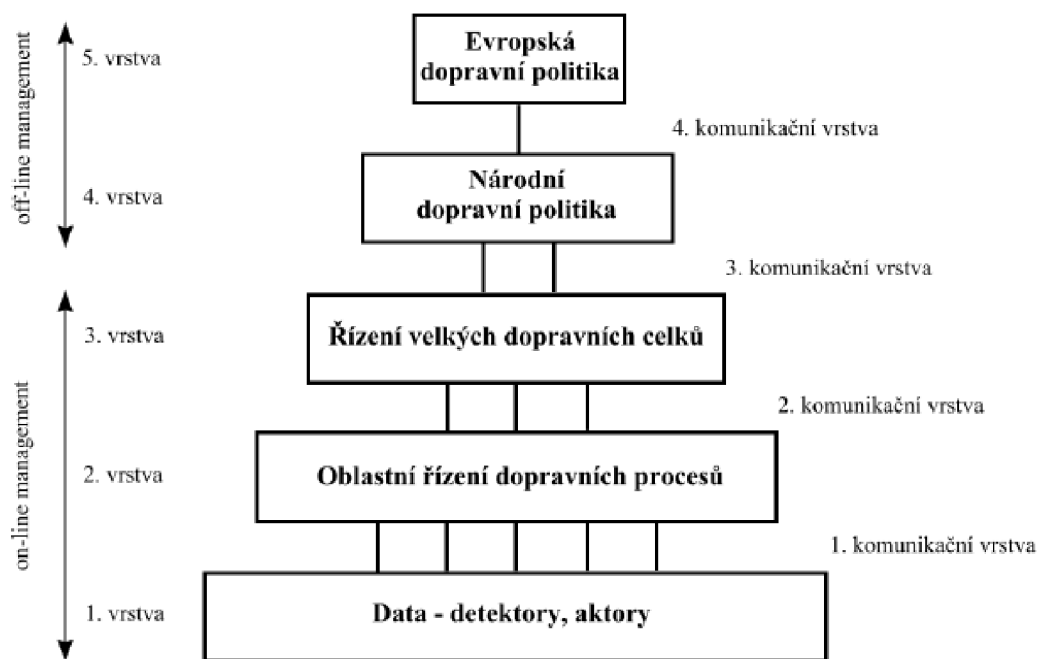
**Služby pro státní a veřejnou správu** - napojení systémů dopravní telematiky na veřejný informační systém přináší velké výhody ve vyhodnocování stávající přepravy osob a nakladu, nabízí řešení financování dopravních struktur a zejména dodává nástroje pro výkon stanovených cílů v rámci dopravní politiky měst, regionů, států atd.

**Služby pro bezpečnostní a záchranný systém** - propojení systémů zajišťuje zvýšení prevence proti vzniku vážných nehod a mimořádných situací s ekologickými následky. V případě havárií je možné pohotověji reagovat a lépe organizovat likvidaci následků.

**Služby pro provozovatele dopravy** - poskytují volbu nejvýhodnějších tras přepravy pomocí navigačních systémů. V rámci správy vozového parku poskytují možnost kontrolovat jízdní styl řidičů (ekonomiku jízdy), záznamy o údržbě vozidel, vzdálenou diagnostiku vozidel včetně okamžitých dat z řídicí jednotky vozidla. [4]

## 4.2 Architektura dopravní telematiky

**Architektura** určuje strukturu, podle které jsou realizované jednotlivé systémy ITS a zaručuje možnost propojení s dalšími systémy. Respektování těchto doporučení zajišťuje snadnou správu a údržbu systémů. Systémy jsou zároveň snadno rozšiřitelné a plní očekávání uživatelů. Existují tři základní druhy architektur, přičemž v Evropě se používá architektura Frame (FRamework Architecture Made for Europe). Frame je navržena tak aby nastínila architektonický rámec, který si jednotlivé země upravují podle svých potřeb a detailněji zapracovávají významné části dle jejich lokálních požadavků. Jednotlivé vrstvy hierarchické struktury telematických systémů je možné vidět na obrázku 1. [3; 5]



Obrázek 1 Hierarchická struktura dopravního telematického systému [4]

#### 4.2.1 Základní rozdělení telematického systému:

**Referenční** - specifikuje základní funkční prvky a procesy dopravního systému a jeho vztahy s okolním prostředím. Jedná se o přehled celého systému.

**Funkční** - definuje funkce prvků, modulů a subsystémů systému a jejich vazeb, čímž umožňuje vytváření aplikací. Jejím účelem je přehledně rozčlenit dopravní telematiku.

**Informační** - definuje standardy pro návrh informačních subsystémů, a požadavky na účel, kódování a přenos informací.

**Fyzická** - popisuje fyzická zařízení, které zajišťují funkčnost jednotlivých systému.

**Komunikační** - popisuje přenos informací mezi prvky fyzické architektury.

**Organizační** - stanovuje zásady pro vytváření struktur přiřazení významu jednotlivým úrovním zúčastněných organizací (lidský faktor). [3; 6]

### 4.3 Monitoring v silniční nákladní dopravě

Monitoring se vyskytuje téměř ve všech oblastech lidské činnosti. „*Monitoring neboli monitorování je několikastupňový víceúčelový informační systém, činnost, která na základě systematického pozorování, měření a analýz současného stavu objektu předpovídá jeho budoucí vývoj. Monitorování vozidla je činnost spočívající v zadání, v určitém čase, provozních dat na sledované logické vozidlo.*“ [4]

Velký význam má monitoring pro dopravní a přepravní společnosti, a to zejména telematika nákladní dopravy. Pro dopravní podniky je cílem využívat řidiče a vozidla co nejefektivněji, neboť obecně platí že nákladní vozidla nejsou optimálně zatěžována a nevyužívají optimalizovaných tras. Informace v tomto ohledu slouží, jako základ všeho, zejména velikost nákladů a pružnost dopravy jsou rozhodující.

Lidský faktor řidiče je nepředvídatelný a v kritických situacích může právě kvůli němu dojít k selhání. Není proto divu, že dopravní společnosti chtějí mít přehled o výkonnosti a efektivitě jejich řidičů, stylu jízdy nebo spotřebě pohonných hmot.

**Telematika** zajišťuje okamžitý sběr dat z nákladních vozidel. Informace se přenáší z telematických jednotek umístěných v kabině tahače neboli on-board unit (OBU), nebo případně z jednotek umístěných v přípojném vozidle. Tyto data jsou periodicky přenášena pomocí systémů GPRS, GSM a GPS a dále ukládána do databáze přístupné dispečerům pro užívání po přihlášení do webového portálu. [1; 6]

ITS nabízí díky různorodosti dat množství příležitostí k jejich využití. Monitorováním vozidel a přímou komunikací s řidičem je možné okamžitě lokalizovat vozidlo, sledovat jeho

trasu, stav vozidla a nákladu, počet ujetých kilometrů, spotřebu pohonných hmot apod. Společnost je díky těmto datům schopna sledovat technický stav vozidel a chování svých zaměstnanců. Sledování těchto prvků by ve svém důsledku mělo vést ke snížení nákladů společnosti, lepším zákaznickým službám, a případně k nárůstu tržeb a růstu společnosti. [3]

#### 4.3.1 Legislativní vymezení monitoringu

**Monitoring** neboli sledování, je velmi striktně zabezpečeno platnou legislativou, aby nedocházelo k narušení osobních práv, jako je svoboda a soukromí či ke zneužití dat ke sledování ať již objektu či subjektu. Zákon o ochraně osobních údajů je v souladu s právy Evropské unie i mezinárodními smlouvami. Zastřešuje ochranu osobních údajů, chrání před neoprávněným zasahováním do soukromí upravuje práva a povinnosti při zpracování osobních údajů.

Ze zákoníku práce je potřeba zmínit zákon č. 262/2006 Sb., který upravuje právní vztahy vznikající při výkonu závislé práce mezi zaměstnanci a zaměstnavateli, tedy vztahy pracovněprávní.

##### 4.3.1.1 GDPR

**Soukromí** může obecně být chápáno jako nedotknutelnost jedince, jeho integrity, vztahů s rodinou apod. nebo jen jako právo na ochranu obydlí. Neporušitelných a nezczitelných lidských práv a svobod a jako takovému mu náleží patřičná ochrana.

**Obecné nařízení** představuje nový právní rámec ochrany osobních údajů v evropském prostoru, které již od 25. května 2018 stanovuje pravidla pro zpracování osobních údajů, včetně práv subjektu. V českém právním prostředí tak Obecné nařízení nahradilo zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, resp. zákon o ochraně osobních údajů po jeho novele, bude již upravovat jen některé aspekty týkající se úřadu pro ochranu osobních údajů a některé dílčí záležitosti nutné k dotvoření celého rámce ochrany osobních údajů, které nejsou Obecným nařízením upraveny či je jím umožněno je upravit na vnitrostátní úrovni. Pro upřesnění, pokud jde o stanovení práv a povinností, není mezi obecným nařízením a zákonem rozdíl, oba právní předpisy stanovují povinnosti a práva.

Celý název je **Nařízení 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. Zkratka Obecného nařízení, se kterou se setkáváme jak v odborných textech, tak běžném hovoru pochází z angličtiny. GDPR (General Data Protection Regulation). [7; 8]

Za osobní údaje považuje GDPR následující informace vztahující se k identifikované nebo identifikovatelné fyzické osobě:

- jméno, datum narození, pohlaví, osobní stav, vzdělání
- trvalé bydliště, místo narození
- identifikační číslo, DIČ,
- číslo občanského průkazu, číslo řidičského průkazu, číslo cestovního pasu
- IP adresa, poloha, telefonní číslo
- fotografie, audio a video záznam
- náboženská příslušnost, etnický původ, politické názory, členství v odborech
- údaje o zdravotním stavu, sexuální orientaci, genetické i biometrické údaje
- trestní delikty, pravomocné odsouzení
- příjem ze zaměstnání (mzda, plat), příjem z důchodu

#### 4.3.1.2 Zákoník práce

**Zákon č. 262/2006 Sb.**, je dalším právním nástrojem vymezujícím práva spojená s ochranou svobody a práv. Specifikuje práva zaměstnanců a zaměstnavatelů.

V pracovněprávním vztahu může dojít k monitoringu, avšak pouze za plné informovanosti obou stran, například kolektivní smlouvou či jiným dodatkem pracovní smlouvy. Například v oblasti dopravy je monitoring velmi častý, běžný a potřebný. Dispečer díky GPS a příslušné aplikaci vidí, kde se řidič/vozidlo nachází, může změnit trasu či informovat příjemce o času přijetí zakázky. Monitoring nesmí nikdy zatěžovat zaměstnance a vyrušovat ho v práci. [7; 8]

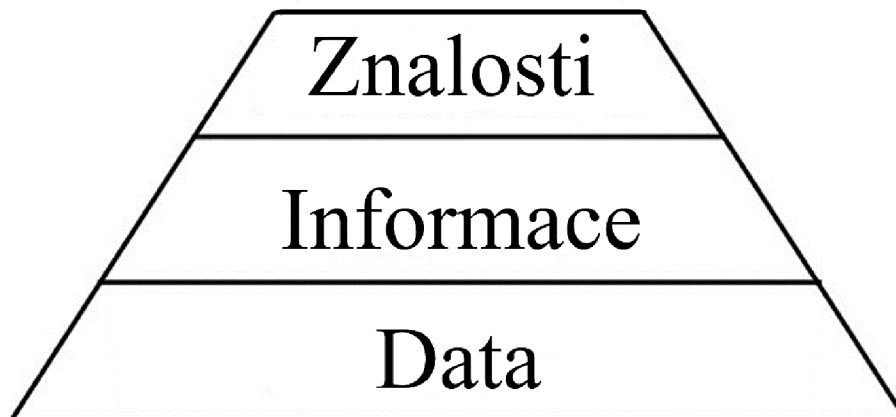
#### 4.3.2 Data, informace a znalosti

V této práci se nachází pojmy jako data, informace a znalosti. Obrázek 2 znázorňuje vztah mezi nimi jako pyramidu. Základem jsou data, která se mění v informace a skrz zpracování, interpretaci a pochopení se stávají znalostmi.

**Data** jsou jednotlivá zjištění, výsledky a jednoduché zprávy. Data je možné získat z lidské komunikace, textových zpráv či různých snímačů. Důkazy se skládají z důležitých dat nebo relevantních prvků z celkového souboru dat.

**Informace** jsou prezentovány ve formě organizované sady dat. Organizace těchto dat se provádí tříděním, klasifikací, indexováním a propojováním dat. To umožňuje zařadit datové prvky do širší perspektivy a pro pozdější vyhledávání a analýzu.

**Znalosti** vznikají na základě informací, které byly analyzovány, pochopeny a vysvětleny. Následně po pochopení poskytují znalosti stupeň porozumění statickým a dynamickým vztahům mezi datovými prvky, historickému a budoucímu chování těchto prvků. [9; 10]



*Obrázek 2 pyramida znalostí [9]*

Základní data jsou výsledkem přímého měření a popisují jednotlivá vozidla nebo stav dopravy v určitém místě. Vlastnosti popisující stav dopravního systému se vyhodnocují na základě přímo měřených parametrů. Tyto parametry se rozdělují do dvou skupin, a to absolutní a relativní. Do skupiny relativních parametrů můžeme zařadit čas příjezdu, číslo jízdního pruhu, směr jízdy, rychlost, zrychlení, prostorový rozestup vozidel, časový rozestup vozidel, celková hmotnost, zatížení náprav, počet cestujících, přítomnost přívěsu. Skupina absolutních parametrů obsahuje klasifikaci vozidla, počet náprav, celkový rozvor a rozsah náprav, délku, šířku, plochu, čelní převis, zadní převis a celkovou výšku. Výše uvedené parametry jsou měřeny pomocí specializovaných měřících systémů založených na různých senzorových technologiích. [11; 12]

### **4.3.3 Senzory**

Pro sběr dopravních dat je k dispozici velký počet technologií. Zdaleka nejvyužívanější metodou jsou indukční smyčkové detektory. V posledních letech ovšem začínají být nahrazovány či doplňovány ostatními technologiemi, které se postupně stávají cenově konkurenceschopnými. Mnoho z těchto nových technologií patří do kategorie neintrusivních metod. Senzory se nevyužívají pouze pro sledování vnějších charakteristik vozidel, ale také jako senzory asistenčních systémů. Pro nastínění se jedná například o adaptabilní tempomat či asistent jízdních pruhů nebo o systémy monitorující vnitřní stav kabiny vozidla a stav řidiče jako jsou senzory únavy. [9; 13]

Senzory dopravních proudů dělíme do dvou hlavních kategorií a to: senzory umístěné v povrchu vozovky (nebo pod ním) a na snímače umístěné nad vozovkou. První kategorie se často označuje jako intruzivní, jelikož narušují povrch vozovky, zatímco druhá je označována za neintruzivní. Mezi výhody neintruzivních detektorů patří možnost detektory snadno přemístit nebo vyměnit, není nutné narušovat povrch vozovky, v rámci instalace či údržby není nutné přerušit provoz komunikace, ale zároveň je lze využívat během rekonstrukce nebo údržby vozovky. Mezi nevýhody neintruzivních detektorů považujeme to, že mohou poskytovat nespolehlivé výsledky za nepříznivých světelných a povětrnostních podmínek. Další rozdělení senzorů je založeno na způsobu jejich funkce – aktivní a pasivní. [9; 13]

**Pasivní senzory** energii pouze přijímají (samy žádnou nevysílají). Přijatá energie je kombinací energie vyzařované a odražené do clony senzoru od motorových vozidel, cyklistů, chodců, a dalších objektů zájmu jako jsou budovy, infrastruktury komunikací, vegetace.

**Aktivní senzory** energii, jak přijímají, tak vysílají. Přijatá energie je část vysílené, která je odražena zpět do clony senzoru silnicí, vozidly, chodci a dalšími objekty zájmu. Indukční smyčky detekují vlastnosti prostředí, ve kterém se nachází, např. Indukčnost elektrického obvodu objektů v okolí smyčky. U mikrovlnných radarů a lidarů poskytuje analýza odražených signálů užitečné funkce pro klasifikaci vozidla nebo jiných užitečných vlastností zájmu. V tabulce níže jsou uvedeny jednotlivé senzorové technologie

<b>Senzory využívané v dopravě</b>			
Intruzivní		Neintruzivní	
indukční smyčky	aktivní	Videodetekce	pasivní
piezoelektrické senzory	pasivní	mikrovlnné radary	aktivní
kapacitní senzory	aktivní	laserové detektory	aktivní
odporové snímače	pasivní	ultrazvukové senzory	aktivní
tenzometrické senzory	pasivní	optické detektory	pasivní
Magnetometry	pasivní	optické závory	aktivní
magnetické detektory	pasivní	IR detektory	pasivní
optovláknové senzory	pasivní	akustické senzory	pasivní

*Tabulka 1 Senzory využívané v dopravě [13]*

Podrobné rozebrání vlastností jednotlivých druhů detekce dopravy přesahuje rámec této práce. Shrnutí výhod a nevýhod vybraných senzorů je vyobrazeno v příloze I.



## 4.4 Externí monitoring dopravy

V dnešní moderní době se pro sledování dopravy využívá téměř výhradně systémů elektronických. Důvody jsou mimořádně vysoká spolehlivost a životnost ve spojitosti s relativně nízkými ekonomickými náklady na jejich pořízení a údržbu. Mezi základní a standardizované ale zároveň stále technicky moderní prvky patří zejména satelitní navigační systémy, další elektronické a optické systémy pro monitorování dopravy.

Externího monitoringu využívají nejen dopravci ale zejména veřejné instituce a stát pro kontrolu a přehled nad využitím a zatížením infrastruktury. Příkladem mohou silnice I. třídy a dálniční úseky na kterých je u vozidel s hmotností převyšující 3,5 tuny vybíráno mýtné. Tento systém v České republice využívá kombinace satelitních systémů a mýtných bran pro doplňkovou kontrolu. Informace o pohybu vozidla jsou poskytovány jak poskytovateli mýtného systému, tak dopravci.

### 4.4.1 Satelitní navigační systémy

**Nepřetržité sledování** vozidla, řidiče a nákladu je jednou ze základních funkcí každého telematického systému. Živá mapa, která zobrazuje polohu všech vozidel se u současných systémů běžně aktualizuje každé 2 sekundy. Dispečerovi to pak umožňuje sledování okamžité i historické rychlosti vozidel, jejich tras, míst zastavení či dobu volnoběhu. Díky tomu dokáže dispečer včas řidiči poradit s objížděkami, kde nejlépe natankovat či prediktivně zastavit k odpočinku podle pravidel AETR (zbývajícího výkonu řidiče). [14; 15]

**Data** o poloze nejsou důležité jen pro dopravní firmu ale také pro cílového zákazníka, který chce být informován o současném stavu zakázky. V současné době je čím dál více upřednostňováno zásobování Just-in-time, což klade velké nároky na dispečera. Ten musí zajistit, aby vozidlo v přesně stanoveném intervalu RTA (requested time of arrival), neboli vykládkovém okně dorazilo k vykládce. S tím pomáhají navigační telematické systémy, které dokáží vypočítat tzv. ETA (estimated time of arrival), v překladu předpokládaný dojezdový čas pomocí dat o hustotě dopravy posbíraných okamžitě i v delším časovém horizontu. Dispečer tak snáze naplánuje ideální trasu a v případě nepředvídatelné události dokáže přeplánovat trasu nebo zákazníka upozornit na zpoždění. Tato schopnost zároveň dokáže dopravci ušetřit peníze na pokutách za nedodržení RTA. [16; 17; 6]

**Satelitní navigační systémy** tvoří značnou skupinu technických zařízení používaných v dopravě. Z principu se pojí s předponou globální, jelikož k provozu je vždy vyžadován jeden z celosvětových družicových systémů označovaných GNSS (Globální navigační satelitní systém). Hlavním účelem systémů GNSS je přesné určení polohy a času na libovolném místě na zemi a v libovolnou denní dobu. K realizaci systémů GNSS se v minulosti používaly a stále používají různé fyzikální principy, včetně analogových dopplerovských metod (např. Transit, Cyclone) a digitálních kódových metod (např. GPS, GLONASS). [18; 6] Kromě technického rozvoje globálních družicových systémů je zajímavé, rozšiřování v oblasti dopravních aplikací, na kterých se satelitní navigace podílí na sběru polohových informací. Mezi takové oblasti patří např.:

- uživatelská navigace v dopravě, elektronické knihy jízd
- monitorování dopravních toků (pohyb a rychlost vozidel)
- krizové situace (integrované záchranné systémy)
- geodézie a kartografie
- vědecké aplikace

Stejně jako jiná technická zařízení mají i telekomunikační satelity svá omezení a jasně definované podmínky použití. Mezi základní charakteristiky, které zásadně ovlivňují funkčnost polohovacích systémů, řadíme:

- technický stav satelitu
- typ použitého přijímače
- přímá geometrická viditelnost družice (tunely, lesy, vodní plochy)
- dostupná přesnost
- venkovní a vnitřní použití. [17]

#### **4.4.1.1 GPS**

**Globální poziční systém**, zkráceně GPS. Jedná se o původně vojenský navigační družicový systém ministerstva obrany spojených států amerických. Systém byl v 80. letech uvolněn i pro civilní využití a dnes se nachází ve velké části komerčních produktů. Systém dokáže určit pozici kdekoli na zemi s několikametrovou přesností. S použitím referenčních stanic o známých souřadnicích lze přesnost určitých systémů zvýšit na centimetry (DGPS). Systém disponuje 24 provozními a 5 záložními satelity viz. obrázek níže, které se pohybují po šesti pravidelně rozmístěných oběžných dráhách ve výšce 20 200 km od povrchu Země.

