



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Jan Novotný

Podpora řidičů se zdravotními komplikacemi při řízení  
automobilu

Diplomová práce

**2018**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K616.....Ústav dopravních prostředků**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Jan Novotný**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Podpora řidičů se zdravotními komplikacemi při řízení automobilu**

Název tématu (anglicky): Support of drivers with medical complications while driving a car

**Zásady pro vypracování**

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

- Rešerže důvodů odebrání řidičského oprávnění kvůli zdravotnímu stavu
- Analýza zdravotních rizik
- Možnosti sledování zdravotního stavu během řízení
- Popis metod kvality
- Aplikace metod kvality na daný problém
- Výsledky, shrnutí, závěr
- Návrh dalšího postupu



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: J.Machan a spol. : Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku - aplikace v automobilovém průmyslu, 2012, 978-80-87042-50-2

M. Štork, R. Holota, P. Weissar, J. Skála, Z. Kubík, Sledování stavu řidičů během jízdy - únava a možnosti její detekce, výz. zpráva č.: 211 - 1 - 14, ZCU v Plzni

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc.**  
**Ing. Josef Mík, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **22. června 2017**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **29. května 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Novotný  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....22. června 2017

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu projektu panu doc. Jaroslavu Machanovi za odborné vedení, přístup k materiálům, konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

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

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

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

V Praze dne 28. května 2018

.....

Podpis

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## Podpora řidičů se zdravotními komplikacemi při řízení automobilu

Diplomová práce

Květen 2018

Bc. Jan Novotný

### ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Podpora řidičů se zdravotními komplikacemi při řízení automobilu“ je hledání vhodných způsobů sledování a hlídání řidiče s případnou korekční reakcí automobilu. Čtenář je seznámen s procesem odebrání řidičského oprávnění a také se širokou škálou nemocí, které mohou být důvodem odebrání. Popsány jsou rovněž monitorovací zařízení a metody kvality. Aplikací metody QFD jsou dále určeny efektivní způsoby sledování řidiče a vhodné nemoci pro jejich využití. Navrženy a doporučeny jsou také další postupy, které by mohly jednou zachraňovat lidské životy.

### ABSTRACT

The subject of diploma thesis “Support of drivers with medical complications while driving a car“ is to find appropriate ways of how to monitor and control the driver with eventual correction from a car. The reader is familiarized with the process of losing driver’s license and wide range of medical conditions that might be the reason. Monitoring devices and quality methods are also described. Through application of the method QFD are chosen diseases and effective monitoring methods for their use. Designed and recommended are new procedures that might save lives one day.

## Klíčová slova

Řidičský průkaz, metody kvality, QFD, monitorovací zařízení, EKG, EEG, eye tracking, asistenční systémy, onemocnění řidiče

## Key words

Driver's license, quality methods, QFD, monitoring devices, EKG, EEG, eye tracking, driver assistance systems, driver illness

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Odebrání řidičského oprávnění .....	10
2.1. Povinné lékařské prohlídky .....	10
2.2. Zdravotní způsobilost a posudek .....	11
2.3. Podmíněné a omezené řidičské oprávnění .....	14
2.4. Vrácení řidičského oprávnění .....	14
3. Systémy sledování řidiče v současné nabídce .....	15
4. Třídění nemocí a chorob .....	17
4.1. Třídění onemocnění dle dopadu a výskytu .....	17
4.2. Popis nemocí a chorob seřazených dle MKN .....	20
4.2.1. C, D - Zhoubné a nezhoubné novotvary: .....	20
4.2.2. E - Nemoci endokrinní, výživy a přeměny látek .....	20
4.2.3. G – Nemoci nervové soustavy .....	21
4.2.4. I – Nemoci oběhové soustavy .....	24
4.2.5. J – Nemoci dýchací soustavy .....	25
4.2.6. M - Nemoci svalové a kosterní soustavy a pojivové tkáně .....	25
4.2.7. N – Nemoci močové soustavy .....	26
4.2.8. R - Příznaky, znaky, abnormální klinické a laboratorní nálezy nezařazené jinde .....	26
4.2.9. Y – Vnější příčiny nemocnosti a úmrtnosti .....	27
5. Možnosti sledování řidiče .....	28
5.1. Vizuelní detekce řidiče kamerovými systémy .....	29
5.1.1. Oční pohyby .....	29
5.1.2. Pohyby hlavy .....	30
5.1.3. Pohyby úst a těla .....	30
5.2. Sledování bdělosti řidiče na základě chování při řízení .....	31
5.3. Signály mozku EEG .....	32
5.4. Signál srdce EKG .....	33
5.5. Seismokardiografie .....	34
5.6. Galvanická kožní odezva EDA .....	34
5.7. Snímání respirace .....	35
5.8. Pulzní oxymetrie (měření saturace krve kyslíkem a tepové frekvence) .....	36
5.9. Odhad únavy řidiče podle výsledků zátěžového vyšetření .....	37
5.10. Senzory .....	37
5.10.1. Kamerové systémy .....	37
5.10.2. Infračervené snímače .....	38

5.10.3. Ultrazvukové snímače.....	38
5.10.4. Laserové měřiče .....	39
5.10.5. Senzor Harken.....	39
5.10.6. Dostupná spotřební elektronika.....	39
6. Metody kvality .....	41
6.1. Metody kvality ve fázi vývoje výrobku .....	41
6.2. Metody ke zjištění požadavků zákazníka.....	42
6.2.1. Dotazníková šetření .....	42
6.2.2. Skupinová diskuze .....	43
6.2.3. Hlasité myšlení.....	43
6.2.4. Klinické studie.....	44
6.3. Metoda QFD.....	45
6.4. Metoda DFMA.....	47
6.5. Metoda FMEA .....	48
7. Aplikace metod kvality .....	50
7.1. Analýza metodou QFD .....	50
7.1.1. Matice QFD posuzující monitorovací zařízení.....	50
7.1.2. Matice QFD posuzující nemoci.....	54
8. Návrh nových řešení .....	56
8.1. Monitorovací zařízení .....	56
8.2. Analýza vybraných nemocí.....	57
8.2.1. Posouzení připravenosti současných automobilů.....	61
8.3. Očekávaná reakce automobilu .....	62
8.3.1. Upozornění řidiče.....	62
8.3.2. Nouzový zásah automobilu .....	63
8.4. Nouzové tlačítko.....	65
9. Experimenty s měřením fyziologických signálů .....	66
10. Doporučení dalších aktivit .....	68
11. Závěr .....	70
12. Použitá literatura .....	72
13. Seznam obrázků.....	75
14. Seznam tabulek .....	77
15. Seznam grafů .....	77
16. Seznam příloh.....	77



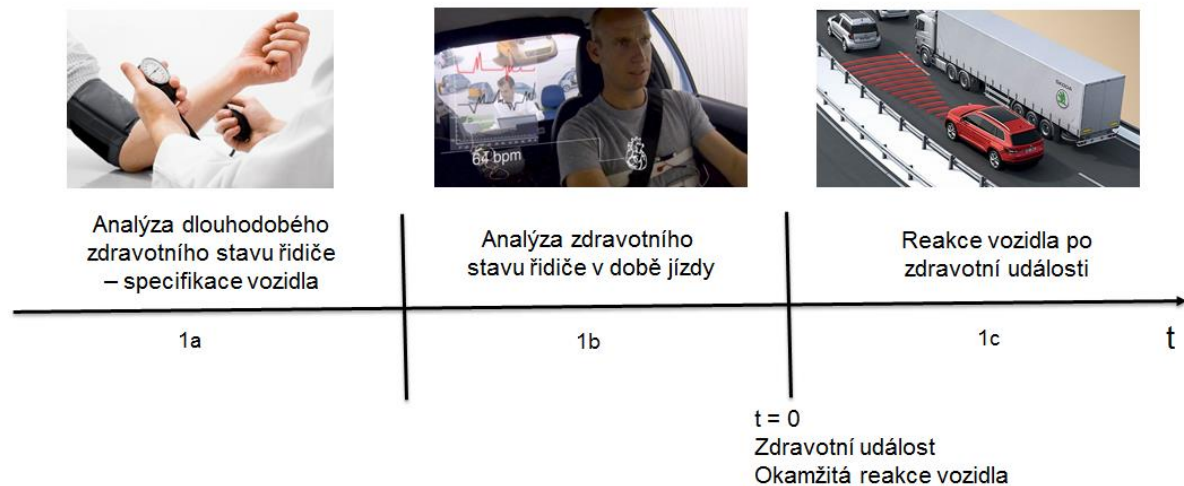
## 1. Úvod

Nemoci a choroby postihují nejen rozšiřující se počet lidí starší generace, ale také mladé osoby v aktivním věku. Tito lidé potřebují auto k pohybu po okolí či do zaměstnání, k výkonu práce avšak to samé platí i o starší generaci, která je stále aktivnější i v pozdějším věku. Umožnit těmto lidem řízení motorového vozidla je hlavní myšlenkou této diplomové práce. S pokrokem technologií bude již brzo možné podrobně monitorovat zdravotní stav řidiče a v případě komplikací zasáhnout do řízení pomocí asistenčních systémů. Například lidé s epilepsií, poruchami oběhové či plicní soustavy, jimž dnes není umožněno držení řidičského oprávnění, by opět mohli usednout za volant. A v případě zdravotních komplikací vozidlo zasáhne, zaznamená řidičovu nečinnost či naopak neobvyklé chování a bezpečně vůz zastaví. Řidič mající zdravotní problém tedy neohrozí sebe, ani ostatní účastníky dopravního provozu, a dostane se mu dříve lékařské pomoci. Aplikace diplomové práce má také potenciál zachránit velké množství osob, které řídit mohou, ale náhle je postihne vážný zdravotní problém.

Dá se předpokládat, že případů zdravotního selhání řidiče za volantem bude v dalších desítkách let přibývat. K modernímu stylu života patří zůstat aktivní i v seniorském věku. Dle Českého statistického úřadu se počet osob nad 65 let v ČR do roku 2050 zdvojnásobí a počet osmdesátiletých zpětinasobí. Demografické vývoje počítají s tím, že počet obyvatel ve věku 65 a více vzroste do poloviny století ze stávajících 1,8 milionu až na 3,2 milionu. Odhaduje se, že senioři budou tvořit více než 15 % řidičů. Stejnou skutečnost ukazují i mezinárodní studie (Příloha č. 1). Automobily by se tedy měli na blížící se budoucnost připravit a být schopny reagovat na problémy rostoucí řidičské základny seniorů, u nichž jsou přeci jen zdravotní komplikace a akutní stavy častější. [1]

V dohledné budoucnosti bude zřejmě většina automobilů plně autonomních, řidič tedy nebude zastávat tak důležitou roli, jako je tomu dnes. Přesto bude ještě do éry plně autonomních vozidel potřeba dost času. Do té doby bude vhodné řidiče hlídat a korigovat. K dosažení těchto cílů je nutné sledovat stav řidiče během jízdy – detekovat únavu, stres a zdravotní stav. Je třeba rozpoznat blížící se kritický moment, kdy řidič ztratí pozornost či kompletní kontrolu nad vozidlem. To vybízí k využití monitorovací a měřicí techniky – sledování pohybu očí a mrkání, EKG, sledování tváře, svalové aktivity, krevního tlaku, srdeční frekvence, odporu vodivosti pokožky, frekvence dechu, EEG, hladiny alkoholu v krvi, cukru a saturace kyslíkem v krvi. Pokud se tyto technologie podaří využít a automobil vhodně zareaguje na krizovou situaci (řidiče varuje či dočasně převezme řízení), může to znamenat zachráněný lidský život.

# Časová osa funkce systémů pro odhalení zdravotních komplikací a zabránění dopravní nehody



Obrázek č. 1 – Časová osa funkce systémů

Nosnou strukturou této diplomové práce je časová osa na obrázku č. 1. Přesně reprezentuje jednotlivé kroky, které musí být zajištěny pro výrazné zvýšení bezpečnosti řidičů a jejich pasažérů na silnicích. Následující kapitoly se ať už přímo nebo nepřímo zabírají právě těmito částmi a budou na tuto časovou osu několikrát zpětně odkazovat.

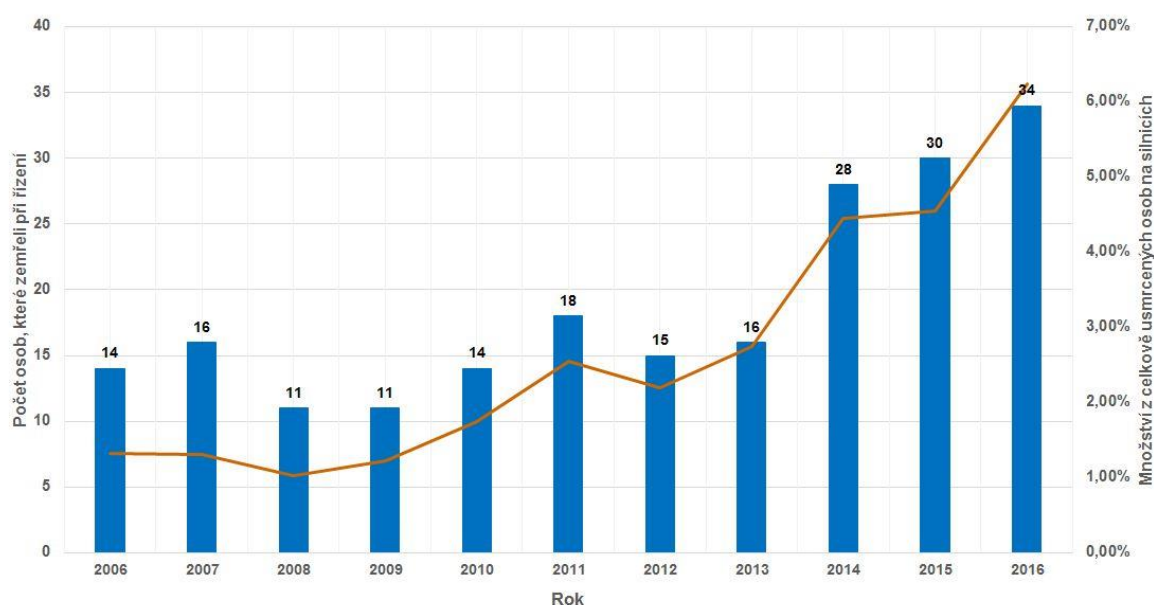
V intervalu 1a je nutná analýza dlouhodobého zdravotního stavu řidiče (zákazníka). Na základě výsledků této analýzy bude vozidlo pro tohoto konkrétního zákazníka konfigurováno. Monitorován pak bude zdravotní stav řidiče během jízdy se zaměřením na jeho specifické potřeby (1b) pomocí monitorovacích zařízení, které zaznamenají zdravotní komplikace a v některých případech dokonce dopředu predikují přicházející zdravotní problém, to poskytne řidiči nebo vozidlu v části 1c dostatek času na zareagování, tedy bezpečné zastavení a případné zavolání pomoci. Predikovat samozřejmě nejdou všechny nemoci, proto je také jeden z předpokládaných výstupů této práce určení vhodných nemocí pro další zkoumání. V práci budou aplikovány metody ve fázi vývoje výrobku, bude se tedy jednat zejména o navržení metodických postupů, z nichž analogicky mohou vzniknout další výstupy.

Graf č. 1 ukazuje zřetelný nárůst počtu případů, kdy řidič zemřel během řízení přirozenou cestou, tedy z důvodu fatálních zdravotních problémů, jako je například infarkt myokardu. Toto jsou případy, jež evidovala v posledních letech Policie ČR, je tedy otázkou, kolik dalších

případů uniklo pozornosti či správnému zaevidování. Zajímavý je také vývoj poměru těchto případů s celkovým počtem usmrcených osob. Přestože počet úmrtí na silnicích má spíše klesající tendenci, počet řidičů, kteří zemřeli při řízení ze zdravotního důvodu, narůstá a tím zaujímá stále větší procento. Je to tím, že přibývá aktivních řidičů v pokročilém věku?

Snahou této práce tedy bude pomoci i těmto řidičům nebo alespoň ostatním pasažérům. Zajištěním a zastavením vozidla neohrozí ostatní účastníky provozu a bude možné urychleně přivolat záchranné složky a tím dramaticky zvýšit šanci na přežití a uzdravení. V některých takto evidovaných případech zcela určitě může být při správné reakci vozidla a posádky stále ještě šance na přežití.