**Poloha pozorovatele** (přístroje GPS) se vypočítá na základě vzdálenosti mezi pozorovatelem a družicí. Tato vzdálenost se vypočítá měřením zpoždění časového signálu vyslaného družicí, čímž se dálkoměrná metoda fakticky mění na metodu časoměrnou. [18]

#### 4.4.2 Videodetekce

**Kamerové systémy** jsou důležitou technologií pro sběr dopravních dat, monitorování a řízení dopravy a elektronické sledování vozidel. Lze je instalovat vedle nebo nad sledovaný jízdní pruh. Data z videodetekčních systémů se využívají k analýze zájmové oblasti a získání aktuálních informací pro dohled nad dopravou včetně údajů o intenzitě, rychlosti, skladbě dopravního proudu, detekci nehod, řízení signalizace, obsazenosti, jízdě ve špatném směru atd. [3; 13]

Systémy pro detekci videa se obvykle skládají z jedné či více kamer, výpočetní jednotky pro digitalizaci a analýzu obrazu a software pro interpretaci obrazu a jeho přeměnu na data o dopravním toku. Takovýto systém je schopný nahradit několik indukčních smyček a zajistit detekci vozidel přes několik jízdních pruhů a případně snížit náklady na údržbu. Typická aplikace:

- čtení registračních značek vozidel (ANPR / LNPR) – přestupkové účely
- dodržování pravidel a měření rychlosti
- mýtné brány a dálniční poplatky
- průjezdové a vážní systémy
- kamery ve vozidle (policie)
- klasifikace vozidel
- sledování dopravy a inteligentních dálnic
- sběr dat pro meteorologické účely.

#### 4.4.3 Kontrola hmotnosti vozidel

**Kvalitní silniční síť** je jednou z podmínek pro zajištění bezpečné a plynulé dopravy. Kromě pravidelné a cílené údržby lze tuto kvalitu udržet i zamezením provozu vozidel, která svými parametry způsobují nadměrné opotřebení a poškození těchto dopravních staveb nebo nepříznivě ovlivňují jejich kvalitu a použitelnost. Do této skupiny vozidel patří vozidla, jejichž celková hmotnost nebo zatížení na jednotlivé nápravy přesahuje hodnotu, pro kterou byla pozemní komunikace konstruována. S narůstajícím množstvím nákladní silniční dopravy se tyto problémy stávají tím závažnější. Výsledky dopravních průzkumů uvádí že téměř dvě třetiny všech nákladních vozidel jezdí po českých silnicích přetížených.

Provoz těchto často výrazně přetížených vozidel vede k degradaci kvality dopravních komunikací a nutnosti jejich časté a nákladné údržby. Proto byly pro jednotlivé kategorie vozidel stanoveny hmotnostní limity a zahájen vývoj technických zařízení pro kontrolu dodržování těchto limitů. Vzhledem k tomu, že je prakticky nemožné zastavit a na místě zvážit veškerá vozidla využívající pozemní komunikace, byly vyvinuty systémy, které umí s určitou přesností určit hmotnost vozidel v dopravním proudu, aniž by byly nuceny zastavit. Těmto systémům se říká dynamické vážení vozidel. [19]

**Statická kontrola hmotnosti vozidel** – jedná se metodu, která pro měření hmotnosti vyžaduje, aby bylo vážené vozidlo kompletně v klidu. Využívá se mostových vah, které vynikají svojí přesností a malých mobilních vah, na kterých se váží vozidlo buď celé nebo po jednotlivých nápravách. Měří se celková hmotnost přenášená z náprav na kola v časovém úseku 15 sekund. Měřený impuls je pak zpracován a vyhodnocen řídicí jednotkou. Hmotnost je viditelná na displeji nebo externím monitoru. Využívají se dva druhy mostových vah zapuštěné a nadúrovňové. [19]

**Dynamická kontrola hmotnosti vozidel** – pro tuto metodu se využívá zkratky WIM (weigh in motion) pod kterou se rozumí proces měření dynamických sil přenášených od kol pohybujících se vozidel na vozovku a odhad odpovídajícího statického zatížení náprav nebo celkové hmotnosti vozidla. [20]

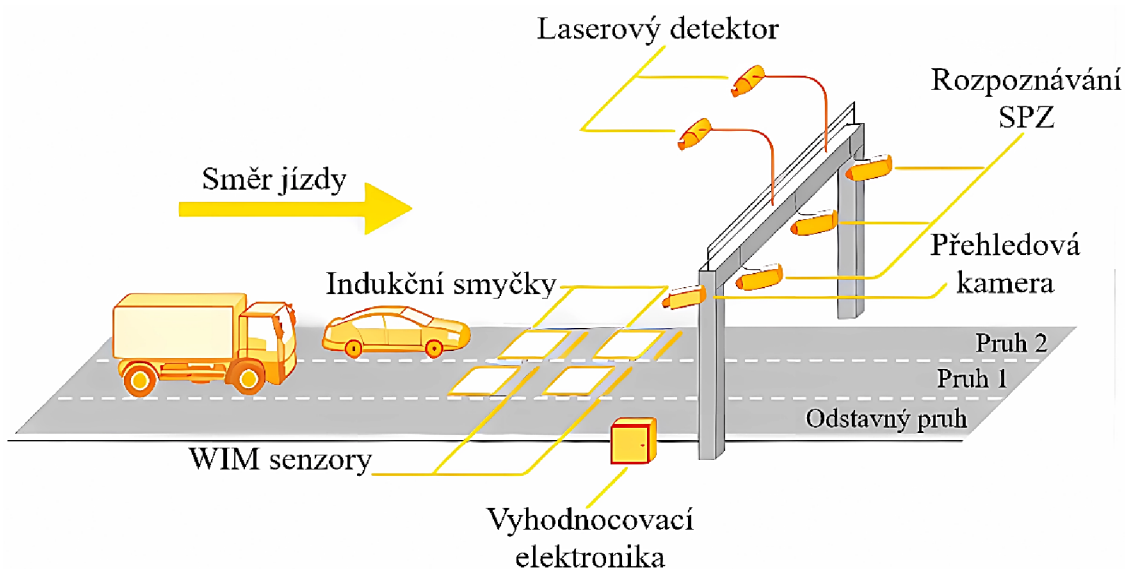
**Nízkorychlostní kontrola hmotnosti vozidel** – v případě nízkorychlostního kontrolního vážení (LS-WIM) je vozidlo váženo dynamicky při přejezdu přes můstek rychlostí 10–15 km/h, vážení je automaticky vyhodnoceno a zpracováno počítačem. Pro tento typ měření nutno vozidlo odklonit z provozu a využívá se jako doplňkové vážení pro podezřelá vozidla po měření vysokorychlostním vážením nebo v rámci kontroly hmotnosti uvnitř podniků. Nápravové systémy dokáží změřit nejen celkovou hmotnost vozidla, jako u mostových vah, ale také zatížení jednotlivých náprav. Oproti mostovým vahám poskytují výhodu relativně malými zástavbovými rozměry (0,8m x 3m) při možnosti kontroly hmotnosti dlouhých jízdních souprav, jak je vidět na obrázku 3. [20]



Obrázek 3 Nízkorychlostní vážení [20]

**Přenosné váhy neboli mobilní váhy** - jsou určeny zejména k namátkovým kontrolám, a to jak samostatnými podniky, tak státními orgány. Jedná se o tenzometrické vážící plošinky, přes které vozidlo postupně přejíždí. Plošiny umožňují měřit jak v režimu statickém (jednotlivé nápravy) tak i v režimu dynamickém. [19; 20]

**Vysokorychlostní kontrola hmotnosti vozidel** - Systém vysokorychlostního kontrolního vážení (HS-WIM) se obecně skládá z řady piezoelektrických senzorů, indukčních smyček a teplotních sond, kamer na portálových konstrukcích a z vyhodnocovací elektroniky, jak je vidět na obr.7.. Indukční smyčky zodpovídají za detekci vozidla, změření vzdálenosti mezi nápravami a jeho rychlosti, zatímco piezoelektrické snímače jsou zodpovědné za kontrolu hmotnosti. Tu je možné provádět v běžných dopravních rychlostech a to, aniž by řidič měření vůbec zaregistroval. Výsledkem měření je celková hmotnost vozidla a zatížení jednotlivých náprav. Zároveň systém za základě počtu náprav umožňuje klasifikaci vozidel. Dosažitelná přesnost těchto systémů se pohybuje okolo 5 % pro celkovou hmotnost vozidla a 10 % pro zatížení náprav. Pomocí této metody lze tedy spolehlivě identifikovat přetížená vozidla a není potřeba je přeměňovat ke statickému měření. Méně přesné systémy lze využívat k předvýběru pro následné přesné převážení na statických vahách anebo ke sběru statistických dat pro dopravní plánování. Mezi faktory, které mohou ovlivnit přesnost dynamického měření patří např. aerodynamické síly působící na vozidlo, náklon a pro pružení nápravy vozidla, prudké brždění, přenos kroutícího momentu, deformace nebo teplota vozovky. [19; 21; 22]



Obrázek 4 Vysokorychlostní vážení [14]

## 4.5 Interní monitoring vozidel

Následující podkapitoly se zaměří na významné systémy, které umožňují sběr potřebných dat k monitorování vozidel, posádky a nákladu jako jsou řídicí jednotky. Dále na komunikační systémy, které umožňují jejich vzájemné propojení a následně poukáže na nejvýznamnější funkce monitorovacích systémů jako je určování polohy, kontrola pohonných hmot, zatížení jednotlivých náprav vozidla, zabezpečení vozidla a nákladu a zařízení k tomu využívaných.

### 4.5.1 Řídicí jednotky

Moderní vozidla jsou tvořena z více než desítek řídicích jednotek, které shromažďují a vyhodnocují data ze stovek senzorů rozmístěných po celém vozidle a měří chování různých částí vozidla a stavy okolního prostředí. Sběr dat je zásadní pro snížení emisí, zvýšení bezpečnosti a komfortu, a především uspokojení poptávky po výkonných motorech s nízkou spotřebou paliva. Mezi takové jednotky považujeme například řídicí jednotky motoru, ABS, klimatizace, palubní desky, airbasy, automatické převodovky. [23]

Jedná se o jednoduché 8 bitové procesory, které se starají o přenos příkazů z jednoduchých senzorů (např. poloha volantu) po datové sběrnici. Existují i výkonnější 16 a 32 bitové mikrokontrolery, které operují na vysokých frekvencích a s velkou vnitřní pamětí. Nahrazení přímých vodičů datovými sběrnici způsobilo v automobilovém průmyslu revoluci v uživatelském komfortu, spolehlivosti, hospodárnosti provozu a v neposlední řadě schopnosti současných vozidel, které lze připojit, měřit a monitorovat na velké vzdálenosti. [23]

### 4.5.2 Komunikace

Rozhraní komunikačních systémů vyvinutých speciálně pro použití ve vozidlech je možné rozdělit do dvou kategorií:

- Konvenční rozhraní
- Sériová rozhraní, např. CAN (Controller Area Network)

Mezi elektronickými komponenty vozidel dochází ke značnému nárůstu výměny dat a konvenční rozhraní vyžadují použití čím dál komplexnějších kabelových svazků. Problém výměny dat na konvenčních rozhraní lze řešit použitím sběrnice systémů (datových sběrnic). CAN je systém navržený speciálně pro aplikace v automobilovém průmyslu. [23; 24]

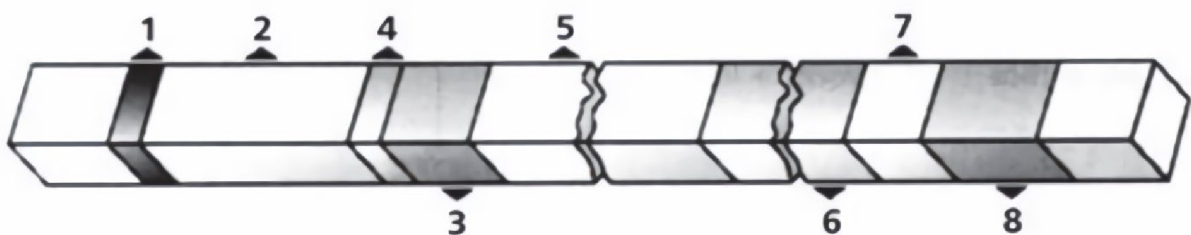
Tři hlavní aplikace systému CAN ve vozidlech: [23; 24]

- Propojení řídicích jednotek
- Elektronika karoserie, komfortní elektronika
- Mobilní komunikace

#### 4.5.2.1 CAN

**Systém sběrnice CAN** umožňuje jednotlivým řídicím jednotkám (ECU) komunikovat se všemi ostatními řídicími jednotkami bez složité dedikované kabeláže. Konkrétně může ECU připravovat a vysílat informace (např. údaje ze snímačů) prostřednictvím sběrnice CAN (skládá se ze dvou vodičů, CAN low a CAN high). Vysílaná data jsou přijímána všemi ostatními ECU v síti CAN a každá ECU pak může data zkontrolovat a rozhodnout, zda je přijme, nebo bude ignorovat. Sběrnice CAN poskytuje "jeden vstupní bod" pro komunikaci se všemi síťovými řídicími jednotkami což dále umožňuje existenci funkcí jako je centrální diagnostika, záznam dat a konfigurace. [25; 26]

**Komunikace po sběrnici CAN** probíhá prostřednictvím tzv. "rámců " CAN, které nesou řídicí a datové bity. Datový rámec se skládá z určitých datových polí, které se skládají z definovaného počtu jednotlivých bitů (0 nebo 1). Vlastní zpráva, kontrolní a řídicí informace jsou obsaženy v rámci datového pole. Většina automobilů využívá standartní rámec (CAN 2.0 A) s 11bitovým identifikátorem (obr.5). Velice využívaný je i rozšířený rámec (CAN 2.0 B), který je identický až na to že využívá 29 bitového identifikátoru. Typicky se využívá v protokolu J1939, který využívá většina nákladních vozidel. [24; 25; 27]



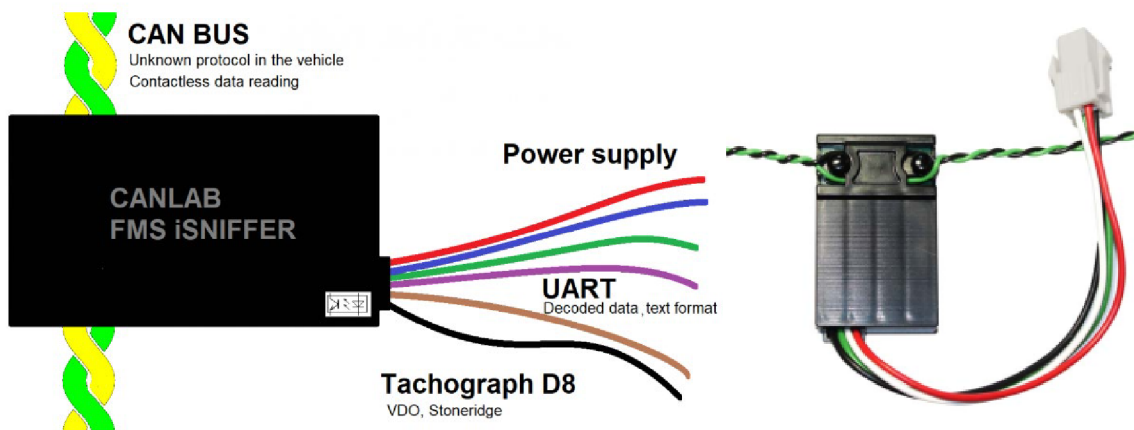
Obrázek 5 Datový rámec [16]

- 1) Začátek rámce, 2) ID pole, 3) Kontrolní pole, 4) 1 nevyužitý bit, 5) Datový rámec,
- 6) Druhé kontrolní pole, 7) Potvrzovací pole (ACK), 8) Konec rámce (EOF)

**FMS brána** je již běžnou součástí nákladních automobilů. Všechny moderní osobní a nákladní automobily jsou v dnešní době vybaveny sběrnici CAN prostřednictvím které spolu jednotlivé řídicí jednotky (ECU) komunikují. Ke sběru a následnému vyhodnocení těchto dat lze využít CAN loggery. Nákladní vozidla jsou běžně z výroby opatřena takzvanou FMS bránou (FMS gateway), která je pro takovéto připojení určena.



**CAN Sniffer** lze využít, pokud vozidlo není vybaveno FMS bránou, lze se na CAN sběrnici připojit pomocí bezkontaktní čtečky zvané CAN sniffer (viz obr.6). Tyto zařízení umožňují snímat data ze sběrnice CAN z vodičů i přes jejich izolaci a následně data rekonstruovat. Jedná se tedy o bezdrátové čtení, které vodiče nijak nenarušuje a zároveň nemůže dojít k ovlivnění komunikace této sběrnice. [28]

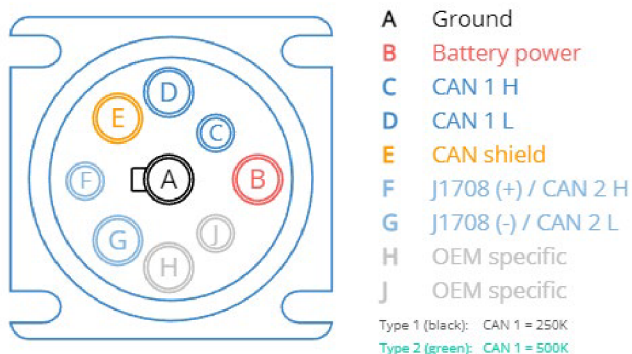


Obrázek 6 CAN Sniffer [35]

#### 4.5.2.2 SAE J1939

**SAE J1939** je soubor norem, které definují způsob komunikace řídicích jednotek prostřednictvím sběrnice CAN v nákladních vozidlech. Z technického hlediska představuje J1939 protokol vyšší vrstvy (HLP), který je postaven na základech "fyzické vrstvy" CAN. J1939 poskytuje standardizovanou metodu komunikace mezi řídicími jednotkami různých výrobců.

**J1939 konektor (9- pin)** jedná se o standardizovaný konektor (viz obr.7) určený k propojení většiny těžkých nákladních vozidel komunikační sítí J1939



Obrázek 7 konektor J1939 [29]



### 4.5.3 Lokátory

Informace o poloze vozidla, jsou zjišťována pomocí tzv. GPS lokátorů. Jsou to jedny z nejdůležitějších zařízení v rámci monitoringu, které slouží ke sledování pozice vozidla, řidiče i nákladu. Poskytují přesná data, díky kterým je dispečer schopen vyhodnotit situaci, načasovat nakládku, vykládku i zkontrolovat průběžnou rychlost a pauzy řidiče. [17]

**Lokátor GPS** je zařízení, které shromažďuje a přenáší údaje o své poloze pomocí kombinace lokační technologie GPS a modulu GSM, který přenáší data prostřednictvím sítě mobilního operátora (konkrétně GPRS). Jedná se o ideální řešení pro vzdálené sledování jakéhokoli pohybujícího objektu. Narozdíl od navigací, lokátory často postrádají jakékoli uživatelské rozhraní, a to z důvodu že obsluha lokátoru může sedět klidně na druhém konci zeměkoule. Navigace data o poloze přijímá, zatímco lokátor je odesílá. Lokátory jsou často předurčeny k práci ve skrytu, či v těžko přístupných místech např. pod přístrojovou deskou nebo uvnitř přepravního kontejneru.

**Přesnost lokátorů** je následující. Lokátory běžně ukazují polohu s přesností 5-10 metrů přibližně 95 % času, záleží samozřejmě na kvalitě konkrétního výrobku. Přesnost lokace mohou ovlivnit povětrnostní podmínky, budovy, stromy atd.. Přesnost lokátoru dále ovlivňuje počet satelitů GPS, které dokáže lokátor detekovat.