Vývoj počtu řidičů, kteří zemřeli při řízení ze zdravotního důvodu a poměr vůči celkovému počtu usmrcených osob (dle statistik Policie ČR)



Graf č. 1 – Počet řidičů, kteří zemřeli při řízení ze zdravotního důvodu (data Policie ČR)

## **2. Odebrání řidičského oprávnění**

Řidičská oprávnění bývají často odebrána z důvodu překročení hranice dvanácti bodů v rámci bodového systému. V této práci se však jedná o řidičská oprávnění, která byla nebo by mohla být odebrána z důvodu nedostatečné zdravotní způsobilosti, a to tělesné nebo duševní. Tato problematika spadá pod vyhlášku č. 277/2004 Sb. – „*Vyhláška o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel).*“ [2]

### **2.1. Povinné lékařské prohlídky**

Proces odebrání řidičského oprávnění či držení oprávnění s podmínkou začíná lékařskou prohlídkou, ty jsou povinné pro seniory po překročení určitého věku. První povinnost dostavit se na pravidelnou lékařskou prohlídku je v období šesti měsíců před dovršením 65 let věku, a poté 68 let. Následně pokračují prohlídky v intervalu dvou let. Pokud chce řidič starší 65 let stále řídit, musí tyto prohlídky úspěšně absolvovat a při každé jízdě s sebou vozit platný lékařský posudek. Pakliže tak nevykoná a lékařskou prohlídku neabsolvoval, hrozí mu při řízení pokuta 5000 až 10 000 Kč a zákaz činnosti na šest měsíců až rok. V případě, kdy by pouze neměl posudek u sebe, ale prohlídku úspěšně absolvoval, může dostat na místě blokovou pokutu o výši až 2000 Kč. [3]

Kromě těchto povinných lékařských prohlídek z důvodu překročení věku existují také pravidelné prohlídky určené podle § 87 vyhlášky č. 277/2004 Sb. V určitých intervalech musí lékařskou prohlídku absolvovat řidič vozidla, užívající v některých případech modrého výstražného světla. Dále řidič řídící vozidlo v pracovněprávním vztahu, který má řízení motorového vozidla sjednané v pracovní smlouvě nebo je řízení předmětem jeho samostatně výdělečné činnosti. Zejména se jedná také o profesionální řidiče, kteří drží oprávnění pro řízení vozidel skupin C1, C1+E, C, C+E, D1, D1+E, D nebo D+E. A posledním případem je osvědčená osoba pro výcvik řidičů v autoškole. [4]

Za zmínku stojí také příklady přístupu k řidičům „amatérům“ z vybraných států Evropské unie. Ve Španělsku jsou povinné dopravně-psychologická vyšetření do 65 let věku každých 10 let, u lidí starších je to každých 5 let. V Itálii je tomu podobně, do 50 let věku je lékařská prohlídka nutná každých 10 let, do 70 let každých 5 let a poté každé 3 roky. V Maďarsku je lékařská prohlídka povinná každých 10 let do 40 let věku, do 60 let pak platí interval 5 let, následně do 70 let věku každé 3 roky a nad 70 let v intervalu dvou let. [5]

Je tedy vidět, že některé státy zavedly povinnost absolvovat lékařskou prohlídku i v dřívější části života, v intervalu deseti let. Taková změna nastavení by mohla jednou přijít i do České republiky. Často totiž dochází ke změnám zdravotního stavu mezi čtyřicátým a padesátým rokem života, a pokud řidič nechodí pravidelně k praktickému lékaři, nemusí se problémy předem vůbec odhalit. K zaznamenání problému a následnému odebrání tak dochází pouze po návštěvách praktického lékaře nebo specialisty, který zpozoruje problém a je tak povinen podniknout další kroky. To je však podmíněno právě tím faktem, že řidič lékaře navštíví.

## **2.2. Zdravotní způsobilost a posudek**

Zdravotní způsobilost posuzuje a povinné lékařské prohlídky a tím pádem posudky vydává posuzující lékař, ten rozhodne o případném odebrání řidičského oprávnění.

Posuzujícím lékařem se rozumí: [3]

- a. *Lékař se způsobilostí v oboru všeobecné praktické lékařství nebo v oboru praktický lékař pro děti a dorost registrujícího poskytovatele ambulantní zdravotní péče,*
- b. *Lékař poskytovatele pracovnělékařských služeb,*
- c. *Lékař uvedený v písmenu a) kteréhokoliv poskytovatele této ambulantní zdravotní péče, jde-li o posuzovanou osobu, která nemá registrujícího poskytovatele nebo poskytovatele pracovnělékařských služeb. (ust. § 84 zákona č. 361/2000 Sb.).*

V případě, že během rutinní lékařské prohlídky shledá vyšetřující lékař nějaký problém, je povinen dle zákona č. 361/2000 Sb. o této skutečnosti ihned informovat prostřednictvím posudku příslušný obecní úřad obce s rozšířenou působností. Naopak u povinných lékařských prohlídek v seniorském věku posuzující lékař vždy po vyšetření vydá řidiči posudek se zjištěným zdravotním stavem z hlediska zdravotní způsobilosti. Řidič tak dostane výsledek, na jehož základě je buď zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel, zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel s podmínkou, nebo v nejhorším případě zdravotně nezpůsobilý k řízení motorových vozidel. [2]

Povinnost oznámit zdravotní problém je přímo uvedena v novele zákona o silničním provozu č. 297/2011 Sb., § 89a: „*Lékař, který zjistí, že žadatel o řidičské oprávnění nebo držitel řidičského oprávnění je zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel s podmínkou nebo není zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel, je povinen o této skutečnosti neprodleně informovat obecní úřad obce s rozšířenou působností příslušný podle obvyklého bydliště nebo místa studia žadatele o řidičské oprávnění nebo držitele řidičského oprávnění.*“ [4]

Druh lékařské prohlídky, které se podle zákona posuzovaná osoba podrobila.....

Posouzení podle skupiny 1<sup>2)</sup> - skupiny 2<sup>2)</sup> přílohy č. 3 vyhlášky

Dopravně psychologické vyšetření podle § 87a zákona bylo provedeno:

a) ano<sup>2)</sup>, a to v roce.....

b) ne<sup>2)</sup>

**Posuzovaná osoba**

a) je zdravotně způsobilá<sup>2)</sup> pro skupinu řídicího oprávnění.....

b) není zdravotně způsobilá<sup>2)</sup> pro skupinu řídicího oprávnění.....

c) je zdravotně způsobilá s podmínkou<sup>2),3)</sup> pro skupinu oprávnění.....

Datum ukončení platnosti posudku<sup>4)</sup>.....

### Obrázek č. 2 – Část posudku s rozhodnutím lékaře (Celé znění v příloze č. 2)

Posuzující lékař vyplní lékařský „Posudek o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel“ (Příloha č. 2) na základě „Přílohy č. 3 k vyhlášce č. 277/2004 Sb.“ (Příloha č. 3), kde je obsažen soupis nemocí, chorob a vad, které jsou v rozporu s řízením vozidla. Kromě skupiny běžných řidičů s řídicím oprávněním na skupiny A, B a B+E a AM a podskupiny A1 a B1 je zde také skupina 2 – profesionální řidiči, kteří mají v určitých věcech přísnější měřítko posuzování. Jak je názorně vidět na obrázku č. 2, lékař posoudí způsobilost pro jednotlivé skupiny, stává se tedy poměrně často, že řidič přijde o řídicí oprávnění například na profesní skupiny C, D či E, ale bude mu ponecháno oprávnění na skupinu B. [7]

Následuje přehled zmíněné „Přílohy č. 3 k vyhlášce č. 277/2004 Sb.“. Popisuje jednotlivé části zdravotní problematiky, stavy a nemoci, jež nejsou v souladu s bezpečným řízením. V příslušném dokumentu je příloha rozdělena do 12 částí, jež jsou zde uvedené, plné znění je k vidění v příloze č. 3.

Kapitoly „Přílohy č. 3 k vyhlášce č. 277/2004 Sb.“: [7]

- I. *Nemoci, vady nebo stavy zraku vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- II. *Nemoci, vady nebo stavy sluchu vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- III. *Nemoci, vady nebo stavy svalové a kosterní soustavy a pojivové tkáně vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- IV. *Nemoci, vady nebo stavy oběhové soustavy vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*

- V. *Nemoc diabetes mellitus vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- VI. *Nemoci, vady nebo stavy nervové soustavy vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- VII. *Nemoci, vady nebo stavy způsobující duševní poruchy vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- VIII. *Nemoci, vady nebo stavy způsobené závislostí na alkoholu (alkoholismus) vylučující nebo podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- IX. *Nemoci, vady a stavy spočívající v závislosti na požívání psychoaktivních (psychotropních) látek, léčiv nebo jejich kombinací (toxikománie) vylučující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- X. *Nemoci, vady a stavy způsobené vážnou nedostatečností činnosti ledvin podmiňující zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- XI. *Stavy související s transplantací orgánu nebo umělého implantátu podmiňujícího zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*
- XII. *Další nemoci, vady nebo stavy, které mohou podmínit zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel*

Po uvědomění řidiče a zejména příslušného úřadu vyšetřujícím lékařem ztrácí řidič řídicí oprávnění. Může však protestovat ve správním řízení. Tam na základě lékařského posudku a případně dalších vyšetření rozhoduje odborná komise o verdiktu. Správní řízení řidiči nařídí, aby se ve stanovené lhůtě podrobil zdravotnímu vyšetření, popřípadě přezkoumání zdravotní způsobilosti, pokud tak ve stanovené lhůtě nevykoná, je považován za nezpůsobilého řízení. Pro toto zdravotní přezkoumání je stanovená lhůta, jež nesmí být kratší než 15 dní. Po absolvování vyšetření rozhodnou členové odborné komise, zda řidiči bude odebráno řídicí oprávnění, může řídit s podmínkou nebo může dále řídit bez omezení.

Podle informací získaných na základě emailové korespondence s odborem dopravněsprávních činností Magistrátu hlavního města Prahy, v roce 2016 Magistrát registroval 2353 podnětů k odnětí řídicího oprávnění a o úplném odebrání bylo rozhodnuto v 569 případech. V první deseti měsících roku 2017 bylo podáno přibližně 2000 podnětů a rozhodnuto o odnětí v 490 případech. Tyto hodnoty však zahrnují i degenerativní nemoci spojené se stářím, alkoholismus, problémy s návykovými látkami, psychické nemoci. Jelikož lékaři do posudků neuvádějí samotnou příčinu, ale jen rozhodnutí, je těžko dohledatelné, možná dokonce kvůli ochraně osobních údajů nemožné, čísla k jednotlivým chorobám, dohledat.

### **2.3. Podmíněné a omezené řidičské oprávnění**

Je na místě si také vysvětlit, co znamená držení řidičského oprávnění s podmínkou. Zdravotní způsobilost s podmínkou znamená, že řidič může nadále řídit, ale je zde podmínka či omezení, kterou musí držitel řidičského oprávnění při řízení motorových vozidel dodržovat. Daná podmínka či omezení je označena tzv. harmonizačním kódem na řidičském průkazu a v registru řidičů.

Nejznámějším příkladem této podmínky jsou korekce zraku a to brýlemi nebo kontaktními čočkami. Dále zdravotní důvody myslí na sluchové pomůcky či protézy. Dlouhý seznam popisuje různorodá přizpůsobení vozidla – upravené ovládání spojky, převodových stupňů, brzdového systému, akcelérátoru, řízení nebo polohy sedadla. Některé podmínky mohou také omezit užívání, a to například v nočních hodinách, na dálnicích, s přívěsem, s cestujícími. Nebo je povoleno jezdit jen v určité vzdálenosti od místa bydliště. Plné znění je uvedeno v příloze č. 4. [8] [9]

### **2.4. Vrácení řidičského oprávnění**

Poté co bylo řidiči zakázáno řízení, například z důvodu epilepsie na dobu šesti měsíců, musí si o řidičské oprávnění znovu zažádat. K tomu musí na příslušný úřad donést žádost (Příloha č. 5) a aktuální posudek od lékaře, který nesmí být starší než 30 dnů. Pakliže důvody pro podmínění řidičského oprávnění či jeho úplné odebrání pominuly, zruší úřad na základě žádosti podmínění či odebrání řidičského oprávnění. Opět platí, že se rozhoduje o zdravotní způsobilosti pro jednotlivé skupiny, žadateli tak například může být zpět přiřknuta pouze skupina B a ostatní „profesionální“ skupiny zůstanou odebrány. V případě, že řidičské oprávnění bylo odňato po dobu delší než tři roky, je nutné žadatelem prokázat zdravotní a odbornou způsobilost k řízení motorového vozidla, tedy absolvovat zkoušku v autoškole. [3]



### 3. Systémy sledování řidiče v současné nabídce

Již řadu let je mezi automobilkami vidět snaha předvést sofistikovaný systém sledující únavu řidiče, který by zabránil nehodám zapříčiněným mikrospánkem. V současné době nabízí systém upozorňující řidiče na přicházející únavu téměř všichni výrobci. A všichni mají také jednu věc společnou, žádný ze systémů vyloženě nehlídá zdravotní stav řidiče, pouze určitým způsobem analyzují data průběhu řízení.

Celý koncern Volkswagen Group v čele s VW a tuzemskou Škodou Auto používá tzv. Driver Alert System. Systém zaznamenává a analyzuje data z prvních 15 minut po nastartování vozu. Tyto hodnoty jako úhel natočení volantu, ovládání pedálu plynu, příčné zrychlení, jízda v pruhu a další projevy chování řidiče při řízení může v pozdějších fázích jízdy porovnávat. Pokud dojde k vyhodnocení, že u řidiče nastává únava, což se může projevit neklidným trháním volantu či vyjížděním mimo vodorovné dopravní značení komunikace, je řidič upozorněn varovným signálem a indikací šálku kávy na přístrojovém panelu. [10]



Obrázek č. 3 – Indikace ve voze Škoda Superb

U značek Mazda, Nissan nebo Volvo se ujal systém pod zkratkou DAA (Driver Attention Alert), který principiálně funguje stejně, včetně upozornění s šálkem kávy. Funkce je však naladěna trochu odlišně. Systém se aktivuje při překonání rychlosti 65 km/h, až poté zaznamená referenční data o chování řidiče, která následně může porovnávat. Systém tím eliminuje data z městského prostředí, je tedy přímo koncipován pro hlídání na dlouhých, meziměstských trasách, kdy řidič snadněji podlehne monotónnosti a únavě. [11]



Obrázek č. 4 – Indikace ve voze značky Nissan

Stejně tak u vozidel značek Ford, Hyundai a Mercedes-Benz dojde při vyhodnocené únavě ke zvukovému upozornění a indikaci na displeji se šálkem kávy. Systém, také zvaný Driver Attention Alert, sleduje chování za volantem typické pro unaveného řidiče. Vyhodnocuje úhel natočení volantu, využívání plynu, pomocí přední kamery pozici vůči vodorovnému dopravnímu značení a dobu řízení.

Automobilka filantropa Elona Muska Tesla Inc. dnes nabízí zřejmě nejpokročilejší systém řízení automobilu, který již dokáže být částečně autonomní. Modely S, X a nejnovější Model 3 pronikají do tzv. 3. úrovně autonomního řízení, což znamená, že auto zvládne většinu úkonů a situací samo a řidič tak může vykonávat nějakou druhotnou činnost, například čtení. Musí však být při varování schopen opět převzít řízení. Autonomní jízda je samozřejmě podmíněna platnou legislativou v místě provozu, čtvrtá a pátá úroveň autonomního řízení ještě nejsou ani legislativně definovány. Autonomní řízení je umožněno sadou senzorů a kamer, ne všechny jsou momentálně plně využity. Automobilka slibuje zvýšení a optimalizaci funkčnosti v budoucích aktualizacích. Jednou ze zatím nevyužitých kamer je u Modelu 3 vnitřní kamera mířící na řidiče. Je umístěna nad zpětným zrcátkem a bude mít za úkol sledovat řidiče, zejména pohyb hlavy. Odborníci tvrdí, že právě toto je jedním z dalších kroků k úplnému zavedení 3. úrovně autonomního řízení. [12]

#### **4. Třídění nemocí a chorob**

V rámci předmětu 16Y2MK – „Metody kvality v oblasti dopravních prostředků“ vyučovaného v akademickém roce 2016/2017 byla navázána spolupráce s odborníky z Klaudiánovy nemocnice v Mladé Boleslavi.