Lokátor pravidelně v předurčených intervalech ukládá data o poloze. Tyto intervaly mohou být definovány časem, ujetou vzdáleností, úhlem natočení či kombinací těchto parametrů. Pro vozidlo může být vzorkovací frekvence například 100 metrů nebo každých 10 sekund. Vzorkovací frekvence je důležitým faktorem přesnosti monitorování v reálném čase.

Tyto nashromážděná data se dále odesílají na server ke zpracování. Interval odesílání závisí na potřebách uživatele a kvalitě mobilní sítě. Přenosy lze provádět v 30sekundových intervalech (z bezpečnostních důvodů) nebo po hodinách, dnech nebo dokonce týdnech. [16; 17]

#### 4.5.3.1 Typy lokačních přístrojů

**GPS logger** jedná se o malý běžně dostupný přístroj, který zaznamenává svoji polohu v pravidelných intervalech a vypočítává rychlost a směr pohybu. Údaje o jízdě ukládá na paměťovou kartu. Toto zařízení nedokáže data odeslat, ty se musí do počítače fyzicky přenést. Existují i "chytré" loggery, které se dokážou připojit k síti wifi a data přenést bezdrátově na krátkou vzdálenost. Tyto zařízení nejsou schopny monitorování v reálném čase. [16]

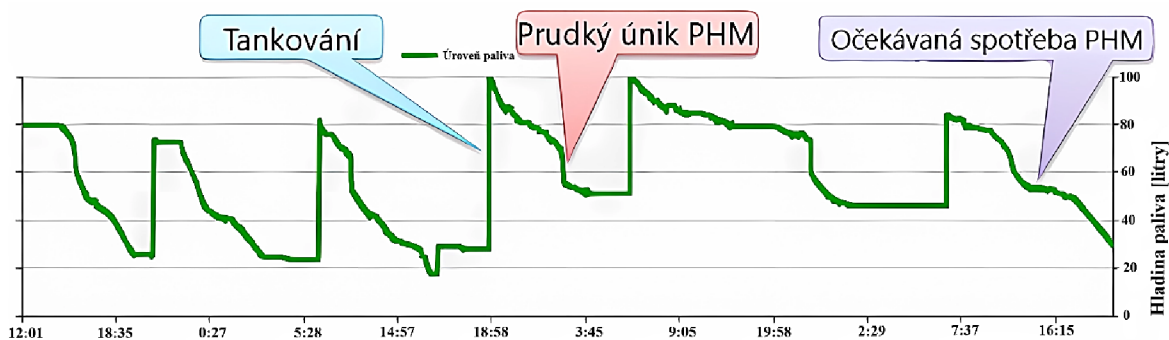
**GPS Trackery** fungují na stejných principech jako logger. Jediný a zásadní rozdíl je v tom, že vyžadují mobilní sítě a jsou schopna zpracovávat a poskytovat data v reálném čase. Tato zařízení se často využívají pro sledování zvířat, lidí a vozidel.

Pokročilejší sledovací zařízení mohou najít uplatnění v dopravě. S jejich pomocí lze monitorovat převážený náklad a po připojení senzorů lze sledovat i přepravní podmínky v nákladovém prostoru jako je teplota, vlhkost, světlo, anebo otřesy.

**GPS lokátor** je pokročilejší verze pro sledování automobilů, stavebních a zemědělských strojů. Jedná se o výkonná zařízení, která se vyznačují přesným a spolehlivým měřením. Tento typ zařízení se používá především v silniční dopravě. [17]

#### 4.5.4 Kontrola pohonných hmot

Kontrola spotřeby pohonných hmot je jednou ze základních funkcí monitorovacího systému. Důležitou funkcí je zejména stanovení průměrné spotřeby PHM vozidla a poskytnutí informací o tom kdy a kde je ideální natankovat. Výstup z měření spotřeby paliva se automaticky zaznamenává do elektronické knihy jízd a v případě podezřelých výkyvů stavu PHM může být vysláno varování. Informace o tankování lze zadávat ručně, nebo lze importovat z tankovacích karet, které jsou spárovány přímo s vozidlem. Díky tomu je systém schopný odhalit i nesrovnalosti mezi palivem spotřebovaným a palivem skutečně natankovaným do nádrže vozidla. Tyto data je pro lepší zřetelnost možné zobrazit v grafické podobě (obr.8). [29]



Obrázek 8 Graficky znázorněný stav paliva [30]

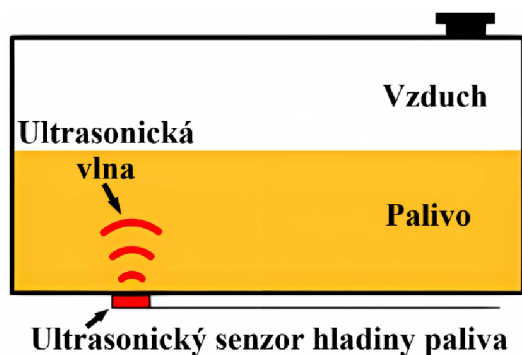
#### Způsoby měření spotřeby paliva:

**Připojení ke CAN Bus / FMS (Cotel) sběrnici vozidla** - čtení dat z vozidlové sběrnice CAN Bus nebo ze sběrnice FMS u nákladních vozidel. Tento způsob je závislý na přesnosti přístrojů vozidla. Pro sledování stavu PHM se využívá průměrné spotřeby, stavu paliva v nádrži, otáček motoru, zatížení vozidla, stavu tachometru, rychlosti vozidla a teploty chladicí kapaliny. Lze kombinovat s měřicí sondou v nádrži. [29]

Velkou nevýhodou tohoto způsobu je, že nelze zjistit krádež paliva ze zaparkovaných vozidel, jelikož údaje lze získat pouze při zapnutém zapalování vozidla. [29]

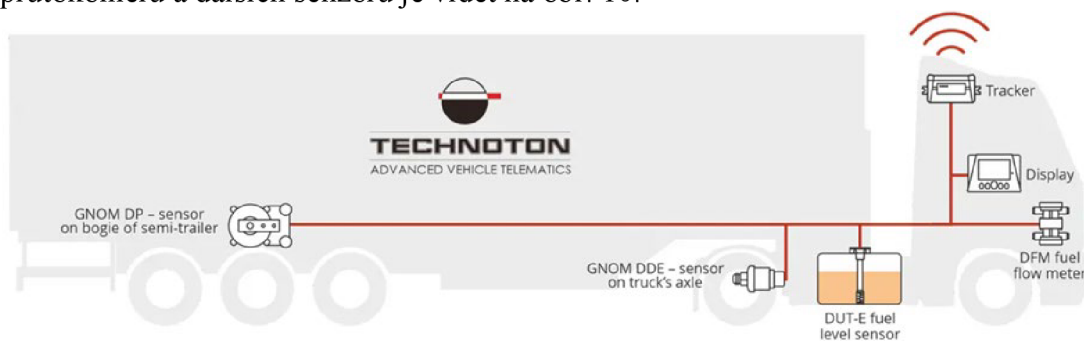
**Stávající plovák ve vozidle** - u vozidel vybavených systémem sběrníci CAN nebo FMS, lze hladinu paliva v nádrži měřit pomocí stávajícího plováku. Slouží k upřesnění výpočtu průměrné spotřeby paliva vozidla. Výhodou tohoto řešení jsou nulové pořizovací náklady. Mobilní jednotka je standardně vybavena přípojným rozhraním. [23]

**Externí plovák** - umožňuje přesné měření hladiny paliva u vozidel a strojů, kde se na stávající plováky nelze připojit nebo jejich přesnost není dostatečná. Lze využít k upřesnění výpočtu průměrné spotřeby paliva vozidla. V reálném čase dokáže jednotka se sondou odhalit krádež paliva a vyvolat alarmový poplach pomocí GSM sítě např. varovnou SMS. Systém funguje i při vypnutém zapalování a odešle varovnou zprávu například i při odpojení baterie nebo samotné sondy. Obrázek 9 ukazuje princip ultrasonického senzoru hladiny.



Obrázek 9 Ultrasonický senzor hladiny paliva [32]

**Průtokoměr** - slouží k přesnému měření množství spotřebovaného paliva, které protéká mezi nádrží a motorem. Využívá se u strojů se špatně přístupnou nádrží nebo nádrží jejichž tvar neumožňuje umístění sondy tak aby měřila hladinu v celém rozsahu. Výhodou tohoto zařízení je jeho vysoká přesnost. Průtokoměr je vhodný pro pracovní stroje, kde se množství práce měří v hodinách a ujetá vzdálenost má menší význam. Průtokoměr je dvoukomorový, což znamená že dopočítává množství paliva vráceného do nádrže. Na rozdíl od sondy není schopný poskytnout informace o množství paliva v nádrži. Umístění průtokoměru a dalších senzorů je vidět na obr. 10.



Obrázek 10 schéma senzorů nákladní soupravy [32]

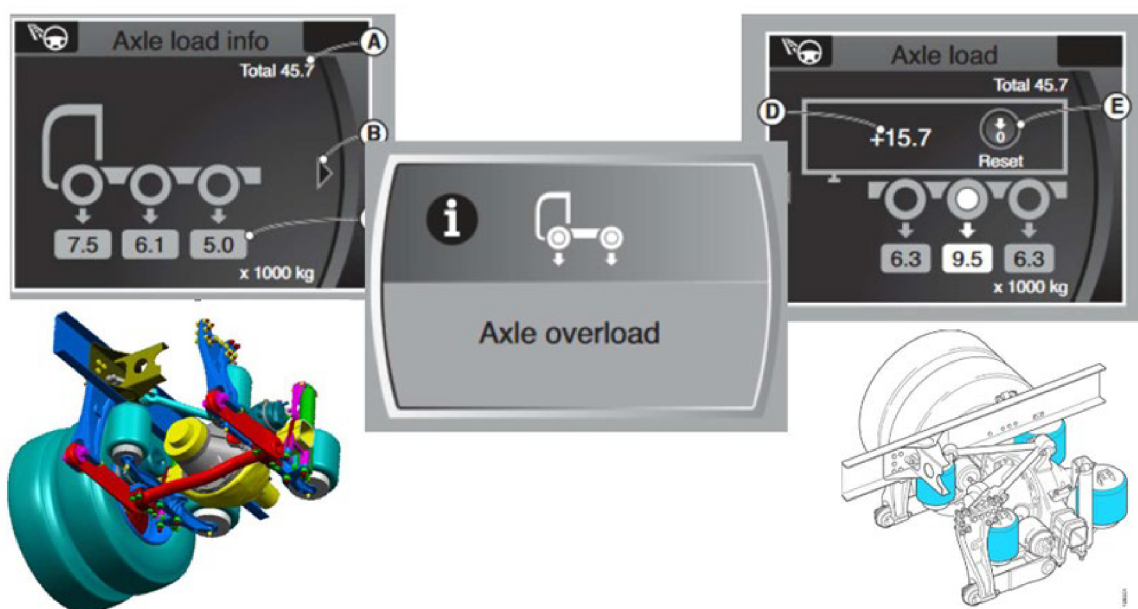
#### 4.5.5 Hmotnost nákladu a zatížení náprav

**Systém sledování** hmotnosti nákladu se skládá ze snímačů zatížení náprav, které jsou namontovány na nejvíce zatížených nápravách. Systém sledování hmotnosti nákladu umožňuje majitelům vozového parku vyhnout se pokutám za přetížení a podrobně sledovat proces přepravy. Systém umožňuje stanovení hmotnosti nákladu, určení hmotnosti jednotlivých náprav a celkové hmotnosti vozidla. Jednotka informuje řidiče po naložení vozidla o skutečném zatížení náprav a upozorňuje na případné překročení maximální povolené hmotnosti na nápravu (viz obr. 11). [31; 32]

Zatížení přední nápravy tahače je v porovnání se zatížením zadní nápravy nevýznamné, jelikož je váha návěsu přenášena převážně na nápravu zadní. Proto se snímače zatížení montují na nápravu zadní a na nápravu návěsu.

Využívají se převážně dva typy senzorů v závislosti na konstrukčním řešení odpružení nápravy. V případě vzduchového odpružení se využívá tlakových senzorů **GNOM DDE**, které měří změnu tlaku v pneumatickém systému vozidla a přenáší data, jako analogový signál do telematické jednotky.

V případě že náprava využívá odpružení listovými pružinami, využívá se snímačů polohy **GNOM DP**, které měří vzájemný posun rámu k nápravě, který se mění v závislosti na hmotnosti nákladu. Senzor generuje výstupní napětí.



Obrázek 11 Zatížení náprav [29]

#### 4.5.6 Zabezpečení vozidla a nákladu

Bezpečnost je ve světě nákladní dopravy zásadním problémem, a to jak pro dopravce, tak pro jejich zákazníky. V Evropě je ročně odcizeno zboží v hodnotě 8,2 miliardy eur. Podle studie TAPA je přes 90 % všech ztrát nákladu spojeno s útoky na nákladní vozidla. Odcizením nákladu je v dálkové dopravě nad 600 km postižena každá 5 000. jízda. Dopravci začínají postupně využívat monitorovacích systémů pro zlepšení ochrany nákladu. [34]

**Bezpečnostní tlačítko** - neboli panic buton je skrytě montován do kabiny řidiče tak, aby ho řidič nemohl zmáčknout omylem, ale aby ho měl vždy při ruce. Tlačítko slouží pro případ ohrožení řidiče nebo nákladu a zasílá výstrahu dispečinku, případně bezpečnostním složkám.

**Zabezpečení systémem GPS** - do kabiny řidiče i prostoru návěsu jsou umístěny GPS trackery. V případě rozpojení tahače a návěsu je možné nadále sledovat náklad. Zároveň existují systémy založené na elektrickém spojení tahače s návěsem. Pokud je tento elektrický obvod rozpojen, automaticky se spustí alarm na centrále dispečinku. [17]

**Senzor otevření dveří** - velmi jednoduchá metoda ochrany zboží jsou senzory na detekci otevření dveří, které se využívají zejména u kontejnerů a zadních vrat tahačů. Snímač je tvořen z obdélníkového magnetu a bezdotykového spínače na principu jazýčkového relé.

**Zabezpečení zadních dveří návěsu** - představuje spolehlivý a účinný způsob ochrany cenného nákladu před krádeží nebo neoprávněnou manipulací během přepravy. V případě nutnosti otevření nákladového prostoru během přepravy zajišťují že se dveře otevrou pouze na správném místě, čase a pověřenou osobou. Elektronické zámky nákladního prostoru (viz obr.12) lze aktivovat a deaktivovat pomocí vzdáleného přístupu (dispečer), číselným kódem nebo např. biometrickou identifikací. Zámky mohou být také naprogramovány tak, aby automaticky odeslali výstrahu na dispečink v případě jejich manipulace. [33; 34]



Obrázek 12 Elektronický zámek zadních dveří [33]

**Pohybová čidla v návěsu** - senzory pohybu nainstalované v přívěsu slouží jako další bezpečnostní prvek. Senzory při detekci pohybu nebo zvýšené světelné aktivity okamžitě vyšlou alarm na centrálu. Senzory jsou umístěny tak, aby pokrývaly 100 % vnitřního prostoru přívěsu, a tak aby nemohly být poškozeny během nakládky a vykládky. Snímače jsou zároveň odolné vůči vysokým teplotám a mrazu.

#### 4.5.7 Elektronická kniha jízd

Elektronická kniha jízd je nezbytná pro veškerá firemní vozidla, a to z důvodu zjištění pracovních cest a vyčlenění soukromých kilometrů, pro další účely. V knize se uvádí nejen ujeté kilometry, které korespondují s kilometry na tachografu, ale i veškeré tankování. Tankování svým způsobem i dokazuje, že vozidlo se pohybovalo na trase uvedené v knize. Dále do databáze vedené k jednotlivým vozidlům je možné vkládat data ze systémů, které byly řešeny výše a tím kompletovat veškeré známé informace o vozidle což umožňuje dispečerům mít přehledné a kompletní informace a usnadnit tím rozhodování o využití vozidla a vývoji další zakázky. [1]

Povinnost vést evidenci jízd vozidel používaných pro výdělečnou činnost nebo jízdy firemních vozidel pro soukromé účely stanovuje Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů, §7b Daňová evidence. Zákon nerozlišuje mezi papírovou a elektronickou formou. V záznamech pouze nesmí chybět relevantní údaje. Mezi tyto údaje patří informace o vozidle a údajích o trase. U nákladních vozidel je ke sběru dat možno využít FMS bran nebo CAN Snifferů. Mezi standartně dostupně informace patří: [35]

- rychlost vozidla (na základě kol/ hřídele)
- rychlost vozidla (z tachografu)
- otáčky motoru
- poloha pedálu akcelerace
- celkově spotřebované palivo
- celkově ujetá vzdálenost
- celkový počet motohodin
- hladina paliva v nádrži (0-100 %)
- stav spínače brzdy
- stav spínače spojky
- zatížení náprav vozidla
- teplota chladicí kapaliny motoru
- využití tempomatu



- informace tachografu
- identifikační číslo vozidla (VIN)
- vzdálenost do příští pravidelné údržby.

Kombinace FMS brány spolu s externím GPS lokátorem poskytuje dostatek informací pro provádění kontroly pohybu vozidla a jeho využití. Většina softwarových produktů pro tvorbu elektronických knih obsahuje funkce pro zobrazení pohybu vozidla na mapě v kterémkoli zaznamenaném bodě.

## 4.6 Elektronické systémy vozidel

**Moderní automobily** jsou v současnosti vybaveny množstvím inteligentních systémů, které by měli řidičům zjednodušit ovládání vozidla, zlepšit jízdní komfort a bezpečnost silničního provozu.

**Inteligentní systémy** se rozdělují do dvou kategorií. První kategorií tvoří Informační systémy **INVIS** (in Vehicle Information Systems). Ty zahrnují navigační a komunikační systémy, jako jsou: palubní počítač, mobil, navigace, autorádio. Tyto systémy řidiči obvykle poskytují informace o počasí, údaje z dopravního zpravodajství, z varovných systémů atd.

Druhou kategorií tvoří systémy **ADAS** (Advanced Driver Assistance Systems). ADAS definujeme jako inteligentní dopravní systém, který přímo zasahuje do řízení vozidla. Systémy ADAS jsou navrženy tak, aby zefektivnily jízdu a lépe pracovaly s informacemi. Na základě jejich funkcí je můžeme rozdělit do 3 skupin: informační, varovné a zásahové. Účelem informačních systémů je zvýšit povědomí řidiče o svém okolí. Jeho součástí je například rozpoznávání dopravních značek, automatická dálková světla atd. Varovné systémy řidiče upozorňují na potenciální nebezpečí na silnici. Výstraha může být vizuální (např. rozsvícení kontrolky na přístrojové desce), hmatové (např. vibrace volantů nebo sedadla) nebo zvukové. Do této kategorie patří například systémy detekující únavu řidiče nebo sledování mrtvých úhlů. Únavou a následným mikrosnánkem je zapříčiněna řada závažných nehod, které by se díky kvalitním systémům detekujícím únavu mohlo předejít. Únavě bude věnována následující kapitola. Třetí jsou zásahové systémy, ty řidiči kromě upozornění, také dokážou aktivně zasáhnout do řízení. Do této kategorie spadají například pokročilé verze systémů varování před čelní srážkou nebo prevence vyjetí z jízdního pruhu.

Clem těchto systémů je snížit nároky kladené na řidiče, eliminovat možné chyby člověka a zlepšit ekonomiku jízdy. Funkcí asistenčních bezpečnostních systémů avšak v není zbavovat řidiče zodpovědnosti za bezpečnost a vlastní jízdu. [36]

## 5 Únava

**Únavu** chápeme jako jeden z důsledků pracovní činnosti probíhající v určitém časovém rozmezí. Můžeme též říct, že únava se dostavuje po určitém čase pracovního nasazení. Je velice individuální a nepředvídatelné, po jakém čase se únava dostaví, vždy záleží na konkrétním jedinci, jeho psychickém i fyzickém stavu, počínaje věkem, délkou předchozího spánku, stresem, špatnou životosprávou, sportovním výkonem, pracovním přetížením, ale například i vlivem počasí a tlaku v ovzduší. [37]

Únava může mít různé formy, a to kupříkladu svalová, psychická, všeobecně tělesná, zraková nebo chronická. Příčinou všech podob únavy je centrální nervová soustava, oblast mozku, jenž aktivuje pocit únavy jedince. Ve spoustě případů je velice těžké odlišit v chování jedince lehkou únavu od běžného stresu, syndromu vyhoření či jen špatné nálady provázené nepříjemným chováním. [38]

Je velice nepříjemná pro všechny jedince, avšak v případě řidičů může být velice nebezpečná nejen pro něj samotného, ale i pro všechny ostatní účastníky dopravy od ostatních řidičů až po chodce na chodníku. V důsledku únavy může řidič jevit známky snížené pozornosti, není schopen rychlé a potřebné reakce na nečekaný podmět na silnici, kterým může být zapříčiněn neplynulý provoz na pozemní komunikaci, či v horším případě může řidič upadnout do mikrosněpku a způsobit nehodu, kterou ohrozí sebe, ostatní a přivodí ztrátu na majetku firmě i státu.