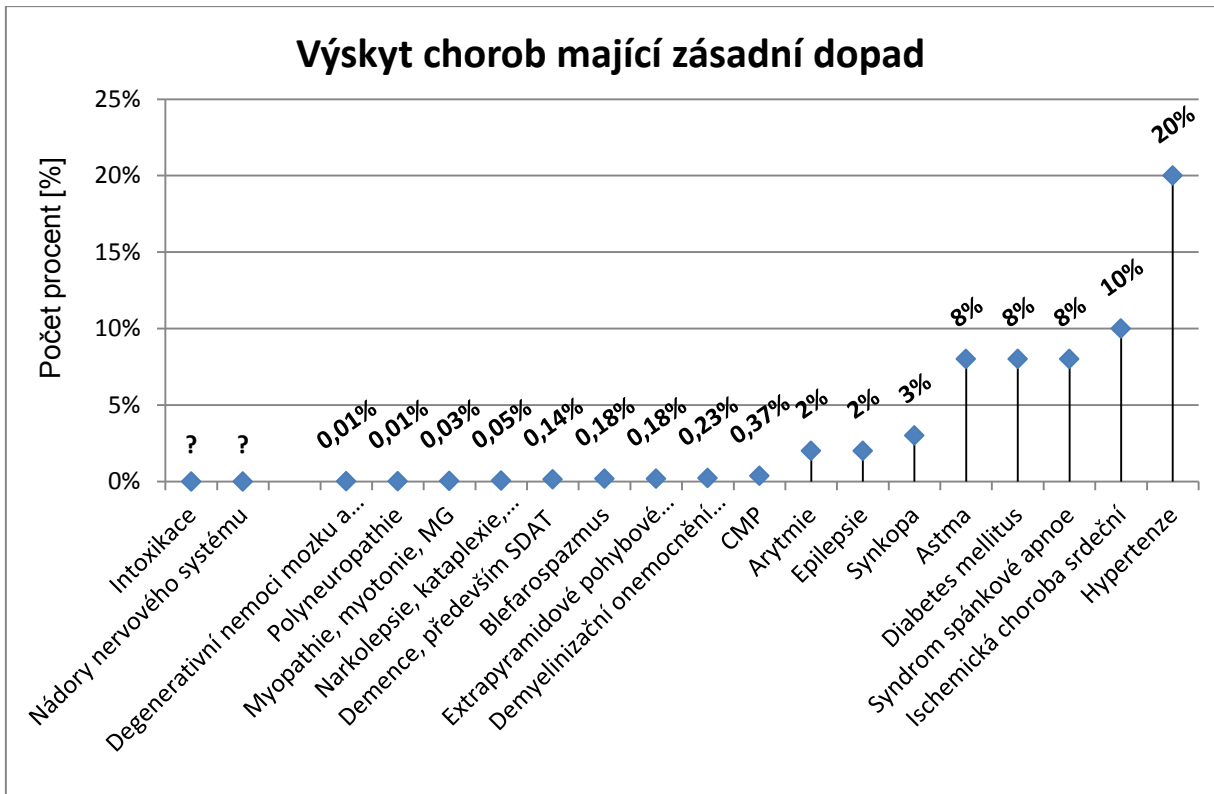
Hlavní myšlenkou bylo vytvoření přehledu chorob, podle kterého budou rozřazeny do tří skupin podle závažnosti dopadu na řidičovu schopnost bezpečně ovládat automobil. Z pohledu řidiče jde o dlouhodobé sledování jeho zdravotního stavu lékařem a poté případné specifikace vozu, což vystihuje první interval z časové řady obrázku č. 1.

##### **4.1. Třídění onemocnění dle dopadu a výskytu**

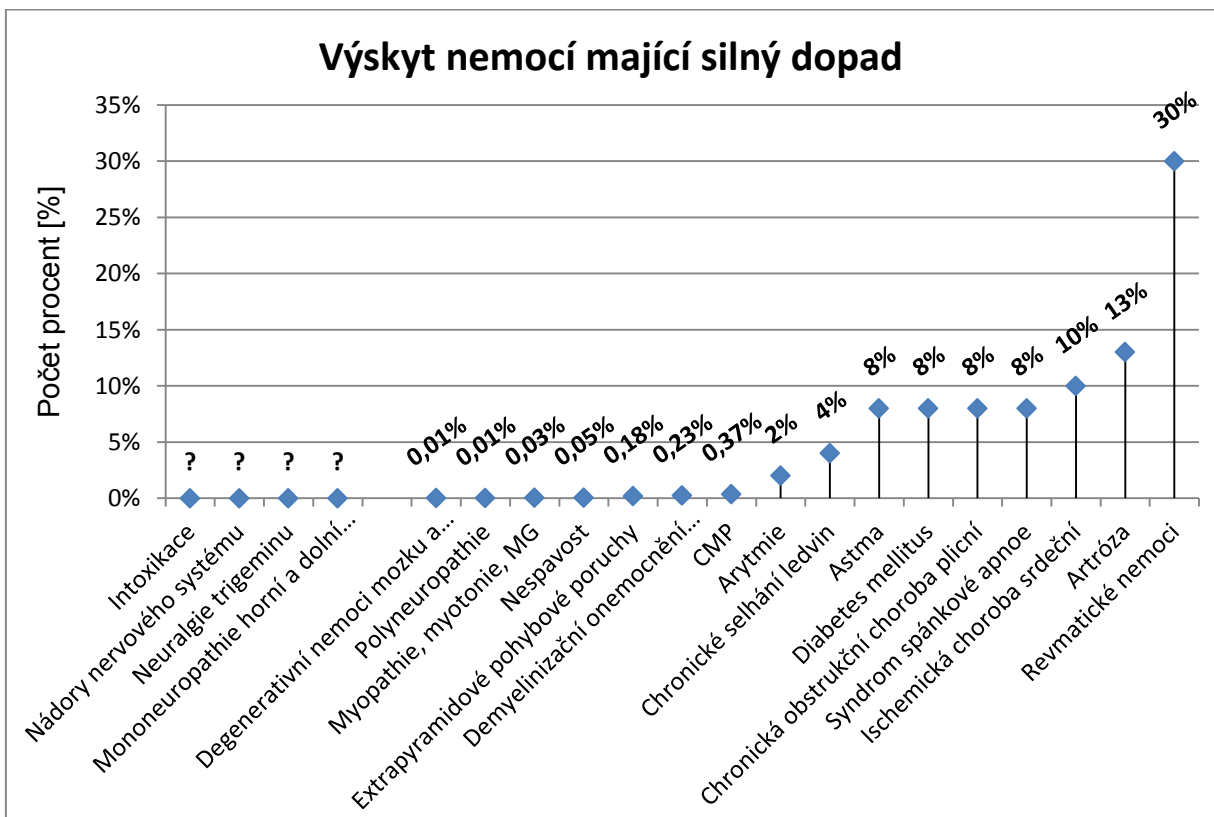
Nemoci byly díky odborným podkladům rozděleny do tří kategorií popisující dopad při řízení automobilu. Znepříjemňující dopad nepříznivě ovlivňuje řidičův pocit při řízení. Silný dopad již výrazněji postihuje řidiče, který tak může mít problémy v některých situacích. Nicméně nejhorší následky může mít skupina nemocí se zásadním dopadem. Zde již řidič ztrácí kontrolu nad vozidlem a řízením, postihne ho například ztráta vědomí či stav funkční slepoty. Některé nemoci jsou přítomny ve více než jedné kategorii, v závislosti na pokročilosti a typu dané nemoci.

Na základě podkladů od odborníků byly nemoci a choroby seřazeny podle jejich prevalence v populaci. V některých případech se jedná o odhady, u pěti chorob nejsou k dispozici validní data, proto jsou uvedeny odděleně.

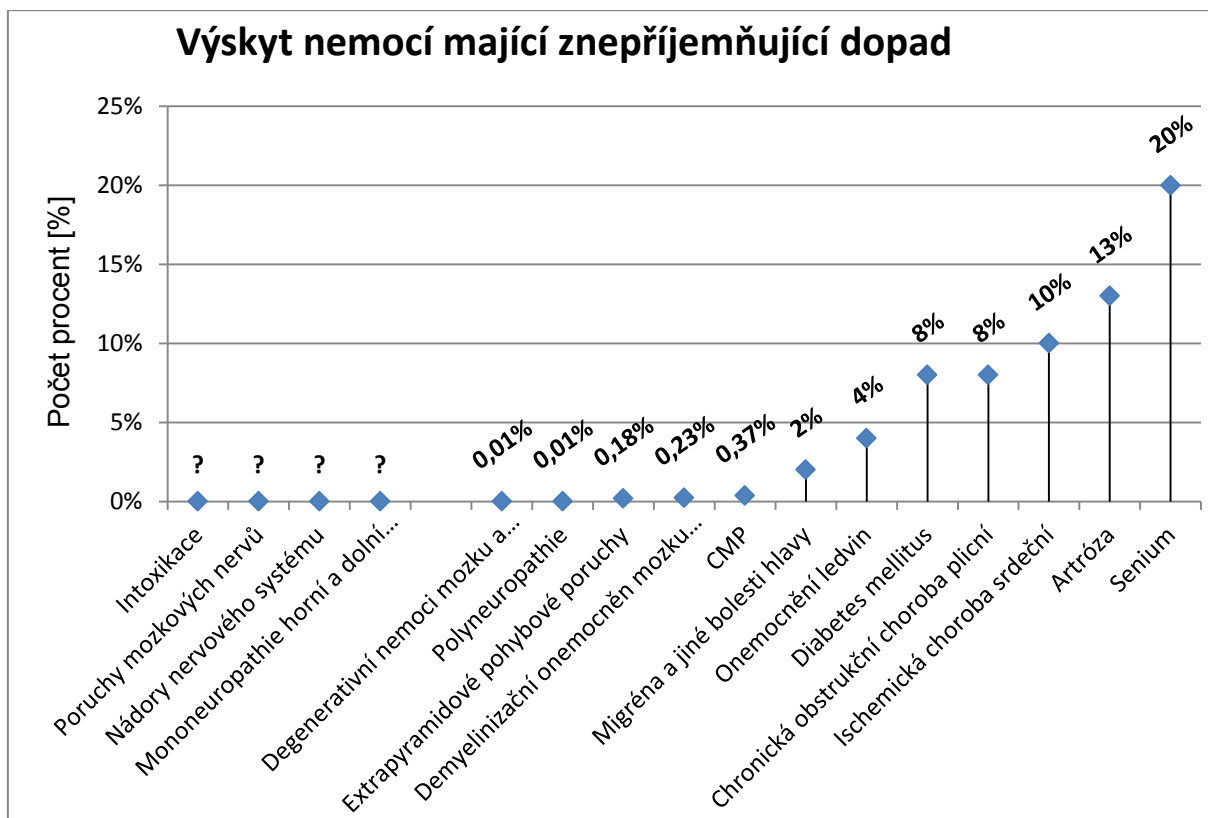
Prvně jsou zobrazeny grafy č. 2, 3 a 4 nemocí podle míry dopadu na řidiče. Zřetelně je zde vidět výskyt nemocí se zásadním dopadem na řízení, dále se silným a znepříjemňujícím dopadem. Je tedy možné vydedukovat, jaké nemoci jsou vážné a zároveň značně rozšířené.



Graf č. 2 - Prevalence zásadních chorob



Graf č. 3 - Prevalence silných chorob



*Graf č. 4 - Prevalence nepříjemných chorob*

Nejčastějšími nemocemi jsou degenerativní nemoci postihující pohybový aparát přicházející s rostoucím věkem. Časté bohužel i v nižším věku jsou choroby cévní soustavy, dýchací soustavy, diabetes nebo epilepsie. Naopak menší výskyt mají hlavně nemoci nervové soustavy či těžké poruchy spánky. Samostatnou část tvoří již zmíněných pět nemocí, u nichž je těžké uvést odpovědný odhad. Nadměrné používání léků je celosvětový problém, avšak říci v kolika případech dochází k intoxikaci, je složité. Intoxikace může také nabývat různých dopadů, proto je uvedena u všech grafů. U zbývajících chorob se názory shodují, že se výskyt pohybuje v řádu jednotek procent.

Z porovnání prevalence a závažnosti nemocí vyplývá, že zásadní dopad a častý výskyt mají onemocnění cévní soustavy – arteriální hypertenze (těžká forma) a ischemické choroby srdeční (angina pectoris, akutní infarkt myokardu,...). Dále je v dnešní populaci velmi rozšířen diabetes, který může mít podle stádia a léčby nemoci i silný až zásadní dopad. Onemocnění dýchací soustavy je také časté a v případech silné dýchavičnosti či nekontrolovatelného kašle může mít života ohrožující dopad. Naopak choroby omezující pohyb jako artróza či revmatické onemocnění jsou sice velmi časté, zejména u starších generací, avšak jejich dopad je spíše jen nepříjemný.

## **4.2. Popis nemocí a chorob seřazených dle MKN**

Následuje krátký popis zkoumaných nemocí vždy obsahující výskyt, projevy a dopad na řidiče. Nemoci jsou seřazené dle MKN, což je mezinárodní lékařská klasifikace nemocí, úrazů a příčin smrti, která umožňuje v členských státech Světové zdravotnické organizace (SZO) jednotné třídění a označování. [13]

Všechny nemoci, úrazy, příčiny smrti i další přidružené zdravotní problémy jsou v této klasifikaci roztrženy do kapitol pokrývající celou abecedu A – Z. Nicméně v následujícím přehledu je uvedeno jen několik kapitol pokrývajících řešenou problematiku, proto jsou určitá písmena vynechána.

### **4.2.1. C, D - Zhoubné a nezhoubné novotvary:**

#### Nádory nervového systému zhoubné a nezhoubné:

Nádor nervového systému může mít různorodé příznaky, časté jsou psychické změny či různé záchvatové projevy ve smyslu sekundární epilepsie. Tyto projevy mohou být dokonce prvními příznaky vzniklého nádorového procesu. Vliv na řízení může mít i léčba pomocí chemoterapie, kdy se objeví iritační projevy. Dopad na řidiče je znepríjemňující až zásadní v závislosti na charakteru a stupni výsledného postižení. [14]

### **4.2.2. E - Nemoci endokrinní, výživy a přeměny látek**

#### Diabetes:

Diabetes mellitus neboli cukrovka je chronické onemocnění projevující se metabolickou poruchou přeměny sacharidů. K tomu dochází důsledkem nedostatečně účinného inzulínu nebo jeho úplného nedostatku. Prevalence cukrovky stále narůstá a to i ve střední věkové skupině. V ČR je dle údajů ÚZIS přibližně 900 tisíc lidí s diabetem. [14] [15]

Závažným stavem je hypoglykemie, kdy se již mírný pokles hladiny cukru v krvi projevuje sníženou výkonností, bolestí hlavy, zamlženým viděním, poruchou koordinace a přesného rozhodování a později bezvědomím. Současně bývá přítomen třes, pocení, zrychlená činnost srdce, nervozita a pocit hladu. Tyto příznaky většina nemocných rozpozná a opatří si stravu s obsahem sacharidů. Některé pacienty s dlouhou dobou trvání diabetu postihuje autonomní selhání, kdy bez varovných příznaků upadají do těžkého hypoglykemického stavu. Důvodem nezpůsobilosti řízení u diabetiků bývá nejčastěji cukrovka s očními a nervovými komplikacemi nebo opakované hypoglykemie. Při těchto komplikacích je dopad zásadní. [14]

### **4.2.3. G – Nemoci nervové soustavy**

#### Degenerativní onemocnění mozku a míchy:

Do této skupiny nemocí s výskytem 4 - 10 na 100 000 obyvatel patří Huntingtonova nemoc či skupina dědičných ataxií. Jako projev je dominantní degenerace funkcí nervového systému, úbytek hybných funkcí a ataxie. Postižení intelektu nebývá u čistě motorických forem problémem. U některých syndromů však může být intelekt postižen. [16]

Dopad na řidiče kolísá podle povahy choroby a jejího vývoje. Formy, které vedou k rychlé invalidizaci vyžadují možnost řízení pouze horními končetinami bez nutnosti zapojení dolních končetin. [16]

#### Extrapyramidové pohybové poruchy:

Zástupci této skupiny poruch jsou Parkinsonova nemoc, degenerativní postižení bazálních ganglií, dystonie a třesy či blefarospasmus. Výskyt je zhruba 80 - 180 na 100 000 obyvatel. Vzhledem ke vzrůstajícím možnostem diagnostiky i stárnutí populace lze očekávat nárůst tohoto čísla celosvětově. Hlavním příznakem je porucha hybnosti a motoriky. U hypokineticko – hypertonického syndromu je nejčastější rigidita, tedy svalová ztuhlost. Projevuje se zpomalením pohybů, nemožností rychlých motorických reakcí. Blefarospasmus se projevuje křečovitými kontrakcemi očních víček trvajících několik sekund až minut. Dopad na řidiče kolísá od znepríjemňujícího v časných fázích, až po zásadní limitaci. [16]

#### Alzheimerova nemoc (SDAT) a jiné demence:

Jde o progresivní zánik neuronů v oblastech mozku zodpovědných za paměť, kreativitu a schopnost učit se a vykonávat nejrůznější úkony. Výskyt je 136 na 100 000 obyvatel. Pravděpodobně však bude vyšší z důvodů poddiagnostikování tohoto typu nemocí. Dominuje porucha paměti, nekritičnost a ztráta idejí požadované činnosti. Časté je neadekvátní podceňování situace a riskování. V terminálních stádiích není postižený schopen žádné samostatné činnosti. Ovšem i raná stadia nemoci mohou mít zásadní vliv na řízení automobilu. Navíc neexistuje možnost reálně sledovat řidičův stav. [16]

#### Demyelinizační onemocnění centrální nervové soustavy:

Příkladem je roztroušená skleróza, která se v populaci vyskytuje v množství 227 na 100 000 obyvatel. To platí pro Evropu a Severní Ameriku. V Africe a obecně rovníkových oblastech se nemoc prakticky nevyskytuje. Tyto onemocnění postihují především mladé pacienty. V důsledku defektního chování imunitního systému dochází k tvorbě zánětlivých ložisek, která se vyhojí nefunkční jizvou. Především v oblasti nervových vláken. Výsledkem je

postupná ztráta mozkových funkcí projevující se parézami, ataxií, ztrátou smyslového vnímání. Časté je také postižení psychiky v podobě přeceňování schopností, nekritičnosti a riskování. Dopad kolísá od znepríjemňujícího u lehkých stadií až zásadní u osob s delším trváním nemoci. [16]