Únava je hlavním důvodem, proč jsou pro řidiče stanovené povinné přestávky ve výkonu. Protáhnutí se a nadýchnutí čerstvého vzduchu pocit únavy eliminuje. Řidič z povolání musí dodržovat zákonné přestávky a nepřesáhnout dobu řízení. Jak se píše na webu ministerstva dopravy, doba řízení nesmí přesáhnout devět hodin mezi dvěma denními odpočinky nebo jedním denním a jedním týdenním odpočinkem s tím, že dvakrát v týdnu může být prodloužena na 10 hodin. Nesmí být však překročena maximální týdenní pracovní doba stanovená v nařízení vlády č. 589/2006 Sb. a to 56 hodin. Celková doba řízení nesmí přesáhnout 90 hodin za období dvou po sobě následujících týdnů. Řidič má povinnou bezpečnostní přestávku, během níž nesmí řidič řídit ani vykonávat žádnou jinou práci a která je určena výhradně k jeho zotavení. Nepřerušovaná přestávka musí nastat po 4,5 hod. řízení, a to v čase nejméně 45 minut, pokud mu nezačíná doba odpočinku. Tato přestávka může být nahrazena přestávkou v délce nejméně 15 minut, po níž následuje přestávka v délce nejméně 30 minut. Tato specifikace se týká řidičů kamionové dopravy, netýká se však řidičů dodávek, například kurýrů, kteří mají 12hodinové směny. U nich se předpokládá, že řízení vozidla není



souvislé v celé délce pracovního výkonu, ale že poměrnou část, tvoří zastávky k předání zboží zákazníkovi. [14; 39]

## 5.1 Pozornost

*„Pozornost je mentální proces, jehož funkcí je vpouštět do vědomí omezený počet informací, a tak ho chránit před zahlcením velkým množstvím podnětů.“ [38]*

**Pozornost** je ovlivněna mnoha faktory jako je například, celkový tělesný stav, duševní stav, nálada, zájem o konkrétní činnost, očekávání, doba trvání podnětu či neobvyklost. Naopak vliv na nízkou koncentraci pozornosti může být nadměrné zatěžování vnějšími podněty, špatná fyzická i psychická kondice, nevhodné návyky či podléhání emocí.

Každodenní zkušenost nás poučuje o tom, že jedinec je některými okolními podněty přitahován a vybírá si je mezi ostatními. Toto zaměření pozornosti k objektu, události, výkonu či myšlence je součástí selektivní aktivity člověka. Ta je pro řidiče velmi důležitá. Řidič musí v jeden okamžik zaměřit svou pozornost na dopravní značení, vozidla před i za ním, na počasí a stav vozovky a mnohé další. Podnětů v jeden okamžik může být velké množství. Zkušený řidič dokáže tyto podněty selektovat a ubírat svou pozornost pouze k těm nejdůležitějším. Kapacita pozornosti, jak již bylo nastíněno je omezená. A to na 6-8 podnětů v jeden moment pro zkušeného řidiče. [40]

## 5.2 Mikrospánek

**Mikrospánek** jako první na světě popsal americký neurofyzikolog Liberson v roce 1944. Označil ho krátkodobým a nečekaným výpadkem vědomí. Jedná se o něco mezi spánkem a bdělostí, kdy na chvíli pohasnou určité části centrální nervové soustavy. *„Mikrospánek je krátce trvající pokles pozornosti způsobený krátkým trváním první fáze synchronního spánku.“ [41; 42]*

Doba trvání mikrospánku se běžně udává mezi 3 až 15 sekundami. Poté osoba buďto usne, nebo se s leknutím probudí. Samotné probuzení a náhlý šok může mít ale také vážné následky. K nehodám obvykle nevede fáze mikrospánku nebo neaktivita řidiče, ale fáze náhlého probuzení po různě dlouhém mikrospánku, kdy řidič náhle a nepochopitelně trhne volantem do strany nebo nečekaně akceleruje. [43]

Přes to že je usínání obecně spojeno se zavřenými očima, k mikrospánku může dojít i s očima otevřenými. V obou alternativách, ale mozek nereaguje. Je spousta příznaků, které řidiče před mikrospánkem varují, jednou z nich je únava, další zívání, bolest a pálení očí,

neklidné sezení, padavý pohyb hlavy a mnohé další. Dochází současně ke snížení pozornosti a prodloužení reakční doby na podněty.

Mikrospánek může být způsoben řadou faktorů, včetně nedostatku spánku, vydatného jídla, nedostatečného větrání nebo topení v autě, spících cestujících, a především dlouhého monotónního řízení, zejména na dálnicích. Během klidné, rutinní a nepřerušované jízdy mozek přijímá stále stejné podněty a informace od těla a smyslových orgánů a časem začne tuto pravidelnou, opakující se stimulaci vyhodnocovat jako klidový stav. Během této doby může řidič pociťovat rozostřené vidění a sníženou reakci na vnější podněty. V reakci na klidový stav se mozek také stává méně aktivním a nastupuje mikrospánek. [44]

V případě že jsou řidiči unavení, trpí nedostatkem spánku či odpočinku se musí znatelně více soustředit na směr jízdy. Studiemi bylo pozorováno, že pohyby volantem jsou trhavější a celkově se volantem více manipuluje ve snaze ovládat vozidlo, které má na silnici výrazné tendence měnit směr. Vozidla se místo přímé trajektorie pohybují od obrubníku ke středové čáře a často překračují hranici vozovky a vstupují do protisměru. 60 % unavených řidičů neustále zrychluje a zpomaluje. Oproti tomu odpočatí řidiči drží lineární dráhu a plynuleji a rozvázněji reagují na situace. Reakční doba řidičů se s únavou prodlužuje.

Nástup mikrospánku je možné oddálit, a to například protažením se během přestávky, komunikací se spolucestujícími, poslouchání nemonotónní hudby, zpíváním si, konzumací lehkých potravin a nepříliš sladkých nápojů, otevřením okýnka s čerstvým vzduchem či zapnutí klimatizace a ochlazením vzduchu v kabině. Žádná z těchto možností ovšem nenahradí odstavení vozidla na nezbytnou dobu a odpočinek v podobě spánku a až následné pokračování k cíli. V tabulce 2 jsou uvedeny opatření proti řízení v ospalosti rozdělena do jednotlivých kategorií. [42]

Opatření proti řízení v ospalosti					
Behaviorální	Technologické	Infrastrukturní	Vzdělávací	Zdravotní	Legislativa
Dostatečný spánek	ADAS	Komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou	Komunikační a informační kampaně	Vyšetřování a léčba spánkové apnoe	Dohoda AETR
Pravidelné přestávky	Systemy detekce bdělosti	Dopravní značení	Vzdělávání řidičů	Léky na poruchy spánku	Zákony o řízení v ospalosti
Interaktivní úkony pro zvýšení duševní bdělosti	Manipulace fyzické zátěže pro zvýšení duševní bdělosti	VDZ s vibračním efektem	Vzdělávací programy a materiály		Odstupňování řídičských oprávnění
Zdřímnutí	Modré světlo	Odpočívadla			
Otevření okna/ čerstvý vzduch	Biometrická zařízení				
Konzumace kofeinu	Odezva na podněty				
Cvičení					
Hudba					
Lehké jídlo					

Tabulka 2 Opatření proti řízení v ospalosti [43]

Mezi behaviorální opatření považujeme činnosti, které může řidič vykonávat, aby předešel ospalosti. Do technologických opatření se řadí systémy a zařízení předvídající a detekující únavu řidiče. Mezi infrastrukturní opatření se řadí fyzické modifikace dopravní infrastruktury snižující pravděpodobnost a závažnost nehod. Vzdelávací opatření si zakládají na zvyšování znalostí a povědomí uživatelů komunikací. Zdravotní opatření jsou tvořena klinickými vyšetřeními a léčbou. Případně zodpovídají za odebrání řídičského oprávnění. Cílem legislativních a regulačních opatření je snížení míry řízení v ospalosti.

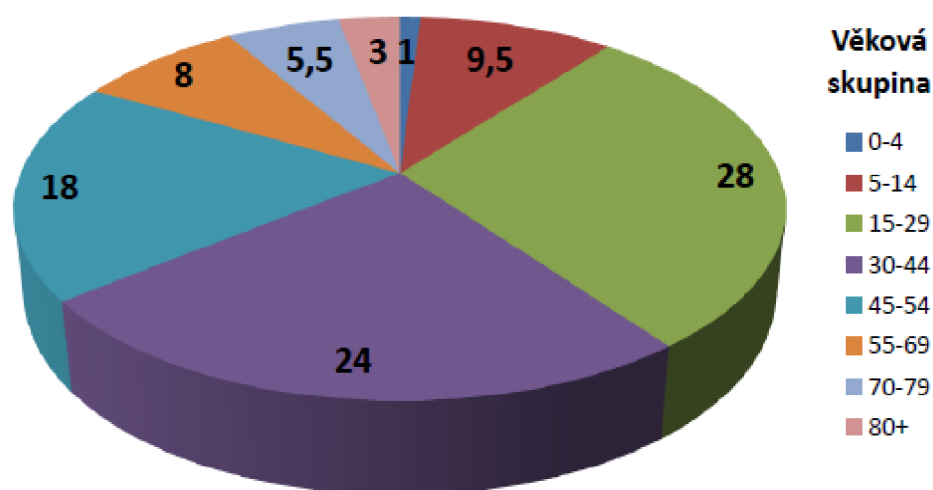
### 5.3 Nehodovost zapříčiněna mikrospánkem

Ustanovení §47 Silničního zákona č. 465/2006 Sb. definuje dopravní nehodu takto: „Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“ [45]

Zdřímnutí si za volantem po dobu 3 sekund při rychlosti 90 km/h znamená, že vozidlo jede bez ovládání celých 75 metrů. Mnohem větší vzdálenost může urazit na dálnici, kde během 15 sekund při rychlosti 130 km/h projede neřízený vůz 540 metrů. Během tohoto časového úseku, může vozidlo vybočit ze silnice a v horším případě narazit do infrastruktury komunikace, stromu, vozidla v protisměru, či nedobrzdit a narazit do vozidla před sebou.

Nehod spojených s únavou meziročně stále přibývá, a to i přes narůstající počet monitorovacím systémům ve vozidlech, které upozorňují řidiče na neaktivitu, vyjetí z pruhu, přiblížení se příliš k vozidlu před sebou. Tyto systémy ještě nejsou dostatečně efektivní, aby byly schopny spolehlivě zajistit, že k dalším nehodám nedojde. I samotné leknutí se řidiče po probuzení varovným signálem detekčního systému únavy může vést k nepředvídatelnému chování. [40]

Několik studií označilo mladé řidiče (muže) ve věku do 30 let za nejrizikovější skupinu v rámci nehod souvisejících s únavou za volantem. Analýza počtu obětí za volantem rozdělena dle věku poukazuje na to že téměř 40 % nehod způsobených únavou je způsobeno právě osobami mladšími 30let (viz graf na obr. 13). Jízdy zahrnující dlouhé monotónní trasy jako jsou např. dálnice na sebe vážou větší pravděpodobnost, že řidič za volantem usne. Vysoce rizikovým typem jízd jsou také cesty za účelem výkonu práce, zejména ty týkající dálkové nákladní dopravy. [46; 47]



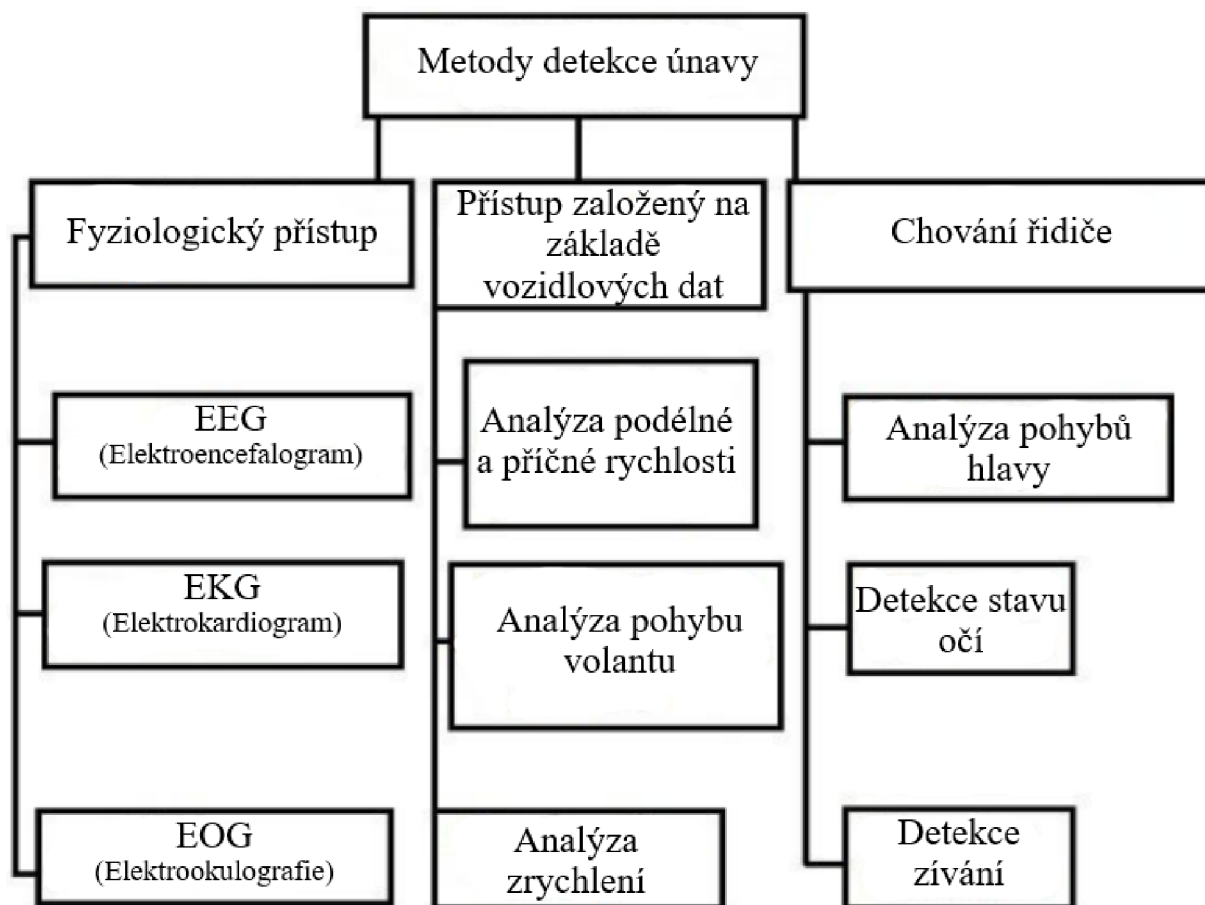
Obrázek 13 Procentuální zastoupení nehodovosti způsobené únavou dle věku [47]

Policejní statistiky o nehodách uvádějí že únava a spánek za volantem se podílí na 1-4 % nehod. Je však velice pravděpodobné že jsou tyto statistiky značně podhodnoceny. V mnoho zemích policie únavu jako příčinu nehody vůbec nezaznamenává. Řidiči se zdržují přiznávat únavu, a navíc většina příznaků únavy samotnou nehodou zmizí. Podle hloubkové studie v Anglii zkoumající charakteristiky nehod s cílem zjistit, zda by v nich mohla hrát roli únava se zjistilo že přibližně 20 % nehod na dálnicích souvisí se spánkem za volantem. Zároveň je u těchto nehod poměrně vysoká úroveň zranění, jelikož nedochází k brždění. V Německu byla provedena podobná studie, podle které je až 24 % nehod na dálnicích způsobeno únavou. Ve Finsku podobná studie stanovila že se podíl nehod způsobených únavou pohybuje mezi 16-19 %. Ve studii z Norska se uvádí že 15-20 % smrtelných nehod spojených s nákladními vozidly je způsobeno únavou řidičů. [37; 39; 48; 49; 50]

## 5.4 Detekce stavu bdělosti

Mají-li automobilové technologie zabránit mikrosnánku nebo alespoň varovat řidiče na ospalost, musí být schopny příznaky těchto stavů, které řidič vydává detekovat. Existuje několik metod, které sledují úroveň bdělosti a odhalují známky ospalosti nebo únavy. Tyto systémy obvykle používají senzory a algoritmy k analýze chování řidiče. První z nich využívá kamer ke sledování chování člověka. To zahrnuje sledování pohybu zornic, úst pro zívání, polohu hlavy a řadu dalších faktorů. Další technologie využívá například pohybů přenesených na volant, což může často napovědět, jak je člověk unavený.

Jakmile systém detekce ospalosti zjistí známky únavy, může řidiče varovat vizuálními, zvukovými a hmatovými výstrahami. V případě nutnosti dokáží některé systémy učinit korekčních opatření k zabránění nehody jako např. upravit rychlost nebo směr vozidla. Tyto systémy mohou pomoci snížit riziko nehod způsobených ospalostí nebo únavou řidiče, která se významně podílí na počtu dopravních nehod po celém světě. Jak je vidět na obrázku 14 mezi základní metody, které se používají pro detekci únavy uznáváme: fyziologický přístup, analýza chování řidiče a metoda analyzující vozidlová data [51; 52; 53]



Obrázek 14 Metody detekce únavy [54]

### 5.4.1 EKG a EEG

Mnoho výzkumníků zvažovalo k detekci ospalosti následující Fyziologické signály.

**Elektrokardiogram (EKG)** a **elektroencefalogram (EEG)**. V různých fázích ospalosti, jako je bdělost a únava, se výrazně liší i srdeční frekvence. EKG tedy podrobně zaznamenává a vyhodnocuje nepatrné změny ve frekvenci lidského srdce, díky čemuž lze tuto metodu použít k detekci ospalosti. Další možností měření ospalosti je pomocí variability srdeční frekvence, při níž se monitorují nízké a vysoké frekvence, které se pohybují v rozmezí 0,04- 0,15 Hz a 0,14- 0,4Hz. Tyto systémy pro snímání fyziologických signálů je možné integrovat do vozidel za účelem detekce ospalosti. [44]

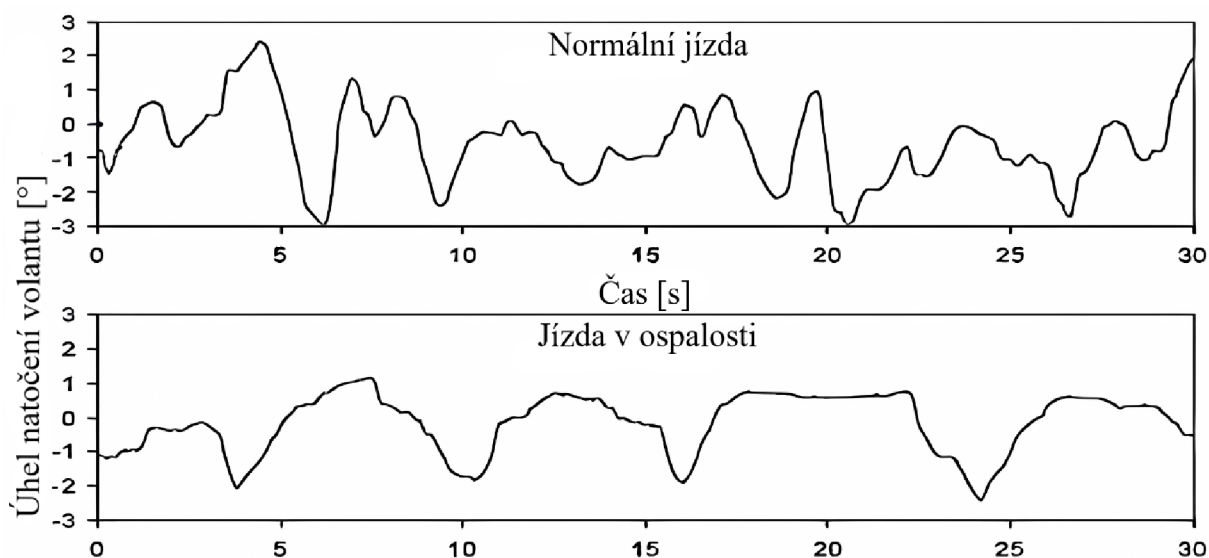
**Elektroencefalogram (EEG)** je nejspolehlivější fyziologickou metodou snímání a vyhodnocování bdělosti. EEG zaznamenává elektrickou aktivitu mozku. Zaznamenává různá frekvenční pásma, podle kterých popisuje úroveň bdělosti. Frekvenční pásma se rozdělují na pásmo delta (0,5-4 Hz), které odpovídá aktivitě spánkové, pásmo théta (4–8 Hz), které souvisí s ospalostí, pásmo alfa (8-13 Hz) které představuje uvolnění a relaxaci a pásmo beta, které vyznačuje pásmo bdělosti. Snížení aktivity v pásmu alfa a zvýšení v pásmu théta indikuje ospalost. Tato metoda je obzvláště náchylná k chybám a pro správné měření vyžaduje velmi specifické podmínky. Jak je vidět na obrázku 15 zařízení musí být fyzicky připevněno na testované osobě. V reálné situaci není umístění elektrod na hlavu řidiče praktickým řešením. [54]



Obrázek 15 Senzory pro EEG měření [51]

### 5.4.2 Pohyb volantu

Tato metoda detekce úrovně řidičovy ospalosti je pro svoji jednoduchost široce rozšířena. Pomocí snímače úhlu namontovaného na řízení se měří chování řidiče při řízení. Určitá nepřirozená manipulace s volantem může znamenat, že je řidič unavený nebo ospalý. Furlough a Graham zjistili, že spánkově deprimovaní řidiči provádí výrazně nižší počet mikro korekcí do volantu oproti normálnímu řidiči. Chování při řízení je ovlivněno charakteristikami jízdního pruhu (šířka jízdního, poloměry zatáček, rychlost apod.), řidičem (řidičské zkušenosti) a stavem řidiče (uvolněnost, nepozornost nebo únava). Řidič musí neustále posuzovat situaci před sebou a konat malé a plynulé korekce v řízení, aby korigoval směr vůči nerovnostem na silnici či protivětru. Rozdíl mikro korekcí mezi odpočínutýma unaveným řidičem je viditelný na obrázku 16. [37]



Obrázek 16 Pohyby normálního a unaveného řidiče [52]

### 5.4.3 Vychýlení pozice vozidla

Poloha vozidla může být dalším ukazatelem únavy a ospalosti řidiče. Přechod do protisměru nebo ke krajnici je typickým chováním řidičů, kteří jsou ospalí nebo se nedostatečně věnují řízení. Tento přístup se tedy opírá o relativní polohu vozidla vůči středu jízdního pruhu, příčnou odchylku vozidla od jízdního pruhu či odklon směru vozidla. K měření se využívá externě montovaných kamer a specializovaných algoritmů. [55]

### 5.4.4 Rychlost vozidla a akcelerace

Výzkum naznačuje, že existuje souvislost mezi rychlostí a zrychlením vozidla s úrovní bdělosti řidiče. Ospalý řidič obvykle častěji akceleruje. Tato metoda využívá ukazatelů jako je rychlost vozidla, míra zrychlení, tlak na pedál akcelerace.