#### Epilepsie a epileptické syndromy:

Epilepsie je neurologické onemocnění způsobující mozkovou dysfunkci kvůli výbojům mozkových neuronů. V populaci se nemoc vyskytuje přibližně u 2 % lidí. Projevuje se záchvatovými poruchami motoriky, čítí, chování a reakcí. Výboje mohou způsobovat lokální projevy nebo mohou působit generalizované výboje epileptické aktivity v celém mozku. Silné, generalizované výboje postihují celé laloky a často vedou ke ztrátě vědomí. Osoby po epileptickém záchvatu dočasně ztrácejí řidičské oprávnění, jelikož i lokální formy mohou mít zásadní dopad. [16] [17]

#### Bolesti hlavy:

Občasná bolest hlavy postihuje většinu lidí, ale okolo 2 % populace trpí chronickou formou migrény, výrazně častěji ženy. V případě migrény vzniká záchvat bolestí hlavy, který bývá doprovázen různými příznaky, jako jsou třeba poruchy zraku. Silná bolest hlavy může být výjimečně doprovázena i postižením motoriky. Bolest je většinou znepríjemňující, ve výjimečných případech rychlého rozvoje příznaků silná. [16]

#### Poruchy spánku:

Únava způsobená nedostatkem kvalitního spánku je jedním z častých viníků nehod. Těžkými poruchami spánku, jako je insomnie či narkolepsie, trpí pouze 0,05 % lidí, avšak u běžné nespavosti je výskyt dramaticky vyšší. Poté dominuje únava z nevyspání, stavy nadměrné spavosti a náhlého usínání. V případě kataplexie i spánkových obrn jde o stavy celkového ztuhnutí těla. Rozvoj těchto stavů bývá náhlý, často po emočním rozrušení, možnosti adekvátně rychle reagovat jsou velmi omezené. [16]

#### Syndrom spánkové apnoe:

Jedná se o uzavírání horních dýchacích cest, což vede k zástavě dechu, zejména během spánku, to způsobuje snížení okysličení celého organismu. Následkem je nadměrná denní ospalost, poruchy koncentrace, pozornosti a nemotornost. Obstrukční spánková apnoe je charakterizovaná úplnou zástavou dechu po určitou dobu, při které se postižený jedinec snaží nadechnout. Celkově se poruchy spánkových apnoe vyskytují u 5 až 10 % lidí. Tato porucha zvyšuje pravděpodobnost nebezpečného mikrosněpánku, avšak i lehčí typ nemoci může mít ve formě únavy silný dopad. [16]



### Onemocnění mozkových nervů (mononeuropathie):

Toto neurologické onemocnění se v případě lícního nervu projevuje abnormálními záškuby až ochrnutí obličeje. Pokud jsou postižena víčka, může nastat stav funkční slepoty. U trojklaného nervu je významná intenzivní, šlehavá bolestivost v oblasti obličeje. Jde o mimořádně silný bolestivý vjem, který limituje pozornost a schopnost soustředí řidiče. Projevy silně postihují řidiče, funkční slepota navíc zásadně znemožní řidiči ovládání vozidla. [16]

### Mononeuropathie horní a dolní končetiny:

Další neurologické onemocnění postihující tentokrát periferní nervy způsobující postižení hybnosti a ovládání dané části těla. Může jít o chronické, dlouhodobé stavy, kdy je řidič přizpůsoben nebo jsou časté náhlé poruchy, vzniklé nepříznivou polohou těla v automobilu, příkladem je přesezený nerv. Bolest může řízení znepříjemňovat nebo v případě dočasné obrny i silně ovlivňovat. [16]

### Polyneuropathie:

Jedná se o skupinu onemocnění způsobenou postižením více periferních nervů. V případě získaných poruch vystupují jako komplikace různých metabolických (cukrovka), zánětlivých (borrelióza) či nádorových onemocnění. I zde jsou patrné senzitivní příznaky, bolesti nebo křeče. Genetické formy nemoci jsou poměrně vzácné, ale sekundární (získaná) forma způsobena například špatnou životosprávou a alkoholismem postihuje v určitém rozsahu až desítky procent populace. [16]

### Myopathie různého typu, myotonie, myastheia gravis (MG):

Tato skupina onemocnění zasahuje svalová vlákna a nervosvalová spojení. To vede ke zhoršené funkci svalstva projevující se únavou a neschopností vykonávat koordinované pohyby. Časté jsou svalové bolesti, poruchy dýchání a různé deformace tvaru končetin. Dopad na řidiče je silný až zásadní v závislosti na povaze a rozsahu choroby. U těžkých forem nemoci dochází až ke ztrátě funkčnosti končetiny. [16]

#### **4.2.4. I – Nemoci oběhové soustavy**

##### Arteriální hypertenze:

Jedná se o chronické zvýšení krevního tlaku, které může vést k dalším problémům jako například infarkt myokardu. Vysoký tlak je častým viníkem úmrtí, jelikož jeho výskyt roste strmě s věkem. U seniorů se prevalence dostává nad 70%, v současné moderní době však narůstá i počet nemocných v produktivním věku. Lehkou formou hypertenze se považuje opakovaná přítomnost krevního tlaku vyššího než 140/90. Nejtěžší formou hypertenze je maligní hypertenze projevující se extrémně vysokými hodnotami krevního tlaku, silnou bolestí hlavy, bušením srdce, pocením, bledostí kůže a poruchami vědomí. Stav hypertenzní krize, která je provázena vysokými hodnotami nebo dokonce ztrátou vědomí má zásadní dopad na schopnosti řidiče. [14] [18]

##### Ischemické choroba srdeční:

Ischemie znamená snížení či úplné zastavení zásobení srdeční svaloviny při poškození věnčitých tepen. Příkladem jsou angina pectoris, akutní infarkt myokardu, pokračující infarkt myokardu a chronická ischemická choroba srdeční. Dohromady jsou tyto ischemické nemoci nejčastějším důvodem k hospitalizaci a bohužel i nejčastější příčinou smrti. V roce 2010 zemřelo v ČR na ischemické nemoci srdce 25 tisíc osob, což tvoří téměř čtvrtinu roční úmrtnosti. Zároveň bylo lékaři za stejný rok zaznamenáno přes 700 tisíc pacientů s určitou formou této choroby. Akutní či chronické onemocnění srdce se projeví silnou bolestí na hrudi, těžkým dechem a v nejhrošším případě i ztrátou vědomí způsobené zastavením oběhu. [14] [19]

Z důvodů vysoké prevalence a vážných projevů může mít tato choroba (akutní infarkt myokardu) zcela zásadní dopad na řidiče. Angina pectoris a chronické srdeční selhání z pravidla nevedou ke ztrátě vědomí, přesto mají silný dopad. U prvních případů nelze nemoc bohužel predikovat, vozidlo pouze může co nejrychleji zaznamenat problém a zastavit. [14]

##### Arytmie:

Arytmie je porucha srdečního rytmu způsobená chybnou tvorbou vzruchů nebo jejich špatným šířením po srdečním svaly. Projevem této nepravidelné a neharmonické srdeční činnosti bývá několika sekundová nebo déletrvající ztráta vědomí. S tímto problémem se někdy během života potýká až třetina populace, častější výskyt je pak u osob starších padesáti let. Déletrvající ztráta vědomí znamená zásadní dopad na řidiče. [14]

#### Cévní onemocnění mozku a míchy (CMP):

Nebezpečí tohoto cévního onemocnění spočívá v nedokrvení mozku či míchy nebo naopak krvácením do mozku či míchy. Akutní podoba mozkové příhody se projevuje poruchami hybnosti, čítí a vědomí. Docházet může také ke změnám rozpoznávání, dezorientaci a k poruchám mluvy. Doprovázejícím projevem mohou být abnormální pohyby a epileptické záchvaty. Značné množství lidí se nepotýká pouze s mozkovou příhodou v akutní fázi, ale také s jejími vleklými následky. V ČR ročně proběhne zhruba 35 tisíc mozkových příhod. [14]

Akutní mozková příhoda představuje zásadní nebezpečí pro řidiče, avšak i následné projevy a stavy mohou být velmi nepříjemné. U akutní formy nemoci je nutné vozidlo zastavit a rychle přivolat pomoc. [14]

#### **4.2.5. J – Nemoci dýchací soustavy**

##### Chronická obstrukční plicní nemoc:

Toto plicní onemocnění omezuje průtok vzduchu v průduškách, typické je progresivní zhoršování v průběhu let. Na počátku se nemoc pouze projevuje kašlem a dušností při námaze. V pokročilých fázích je pacient dušný i v klidu, má silný kašel, zrychlený puls a dýchání, sníženou saturaci krve kyslíkem. Udává se, že v ČR onemocněním trpí přibližně 800 tisíc lidí. Akutní podoba nemoci, případně až hypoxie, může mít z důvodu ztráty koncentrace silný dopad na řidiče. [14]

##### Asthma bronchiale:

Zánětlivé onemocnění dýchacích cest postihující osoby většinou již od dětství. V současnosti až 8% lidí v ČR trpí astmatem a toto číslo zatím každé desetiletí výrazně roste. Astma snižuje průchodnost dolních cest dýchacích, kde vzniká otok sliznice na stažené bronchiální svalovině a produkuje se vazný hlen. Výsledkem je ztížené, zrychlené či naopak pomalé dýchání s prodlouženým namáhavým a hvízdavým výdechem, kašel, zrychlený puls, snížená saturace krve kyslíkem. [14]

Neočekávaně může přijít akutní záchvat doprovázené velmi silným kašlem a dušností, ten má zásadní vliv na schopnost bezpečně ovládat vozidlo. [14]

#### **4.2.6. M - Nemoci svalové a kosterní soustavy a pojivové tkáně**

##### Revmatické nemoci:

Skupina nemocí postihující klouby, především osob středního a staršího věku. Obecně patří mezi nejrozšířenější choroby, trvalým postižením však trpí jen 3 % lidí. Revmatoidní artritida se z počátku projevuje jen ztuhlostí kloubů, v pozdějších stádiích se objeví zduření a silná

bolestivost vedoucí ke zhoršení hybnosti a úplnému ztuhnutí. Ankylozující spondylitida zánětlivě a bolestivě napadá páteř a periferní klouby, dochází ke změně držení těla a později k tuhnutí páteře, to vede k nepříjemnému, trvalému shrbení. Z hlediska podpory řidiče je možností alternativní způsob ovládání automobilu. [14]

#### Onemocnění pohybového aparátu:

Pro degenerativní onemocnění kloubů jako je artróza a osteoartróza, je typický postupný zánik kloubní chrupavky v místě dotyku kostí a kloubu. To se projevuje silnými bolestmi a omezením pohybu postiženého kloubu nebo v některých případech i celé páteře. Podobným problémem trpí 10 – 15 % lidí, zejména starší část populace. Bolesti nejde nijak předvídat či sledovat, v úvahu tedy přicházejí jedině určité alternativní způsoby řízení. Tedy vyřazení používání postižené části těla, například ručním ovládáním. [14]

#### Vertebrogenní algické syndromy s neurologickými komplikacemi:

Přestože uvedené pojmenování není příliš známé, je tato nemoc třetí nejčastější příčinou invalidity. Vrozeně nebo degenerativně postihuje skelet člověka, porucha funkčnosti může působit v různých částech až celé páteři, v nejhorším případě pak vede k ochrnutí těla. Rozvinuty jsou také poruchy čítí a bolesti. [16]

Blokády nebo rychle se rozvíjející ochrnutí mohou mít vliv zásadní. Snahou o pomoc řidiči jsou systémy kompenzující funkční deficity u chronických poruch. [14]

### **4.2.7. N – Nemoci močové soustavy**

#### Onemocnění ledvin:

Ledvinovým onemocněním v určité podobě trpí až 10 % populace, močové kameny trápí asi 4 %, zejména muže. Ty mohou způsobovat velikou bolest v močových cestách. Jiné onemocnění, chronické selhání ledvin, způsobí uremii projevující se apatií, nechutenstvím, slabostí, bolestí hlavy a dušností. Některé případy onemocnění ledvin se řeší dialýzou, která také může navodit pocit závratí, zvracení a nestabilitu. [14]

### **4.2.8. R - Příznaky, znaky, abnormální klinické a laboratorní nálezy nezařazené jinde**

#### Senium:

Senium neboli stáří není nemocí jako takovou, avšak je doprovázeno nemocemi a degenerativními změnami. Mezi tyto změny patří slabší zrak, sluch a kognitivní funkce, zpomalené reflexy, bolest pohybového aparátu. Častěji se také vyskytují akutní a chronické nemoci. Do skupiny seniorů se počítají osoby starších 65 let věku, těch bylo k roku 2016

téměř dva miliony a podíl seniorů bude v západním světě v dalších desetiletích značně narůstat. [14]

Na přímé řešení je toto moc široká problematika, některé problémy seniorů se automobilky snaží vyřešit asistenčními systémy a jistě tato snaha bude pokračovat, jelikož snížení nehodovosti rostoucí skupiny seniorů ještě více nabude na důležitosti. Některá další doprovodná onemocnění jsou zmíněny výše. [14]

#### Synkopa:

Synkopa se projevuje krátce trvajícím slabostí či závratí způsobené problémem oběhové soustavy, zejména nedostatečným prokrvením mozku. Těžší formy mohou dokonce vést ke krátkodobé ztrátě vědomí, která může trvat v řádu sekund až minut. Ztráta vědomí opět znamená zásadní dopad, synkopa je tedy potenciálně velmi nebezpečná. V dospělé populaci se synkopa v určité podobě vyskytuje u 3 – 4 % mužů či žen. [14]

#### **4.2.9. Y – Vnější příčiny nemocnosti a úmrtnosti**

##### Farmaka (Intoxikace):

Posledním problémem je nadměrné či nevhodné užívání léků, které může vést až k intoxikaci. Trend užívání léků celosvětově roste a to i mezi mladými lidmi. Dvě třetiny seniorů používá více než dva léky denně. Různé typy léčiv mohou mít různé vlivy a doporučení, zda uživatel může řídit automobil. Jedná se například o analgetika, antihistaminika, cytostatika, antiparkinsonika, tlumivě působící léky na centrální nervovou soustavu, léčiva kardiovaskulárního či respiračního systému. Tyto farmaka mohou způsobit omezení pozornosti, reakční doby a bdělosti, v některých případech dokonce agresi, halucinace či rozmazané vidění. Použití léčiv vedoucích k intoxikaci může vést ke ztrátě vědomí, jedinou prevencí je respektování pokynů lékaře a příbalové informace daného léku. [14]

## 5. Možnosti sledování řidiče

Tato kapitola je zaměřena na současná monitorovací zařízení a koresponduje tak s druhou částí časové osy z obrázku č. 1. Jednotlivé technologie zde budou popsány stejně tak jako jejich eventuelní použití.

Jednoduchým, avšak velmi důležitým rozdělením snímačů stavu řidiče je jejich umístění. Z pohledu řidiče a jeho komfortu je zcela zásadní, zda bude během řízení přímo (kontaktně) napojen na měřicí přístroj. V takovém případě musí řidič senzory či sondy na své tělo umístit a mít je po celou dobu jízdy. Naopak nespornou výhodou bezkontaktních snímačů je jejich funkce, která nijak neruší práci řidiče. V úvodu této problematiky si proto dále popisované snímače rozdělíme.

<b>Bezkontaktní snímač</b>	<b>Kontaktní snímač</b>
Snímač očních pohybů	Snímání signálů mozku EEG
Snímač pohybu hlavy	Snímání signálu srdce EKG
Snímač pohybu úst	Snímání galvanické kožní odezvy EDA
Systém sledování bdělosti na základě chování při řízení	Snímání respirace
Seismokardiografie	Pulzní oxymetrie
Odhad únavy řidiče na základě výsledků zátěžového vyšetření	
Infračervené snímače	
Ultrazvukové snímače	
Senzor Harken	

*Tabulka č. 1 – Rozdělení snímačů*

## 5.1. Vizuální detekce řidiče kamerovými systémy

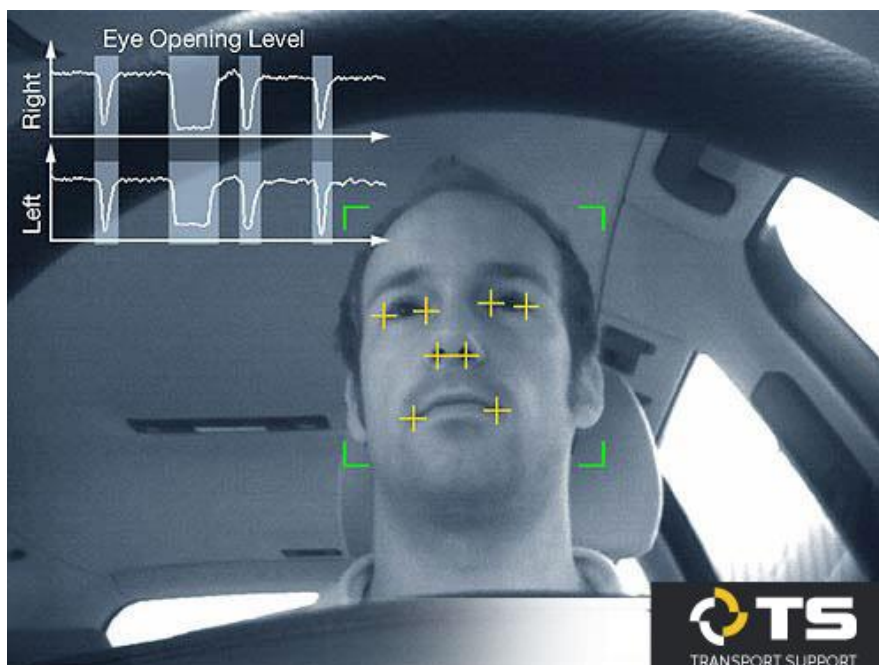
Tato část je zaměřena na systémy, které jsou schopny detekováním vizuálních projevů na obličeji rozpoznat příznaky charakteristické pro únavu, nepozornost či různorodé choroby.

Sledované projevy řidiče v obličeji: [20]

- 1) Oční
  - a) Frekvence mrkání
  - b) Rychlost očních víček
  - c) Stupeň otevření/zavření očí
  - d) Pomalé pohyby očí/strnulý pohled
  - e) Déletrvající pohled mimo důležité body zájmu
- 2) Pohyby hlavy (klimbání)
- 3) Pohyby úst (zívání)
- 4) Pohyby těla

### 5.1.1. Oční pohyby

Nejvíce specifických rysů v obličeji lze pozorovat na pohybech očí a očních víček. Frekvence mrkání a rychlost očních víček závisí na stupni únavy. Rozpozná se také, jestli jsou víčka zavřená nebo naopak neobvykle dlouho otevřená, což značí nějakou chorobu či probíhající zdravotní událost. [20]



Obrázek č. 5 – Sledování očí a očních víček

Dospělý člověk průměrně mrkne každých 3 – 8 sekund a frekvence je přibližně 12 mrknutí za minutu. Závislost s rostoucí únavou je pozorovatelná, frekvence mrkání se snižuje. Avšak

únava není jedinou proměnou, stres, věk a nemoci mají na frekvenci také vliv. Proto je dalším parametrem pro vyhodnocení nastávající únavy či bdělosti doba mrknutí. Uzavření a otevření očních víček trvá v rozmezí 100 – 400 ms a při snižující se bdělosti tento čas narůstá. Pokud je délka mrknutí delší, zřejmě přichází ospalost a řidiči hrozí mikrospánek, který se vyznačuje krátkodobým spánkem o délce jednotek až desítek sekund. [20]

Dalším pozorovatelným parametrem v oblasti očí je pozvolné přivírání očí a tím pádem snížení frekvence mrkání. V tomto případě jde o sledování v delším časovém úseku, kdy je pozorovatelné již zmíněné přivírání očí, značící snižování bdělosti řidiče. Je zde využit tzv. PERCLOS (Percentage of Eye Closure) algoritmus, který určuje jak velká část očí je zavřena. [20]

Kromě očních víček lze zajímavé parametry o únavy či ztrátě pozornosti získat i ze sledování pohybu oční bulvy. Nejostřeji člověk vidí v rozmezí do 2° díky foveálnímu vidění, tvary a barvy vnímá do 10° díky tzv. parafoveálnímu vidění. Oko zejména v tomto rozmezí přirozeně vykonává velmi rychlé sakadické pohyby, které nasměrují oko do úhlu, aby byl pozorovaný objekt co nejostřejší. Jak již bylo zmíněno, tyto pohyby jsou přirozené, samovolné, ale jejich rychlost a množství se snižuje s přicházející únavou. Ve výsledku se tento stav může projevit jako strnulý pohled do prázdna, kdy pohyby úplně zmizí a oči se budou delší dobu koncentrovat pouze na jeden bod. [20]

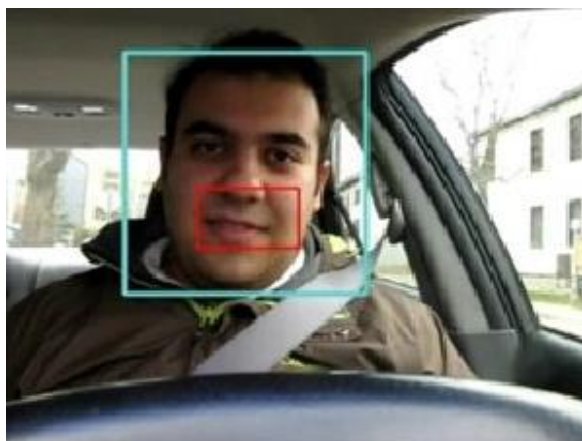
### **5.1.2. Pohyby hlavy**

Pro monitorování bdělosti lze sledovat také celkový pohyb hlavy. V takovém případě dochází k využití senzorů nebo kamerových systémů, které porovnávají směr natočení hlavy se situací okolo automobilu. Silnou ospalost, bdělost nebo případný mikrospánek je možné identifikovat podle dalších charakteristických pohybů známých pro usínání, příkladem je klimbání hlavy. Často také dochází k pomalému poklesu hlavy se zavřenýma očima a poté rychlému zvednutí hlavy do přirozené pozice. [20]

### **5.1.3. Pohyby úst a těla**

Přirozeným projevem únavy je zívání, pro jeho detekci se využívá výsek z kamerového snímání obličeje. Komplikací detekce však je rozlišení zívání od situace, kdy řidič pouze mluví. Přirozeným chování při zívání je zakrytí úst rukou, což opět znesnadňuje práci monitorovacího systému. Pro identifikaci zívání se používá ve většině systémů jedna kamera, jsou však i systémy využívající více kamer a tím pádem pohled z různých úhlů. [20]





Obrázek č. 6 – Negativní a pozitivní identifikace zívání

Stejně tak mohou být monitorovány i pohyby těla. Při neobvyklých, nedefinovaných pohybech či naopak strnulosti bez pohybu systém zaznamená tuto abnormální situaci a může dále jednat.

## 5.2. Sledování bdělosti řidiče na základě chování při řízení

Opačnou metodou jak sledovat chování a řízení řidiče je pohled ven z automobilu pomocí kamer a senzorů. Detekce neobvyklého až nebezpečného chování se začalo vyvíjet v Japonsku již v 90. letech a v současné době fungují na tomto principu systémy ve většině automobilek. Tato problematika je již zmíněna v kapitole č. 3, příkladem je systém Driver Attention Alert, jež kromě jiného využívá sledování vodorovných dopravních čar. Při náhlém vybočení z jízdního pruhu na krajnici, či opakovanému sjíždění a trhavém srovnávání systém dojde k závěru, že řidič není v kondici pro řízení a bude automobilem varován. Pomocí systému jako je například Lane Assist, používaným koncernem VW, je navíc možné danou chybu korigovat.

Kamerami a senzory dochází kromě identifikace vodorovných čar i k detekci dopravních značek, okolních vozidel, světel na semaforech. Jenže takto plně automatizovaný systém

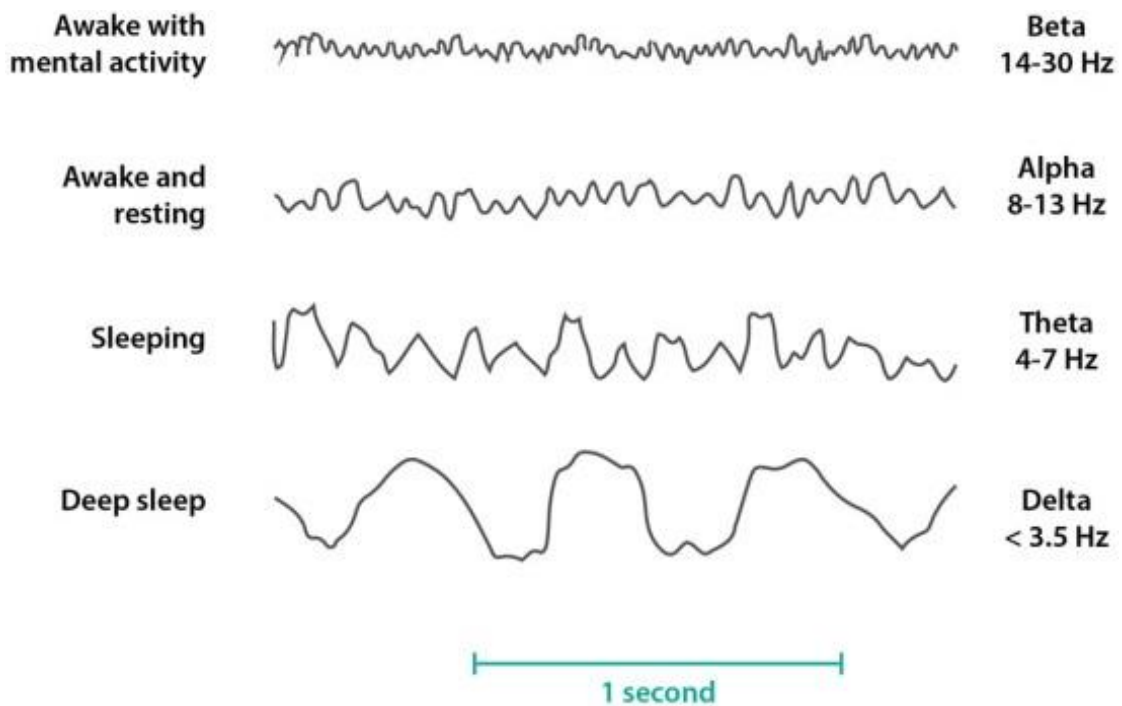
zatím v provozu na silnicích nenajdeme, ať už z důvodu nespolehlivosti či nepovolení legislativou. [20]

Další částí systémů implementovaných v automobilech na dnešním trhu je sledování bdělosti založeném na principu porovnávání dat o stylu řízení na počátku a v pokročilejší části jízdy. Většina systémů po nastartování analyzuje chování, styl řízení řidiče a data uloží jako základ pro pozdější porovnání. Pokud však prvních 15 minut bude systém zaznamenávat městský jízdní režim, mohou být uložená data nepoužitelná, podklad pro analýzu chování například na dálnici s ním bude neporovnatelný. Je tedy nutné opakovaně ověřit chování při řízení ve shodných podmínkách, například zaznamenat začátek jízdy po dálnici a poté s tím porovnávat. Některé systémy tento problém již částečně vyřešili funkcí systému při rychlosti nad 65 km/h. [20]

Opět lze s únavou a ztrátou pozornosti rozpoznat změnu chování řidiče, kdy počet drobných korekcí směru pro držení automobilu v ideální stopě začne klesat. Systém tyto informace vyhodnocuje, spolu s denní dobou, rychlostí jízdy a referenčními daty z počátku jízdy. Výsledkem může být varování řidiče na přicházející únavu grafickým či zvukovým signálem. Zároveň dochází k vyhodnocení změny stylu jízdy pomocí kamer a snímače natočení volantu. Kamera má za úkol sledovat prostor před vozidlem, sledovat vodorovné značení a porovnávat směr jízdy, natočení volantu. Pokud je pozorovaná výrazná změna stylu řízení oproti původním datům, je opět doporučena přestávka. [20]

### **5.3. Signály mozku EEG**

EEG neboli elektroencefalogram je neinvazivní, diagnostická metoda pro snímání elektrické aktivity mozku. Elektrická aktivita (změna polarizace neuronů) vzniká v mozkové kůře. Pro správnou činnost mozku jsou klíčové elektrochemické děje, jejichž potenciál a také distribuci mozek ovládá v celém těle. To znamená, že mozek je generátorem i regenerátorem bioelektrického proudu. Interval hodnot, které bioelektrický proud může nabývat, je pro frekvenci 0,5 – 50 Hz a pro amplitudu 5 – 200 mV. Elektrické charakteristiky mozkových vln rozdělují stavy vědomí do 9 typů rytmu, čtyřmi základními rytmy jsou pásma alfa, beta, delta a théta. Každá se vyznačuje úzkým intervalem frekvence a amplitudy a charakterizuje určitý stav aktivity či útlumu. [20]



Obrázek č. 7 – Příklad průběhu 4 základních pásem

Záznam mozkové činnosti EEG probíhá pomocí umístění elektrod na povrch skalpu. Elektrody zaznamenávají elektrické potenciály, které jsou poté elektroencefalogramem zpracovány, zkoumají se rozdíly potenciálů mezi dvěma senzory. Naměřené a pro rozeznání zesílené hodnoty jsou v záznamu znázorněny vlnami. Na snímání se používá tzv. EEG čepice, jež se nasadí na hlavu, poté se musí zajistit vodivost mezi hlavou a elektrodami. Rozhraní funguje na principu tekutina – kov, je tedy nutné zajistit vodivost, aby nedocházelo ke zkreslení snímaného signálu. V současném stavu bohužel není metoda vhodná pro uplatnění v reálném provozu z důvodu rozměrů a složitosti snímání pomocí senzorů na hlavě. [20]

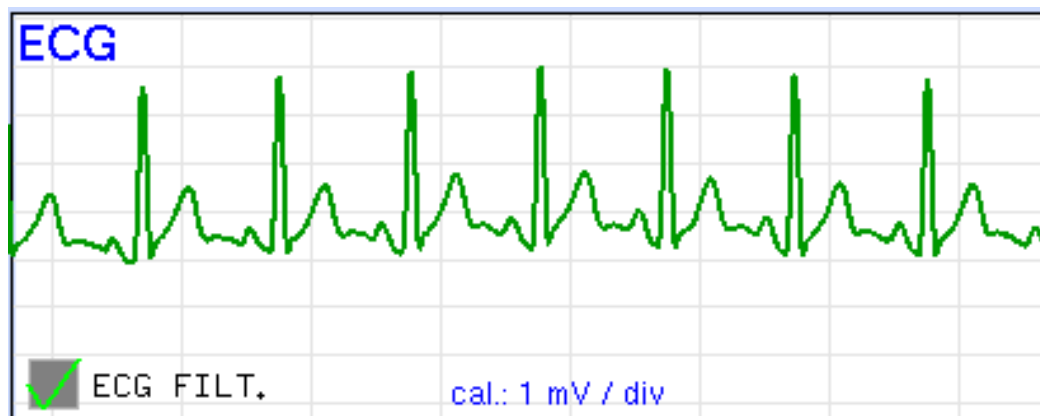
#### 5.4. Signál srdce EKG

Elektrokardiogram EKG zaznamenává elektrický signál generovaný srdcem. Díky snímání signálu srdce můžeme zjistit tepovou frekvenci a proměnlivost srdečního rytmu. Aktivita, únava nebo dokonce ztráta vědomí se na srdeční činnosti spolehlivě odráží. Srdeční aktivita narůstá při námaze či psychickém vypětí, naopak při uvolněném stavu aktivita klesá. Srdeční aktivita se dále zvyšuje během nádechu a snižuje při výdechu. To je dáno tím, že v plicích je při nádechu velké množství kyslíku a srdce se tam tím pádem snaží nahnat co nejvíce krve k okysličení. [20]

Pro měření pomocí elektrokardiogramu EKG jsou důležité hodnoty elektrického signálu, které srdce generuje. Amplituda se pohybuje v jednotkách mV a frekvence 0,1 – 140 Hz. Tím jak se signál a jeho potenciál šíří, dochází k rozdílným potenciálům v různých částech těla

a tak vzniká elektromagnetické pole. Šíření signálu ze srdce umožňují tělesné tekutiny fungující jako vodič. Srdeční potenciál se zaznamenává díky elektrokardiografickým elektrodám, které se rozmístí na 12 míst. Dvě elektrody se umísťují nad zápěstí a dvě nad kotníky, další v oblasti hrudního koše. Kombinací elektrod vznikají svody, které mají za úkol zaznamenat rozdíl mezi jednotlivými elektrodami a zobrazit na časovém záznamu zjištěnou amplitudu srdce. [20]

Pro vědecké měření však existuje i jednodušší, ale stále přesná metoda, využívající pouze 2 – 3 elektrody následně připojené k počítači. Elektrody se přilepí do pravé podklíčkové jamky a do oblasti 4. mezižebří, nad bránici, na levou stranu hrudního koše. Důležité je umístění mimo svalstvo, zajištění dobrého kontaktu a při měření s probandy dodržovat stejné podmínky – umístění. Další elektroda u přístroje (uzemnění) lze využít jako třetí měřicí vstup, není to však nutné, nedochází k žádnému zpřesnění.