#### 5.4.5 Videodetekce

Namísto sledování různých ukazatelů pohybů vozidla je sledování zaměřeno na chování řidičů. Systémy založené na principu počítačového vidění zachycují po sobě jdoucí videosnímky, které se následně zpracovávají pomocí příslušných algoritmů pro detekci. Účelem je určit polohu zájmových částí obrazu (hlava, obličej, ústa, oči atd.), změřit jejich vlastnosti a na základě analyzovaných údajů vyhodnotit, zda je řidič ospalý či ne. Obvykle se k analýze řidičova obličeje využívají algoritmy počítačového vidění. Viditelné známky únavy a ospalosti lze ovšem zpozorovat až když řidič začne být znatelně ospalý. Vývoj videodetekčních systémů únavy a ospalosti se zaměřuje převážně na tři hlavní oblasti měření: pohyb očí, výrazy v obličejí a pozice hlavy. [51]

**Kamerové senzory** – převážně se využívá dvou typů senzorů v závislosti na rozsahu elektromagnetického spektra, ve kterých kamery fungují. Jedná se o kamery „konvenční“, které snímají v rozsahu viditelného spektra a kamer snímajících v rozsahu spektra infračerveného (IR). Konvenční poskytují zejména dobré rozlišení při relativně nízkých nákladech, ale nevýhodou je závislost na vhodných světelných podmínkách. IR senzory se využívají jako záloha pro zachycení obrazu při snížené viditelnosti či úplné tmě. Pro snímání uvnitř vozidel se však používá kamer NIR (Near Infrared). Spektrum NIR se nachází mezi viditelnou a mikrovlnou částí elektromagnetického světla (0,7–1,5  $\mu\text{m}$ ). Výstup z NIR kamery může být ve formě monochromatických nebo barevných snímků. Zornice má schopnost odrážet infračervené světlo, což umožňuje rychlou a efektivní lokalizaci oka (viz obr. 17). [56; 57]

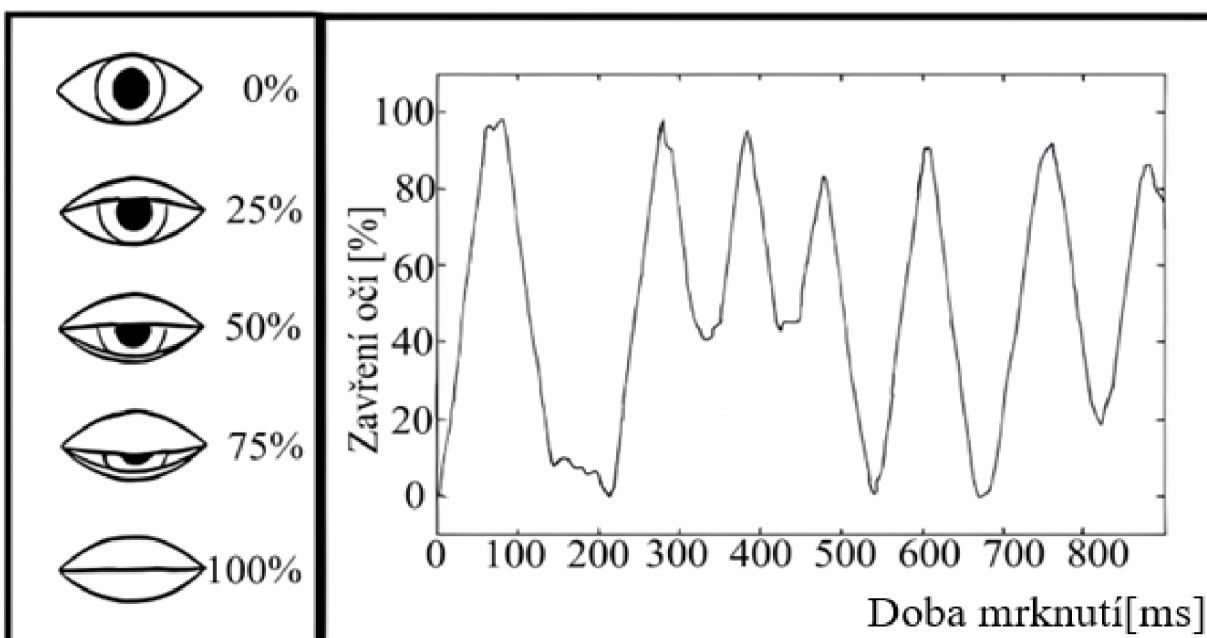


Obrázek 17 Zornice IR [56]



### 5.4.5.1 Pohyb očí

Tento způsob detekce se zaměřuje na sledování očí převážně skrz frekvenci mrkání, pomalé pohyby očí, míru a průměrnou dobu zavřených očí. Pozice oka lze rozdělit do tří základních stavů: zcela otevřené, částečně otevřené a zavřené. Systémy pro detekci stavu bdělosti musí být schopny tyto stavy spolehlivě detekovat a identifikovat. Neobvyklé mrkání a zavírání očních víček má velký vliv na ukazatel ospalosti (viz obr. 18). Pro vyhodnocení se využívá různých algoritmů a strojového učení. Pro definování zavřených očí se využívá metodiky PERCLOS, podle které se určuje podíl času, který oči stráví v jedné minutě alespoň z 80% zavřené. Dále udává že normální doba mrknutí trvá v rozsahu 100-400 ms a za zavřené oko se považuje nad 500 ms. [43; 57; 58; 59]



Obrázek 18 Procentuální zavření očí [59]

### 5.4.5.2 Výrazy obličeje

Ospalí řidiči vykazují výrazy v obličeji, které lze použít k měření úrovně bdělosti a ospalosti. Monitorování obličeje měří a vyhodnocuje výrazy a pohyby obličeje včetně zvedání a spouštění vnitřní a vnější části obočí, zívání, spouštění čelisti a napětí/ natažení rtů. Zejména zívání lze využít k preventivní detekci ospalosti. Ne vždy však zívání předchází ospalosti, a proto je vhodné ho využít pouze jako doplňující prvek k dalším ukazatelům. [54]

### 5.4.5.3 Pozice hlavy

Dalším ukazatelem únavy a ospalosti je poloha hlavy. Ospalí řidiči obvykle trpí postupným padáním nebo tzv. kýváním hlavy. Toto je jev, který se projevuje až v pozdějších

fázích ospalosti, případně až ve fázích mikro spánku. Pokud úhel sklonu hlavy překročí určitý úhel, je řidiči vyslán varovný akustický signál. Zároveň může tato metoda odhalit sledování telefonu, což při jízdě vede ke značné nepozornosti.

## 5.5 Systémy využívané v reálném provozu

V současné době většina automobilek využívá systémů, které analyzují chování řidiče a na základě získaných dat stanovují zdravotní stav, únavu či bdělost řidiče.

**Volkswagen** u všech moderních vozidel koncernu Volkswagen Group (2013+) využívá systému detekce únavy (nepozornosti), který funguje na principu sledování úhlu natočení volantu, činnosti akceleračního pedálu a příčného zrychlení. Pokud systém zjistí únavu řidiče, upozorní ho světelným signálem připomínajícím šálek kávy s pokynem, aby si udělal přestávku.

**Volvo** využívá systému Driver Alert control, který se spouští při překročení rychlosti 65 km/h. Systém pomocí digitální kamery sleduje silnici před vozidlem a na základě vstupů z volantu dokáže rozlišit normální a rozptýlenou jízdu. Výstražné kontrolky informují řidiče o úrovni jeho bdělosti a v případě potřeby ho upozorní zvukovým varováním

**Automobilka Lexus a Toyota** již od roku 2006 využívá ve vybraných modelech využívá CCD kameru umístěnou na krytu sloupku řízení. Ke sledování pozornosti řidiče využívá technologii sledování očí a detekce pohybu hlavy. Integrované infračervené LED senzory umožňují přesné fungování ve dne i noci. Systém při spuštění lokalizuje polohu obličejových rysů, změří šířku a středovou linii obličeje. Na základě těchto informací dokáže sledovat pohyby hlavy řidiče i při pohybu zleva doprava. Od roku 2008 zahrnuje systém i detekci očních víček. Systém detekce bdělosti funguje ve spojení s „Pokročilým systémem detekce překážek“. V případě že řidič vykazuje známky nepozornosti a před vozidlem je detekována překážka, systém aktivuje výstražná znamení a zvuková varování. Následně systém začne lehce brzdit jako další varovný signál pro řidiče. Pokud řidič stále nereaguje se aktivuje nouzové brzdění a napnou bezpečnostní pásy. [57; 60]

To je jen několik příkladů systémů detekce pozornosti řidiče, které aktuálně používají výrobci vozidel. Jiní výrobci mohou k detekci pozornosti řidiče používat jiné senzory a algoritmy, ale cílem je vždy zvýšit bezpečnost vozidel a zabránit nehodám způsobených únavou řidiče.

## 6 Vlastní měření

Před samotným testováním zařízení je nutné přiblížit a představit detektor únavy, na kterém bude testování prováděno, uvést nejen jeho technické parametry, ale i se seznámit s průběhem měření. Následně charakterizovat subjekty a podmínky, kterých se bude testování týkat.

### 6.1 Detekce obličeje

Výrazy obličeje a polohu hlavy řidiče lze sledovat pomocí kamerových senzorů, řady algoritmů pro zpracování obrazu a počítačové vidění. Jak bylo zmíněno výše, existuje poměrně velké množství metod v oblasti detekce ospalosti, které se zaměřují na sledování výrazů v obličeji a rozpoznávání určitých vzorců, které by mohly odhalit vnitřní stav řidiče.

Videodetekční systémy postupují podle určitých postupů detekce, které jsou založeny na extrakci užitečných informací ze snímaných dat, podle kterých jsou schopny rozeznat v jakém stavu se řidič v daný okamžik nachází. Využívá se zejména metod založených na antropometrických měřeních. Pro detekci únavy je nutné v první řadě lokalizovat pravděpodobné umístění hlavy, nosu, úst, očí a až následně provádět analýzu vybraných regionů. Na přesnost rozpoznání obličejových prvků mohou mít velký vliv charakteristické rysy jako jsou dlouhé vlasy, vousy, brýle, čepice atd.. Schopnost zařízení detekovat prvky obličeje přes sluneční brýle (Příloha IV). Dalším ovlivňujícím faktorem pro přesnost a vůbec schopnost detekce mohou být světelné podmínky. Samotná pozice či vzdálenost obličeje vůči detekčnímu zařízení má velký vliv na schopnost zařízení správně vyhodnotit situaci. [54; 57]

### 6.2 Podmínky detekce obličeje

Cílem detekce je spolehlivě rozhodnout, zda a kde se ve snímku nachází obličej a výrazné obličejové prvky jako je oko, nos, ústa. Na detekci obličeje mají vliv následující faktory:

- **Podmínky při snímání** jako je osvětlení, sluneční záření mění podmínky velice rychle, další podmínkou jsou například parametry snímacího zařízení.
- **Pozice obličeje**, jaká je vzdálenost člověka od kamery a natočení obličeje snižuje možnosti detekce (viditelná pouze část obličeje), je nutné dbát na umístění snímacího zařízení, nejen z důvodu kompletního zachycení obličeje, ale i vhodného umístění z důvodu bezpečnosti řidiče, zařízení nesmí bránit ve výhledu řidiče a nijak ho rozptylovat.

- **Objekty v blízkosti obličeje**, ve snímku se může nacházet více lidí nebo jiné objekty podobné tváři. Objekty zakrývající část obličeje.
- **Strukturní prvky obličeje**, za ně považujeme obličejové znaky jako jsou vousy, vlasy, brýle, make-up, pokrývky hlavy mohou ovlivnit či dokonce znemožnit detekci obličeje.
- **Výrazy ve tváři**, které jsou nestandardní. Výrazy v obličejí jako je mračení, úšklebky, smích vždy ztěžují detekci.
- **Vstupní obraz** – na něm velice záleží, neboť na obraze barevném se provádí jiné operace než na šedotónovém.

### 6.2.1 Detekční systém

K testování detekce únavy bylo využito zařízení Vuemate DL550A (viz obr.19). Zařízení je díky přísvisvu infračerveným LED světlem schopno pracovat v celém rozsahu světelných podmínek, ke kterým může dojít během běžného provozu. Zařízení má rozměry 126x 83x 38 mm a váží 150 g. Pracuje s napájecím napětím 12/ 24 V [DC] s maximálním příkonem 4 W. [61]



Obrázek 19 Testované zařízení Vuemate 550 a [59]

- 1) Indikátor provozního stavu: pro signalizaci detekovaných stavů, jako je ospalost řidiče, nedbalost při udržování očí vpřed a pohyb obličeje mimo oblast detekce (ZELENÁ / MODRÁ / ČERVENÁ)
- 2) Infračervená LED dioda: pro dosvícení řidičova obličeje za špatných světelných podmínek
- 3) Obrazový CMOS senzor: pro monitorování stavu řidiče v reálném čase.
- 4) Mikro reproduktor (max. 95 dB)

### 6.2.2 Umístění Monitorovacího zařízení

Zařízení musí být pro správnou funkčnost umístěno tak aby snímalo obličej a oči v co nejpřirozenější poloze. Nejlépe čelně a ve výšce očí. Zařízení ovšem nesmí omezit výhled

řidiče z kabiny vozidla. Detekční vzdálenost zařízení se uvádí mezi 85–115 cm, s doporučenou vzdáleností 100 cm. Jedná se poměrně o velkou vzdálenost, což v některých vozidlech značně omezilo možnosti umístění.

Zařízení bylo umístěno na přístrojové desce za volantem co nejbližší oknu. Z této polohy má zařízení nejlepší záběrný úhel na hlavu řidiče v celém rozsahu, aniž by výrazně překážela v přímém výhledu na vozovku před vozidlem. Zařízení musí být co nejvíce vycentrované vůči přirozenému pohledu řidiče zejména kvůli zorným úhlům se kterými zařízení pracuje. Mezi další potencionální polohy umístění byly zváženy: sloupek volantu, A sloupek, střed přístrojové desky, čelní okno (viz Příloha III). Žádná z těchto poloh nebyla přípustná.

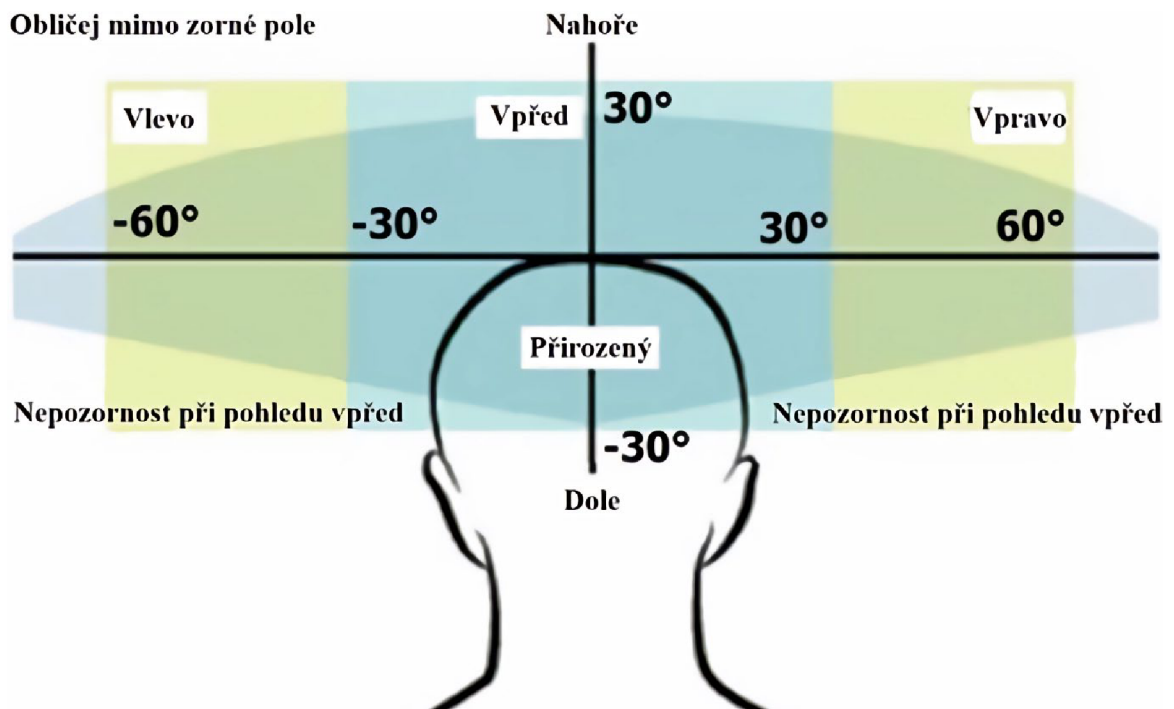


Obrázek 20 Umístění monitorovacího zařízení [archiv autora]

### 6.2.3 Detekovatelná rozmezí

Obrázek 21 poukazuje na rozsah, ve kterém zařízení snímá a je schopno vyhodnocovat stav řidiče, poukázat na únavu zvukovým signálem. Místo je pevně dáno, a to dle následujících parametrů.

- 30 stupňů do všech stran je zařízení schopné spolehlivě rozeznat obličejové prvky (oči) a analyzovat je pro účely stanovení úrovně ospalosti.
- 30-60 stupňů do stran není zařízení schopné spolehlivě rozeznat obě oči. (Jedno z očí už nemusí být viditelné přes nos osoby). V případě kombinace zařízení s externím GPS signálem při rychlostech nad 30 km/h hlásí po uplynutí určité časové doby nedbalost ve sledování jízdního proudu. Tato prodleva je závislá na rychlosti vozidla a schopnosti zařízení rozpoznat alespoň jedno z očí.
- 60 stupňů a více není zařízení schopné spolehlivě sledovat obličejové prvky. V případě kombinace zařízení s externím GPS signálem je při rychlostech 0-30 km/h vypnuta signalizace opuštění obličeje z detekovatelného rozmezí.