Obrázek č. 8 – Ilustrace průběhu signálu EKG

### 5.5. Seismokardiografie

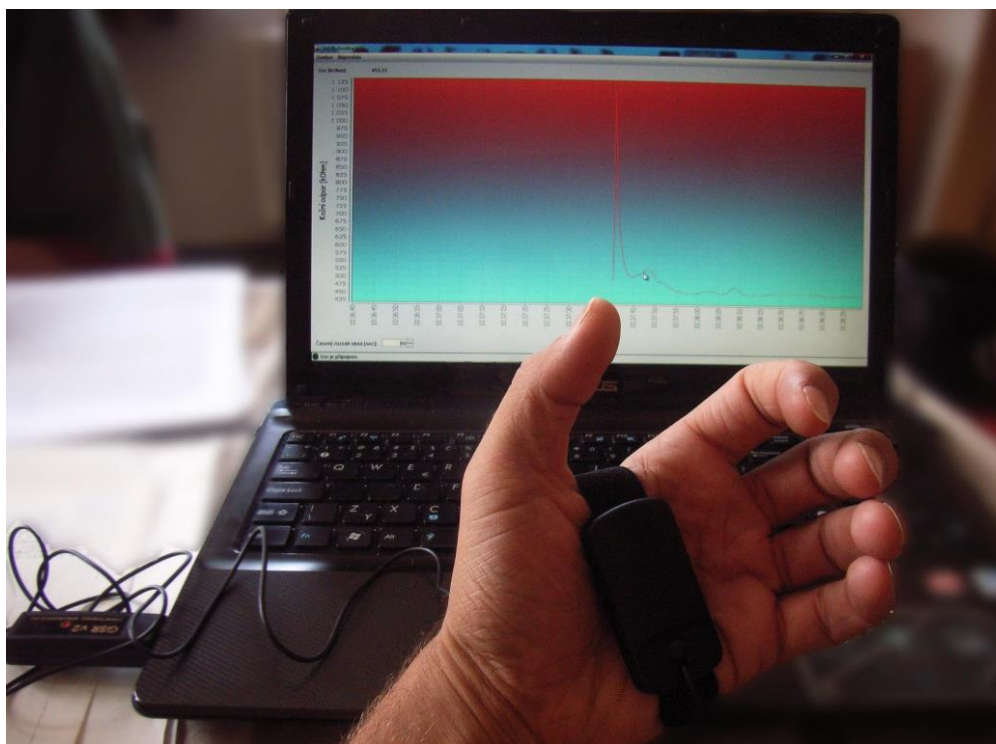
Seismokardiografie je další možností, jak snímat srdeční aktivitu. Výhodou je absence invazivních senzorů či nalepování elektrod, testovaná osoba se nijak na přístroj nepřipojuje. Pod sedadlem je totiž umístěn dynamický senzor síly, který srdcem vypuzovanou krev do cév detekuje a tím také zaznamená srdeční aktivitu. Naopak nevýhodou je slabý signál a množství rušivých parametrů jako jsou pohyby měřené osoby či vibrace od jízdy. Proto je zatím metoda nepoužitelná při jízdě v automobilu. Validní data o tepové frekvenci a srdeční aktivitě se získávají pouze ve statické situaci, například při stání na křižovatce s vypnutým motorem. [20]

### 5.6. Galvanická kožní odezva EDA

Elektrodermální aktivita je snímána na principu kožního odporu. Míra pocení, což je velmi rychlá biologická odezva, určuje vodivost kůže. Míra pocení se přirozeně zvyšuje a dále

kolísá v případě stresu či leknutí, taková reakce člověka se tedy projeví zvýšeným pocením, tedy zvýšenou vodivostí. Ta jde měřit pomocí konstantního nízkého napětí. [20]

Důležité je umístění elektrod, zvolené místo se nesmí při měření příliš pohybovat a zároveň nesmí řidiči při řízení vadit. Často se elektrody umísťují na články prstů, dlani či na nártu, to však při řízení z důvodu množství pohybů a změnám teploty není ideální. Vhodnějším místem je proto například klíční kost. Obecně musí mít zvolené místo hodně nervových zakončení, musí být prokrvené a s množstvím potních žláz. Identifikace změn ve vodivosti kůže je umožněna tzv. psychogalvanickým reflexem, který vyvolává reflexivní změnu vodivosti se zpožděním okolo jedné sekundy po určitém podnětu. Děje se tak kvůli vegetativním (autonomním) nervům sympatikus, který nepodléhá lidské vůli, měřená osoba je nemůže nijak ovládat. [20] [21]



Obrázek č. 9 – Měření kožní vodivosti s grafem průběhu

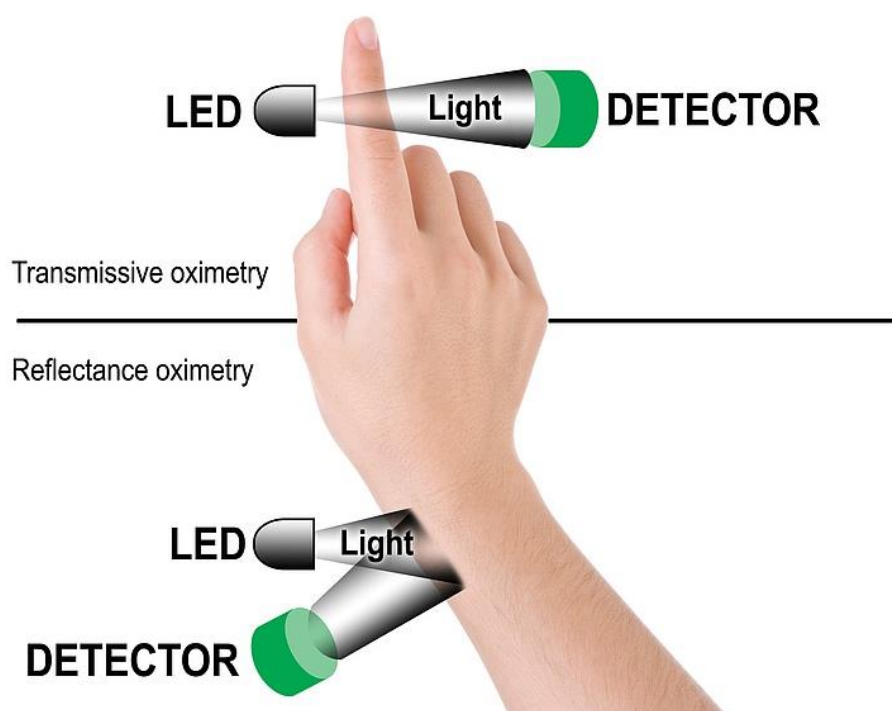
### 5.7. Snímání respirace

Rytmus a objem dýchání je zaznamenáván tenzometrickým pásem upnutým kolem hrudního koše. Při otřesech během řízení však tento pás není příliš spolehlivý, doplňuje se tedy termistorem pod nosními otvory. Díky této kombinaci je možné zaznamenat dechovou frekvenci a hloubku dechu. Fyzická aktivita nebo stresová situace vyvolává zrychlené a hluboké dýchání, uvolnění a klid se projeví nižší dechovou frekvencí a mělkým dýcháním. Snímání respirace umožňuje také identifikaci časových úseků, kdy osoba dýchá jen povrchově, dochází k podvědomému napětí při dýchání. Celkově tedy může tento systém

odhalit problémy s dýcháním nebo případnou úplnou zástavu, což poskytne vozidlu příležitost zareagovat. [20]

### 5.8. Pulzní oxymetrie (měření saturace krve kyslíkem a tepové frekvence)

Pulzní oxymetrie umožňuje měření srdeční frekvence a saturace krve kyslíkem. Tato neinvazivní metoda funguje na principu světla, které projde tkání (prostupná oxymetrie) nebo na principu měření světla odraženého od tkání (odrazná oxymetrie). V obou případech je měřicím přístrojem klipsová sonda, která je snadno uchycena na prst či ušní lalůček pacienta. [20]



Obrázek č. 10 – Prostupný a odrazný princip pulzní oxymetrie

Krev rozváží kyslík po těle díky jeho návaznosti na hemoglobin. Zajímavou vlastností hemoglobinu je způsob absorpce a odrazu světla. Hemoglobin bez kyslíku Hb odráží méně a absorbuje více viditelného červeného světla. Hemoglobin přenášející kyslík  $O_2Hb$  odráží méně a absorbuje více infračerveného světla. Porovnání hodnot Hb a  $O_2Hb$  tak umožňuje určení saturace krve kyslíkem. Saturace se běžně u zdravého jedince pohybuje mezi 95 a 100 %. Ve výsledku můžeme touto metodou například identifikovat situaci, kdy při nízkém okysličení krve bude osoba pociťovat dušnost a následně začne padat do mdlob. [20] [22]

Kromě saturace krve je tato metoda vhodná i k monitorování tepové frekvence. Srdeční pulz vypuzuje do těla krev tepnami, do periferních částí těla kapilárami. Jejich objem se po každém pulzu zvětší a poté ihned klesá, což lze množstvím absorbovaného či naopak

odraženého světla detekovat. V delším časovém intervalu to znamená, že světlo bude kolísat podle rytmu, jakým srdce pumpuje krev do těla. [20]

### **5.9. Odhad únavy řidiče podle výsledků zátěžového vyšetření**

Tato metoda je neinvazivní, avšak nedokáže přesně určovat aktuální zdravotní stav. Funguje pouze jako odhad na základě výsledků zátěžového testu, který řidič předem absolvoval. Je vhodný pro určení fyzického stavu starších či nemocných řidičů, nebo jako součást komplexnějšího vyšetření profesionálních řidičů. [20]

Vyšetření probíhá v lékařské ordinaci speciálně vybavené chodníkovým nebo bicyklovým ergometrem. Během zátěžového testu osoba jede nebo běží, vykonává tak namáhavou činnost, při které je monitorována tepová frekvence, ventilace a obsah  $\text{CO}_2$  a  $\text{O}_2$  ve vydechaném vzduchu. Výsledky testu vytvoří obrázek o fyzické kondici řidiče a je určen orientační model, pomocí kterého lze odhadovat jakou zátěž a ventilaci řidič snese. Takový model fyzického stavu je většinou použitelný po dobu delší než 1 rok. Fyzický stav se za takovou dobu, pokud nepřichází razantní změna v životním stylu či zdravotním stavu, příliš nezmění. [20]

Podle známých hodnot o fyzickém a zdravotním stavu řidiče naměřených zátěžovým testem je pak vozidlo schopno například doporučit přestávku po dosažení určité vykonané hodnoty práce [W]. Jelikož i řízení je svým způsobem práce, na níž se vynakládá úsilí v závislosti na čase. [20]

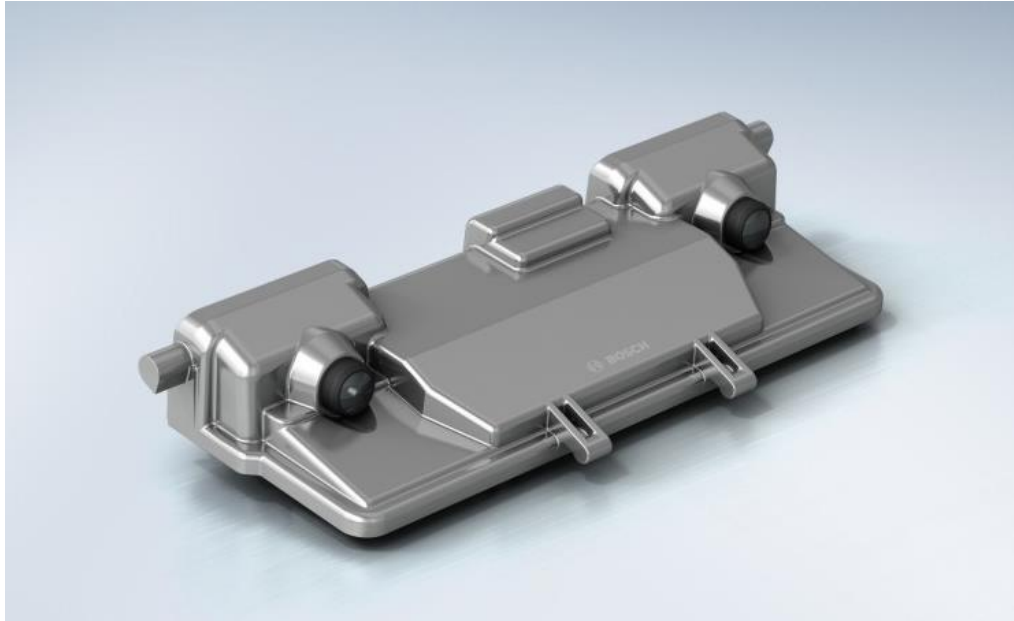
### **5.10. Senzory**

Zde je výčet některých dalších senzorů fungujících uvnitř automobilů minimálně na experimentální úrovni a také prostředky, jimiž jsou systémy zásobovány informacemi, příkladem infračervené snímače a kamery.

#### **5.10.1. Kamerové systémy**

Uplatnění kamer je naprosto zásadní pro snímání pohybů v oblasti očí, hlavy a úst. Pro snímání řidiče se mohou používat dva typy kamer. Jednou z nich je kamera integrovaná v brýlích, což je poměrně rozměrné a je tak pro řízení často nevhodné. Z toho důvodu se spíše používá statická kamera, respektive kamery pokud systém vyžaduje obrázek z více úhlů. Největší nepřitelem kamer je proměnlivé osvětlení a odrazy světla. Tyto problémy se snaží vyřešit implementace IR záření, které funguje i za tmy. Principiálně funguje analýza pořízených snímků na základě složitých algoritmů, které rozebírají určité body a pohyby v segmentu obličeje a z toho se snaží vyvodit závěry, zda je osoba plná energie, unavená anebo již zcela neschopná řízení. [20]





Obrázek č. 11 – Stereokamera od firmy Bosch

### 5.10.2. Infračervené snímače

Všechny předměty do svého okolí vyzařují záření ve formě tepla. Infračervené snímače dokáží přijímat záření, které není ve viditelném spektru světla. Proto ani nemohou řidiče či jiného účastníka dopravního provozu oslnit. Díky těmto vlastnostem jsou infračervené snímače vhodné zejména pro jízdu v noci či ve špatných povětrnostních podmínkách.

Snímání infračerveného záření může být založeno na dvou principech, u obou je ale dopadající záření přeměněno na elektrický signál. Rozdíl je však takový, že při dopadu záření na tepelný snímač vzniká elektrický odpor, který je velký podle intenzity záření. Fotoelektrický snímač po dopadu záření ve své struktuře vytvoří elektrický proud, jehož velikost opět závisí na intenzitě záření. Řídící jednotka zaznamenává a vyhodnocuje změny v odporu či proudu ve formě obrazu, který může být zobrazen na displeji. Předměty teplejší než okolí se zobrazují světleji. Schopnosti měřit teplotu může být využito i při pohledu do interiéru automobilu a to hlídáním tělesné teploty řidiče. [20]

### 5.10.3. Ultrazvukové snímače

Pro určování vzdáleností a poloh různých prvků auta nebo částí těla je v kabině automobilu vhodný například ultrazvuk, který pracuje s frekvencí v řádu desítek kHz. Zvukový signál mimo slyšitelné spektrum člověka je vyslán, poté se pohybuje v prostoru rychlostí zvuku. Jakmile signál narazí na nějaký objekt, odrazí se a následně při zpětném dopadu na snímač rozechvěje membránu. Tyto vibrace jsou převedeny na elektrický signál, který je dále zpracován řídicí jednotkou. Čas mezi vysláním a navrácením zvukového signálu poskytne informaci o vzdálenosti vysílače a objektu, od kterého se signál odrazil. [20]

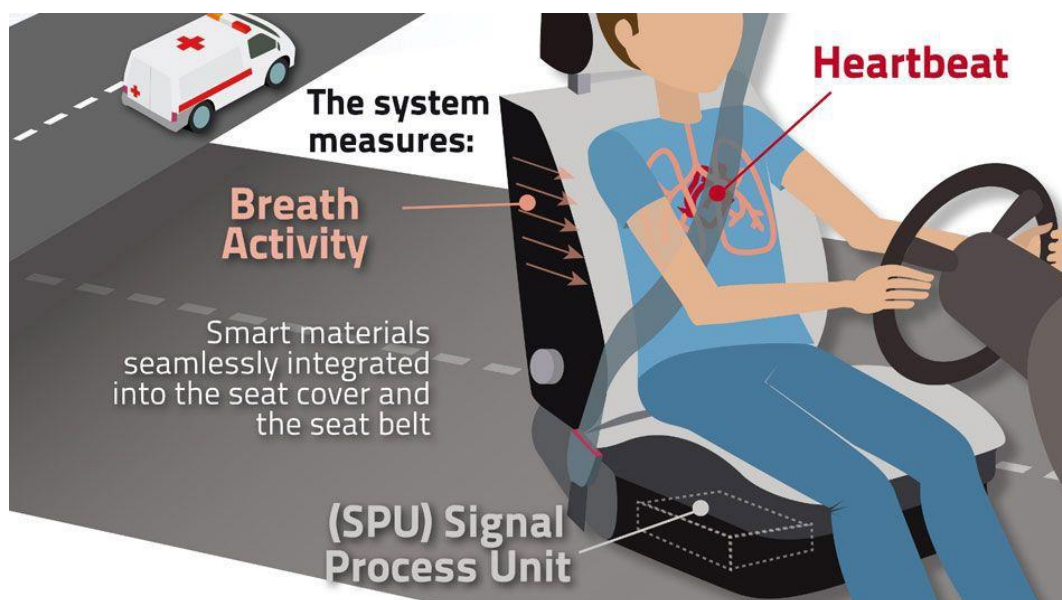


#### 5.10.4. Laserové měřiče

Měření vzdáleností laserem je přesnější než měření pomocí ultrazvukových snímačů. Laserový paprsek je vyslán a odražen zpátky, doba odezvy bývá obvykle v řádu jednotek milisekund a přesnost v desítkách mikrometrů. Využití laser nachází v interiéru automobilu při různých měřeních vzdáleností a poloh, třeba částí těla řidiče. [20]

#### 5.10.5. Senzor Harken

Senzory projektu Harken (Heart and Respiration In-Car Embedded Non-Intrusive Sensore) sledují tepovou frekvenci a dýchání a jsou schopny při poklesu hodnot řidiče varovat a případně informovat o této skutečnosti řídicí systémy automobilu. Systém funguje díky chytrým sensorům vetkaných do bezpečnostního pásu. Ten objímá hrudní koš a je ve vhodných podmínkách schopen monitorovat zmíněné veličiny. Další senzory jsou umístěny v opěradle a pod sedákem se nachází procesor, jenž zpracovává veškeré informace. [23]



Obrázek č. 12 – Systém Harken sledující tepovou frekvenci a respiraci

#### 5.10.6. Dostupná spotřební elektronika

Pokud již existuje určitý artikl na trhu, je samostatné vyvíjení podobné technologie neefektivní. Místo dohánění snah, které už nějaká firma podnikla, může být výhodnější danou technologii využít a navázat s danou firmou spoluprací.

Dnešní trh nabízí zejména pro sportovní účely celou řadu monitorovacích zařízení. Jedná se o Sporttestery (podoba hodinek) a fitness náramky cenově začínající na hranici tisíce korun, které během celého dne snímají aktivitu včetně počtu kroků, spálených kalorií a spánkovou aktivitu. Je tedy možné zkontrolovat kvalitu a dobu spánku, což je problém hlavně pro člověka postiženého spánkovou apnoí. Největší devizou těchto zařízení však je monitoring

srdeční frekvence pomocí hrudního pásu, případně poněkud nepřesnějším senzorovým měřením přímo na zápěstí. Na trhu se objevují i verze náramků snímající krevní tlak a saturaci krve kyslíkem. Tyto naměřené parametry už poskytují hodně informací o zdravotním stavu člověk. Zařízení komunikuje s mobilním telefonem, bylo by tedy určitě schopné komunikovat s automobilem, který by mohl informace dále využít.



Obrázek č. 13 – Fitness náramek Carmeo Smart s funkcí měření EKG

## 6. Metody kvality

Kvalita je pro koncového zákazníka zcela zásadní, což potvrzují i veškeré studie a průzkumy, které vždy řadí kvalitu spolu s bezpečností na vrchol žebříčků. Na druhé straně pro výrobce je důležité dosáhnout požadované kvality za cenu, díky které stále budou generovat profit a budou v široké nabídce automobilů konkurenceschopní. Metody kvality slouží k odhalení chyb, požadavků zákazníka a zajištění kvality a spolehlivosti. Efektivita tohoto procesu je zajištěna přesunutím do rukou techniků a vývojářů v raných fázích projektu, kdy odhalení a napravení chyby neznamena zastavení výrobní linky. Metody kvality, známé jako DfQ - „Design for Quality“, budou představeny v této kapitole. [24]

### 6.1. Metody kvality ve fázi vývoje výrobku

Požadované kvality a tím spokojenosti zákazníka je dosaženo robustními procesy během výroby, prezentací vyzrálých produktů (ekonomicky i technicky) a výtečnou péčí o zákazníky. Toho popisuje i příklad tzv. „Dům Excellence“ koncernu VW (Obrázek č. 14), podle kterého musí být respektovány i stanovené normy. V tuzemsku jsou používány normy ISO 9001, obecně jsou však v automobilovém průmyslu přísnější a náročnější standardy výroby, proto se uplatňuje řada dalších norem, například VDA 6.1, ISO 9000, ISO 9004 nebo GS 9000. [24]



Obrázek č. 14 – „Dům Excellence“

Aby byly dosaženy cíle kvality a odstraněny chyby, jsou užívány metody kvality v raných fázích vývoje výrobku, ve výrobě nového modelu vozidla jsou takové studie a metody na řadě až 4 roky před předpokládaným uvedením modelu na trh.

Tyto metody se využívají hned v několika skupinách, které přibližně následují uvedené pořadí: [24]

- Metody pro zjišťování požadavků zákazníků a jejich implementace do budoucího výrobku
- Metody k zajištění úspory nákladů, zvýšení produktivity a zlepšení ekonomických výsledků
- Metody směřující k eliminaci chyb
- Podpůrné metody

## **6.2. Metody ke zjištění požadavků zákazníka**

Žádný výrobce nechce vytvořit a vyrobit produkt, o který nebudou zákazníci stát. To by se mohlo stát v případě, že by nebyly zjišťovány přání zákazníka. Tzv. „hlas zákazníka“ by měl být slyšet zejména v úvodních fázích vývoje, aby bylo jasné, jakým směrem směřovat koncept. Užívají se kvalitativní i kvantitativní metody, které se liší v počtu respondentů, obě však cílí jak na své budoucí, ale také stávající zákazníky a zákazníky konkurence. Zjišťují se názory, nápady, spokojenost či informovanost. Obecně se takto zjišťují odpovědi na otázky Jak?, Proč?, Kolik?, Kde?. Často bývají tyto nástroje použity jako podklad pro další zkoumání, například pro později zmíněnou metodu QFD. [24]

Nejpoužívanější metody pro zjištění požadavků zákazníka: [24]

- Dotazníková šetření
- Skupinová diskuze
- Hlasité myšlení
- Klinické studie

### **6.2.1. Dotazníková šetření**

Vytvoření a rozeslání dotazníku patří mezi nejčastěji využívaný způsob marketingového průzkumu za účelem zjištění spokojenosti, přání či potřeb zákazníka. Nejdůležitější částí dotazníkového šetření je příprava, určení cílů a toho, co zadavatel skutečně chce zjistit. V úvodu by měla být stručně představena problematika a podmínky vyplnění, následně jednoduché otázky, často osobního charakteru. Dále již přijdou na řadu otázky týkající se daného tématu. Jsou různé typy otázek, pro všechny ale platí, že by měly být stručné a srozumitelné. Je vhodné, když má dotazník logické pořadí otázek s vhodnou formou odpovědí (uzavřené, otevřené, polouzavřené,...). Tvůrce by se měl vyvarovat dvojíých (situace, kdy lze na otázku odpovědět zároveň ano i ne) či komplikovaných otázek, překlepů či dvojíých záporů. Vyvarovat se také musí podsouvání či preferování určité odpovědi, nebo přímého projevení vlastního názoru. U dotazníků totiž po rozeslání již není možnost

napravení chyby doplňující otázkou. Z toho důvodu je důležité udělat řádnou kontrolu, nechat si vyplnit nezávislou stranou dotazník „nanečisto“ a z toho odhalit případné chyby. Je také vhodné se zamyslet, na co má jaká otázka odpovědět, zda ve finále přinese relevantní odpověď. [24]

Po vytvoření a kontrole jsou dotazníky rozeslány respondentům, většinou splňující určité limity podle věkových skupin a pohlaví. Někdy zadavatel požaduje přímo respondenty vlastníci například konkrétní značku automobilu. Po navrácení vyplněných dotazníků je vhodné dotazníky zkontrolovat, zpracovat odpovědi a vytvořit výstup s výsledky a doporučením. [24]

### **6.2.2. Skupinová diskuze**

Skupinová diskuze neboli focus group je kvalitativní technika pro zjišťování informací od specifické skupiny lidí, která byla vybrána na základě kritérií dle zadavatele. Úkolem diskuze je získat přesnější pozadí a důvody názorů vybrané skupiny respondentů, k tomu je třeba moderátora. Odborný pracovník by měl diskusi usměrňovat, volit vhodná témata a otázky, aby se dostal k jádru problému a k odpovědím, které zadavatel hledá. [24]

Diskuzi by měl moderátor začít představením tématu a navozením uvolněné atmosféry. Po představení jednotlivých účastníků diskuze, kterých obvykle bývá mezi 8 – 10, následují obecné otázky a poté již hlavní téma a přímé otázky, co si respondenti myslí o návrhu či výrobku. Moderátor se zajímá o jejich hodnocení a případná zlepšení. Otázky a témata jsou většinou řazena do bloků, na jejichž konci se rekapituluje názory a hodnocení. Skupinové diskuze probíhají ve vhodném, příjemném prostředí s nahrávacím zařízením, aby bylo možné zaznamenat veškeré myšlenky. Místnost může být vybavena jednocestným zrcadlem, které umožní sledování diskuze zadavatelem z vnějšku a tím je mu poskytnuta možnost položit skrz moderátora další doplňující otázky. [24]

### **6.2.3. Hlasité myšlení**

Technika známá také jako „Lauter Denken“ zahrnuje rozhovor, dotazník, pozorování a také skupinovou diskusi. Hlavním účelem je ověření funkčnosti a ohodnocení koncepce nového projektu, v porovnání se stávajícím či konkurenčním modelem. Dotazovaný může být pouze jeden respondent, avšak to nepřináší takové množství objektivních informací. Ideálním počtem je 12 respondentů, kteří mohou při správné práci moderátora přinést až 2000 poznámek ohledně zkoumaného předmětu, které pokryjí většinu důležitých kritérií a funkcí a odhalí tak dosud skryté vady a nedostatky. Nesmírnou výhodou této techniky rozhovorů je možnost během 2 hodin odhalit stejný počet kritérií, jaké by se projevil až po 100 hodinách praktického využití. [24]

Rozhovory probíhají v místnosti v přítomnosti dvou fyzických modelů či konceptů, které si může respondent vyzkoušet a sednout si dovnitř. Respondent může prohlížet a zkoušet všechny funkce, otevřeně mluví o všech svých kladných i záporných pocitech. Moderátor příliš nezasahuje, pouze pokládá doplňující otázky a případně pomocí scénáře vyzve respondenta k vykonání nějakého úkolu a následného zhodnocení. Příkladem je zvolení a uložení oblíbené radiové stanice na novém, koncepčním ovládacím panelu. V závěru se moderátor táže, jaké vozidlo by si respondent pořídil. Po ukončení rozhovorů může následovat skupinová diskuze, nebo je respondent ještě vyslechnut skrz doplňující dotazník. Celý proces je opět zaznamenán, a může být dokonce živě přenášen do studia, kde je sledován odborníky. [24]

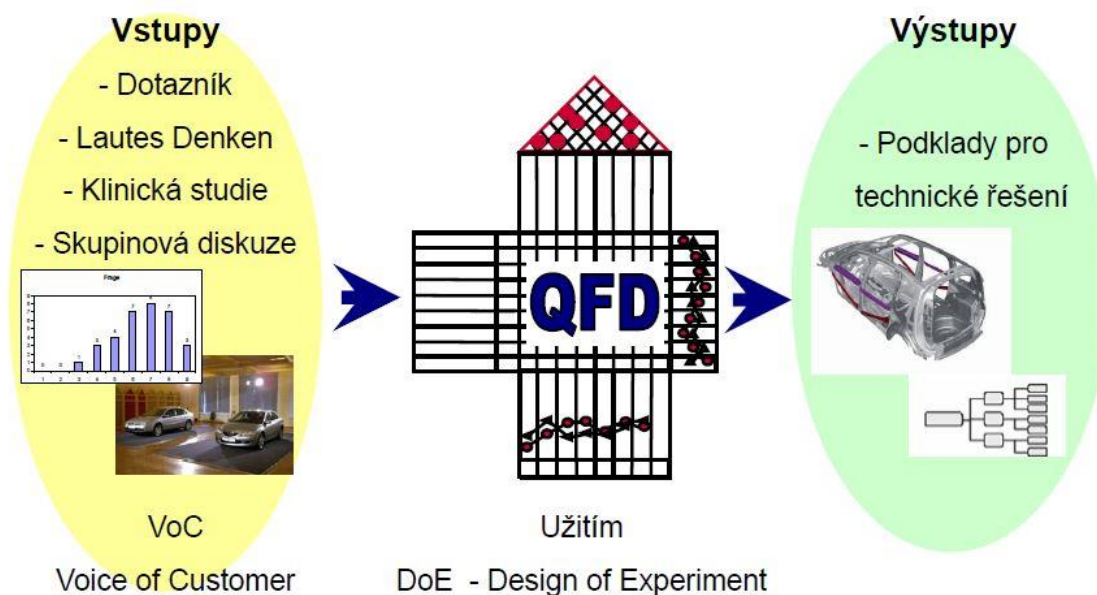
#### **6.2.4. Klinické studie**

Klinická studie je kombinací výše zmíněných technik, probíhá kvantitativní dotazování a poté kvalitativní skupinové diskuze. Cílem je opět zjištění pohledu zákazníka na nový model, design, výbavu nebo marketing. Respondenti jsou pečlivě vybráni na základě specifických kritérií, pokud se bavíme o automobilovém trhu, výrobci provedou klinické studie v několika zemích, každá by měla být zastoupena 100 - 150 respondenty. Stejně jako u hlasitého myšlení, vůz je umístěn s konkurenčním modelem do místnosti, respondent je k ním zaveden a poté následuje prohlídka s moderovaným rozhovorem. Respondent zkouší a prohlíží různé části konceptu, vyjadřuje pocity a hodnocení ohledně například interiéru, zavazadlového prostoru, profilu automobilu, atd. [24]

Po skončení fyzické prohlídky konceptu následuje skupinová diskuze. Zde po předchozích rozhovorech s moderátorem respondenti vysvětlují svá hodnocení a diskutují. Diskuze může přejít do obecnější roviny, jak respondenti vnímají značku, mohou se testovat jména modelů, cenový test. Tím se ještě více zhodnotí získané informace. [24]

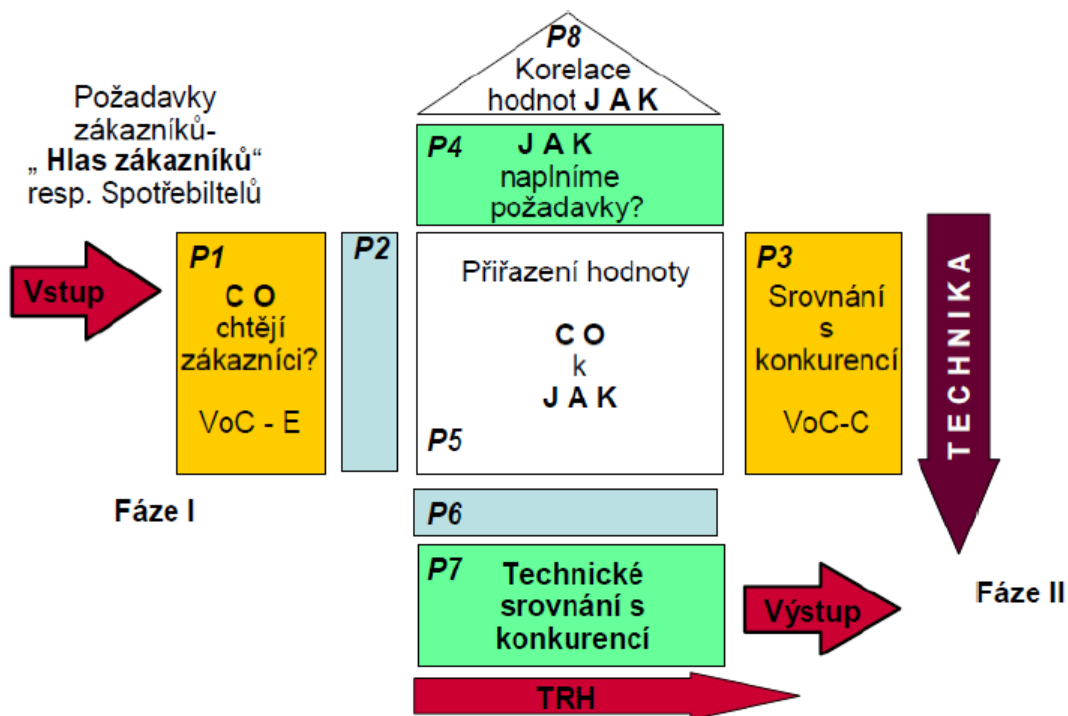
### 6.3. Metoda QFD

Metoda QFD (Quality Function Deployment) byla vyvinuta skupinou japonských profesorů v 70. letech 20. století. Je to nástroj využívající výše zmíněné techniky jako podklad a informaci o přáních a požadavcích zákazníků, tyto informace pak transformuje do technických řešení výrobku, součástky nebo procesu. Kromě přání zákazníka vstupují do metody QFD také zkušenosti výzkumného pracoviště, předpisy a normy a zkušenosti z jiných projektů. [24]



Obrázek č. 15 – Transformace požadavků do technického řešení

Zákazník má obecně tři typy požadavků. První jsou očekávané, samozřejmé požadavky, které považuje za automatické, ani se o nich nezmiňuje, dokud fungují. Běžné požadavky jsou pro zákazníka již poměrně důležité, vysloví touhu a poznal by jejich nepřítomnost ve voze. Stoupnout v očích zákazníka si však může výrobce díky neočekávaným vlastnostem automobilu, které zákazníka mile překvapí. Je to nějaký nadstandard nebo inovace, která může být také účinně použita v marketingové kampani. Bohužel tyto překvapivé vlastnosti zákazníci nevysloví, výrobce je tedy musí nějak předvídat a implementovat do výrobku. I k tomu dopomáhá matice QFD. [24]



Obrázek č. 16 – Struktura matice QFD

Popis jednotlivých částí matice QDF: [24]

P1 – „Voice of Customer“ představuje očekávání a přání zákazníka. Velký pozor se musí dát při zjišťování těchto informací během přípravy experimentu, důležitá je správná forma a skladba otázek.