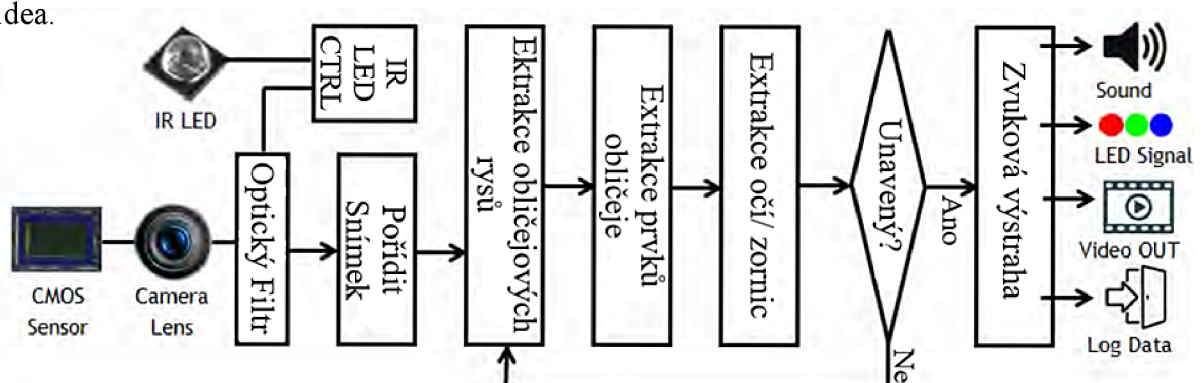


Obrázek 21 Detekovatelné úhly natočení hlavy [61]

Jak je zmíněno, ke spolehlivému rozeznání obličejových prvků pro upozornění nepozornost či již úpadek do mikrosánku dochází pouze pokud je zařízení nasměrováno přímo na obličej, bez rušivých faktorů a to do 30 stupňů, na obrázku výše je ukázáno, o jaký rozsah se přibližně jedná. K lepší představě poslouží obrázek číslo 24, kde jsou zaznamenány fotografie řidiče, jehož pohled směřuje přímo ke směru jízdy a také s pohledem do obou stran. Na fotografiích jsou díky barevnému označení vidět hraniční stavy ve kterých řidič nevěnuje dostatečnou pozornost vozovce a byl upozorněn zvukovým signálem.

#### 6.2.4 Princip funkčnosti zařízení

Analyzování bdělosti řidiče probíhá ze správně nastaveného a umístěného zařízení, které je ve správné vzdálenosti a úhlu. Senzor přes kameru zachytí obličej objektu a analyzuje stav bdělosti, poté dle vyhodnocení reaguje. Reakce nastává pouze při zjištění únavy, a to zvukovým signálem. Dále se data mohou při napojení přístroje na notebook ukládat v podobě videa.



Obrázek 22 Diagram detekce únavy Vuemate 550 A [61]

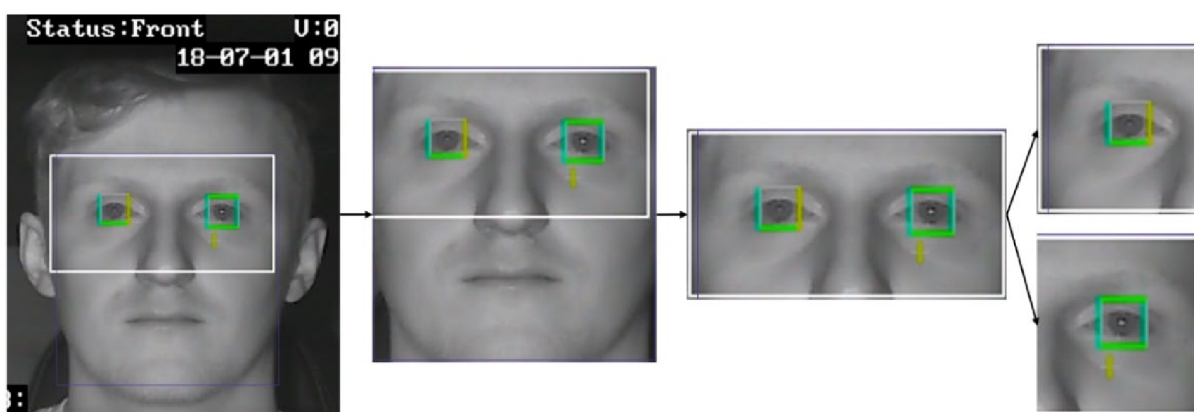


**Optický filtr** pro spolehlivější detekci očí převádí ze zařízení obraz do odstínů šedi. To umožňuje lepší rozložení intenzit barev tak aby se v obraze vyskytovalo co nejširší rozmezí s přibližně stejnou četností. Zároveň zajišťuje odstranění nepravidelných odlesků slunečního záření. Sluneční paprsky mohou často ovlivnit či narušit měření.

**Pořízení snímku** probíhá přímo v testovací zařízení, to snímá s rozlišením 360x 240 pixelů a rychlost snímání se pohybuje okolo 3 snímků za sekundu. Obraz je uložen v barevném rozlišení RGB o 24bitové hloubce.

**Extrakce obličejových rysů.** Základní detekce obličejových rysů výrazně snižuje časovou výpočetní náročnost. Pokud na snímku není detekován obličej, další zpracování obrazu je zbytečné a neprovádí se. Pokud je obličej detekován, jeho poloha se využije ke zmenšení oblasti zájmu (ROI) a dále se analyzuje pouze tato oblast snímku.

**Extrakce prvků obličeje.** Pokud je na snímku nalezena přítomnost tváře, tak se podle její pozice zmenší oblast zájmu ROI, tak aby se určila oblast s největší pravděpodobností výskytu očí. Z této oblasti se dále samostatně zvýrazní a extrahují oblasti obsahující levé a pravé oko. Pro větší přehlednost slouží obrázek 23, který zobrazuje rozdělení obličeje na jednotlivé oblasti zájmu.



Obrázek 23 Extrakce oblastí zájmu [archiv autora]

## 6.2.5 Základní detekovatelné pozice

Základní detekované pozice se odvíjí především dle pohledu a natočení hlavy. Rozdělujeme je do několika základních skupin (viz obr. 24).

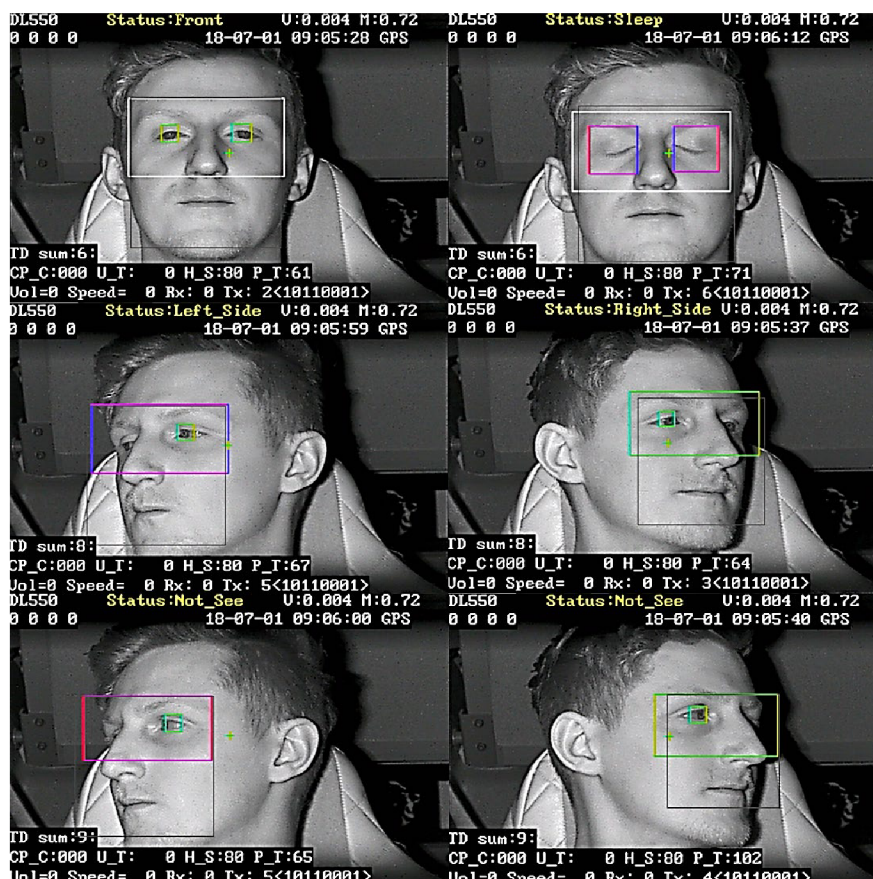
**Pohled dopředu**, ideální pro detekci, poloha hlavy řidiče se nachází ve vzpřímené poloze a oči jsou otevřeny.

**Pohled do stran**, může lehce komplikovat detekci, z důvodu neviditelnosti obou očí ve snímači, je způsoben především při pohledu do bočních okýnek nebo zpětných zrcátek (30-60 stupňů).

**Pohled mimo vozovku** brání zařízení správně diagnostikovat a je pro řidiče a ostatní účastníky dopravního provozu nebezpečný, jedná se především o hledání věcí na zemi nebo otáčení se o více než 60 stupňů.

**Zavřené oči**, detekování zavřených očí po časový úsek, který přesáhl hranici pro vyhodnocení „spánku“, nejčastěji poukazuje na přicházející mikrosněnek a hrozící nebezpečí.

**Ztráta detekce** značí stav, při kterém zařízení není schopné detekovat obličejové rysy. K tomuto stavu může dojít při opuštění záběrného úhlu zařízení, otočením se dozadu, příliš rychlými změnami polohy (zařízení nestíhá sledovat pohyby hlavy a umístění očí). Během jízdy by nemělo ke ztrátě detekce vůbec docházet.



Obrázek 24 Detekovatelné pozice [archiv autora]



### 6.3 Metodika měření

Po domluvě s vedením společnosti Truck pool a.s. o provedení experimentu a kompletním nástinu testované metody detekce únavy, bylo domluveno testování. Měření probíhalo v rámci obvyklých tras za běžného silničního provozu. Zařízení Vuemate 550a bylo instalováno do vozidel silniční nákladní dopravy již zmíněné společností Truck pool, a.s. Zařízení pracuje s napětím 12 i 24 V s maximálním napětím 4W. Pro napájení je zařízení vybaveno 10 pinovým konektorem. Kabelový svazek, který je součástí balení slouží k permanentnímu zapojení do elektroniky vozidla a konce kabelů tedy nejsou nijak zakončeny. Pro možnost přesunu zařízení mezi vozidly byly kabely označené jako GND (uzemnění) a DC 12/24 (stejnoseměrný proud 12/24V) napojeny na auto adaptér, který je možné zapojit do zásuvky autozapalovače v jakémkoli vozidle.

Měření se účastnilo 5 profesionálních řidičů bez známek zdravotních potíží, které by mohly ovlivnit měření či jejich bdělost. Řidiči byli o umístění zařízení informováni a následně zaškoleni. Měření byla podřízena časovým možnostem řidičů, přesněni době jejich možného výkonu, dle karty řidiče a jejich plánovaných jízd. V rámci měření bylo naměřeno 10 jízd, které se konaly za různých světelných podmínek v závislosti na časové denní době. Testování řidiči ráno vyjížděli za tmy nebo šera, a v průběhu jízdy se světelné podmínky změnily v denní světlo. Z toho důvodu bylo zvlášť provedeno jedno kratší 20minutové měření, které probíhalo v noci a sloužilo k porovnání časů reakce zařízení v porovnání s měřením za denních podmínek.

Zařízení neumožňuje přímé získání výstupních dat detekce v podobě naměřených hodnot. Pro záznam dat bylo tedy nutné využít externího záznamového zařízení (notebook) na které se nahrával videozáznam z jízd obsahující data o stavu pozornosti řidiče, detekci obličejových prvků (poloha očí), rychlosti vozidla a čase. Pro možnost zpracování bylo nutné převést data obsažené ve videu do textové podoby), k čemuž bylo využito technologie OCR (optické rozpoznávání znaků), která snímek po snímku převedla na text obsažený v obraze do textového formátu JSON.

Zpracovány byly zejména hodnoty zobrazující status detekce očí, rychlost vozidla a čas. Analýza dat umožňuje vyhodnocení testovaných jízd. Zejména dobu, po kterou řidič vykazuje známky nepozornosti. Například procentuální zastoupení časového rámce, při kterém se řidič při jízdě nevěnuje sledování vozovky. Nepozornost systém rozpoznává pomocí relativního natočení hlavy k vozovce, resp. polohu očí a ospalost pomocí měření časového úseku po který jsou zavřené oči.

### 6.3.1 Charakteristika subjektů

Pro přehled o subjektech, které spolupracovali při testování detektoru únavy je pod textem vložena tabulka 3, v níž jsou uvedeny základní informace o řidičích. Testováno bylo 5 řidičů, různého věku a tím i různých zkušeností. Všechny subjekty mají společné jedno, a to že se profesionálním řidičem staly ihned po zakončení vzdělání a splnění podmínek řidičského oprávnění a profesního průkazu. Společnost Truck pool, a.s. poskytla informace o ročním nájezd řidičů, které je možné sledovat v jízdním příkazu, který je vyplňován dispečerem do programu Doprava D4K, od společnosti KSH-Data s.r.o., elektronický jízdni příkaz je vypisován z podkladu od řidiče a doplněn o tankování a mýto, následně slouží k výpočtu spotřeby, doby jízdy, vytíženosti a dalším ukazatelům potřebných pro efektivní chod společnosti.

Řidič evidovaný pod číslem 1. je 56letý muž, zkušenosti za volantem sbírá 38 let. Z našeho testování se jedná o řidiče s nejvyšší praxí. Za poslední rok, tedy v roce 2022 ujel 148 999 služebních kilometrů, jedná se o řidiče jezdícího vozidlem DAF XF 450. Testovány u něj byly dvě jízdy, první test trval 152 minut a druhý 135. Čas testu byl závislý na první vykládce řidiče, během ní byl vypnut motor a řidič nebyl proškolen k opětovnému zapnutí přístroje. Naopak nováčkem v tomto řemesle je subjekt pod číslem 4, ten v minulém roce najel ve vozidle Mercedes Benz Actros 144 025 km. Všechny 5 subjektů jezdí vnitrostátní přepravu a jedná se o zkušené profesionální řidiče jejichž průměrný denní nájezd činí 513 km.

Řidič	Pohlaví	Věk [let]	Zkušenosti [let]	roční nájezd [km]	Vozidlo	Doba záznamu [min]
1	muž	56	38	148 999	DAF XF 450	152 135
2	muž	49	27	149 050	Mercedes Benz Actros	146 175
3	muž	40	19	146 638	Mercedes Benz Atego	90 170
4	muž	29	7	144 025	Mercedes Benz Actros	129 169
5	muž	32	9	150 787	DAF XF 450	175 130

Tabulka 3 Subjekty měření

## 7 Analýza a vyhodnocení

Do testování se zapojilo 5 řidičů nákladních vozidel, kteří jezdí v rámci vnitrostátní přepravy. Všichni řidiči byli před jízdou proškoleni o funkčnosti zařízení, o zvukovém upozornění v případě detekce únavy, aby nebyli zbytečně šokováni. Měření detekce únavy řidiče probíhalo během jeho běžného pracovního výkonu. Výkon neboli jízda řidiče začínala převážně v brzkých ranních hodinách a končila v hodinách odpoledních. U denní směny se jízda začínala kolem poledne a končila v pozdních večerních hodinách. Vzhledem k délce jízdy a směnnosti, bylo zařízení využito za různých světelných podmínek, které mohou, ale také nemusí ovlivnit přesnost měření. Zda zařízení snímá se stejnou přesností za plného denního světla tak jako za noci prošetřuje následující pokus.

**Detekce zavřených očí** - mrkání je proces rychlého zavření a opětovného otevření očních víček. Pro každého jednotlivce je vzor mrkání jiný (rychlost, délka trvání), ale průměrná doba mrknutí je stanovena mezi 100 - 400ms. Za zavřené oko se běžně udává 500ms. Z testování zařízení bylo vyhodnoceno, že varování o zavřeném oku je vyhlášeno průměrně 1113ms po uzavření (viz tabulka 4). Zařízení bylo testováno, jak za ideální, tak za snížené viditelnosti a rozdíly byly minimální. K těmto rozdílům mohlo dojít nepřesností měření.

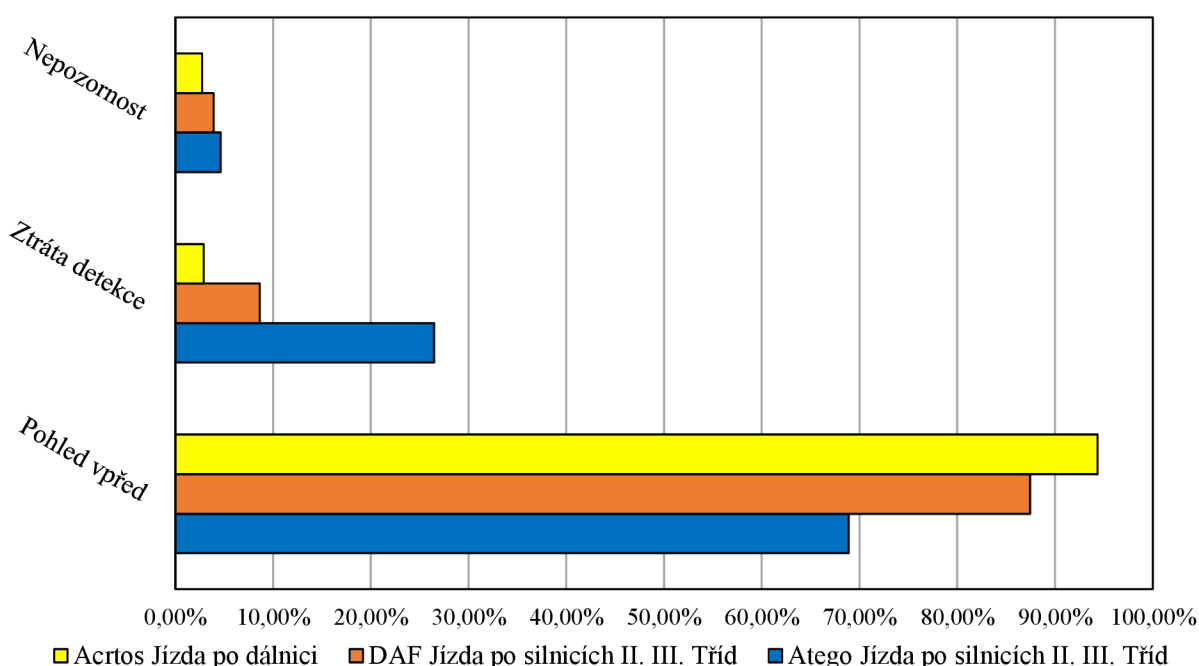
Světelné podmínky	Průměrný čas detekce	Minimální	Maximální
Ideální (denní světlo)	1113 ms	920 ms	1290 ms
Snížené (noční šero)	1092 ms	920 ms	1400 ms

*Tabulka 4 Závislost na světelných podmínkách*

Za poměrně dlouhý průměrný čas detekce může pravděpodobně snímkovací frekvence zařízení, která činí 3 fps. Zařízení tedy vyhodnotí snímek jednou za 0,33 vteřiny. Z minimálního času detekce vychází že zařízení je schopné vyhodnotit zavřené oči v rámci 3 snímků.

**Vyhodnocení jízd** – pro přehlednější vyhodnocení testovacích jízd jsou vyhodnoceny pouze tři stavy, jsou jimi pohled vpřed, ztráta detekce a nepozornost subjektu během testování. Procentuální výsledek je ukázán v grafu 1. V grafu je také barevně znázorněn vliv přesnosti detekce podle toho, na jakém typu komunikace bylo vozidlo testováno. Žlutá značí jízdu po dálnici vozidla Actros, oranžová poukazuje na DAF jedoucí po silnicích II. a III. třídy, a nakonec modrá barva znázorňuje vozidla Atego jedoucí po silnicích II. a III. třídy.

- **Pohled vpřed** značí, že se poloha hlavy řidiče nachází ve vzpřímené poloze a oči jsou otevřeny.
- **Ztráta detekce** obličejových rysů – k tomuto stavu může dojít příliš rychlými pohyby řidiče, opuštěním záběrného úhlu zařízení či příliš velkým natočením hlavy do stran. Poslední je
- **nepozornost**, do ní je zahrnut pohled do stran, pohled mimo vozovku a zavřené oči.



Graf 1 Vyhodnocení jízd na různých komunikacích

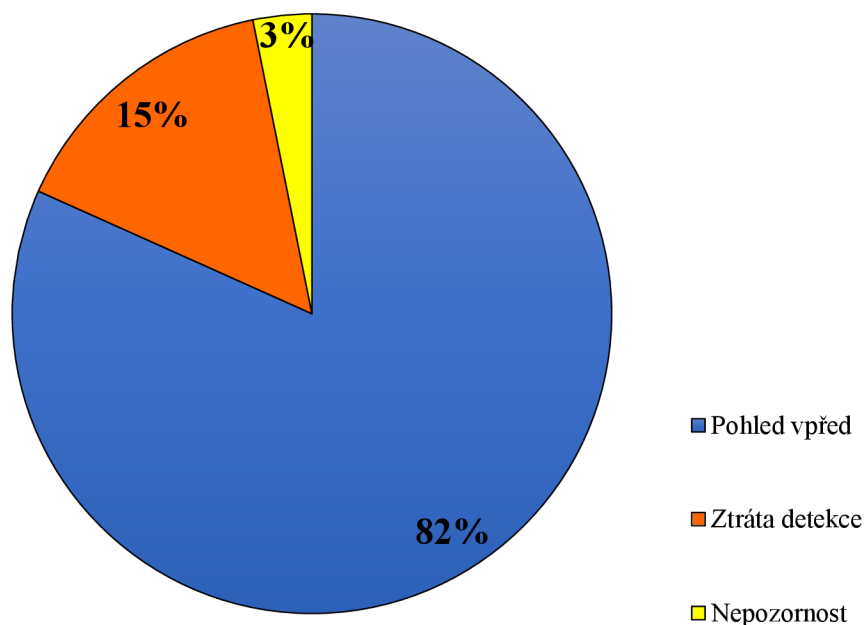
U jízdy vozidla Atego po silnicích II. a III. tříd je vidět, že zařízení nebylo v 27% jízdy schopné detekovat obličejové rysy. K tomuto výsledku vedlo několik důvodů. Z důvodu malé kabiny nákladního automobilu nebylo možné zařízení nainstalovat tak aby byla zajištěna doporučená vzdálenost 100 cm. Z důvodu malé vzdálenosti a častého propružení vzduchové autosedačky se řidič ocital mimo záběrný úhel zařízení. Další důvod snížené funkčnosti zařízení je celkový výkon zařízení. Jak bylo zmíněno v kapitole 6.2.4 zařízení snímá frekvencí 3 snímků za vteřinu, což způsobuje nízkou přesnost. Převážně na silnicích nižších tříd, kde se řidič při jízdě mnohem více pohybuje. Nejspolehlivějšího měření bylo dosaženo při jízdě na dálnici, ve kterém zařízení nebylo schopné detekovat obličejové rysy pouze v 2,9 %.

	<b>Pohled vpřed</b>	<b>Nepozornost</b>	<b>Ztráta detekce</b>
Řidič 1	73,4 %	2,4 %	24,2 %
Řidič 2	86,4 %	3,7 %	9,9 %
Řidič 3	68,9 %	4,7 %	26,5 %
Řidič 4	87,5 %	3,9 %	8,6 %
Řidič 5	94,3 %	2,7 %	2,9 %

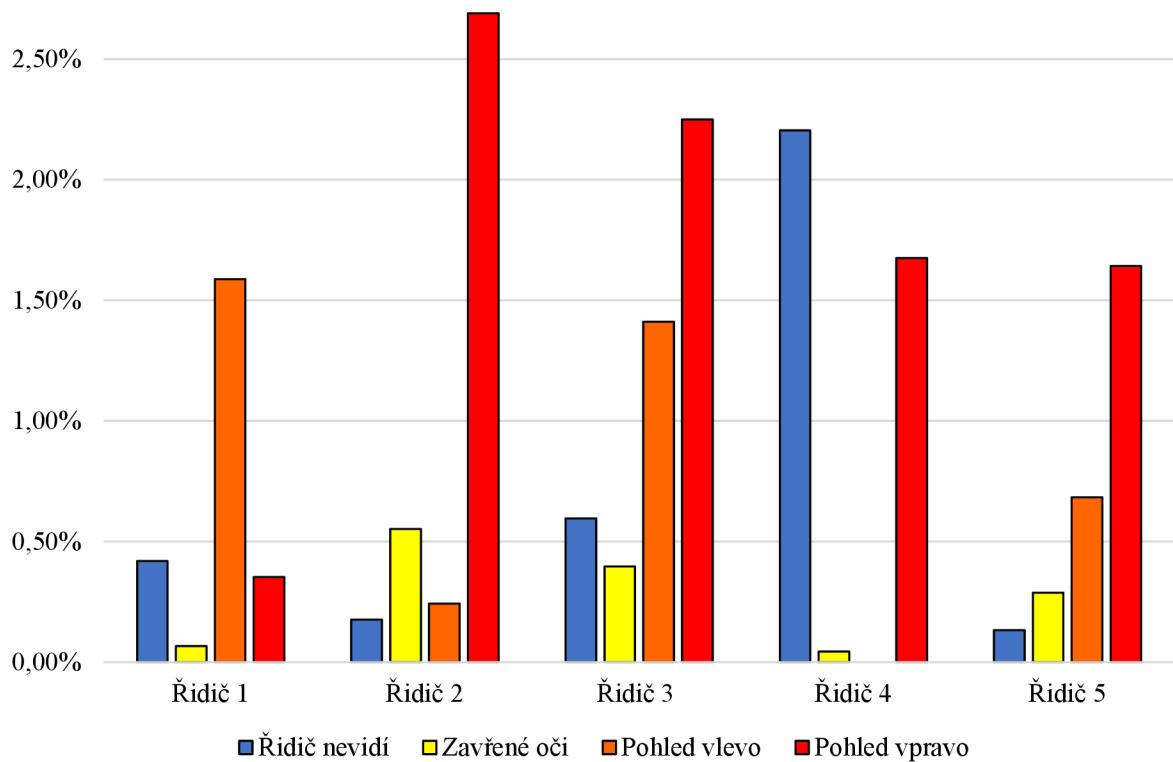
Tabulka 5 Vyhodnocení jízd

Jak je vidět v tabulce číslo 5, ztráta detekce u dvou řidičů dosáhla poměrně vysokých hodnot a to 24,2 % u řidiče číslo 1 a 26,5 % u řidiče číslo 3. Ztráta detekce u ostatních řidičů je do 10 % a dá se považovat za běžnou. Mohlo k ní dojít například při zastavení v křižovatce, při rozhlédnutí se a tím vybočením z poměrně úzkého zorného pole detekčního zařízení.

Nejvíce pozorný je dle našeho výzkumu řidič číslo 5 jehož pohled vpřed je zachycen po 94,3 % jízdy, nepozornost je vyhodnocena na 2,7 % a ztráta detekce ukazuje 2,9 %. Zde se jedná o skvělý výsledek a v ideálním případě, by výsledky se všech jízd pohybovali okolo této hodnoty. Řidiči vedení pod čísly 2 a 4, dosahují velice podobných výsledků, a i tyto výsledky můžeme považovat, dle délky a četnosti jízdy za uspokojivé. Celkové vyhodnocení testovaných jízd lze vidět v grafu 2 a pro přehlednost jsou grafy jednotlivých jízd vloženy do Přílohy II)

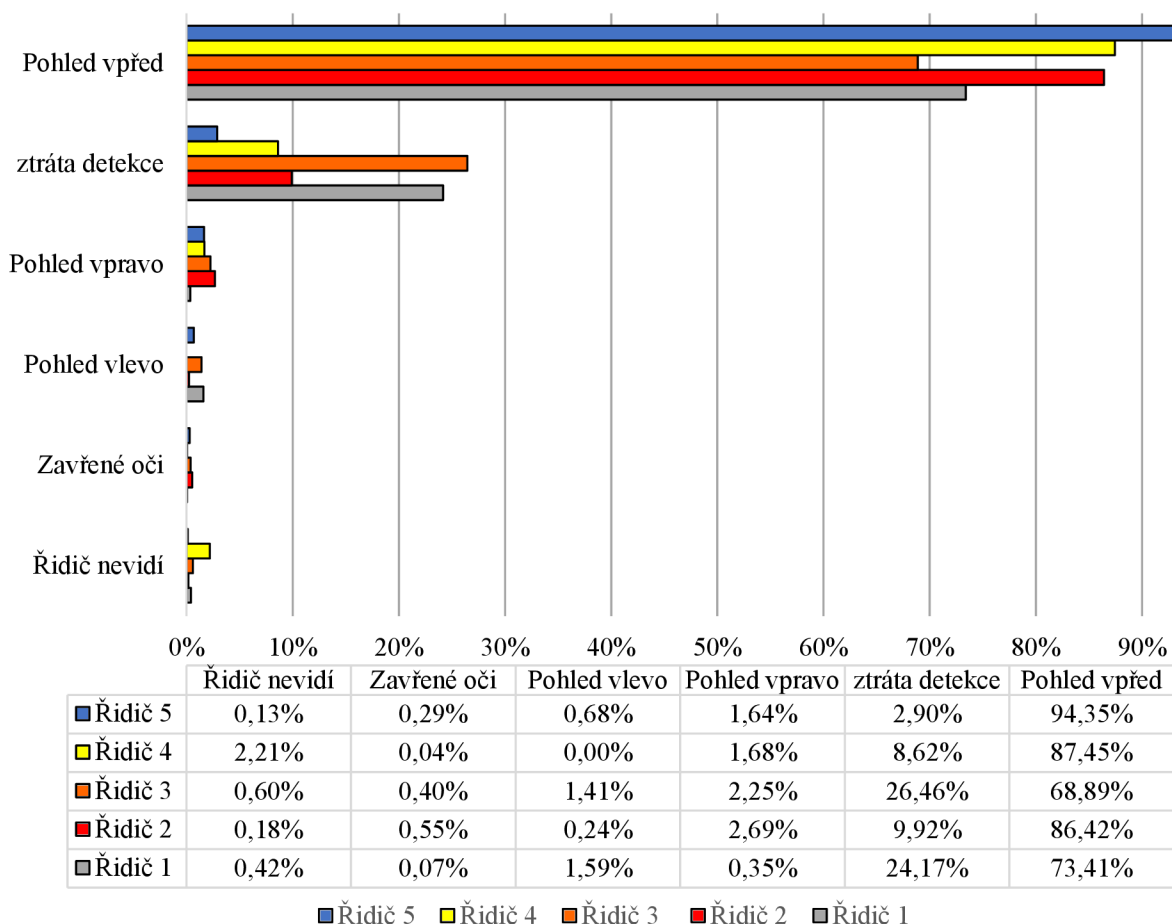


Graf 2 Vyhodnocení testovaných jízd



Graf 3 Celkové vyhodnocení – zaměřený na pohled řidiče

V grafu 3 jsou znázorněny výsledné hodnoty zaměřené na pohled řidiče, který nesměruje vpřed na vozovku. Údaje jsou rozděleny zvláště pro jednotlivé řidiče a jedná se o průměrné hodnoty ze dvou jízd, které každý řidič vykonal. Z grafu lze vidět že zařízení u většiny řidičů zaznamenalo více detekcí natočení hlavy doprava než doleva. To je pravděpodobně způsobeno nutností vykonat ztelnější pohyb směrem k zrcátku na straně spolujezdce než na straně řidiče. U řidiče 4 bylo zaznamenáno 76 projevů pohledu mimo vozovku (řidič nevidí), ale 0 projevů pro pohled doprava. Zařízení bylo v tomto případě pravděpodobně nainstalováno pod špatným úhlem a natočení hlavy k zrcátku již detekovalo jako pohled mimo vozovku. Nejvíce projevů zavřených očí bylo zaznamenáno u řidiče 2 a jednalo se celkem o 25 projevů za 321 minut jízdy (5h 21min).



Graf 4 Vyhodnocení jízdy všech řidičů

V grafu 4 jsou zobrazeny všechny jízdy a stavy řidičova pohledu včetně tabulky s jejich celkovým procentuálním zastoupením. Druhou nejčetnější kategorií tvoří ztráta detekce. To rozhodně, není ideální, pro systém cílený na užívání profesionálními řidiči, kteří v kabinách nákladních automobilů tráví dlouhé pracovní dny a tato ztráta detekce by měla být omezena na minimum. To nejen z důvodu že jsou řidiči nákladní dopravy statisticky ve více rizikové kategorii, ve které by detekce únavy mohla snížit počet dopravních nehod způsobených únavou za volantem, ale zejména z důvodu komfortu jízdy a psychické pohody za jízdy. Zařízení při ztrátě detekce za určitých okolností vyhodnotí falešný projev zavřených očí a vyšle výstražné upozornění, které může naopak odvést řidičovu pozornost od vozovky na detekční zařízení.

Za ideálních podmínek, kdy se řidič nehýbe a dívá se přímo před sebe dokáže zařízení detekovat obličejové prvky s velkou přesností. V reálných podmínkách, při kterých se řidič pohybuje v rámci kabiny a řidičské pozice současně s pohybem vozidla zařízení nedokáže udržet krok a pozici obličejových prvků ztratí. Zároveň monitoruje značně omezené natočení řidičovy hlavy do stran. První problém by se dal vyřešit vyšší frekvencí snímání a vyhodnocení obrazu, k čemuž by byla potřeba výkonnějšího výpočetního zařízení.

Zároveň by bylo vhodné využít širokouhlé čočky, která by zvětšila zorné pole, ve kterém se řidič pohybuje. Co se týče problematiky s natočením obličeje, bylo by nutné buď využít více obličejových prvků k monitorování pozice, což by zajistilo schopnost zařízení přesně vyhodnotit otočení hlavy a následně využít výstražných upozornění o nedostatečné pozornosti na vozovku. Nebo druhou možností je využití více kamerových senzorů s různým úhlem záběru (např. přímo proti obličeji, levý A sloupek, pravý A sloupek) to by zajistilo pokrytí všech pohybů řidiče v rámci kabiny vozidla. Tato varianta je ale pro náročnost vhodná spíše přímo pro integrování do vozidla automobilkou než pro externí systém.

Při komunikaci s řidiči při odevzdání detekčního zařízení, bylo ve všech případech uvedeno, že je detektor ve výhledu nijak neomezoval a na jeho přítomnost si během používání zvykli. Podle technických údajů je zařízení schopné výstražných upozornění o hlasitosti 95dB. Zařízení má 4 různá nastavení hlasitosti ale automaticky je po každém spuštění nastaveno na nejvyšší hlasitost. Ze zpětné vazby řidičů bylo zřejmé že zvuk a hlasitost výstrahy způsobuje neočekávaný šok, a to zejména v případě falešných výstrah.



## 8 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce byl monitoring nákladních vozidel v dopravě s cílem využití externího zařízení detekce únavy v běžném provozu a zhodnotit jeho funkčnost.

Na základě rešeršní části práce popisuje a analyzuje současné využití monitorovacích systémů v silniční nákladní dopravě. Inteligentní dopravní systémy a související monitoring jsou důležitým faktorem pro efektivní využití stávajících dopravních sítí a zaručení bezpečné a plynulé dopravy.

V rámci teoretické části byly objasněny hlavní pojmy v oblasti telematiky, monitoringu a legislativních předpisů. Dále se práce zaměřila na Senzoriku a systémy využívané pro sběr dat v rámci monitorování interních a externích stavů vozidel a dopravy včetně jejich nezbytnosti pro nadále zvyšování bezpečnosti a efektivity. Dále se práce zabývala problematikou vzniku únavy, snížené pozornosti, mikrosnánku a jeho nepříjemných dopadů včetně statistik nehodovosti zapříčiněných únavou. Na to bylo navázáno popisem systémů odhalující známky únavy včetně principu jejich činnosti a popisem současně využívaných systémů v automobilech.

Praktická část byla zaměřena na testování zařízení detekce únavy ve vozidlech nákladní dopravy. Nejdříve ovšem byl uveden princip, na kterém zařízení detekuje obličejové prvky a obecné podmínky pro správnou detekci obličeje. Dále byly představeny technické údaje zařízení Vuemate DL550A včetně indikátoru světelné signalizace a výstražného hlášení. Dále byla vysvětlena nutnost správného umístění a zorné úhly ve kterých zařízení spolehlivě pracuje. Dále byl rozebrán princip, na kterém zařízení extrahuje prvky oblasti zájmů v tomto případě polohu očí a následně základní stavy, které zařízení dokáže detekovat.

Z naměřených dat získaných testováním v reálném provozu byla vyhodnocena nedostatečná přesnost vyhodnocení polohy řidiče, která vedla k falešným varovným signálům. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při jízdě na dálnici, kde se řidič v rámci kabiny pohyboval minimálně a ztráty detekce obličejových prvků došlo pouze v 2,9 % času jízdy. Naopak nejhorších výsledků bylo naměřeno na silnicích II. a III. tříd, na kterých byla přesnost vyhodnocení nedostatečná a vedla k falešným výstražným signálům. V tomto případě byla ztráta naměřena detekce po dobu 26,46 % z celé jízdy. Hlavním nedostatkem systému byla příliš nízká snímací frekvence (3fps) a vyhodnocovací rychlost zařízení, což při rychlých pohybech řidiče vedlo ke ztrátě polohy řidiče.

Za dodržení velice specifických podmínek dokáže zařízení poměrně přesně monitorovat obličejové prvky sledovaného objektu. Pracuje však ve velice omezeném zorném poli, kterému se řidič musí podřizovat. Použití jedné kamery by v rámci detekce únavy mohlo spolehlivě fungovat v kombinaci s jinými metodami jako je sledování pohybu volantu nebo měření srdečního tepu, které by se vzájemně doplňovali. Další možností by mohlo být využití většího množství kamer, které by vzájemně vyplňovali svá slepá místa a vytvářeli živý 3D model snímaného objektu.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] ČUJAN, Zdeněk. *TELEMATIKA A INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY* [online]. 17 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1237187-Telematika-a-inteligentni-dopravni-systemy.html>
- [2] ITS- knihovna. In: *ITS-knihovna.cz* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.its-knihovna.cz/cz/knihovna/temata/its-inteligentni-dopravni-systemy>
- [3] TICHÝ, Tomáš. *ŘÍDICÍ SYSTÉMY DOPRAVY - DOPRAVNÍ TELEMATIKA* [online]. 2004 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/tichy/dokumenty-k-vyuce/ITS>
- [4] PŘIBYL, Pavel. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.
- [5] BĚLINOVÁ, Zuzana. *ITS ARCHITEKTURA - evropská architektura FRAME* [online]. In: . [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/vyuka/tss/soubory/3-architektura.pdf>
- [6] SPĚVÁK, Antonín. *Monitorovací systémy a jejich využití v silniční dopravě* [online]. 2018 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://hdl.handle.net/10195/71146>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Nožička, Jiří.
- [7] Osobní údaje. In: *Evropská komise* [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: [https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/reform/what-personal-data\\_cs#:~:text=Osobn%C3%AD%20%C3%BA%20daje%20jsou%20jak%C3%A9koli%20informace,v%C3%A9st%20k%20identifikaci%20ur%C4%8Dit%C3%A9%20osoby.](https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/reform/what-personal-data_cs#:~:text=Osobn%C3%AD%20%C3%BA%20daje%20jsou%20jak%C3%A9koli%20informace,v%C3%A9st%20k%20identifikaci%20ur%C4%8Dit%C3%A9%20osoby.)
- [8] KORNEL, Martin a Jitka MIHULKOVÁ. Co je, co není a co bude osobní údaj podle GDPR. In: *Frank Bold advokati* [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.fbadvokati.cz/cs/clanky/541-co-je-co-neni-a-co-bude-osobni-udaj-podle-gdpr>
- [9] KLEIN, Lawrence A. *Sensor and Data Fusion for Intelligent Transportation Systems* [online]. SPIE, 2019 [cit. 2023-03-10]. ISBN 9781510627659. Dostupné z: doi:10.1117/3.2525400
- [10] *Hierarchie Dat* [online]. In: . [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: [https://wikisofia.cz/wiki/Hierarchie\\_Data\\_%E2%86%92\\_Informace\\_%E2%86%92\\_Znalost#:~:text=Vz%C3%A1jemn%C3%A1%20souvislost%20mezi%20data%20informace,je%C5%BE%20interpretuj%C3%AD%20data%20a%20informace.](https://wikisofia.cz/wiki/Hierarchie_Data_%E2%86%92_Informace_%E2%86%92_Znalost#:~:text=Vz%C3%A1jemn%C3%A1%20souvislost%20mezi%20data%20informace,je%C5%BE%20interpretuj%C3%AD%20data%20a%20informace.)
- [11] BURNOS, Piotr, Janusz GAJDA, Piotr PIWOWAR, Ryszard SROKA, Marek STENCEL a Tadeusz ZEGLEN. *Measurements of Road Traffic Parameters Using Inductive Loops and Piezoelectric Sensors* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/260398810\\_Measurements\\_of\\_Road\\_Traffic\\_Parameters\\_Using\\_Inductive\\_Loops\\_and\\_Piezoelectric\\_Sensors](https://www.researchgate.net/publication/260398810_Measurements_of_Road_Traffic_Parameters_Using_Inductive_Loops_and_Piezoelectric_Sensors)
- [12] PETŘÍKOVÁ, Růžena. *Moderní management znalostí: (principy, procesy, příklady dobré praxe)*. 1. vyd. [Praha]: Professional Publishing, 2010. ISBN isbn978-80-7431-011-9.
- [13] LAWRENCE, KLEIN. 2022. *Roadside Sensors for Traffic Management* [online]. 17. květen 2022. B.m.: TechRxiv. [vid. 2023-03-10]. Dostupné z: doi:10.36227/techrxiv.19750084.v1 [online]. [cit. 2023-03-10].
- [14] Režimy práce řidičů. In: *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: [53](https://www.mdcz.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Rezimy-</a></li></ol></div><div data-bbox=)

- prace-ridicu/Rezimy-prace-ridicu
- [15] ŠTENGL, Michal. Živá mapa. In: *Transport-logistika.cz* [online]. [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://transport-logistika.cz/zpravy/silnicni-doprava/telematika-uz-davno-neni-jenom-o-sledovani-polohy/>
- [16] *GPS Navigator, GPS Tracker, GPS Logger* [online]. In: . [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.aribot.com/2021/05/28/differences-between-gps-navigator-gps-tracker-and-gps-logger/#:~:text=A%20GPS%20logger%20logs%20the,dashcam%20footage%20in%20video%20playback.>
- [17] ŠKRANC, Oldřich. *GPS lokátor* [online]. In: . [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://mobilmania.zive.cz/clanky/spion-pod-kapotou-gps-lokator-dil-prvni/sc-265-a-1322776/default.aspx>
- [18] VŠETIČKA, Martin a Jaroslav REICHL. Vesmírný segment. In: *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1640-vesmirny-segment>
- [19] BISTÁK, Marek, František BRUMERČÍK a Michal LUKÁČ. WEIGHING SYSTEMS IN TRAFFIC. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport* [online]. 2017, **97**, 5-15 [cit. 2023-02-13]. ISSN 02093324. Dostupné z: doi:10.20858/sjsutst.2017.97.1
- [20] Dynamické nápravové váhy pro automatické vážení vozidel za jízdy. In: *Tenzováhy* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.tenzovahy.cz>
- [21] CARNEIRO, Anselmo, Enson PORTELA a Túlio BITTENCOURT. Development of Brazilian highway live load model for unlimited fatigue life. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* [online]. 2020, **13**(4) [cit. 2023-02-16]. ISSN 1983-4195. Dostupné z: doi:10.1590/s1983-41952020000400007
- [22] *Burnos, Piotr et al. "Measurements of Road Traffic Parameters Using Inductive Loops and Piezoelectric Sensors." Metrology and Measurement Systems 14 (2007): 187-203.*
- [23] HERCÍK, Radim a Miroslav KVÍČALA. *SENZORY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL* [online]. 1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2019 [cit. 2023-03-19]. ISBN 978-80-248-4317-9. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/334535454\\_Senzory\\_pro\\_automobilovy\\_prumysl](https://www.researchgate.net/publication/334535454_Senzory_pro_automobilovy_prumysl)
- [24] VLK, František. *ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY MOTOROVÝCH VOZIDEL* [online]. [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-04-193-212.pdf>
- [25] CAN Bus Explained. In: *Css electronics* [online]. [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial>
- [26] DAVIS, Robert, Alan BURNS, Reinder BRIL a Johan LUKKIEN. Controller Area Network (CAN) schedulability analysis: Refuted, revisited and revised. *Real-Time Systems* [online]. 2007, **35**(3), 239-272 [cit. 2023-02-21]. ISSN 0922-6443. Dostupné z: doi:10.1007/s11241-007-9012-7
- [27] CAN - STRUČNÝ ÚVOD. In: *FCC průmyslové systémy* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: [https://www.fccps.cz/can-strucny-uvod\\_mobile-2](https://www.fccps.cz/can-strucny-uvod_mobile-2)
- [28] *Introduction to the Controller Area Network (CAN)* [online]. [cit. 2023-02-21].
- [29] Sledování stavu PHM. In: *SledujAuta.cz* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: [https://www.sledujauta.cz/funkce\\_zakladni-vseobecne-funkce\\_sledovani-stavu-phm](https://www.sledujauta.cz/funkce_zakladni-vseobecne-funkce_sledovani-stavu-phm)
- [30] Ultrasonic Fuel Sensor. In: *Comcentric.sg* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://comcentric.sg/wp/products/sensors/ultrasonic-fuel-sensor/>

- [31] NOVOTNÝ, Jiří. *On-board váhy Palubní vážící zařízení: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.* [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/111830141-On-board-vahy-palubni-vazici-zarizeni-jiri-novotny-centrum-dopravniho-vyzkumu-v-v-i.html>
- [32] *Truck performance monitoring system* [online]. In: . [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://jv-technoton.com/solutions/truck-monitoring/>
- [33] *ELECTRONIC TRUCK SECURITY LOCK* [online]. In: . [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.imbema.com/en/catalog/vehicle-technology/cargo-security/electronic-locks/sbs-bdi-electronic-truck-security-lock/>
- [34] *Zabezpečení nákladu Schmitz Cargobull* [online]. In: . [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.ewt.cz/novinky/zabezpeceni-nakladu-diky-schmitz-telematice-1404045711.html>
- [35] *CANLAB* [online]. In: . [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.canlab.cz/cs>
- [36] PLÍHAL, Jiří. *ADAS Asistenční systémy pro řidiče* [online]. In: . [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/o-adas.html>
- [37] RIMINI-DOERING, Maria, Dietrich MANSTETTEN, Tobias ALTMUELLER, Ulrich LADSTAETTER a Michael MAHLER. Monitoring Driver Drowsiness and Stress in a Driving Simulator. In: *Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design: driving assessment 2001* [online]. Iowa City, Iowa: University of Iowa, 2017, s. 58-63 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: doi:10.17077/drivingassessment.1009
- [38] PLHÁKOVÁ, Alena. *Učebnice obecné psychologie*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1387-3.
- [39] H. AMUNDSEN, Astrid a Fridulv SAGBERG. *Hours of service regulations and the risk of fatigue- and sleep-related road accidents : a literature review* [online]. 2003 [cit. 2023-03-11]. ISBN 8248003582.
- [40] PORADA, Viktor. *Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi*. Praha: Linde, 2000. Vysokoškolská právnická učebnice. ISBN isbn80-7201-212-6.
- [41] Mikrosněpanek. In: *Bezpečné cesty* [online]. [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecna-jizda-v-aute/mikrosnapanek>
- [42] BAYNE, Alycia a Neha TRIVEDI. Countermeasures to Reduce Drowsy Driving: Results of a Literature Review and Discussions with Experts. *AAA Foundation for Traffic Safety* [online]. [cit. 2023-02-27].
- [43] THERESIA BR. PASARIBU, Novie, Agus PRIJONO, Ratnadewi RATNADEWI, Roy PRAMONO ADHIE a Joseph FELIX. Drowsiness Detection According to the Number of Blinking Eyes Specified From Eye Aspect Ratio Value Modification. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Life, Innovation, Change and Knowledge (ICLICK 2018)* [online]. Paris, France: Atlantis Press, 2019, s. - [cit. 2023-03-11]. ISBN 978-94-6252-762-1. Dostupné z: doi:10.2991/iclick-18.2019.35
- [44] TOMÁŠ, Tichý. *Systém pro detekci a vyhodnocování mikrosněpanku řidičů* [online]. 2008 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2008-19-Tichy.pdf>
- [45] Dopravní nehoda. In: *Policie.cz* [online]. [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/pomoc-obetem-tc-dopravni-nehoda.aspx>
- [46] *DRIVER FATIGUE AND ROAD ACCIDENTS: A LITERATURE REVIEW and POSITION PAPER* [online]. [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.rospa.com/rospaweb/docs/advice-services/road-safety/drivers/fatigue->

litreview.pdf

- [47] Statistika nehodovosti. In: *Policie České republiky* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [48] HORNE, J a L REYNER. Sleep related vehicle accidents. *BMJ* [online]. 1995, **310**(6979), 565-567 [cit. 2023-03-11]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.310.6979.565
- [49] DALIBOR PESIC. Analysis of possibility for traffic safety improvement based on Serbian traffic violation database analysis. *Scientific Research and Essays* [online]. 2011, **6**(29) [cit. 2023-03-11]. ISSN 19922248. Dostupné z: doi:10.5897/SRE11.1272
- [50] *Frequency of fatigue-related crashes* [online]. In: . [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/fatigue/frequency-fatigue-related-crashes\\_en](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/fatigue/frequency-fatigue-related-crashes_en)
- [51] KHAN, Ijaz. *Driver's fatigue detection system based on facial features* [online]. 2014 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <http://eprints.uthm.edu.my/1477/>. Masters thesis. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- [52] DOUDOU, Messaoud Samir. *A Light on Physiological Sensors for Efficient Driver Drowsiness Detection System* [online]. 11 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://hal.science/hal-02162758>
- [53] ALBADAWI, Yaman, Maen TAKRURI a Mohammed AWAD. A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems. *Sensors* [online]. 2022, **22**(5) [cit. 2023-03-06]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s22052069
- [54] NASRI, Ismail. *A Review of Driver Drowsiness Detection Systems: Techniques, Advantages and Limitations* [online]. 12 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: doi:arXiv:2206.07489
- [55] M.KUMAR, M. DRIVER DROWSINESS DETECTION TECHNIQUES: A REVIEW. *Advances in Mathematics: Scientific Journal* [online]. 2020, **9**(6), 3933-3939 [cit. 2023-02-12]. ISSN 18578365. Dostupné z: doi:10.37418/amsj.9.6.73
- [56] GNEO, Massimo, Maurizio SCHMID, Silvia CONFORTO a Tommaso D'ALESSIO. A free geometry model-independent neural eye-gaze tracking system. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2012, **9**(1) [cit. 2023-03-17]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/1743-0003-9-82
- [57] MIESBAUER, Petr. *Systém snímání polohy řidiče automobilu* [online]. 2020 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11025/41351>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Holota Radek, Ing. Ph.D.
- [58] SVENSSON, Ulrika. *Blink behaviour based drowsiness detection: method development and validation* [online]. 2004 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/34490800\\_Blink\\_behaviour\\_based\\_drowsiness\\_detection\\_method\\_development\\_and\\_validation](https://www.researchgate.net/publication/34490800_Blink_behaviour_based_drowsiness_detection_method_development_and_validation). Master Thesis.
- [59] ABE, Takashi. PERCLOS-based technologies for detecting drowsiness: Current evidence and future directions. *SLEEP Advances* [online]. [cit. 2023-03-11]. ISSN 2632-5012. Dostupné z: doi:10.1093/sleepadvances/zpad006
- [60] Advanced Driving Assist Technology- Toyota. In: *AISIN* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.aisin.com/en/news/2021/005406.html>
- [61] Detektor únavy řidičů VUEMATE DL550A. In: *QTEST - měřicí a přístrojová technika* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.qtest.cz/detektory-unavy/dl550a>

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 HIERARCHICKÁ STRUKTURA DOPRAVNÍHO TELEMATICKÉHO SYSTÉMU [4] .....	5
OBRÁZEK 2 PYRAMIDA ZNALOSTÍ [9] .....	9
OBRÁZEK 3 NÍZKORYCHLOSTNÍ VÁŽENÍ [20] .....	14
OBRÁZEK 4 VYSOKORYCHLOSTNÍ VÁŽENÍ [14] .....	15
OBRÁZEK 5 DATOVÝ RÁMEC [16].....	17
OBRÁZEK 6 CAN SNIFFER [35] .....	18
OBRÁZEK 7 KONEKTOR J1939 [29].....	18
OBRÁZEK 8 GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ STAV PALIVA [30].....	20
OBRÁZEK 9 ULTRASONICKÝ SENZOR HLADINY PALIVA [32].....	21
OBRÁZEK 10 SCHÉMA SENZORŮ NÁKLADNÍ SOUPRAVY [32].....	21
OBRÁZEK 11 ZATÍŽENÍ NÁPRAV [29].....	22
OBRÁZEK 12 ELEKTRONICKÝ ZÁMEK ZADNÍCH DVEŘÍ [33] .....	23
OBRÁZEK 13 PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ NEHODOVOSTI ZPŮSOBENÉ ÚNAVOU DLE VĚKU [47] .....	30
OBRÁZEK 14 METODY DETEKCE ÚNAVY [54].....	31
OBRÁZEK 15 SENZORY PRO EEG MĚŘENÍ [51] .....	32
OBRÁZEK 16 POHYBY NORMÁLNÍHO A UNAVENÉHO ŘIDIČE [52].....	33
OBRÁZEK 17 ZORNICE IR [56].....	34
OBRÁZEK 18 PROCENTUÁLNÍ ZAVŘENÍ OČÍ [59].....	35
OBRÁZEK 19 TESTOVANÉ ZAŘÍZENÍ VUEMATE 550 A [59] .....	38
OBRÁZEK 20 UMÍSTNĚNÍ MONITOROVACÍHO ZAŘÍZENÍ [ARCHIV AUTORA].....	39
OBRÁZEK 21 DETEKOVATELNÉ ÚHLY NATOČENÍ HLAVY [61] .....	40
OBRÁZEK 22 DIAGRAM DETEKCE ÚNAVY VUEMATE 550 A [61] .....	40
OBRÁZEK 23 EXTRAKCE OBLASTÍ ZÁJMU [ARCHIV AUTORA].....	41
OBRÁZEK 24 DETEKOVATELNÉ POZICE [ARCHIV AUTORA].....	42

## Seznam tabulek

TABULKA 1 SENZORY VYUŽÍVANÉ V DOPRAVĚ [13].....	10
TABULKA 2 OPATŘENÍ PROTI ŘÍZENÍ V OSPALOSTI [43].....	29
TABULKA 3 SUBJEKTY MĚŘENÍ .....	44
TABULKA 4 ZÁVISLOST NA SVĚTELNÝCH PODMÍNKÁCH .....	45
TABULKA 5 VYHODNOCENÍ JÍZD .....	47

## Seznam grafů

GRAF 1 VYHODNOCENÍ JÍZD NA RŮZNÝCH KOMUNIKACÍCH.....	46
GRAF 2 VYHODNOCENÍ TESTOVANÝCH JÍZD .....	47
GRAF 3 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ – ZAMĚŘENÝ NA POHLED ŘIDIČE.....	48
GRAF 4 VYHODNOCENÍ JÍZDY VŠECH ŘIDIČŮ .....	49

## Seznam Zkratek

GPS	Globální polohový systém (Global Positioning System)
GSM	Globální systém pro mobilní komunikace
ITS	Inteligentní dopravní systém (Intelligent Transportation Systems)
FRAME	FRamework Architecture Made for Europe
OBU	On- Board- Unit
GDPR	Obecné nařízení o ochraně osobních údajů
ECU	Electronic Control Unit
PHM	Pohonné hmoty
LS-WIM	low speed weigh in motion
HS-WIM	high speed weigh in motion
CAN	Controller Area Network
INVIS	In Vehicle Information Systems
ADAS	Advanced Driver Assisance Systems
EKG	Elektrokardiogram
EEG	Elektroencefalogram
IR	Infrared
NIR	Near Infrared
ROI	Region of interest

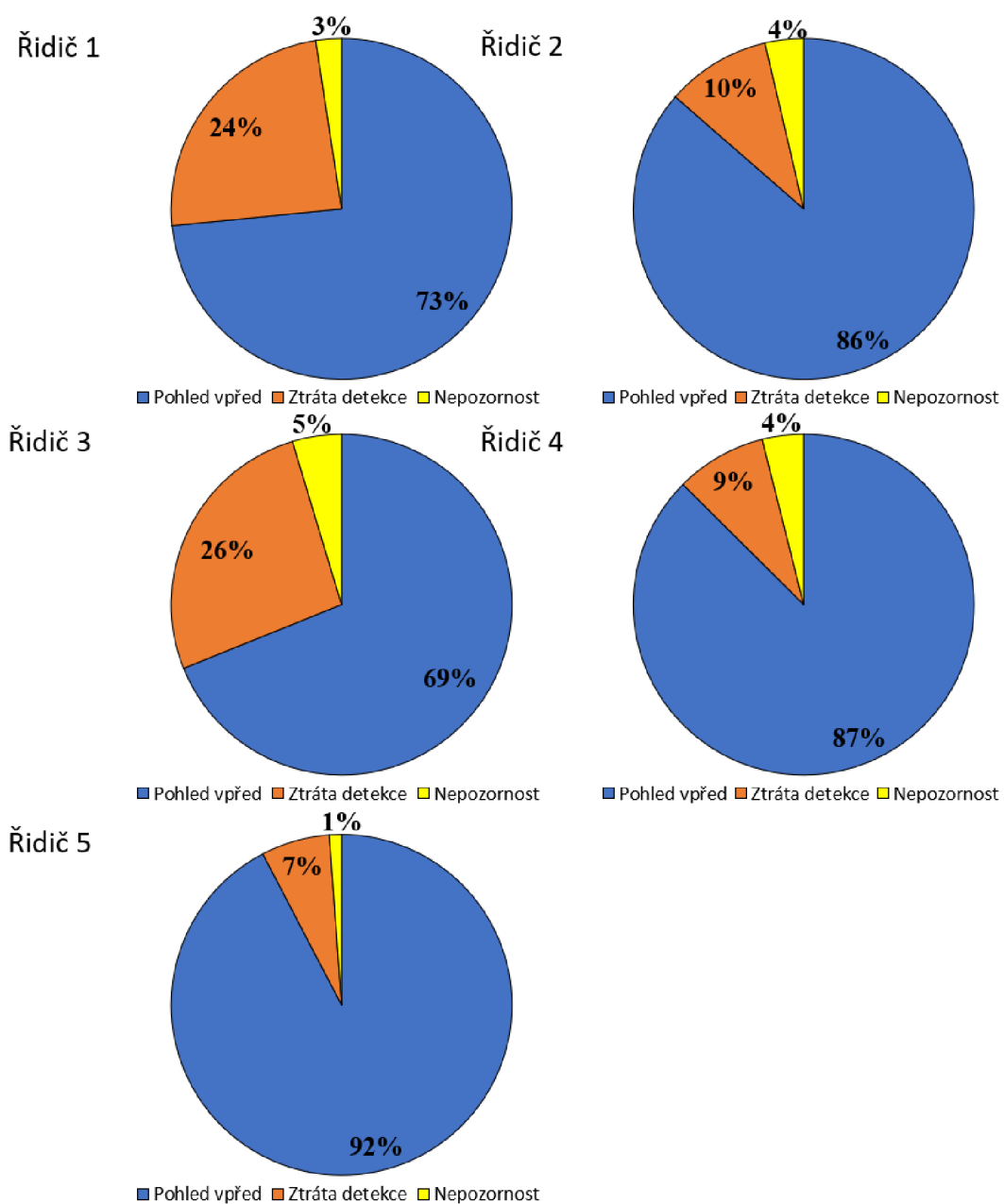


## Přílohy

### Příloha I

Typ Detekce	Výhody	Nevýhody
<b>Indukční smyčky</b>	Flexibilní konstrukce Široké spektrum využití  Poskytuje základní dopravní parametry (intenzita, rychlost, obsazenost)	Intrusivní instalace Detektor namáhán zatížením provozu Instalace a údržba vyžaduje uzavření jízdního pruhu
<b>Magnetometry</b>	Méně citlivé na provozní namáhání Lze využít tam kde nelze využít smyčky (mosty)	Intrusivní instalace Instalace a údržba vyžaduje uzavření jízdního pruhu Malá detekční plocha
<b>Mikrovlnné radary</b>	Obecně necitlivé na meteorologické podmínky Denní i noční provoz	Pro provoz a údržbu vyžaduje oprávnění Může se zafixovat na nejsilnějším signálu (nákladní automobil)
<b>Ultrazvukové senzory</b>	Poskytuje většinu základních dopravních parametrů	Funkčnost ovlivněna vnějšími podmínkami (teplota, vlhkost, vítr) Obtížná detekce zasněžených vozidel Vysoké nároky na údržbu
<b>Infračervené detektory</b>	Aktivní detektor, který vysílá úzký paprsek pro přesné určení polohy vozidla Poskytuje většinu základních dopravních parametrů Pasivní detektory mohou nahradit indukční smyčky Denní i noční provoz	Funkčnost ovlivněna počasím (déšť, mlha, sněžení atd.) Obtížně zachování seřízení na vibrujících konstrukcích
<b>Videodetekce</b>	jednoduchost umístění a změny detekčních zón  Poskytuje většinu základních dopravních parametrů Široká detekční oblast	Nepříznivé počasí, stíny, špatné osvětlení může ovlivnit výkon (bez IR senzoru) Vyžaduje značný výpočtový výkon
<b>Akustické senzory</b>	Obecně necitlivé na meteorologické podmínky Naprostě pasivní Denní i noční provoz	Relativně nová technologie v rámci sledování dopravy

## Příloha II – Vyhodnocení testovacích jízd – Grafy



### Příloha III – Potencionální umístění zařízení



přístrojová deska



A sloupek



Sloupek řízení

## Příloha IV - Schopnost detekce ve slunečních brýlích