P2 – Jednotlivým přáním a očekáváním je přiřazena priorita o hodnotě 1 až 9. Priorita opět vychází ze strany zákazníka, zjištěna může být dotazníkovým šetřením.

P3 – Porovnání a posouzení s konkurenčními řešeními hodnotami 1 až 9 podle názorů zákazníka (1 – nejhorší plnění vlastností). Druhou možností je použití relativních hodnot -3 až +3, kdy -3 znamená, že výrobek je výrazně horší než porovnávaný výrobek.

P4 – V této části matice jsou uvedena technická řešení, které by mohli vyřešit přání zákazníka.

P5 – Zde se protínají řádky říkající, co zákazníci chtějí, a sloupce znázorňující, jak jdou požadavky technicky vyřešit. Podle míry splnění požadavku technickým řešením nebo parametrem se přiděluje hodnota 0, 1, 3 nebo 9. Hodnota 0 znamená, že řešení nám vůbec žádný vliv, 1 představuje malé ovlivnění, 3 značí průměrné ovlivnění a hodnota 9 znamená



ideální řešení pro dané přání. Tuto část je žádoucí vyplnit v týmu s odborníky a moderátorem, kteří během diskuze přiřadí odpovídající hodnoty.

P6 – Tento řádek uvádí výsledky technických řešení pomocí skalárního součinu jednotlivých korelací (P5) a priorit přání (P2). Výsledkem tedy je, jaká technická řešení nejvíce plní uvedená přání. Hodnoty mohou být uvedeny v procentech oproti maximálnímu možné hodnotě, což by představovalo získání hodnoty 9 u všech přání. Na základě tohoto výsledku jsou vybrána vhodná řešení a naopak řešením se špatným výsledkem může být přiřazena menší pozornost a priorita při dalším vývoji. Často se například volí hodnota 30% či 60%, řešení přesahující tuto mez jsou podnětem k diskusi, respektive správným řešením.

P7 – Oblast popisující skutečné technické hodnoty výrobků, se kterými se v části P3 porovnávalo.

P8 – Ve vrchní části matice QFD jsou uvedeny vzájemné korelace technických parametrů. Korelaci znázorňují hodnoty -1, 0, 1 nebo 0, 1, 3, 9.

#### **6.4. Metoda DFMAS**

Soubor metod DFMAS obsahuje hned 4 části, které optimalizují konstrukční řešení výrobků za účelem jednodušší výroby, montáže, servisu a recyklace. Životním cyklem výrobku a jednotlivých dílů je výroba, hlavní funkce a po konci životnosti či nutnosti výměny následuje recyklace. Ve všech uvedených částech jsou nutné úspory a zjednodušující kroky, protože i na recyklaci pohlíží předepsané normy. [24]

Aby bylo DFMAS účinné, je prováděno také ve fázi vývoje výrobku, konkrétně mezi metodami QFD a FMEA. Využívá se při vývoji nového modelu, pokud nabyt oproti předchozí verzi více než 5 % dílů, byl závadový, náročně opravitelný nebo se vyskytly trvalé problémy při montáži. Stejně tak vysoké vývojové náklady znamenají optimalizaci pomocí DFMAS. Ten k úsporám využívá jednotlivé metody: [24]

- DFM – Design for Manufacturing – Snaha o zjednodušení a zlevnění výroby dílů nutných pro montáž automobilu.
- DFA – Design for Assembly – Zde jsou prověřeny jednotlivé úkony montáže, hledají se úspory času a materiálu a tím celkové zrychlení výrobního procesu.
- DFS – Design for Services – Aby byl automobil opravený za přijatelnou cenu a čas, jsou ověřeny přístupnost k dílů a náročnost jejich výměny.
- DSE – Design for Enviroment – Cílem je úspora nákladů na recyklaci díky její efektivitě a celkově vysoké úrovni recyklovatelných dílů.

## 6.5. Metoda FMEA

Metoda FMEA pomáhá systematickým rozbořem odhalit chyby a jejich dopady u systémů, konstrukcí nebo procesů. Nalezení chyb a jejich odpadů před počátkem výroby znamená obrovské úspory na jinak nutných opravách, vracení výrobku, zastavování výroby anebo pošramocení image firmy. Náplň metody v anglickém znění výstižně popisuje zkratka „Failure Mode and Effects Analysis“. [24]

Tato metoda má velmi zajímavou historii, vznikla během vesmírných snah agentury NASA. Jelikož kosmické lety programu Apollo byly nesmírně nákladné a odhalení chyby až katastrofálním výbuchem vyústovalo ve smrt kosmonautů, inženýři začali aplikovat systematický rozbor veškerých dílů a procesů, aby se zabránilo dalším zásadním vadám. Po úspěšné aplikaci této metody došlo k rozšíření do dalších odvětví včetně leteckého, jaderného a konečně automobilového průmyslu. Přestože byla metoda zejména uplatňována na optimalizaci kvality a spolehlivosti výrobku, začala se později používat i pro dosažení efektivity díky plánování výroby a procesů. [24]

V současnosti se tedy FMEA rozděluje na tři části:

- K-FMEA – konstrukční FMEA výrobku a jeho dílů
- P-FMEA – FMEA procesů, při kterých výrobek vzniká
- S-FMEA – systémová FMEA výrobku a jeho dílů

Metoda se provádí v týmu 8 - 10 lidí, kde jsou zastoupeny různá oddělení zkušeným odborníkem s připravenými podklady a znalostmi, zastupují například vývoj konstrukce, dodavatele, plánování, výrobu, zkušebny, obchodní oddělení a zajištění kvality, jejíž zástupce zároveň slouží jako moderátor a odborník na metodu FMEA. Jeho úkolem je zaznamenat projednané body, možné chyby, připomínky zákazníků a opatření pro odstranění daných chyb. Většinou se analyzuje a hodnotí současný stav, dále se navrhne preventivní opatření a to se opět zhodnotí, zda skutečně odstranilo řešený problém. [25]

Každý projednaný bod dostane ohodnocení pomocí proměnné RPZ, ta představuje charakteristiku rizika: [24]

$$RPZ = A \times B \times E \text{ (1 až 1000)}$$

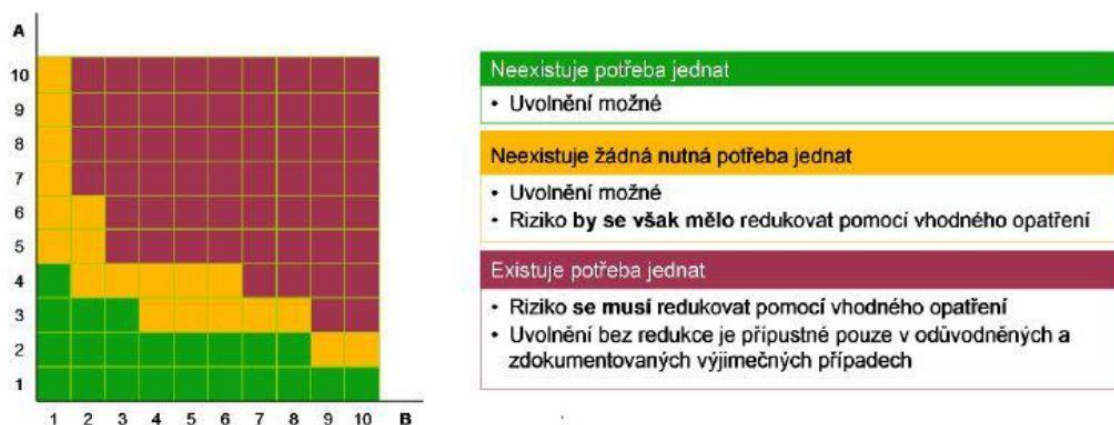
A – Četnost výskytu chyby (1 až 10)

B – Závažnost chyby (1 až 10)

E – Odhalitelnost chyby (1 až 10)

Hodnota RPZ je výsledkem součinu četnosti, závažnosti a odhalitelnosti určité chyby. Pokud je hodnota četnosti 1, je výskyt vzácný, 10 představuje jistotu výskytu. Závažnost s hodnotou 1 znamená téměř zanedbatelný vliv na uživatele, naopak 10 bude ohrožovat bezpečnost a zdraví. Hodnota odhalitelnosti E naznačuje složitost odhalení, kdy při hodnotě 10 bude velice obtížné chybu odhalit. [24]

K proměnné RPZ se pro závěrečné posouzení přidává také grafické zobrazení (Obrázek č. 17), kde jsou používány zmíněné parametry A a B, avšak B vyjadřuje B a E. Výsledkem je schéma názorně ukazující, jestli je nezbytné danou chybu napravit. [24]



Obrázek č. 17 – Schéma závažnosti problému

## 7. Aplikace metod kvality

Nyní přijde na řadu využití popsaných metod v konkrétních úlohách. Metoda QFD umožní kromě jiného určení nejefektivnějších prostředků pro monitorování zdravotního stavu řidiče. Často využívaná dotazníková studie použita nebyla, jelikož tematika nemocí a senzoriky vyžaduje jednoznačná fakta a podklady, ideálně poskytnuté od odborníků v daném oboru.

### 7.1. Analýza metodou QFD

Úkolem v této části je posouzení účinnosti jednotlivých druhů sledování řidiče při projevech výše rozebíraných nemocí a poté posouzení samotných nemocí.

#### 7.1.1. Matice QFD posuzující monitorovací zařízení

Aby výsledek získaný z matice QFD měl nějakou vypovídací hodnotu, je nutné vložit značnou míru úsilí a zamyšlení do návrhu matice. V části zvané „Požadavky zákazníka“ bylo vepsáno všech 27 studovaných nemocí. Horní část matice „Technická řešení“ obsahuje výčet monitorovacích zařízení, stručně popsaných v kapitole 5.

Náročným krokem je přiřazení odpovídající priority ke každé nemoci, a jelikož při výpočtu výsledku hraje hlavní roli skalární součin, který bere prioritu v potaz, je toto zároveň krok, který může výsledek výrazně zkreslit. Podklady od lékařů, které jsou shrnuty v kapitole č. 4, je pro získání validních výsledků nutné v určité podobě převést do matice. U nemocí byly tedy určeny jako zásadní ukazatele priority závažnost a prevalence. Závažnost je ohodnocena jedním z čísel 1, 3, 9 podle velikosti nebezpečí při nejhorším postižení danou nemocí, kdy hodnota 9 označuje nejrizikovější nemoci. Druhým parametrem je výskyt nemocí, který je popsán v kapitole č. 4.2. Pro využití tohoto údaje v matici bylo nutné převést ho z procent do stupnice v rozmezí 1 – 9. Seřazené nemoci podle procent výskytu se v intervalech rozdělily a byly jim přiřazeny odpovídající hodnoty, kdy nejvyšší výskyt nemoci mající 30 % reprezentuje hodnota 7 a naopak vzácné nemoci s výskytem v setinách procenta začínají na nejnižší hodnotě 1. U několika nemocí byl nutný odhad, protože udaná informace sdělovala výskyt nemoci pouze jako „jednotky procent“.

U každé nemoci se poté sečetla hodnota prevalence a závažnosti. To se následně vydělilo dvěma, aby se priorita opět dostala do požadovaného rozmezí 1 – 9. Ve výsledku má například arteriální hypertenze, jež je velmi rozšířená a může mít zásadní dopad na řidiče, velikost priority 7,5. Naopak priorita mononeuropathie horních a dolních končetin je pouhých 2,5, protože nemoc je méně rozšířená a nemívá fatální následky.

Posledním krokem bylo vyplnění korelací mezi nemocemi a monitorovacími zařízeními. Vyplněné korelace se stupnicí 0, 1, 3 a 9 vycházejí ze znalostí o nemocech a senzorech, z nichž jsou základní informace vypsány v předchozích kapitolách. Obecně se určuje míra

ovlivnění (rozpoznání) monitorovacích zařízení pro jednotlivé nemoci a jejich projevy. V některých případech je přidělení hodnoty poměrně těžké, protože v jedné situaci se nemoc může projevit závažným způsobem ovlivňující oční funkce, což rozpozná kamerový systém sledující oční pohyby. V jiné situaci se však stejná nemoc může projevit pouze zvýšenou tepovou frekvencí a nevolností, projev tedy zaznamená zařízení sledující krevní oběh. Na druhou stranu hodnotu 9 jednoznačně dostane snímání respirace u nemocí plicní soustavy jako je asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc, které se na dýchání řidiče vždycky projeví.

Na obrázku číslo 18 je ukázka části matice s doplňujícími informacemi. V řádku „TOTAL“ jsou součty všech skalárních součinů a pod ním je tato hodnota přepočítána na procenta oproti ideálnímu řešení. Toto řešení představuje sloupec „Ideal“, který reprezentuje technické řešení, které by vyřešilo 100 % zkoumaných problémů nebo v této úloze nemocí. S tímto ideálním řešením jsou pak porovnávány absolutní výsledky v procentech pro jednotlivá monitorovací zařízení.

č.	Onemocnění a snímače	Prevalence nemoci <1 - 9>	Závažnost nemoci <1; 3; 9>	Priorita <1 - 9>	Ideal	Snímání očních pohybů	...	Senzor Harken
1	Alzheimerova nemoc (SDAT) a jiné demence	1,2	9	<b>P1</b> = 5,10	9	0 = <b>S1y</b>		0
2	Arteriální hypertenze	6	9	<b>P2</b> = 7,50	9	1 = <b>S2y</b>		9
...								
...								
27								
	<b>TOTAL</b>			<1; 9>	<b>113,40</b>	7,50	...	67,50
					<b>100%</b>	<b>6,61</b>	...	<b>59,52</b>

$S_{ah}$  = Skalární součin sloupce daného senzoru a priority

Hodnota korelace <0; 1; 3; 9>

$S_{rh}$  = Vyjádření v procentech z nejvyššího možného

Obrázek č. 18 – Ukázka matice QFD posuzující senzory

Absolutní i relativní hodnoty skalárních součinů jsou vyjádřeny následujícím matematickým vztahem:

$$S_{ah} = P * VK_y = \begin{bmatrix} P1 \\ \vdots \\ P27 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} S1y \\ \vdots \\ S27y \end{bmatrix};$$

$$S_i = P * I = \begin{bmatrix} P1 \\ \vdots \\ P27 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 9 \\ \vdots \\ 9 \end{bmatrix};$$

$$S_{rh} = \frac{S_{ah}}{S_i} * 100\%;$$

Kde  $S_{ah}$  = absolutní hodnota skalárního součinu daného senzoru

$S_i$  = absolutní hodnota skalárního součinu pro ideální řešení

$S_{rh}$  = relativní hodnota skalárního součinu daného senzoru

$P$  = Sloupcový vektor pro priority

$VK_y$  = Sloupcový vektor korelačních koeficientů daného senzoru

$I$  = Sloupcový vektor ideálního řešení

Celkovým výsledkem matice QFD je informace o efektivitě monitorovacích zařízení v situaci, kdy se projeví onemocnění řidiče. V ideálním případě by si řidič zvolil zařízení nejlépe kontrolující nemoc, kterou trpí nebo pro ní má genetické předpoklady. V této matici se však celkově hodnotí zařízení pro všech 27 zvolených nemocí. Proto je třeba brát některé výsledky s rezervou a uvážit další okolnosti, ty zde budou rozebrány.

Ideal	Snímání očních pohybů	Snímání pohybu hlavy	Snímání pohybu úst	Snímání pohybu těla	System sledování bdělosti řidiče na základě chování při řízení	Snímání signálů mozku EEG	Snímání signálu srdce EKG	Seismokardiografie	Snímání galvanické kožní odezvy EDA	Snímání respirace	Pulzní oxymetrie (snímání saturace krve kyslíkem a tepové frekvence)	Odhad únavy řidiče na základě výsledků zátěžového vyšetření	Infračervené snímače	Ultrazvukové snímače	Senzor Harken
<b>1195,88</b>	280,55	212,53	106,15	195,33	232,88	82,43	292,60	103,00	85,55	205,00	257,75	126,03	24,50	8,50	152,70
<b>100%</b>	<b>23,5%</b>	<b>17,8%</b>	<b>8,9%</b>	<b>16,3%</b>	<b>19,5%</b>	<b>6,9%</b>	<b>24,5%</b>	<b>8,6%</b>	<b>7,2%</b>	<b>17,1%</b>	<b>21,6%</b>	<b>10,5%</b>	<b>2,0%</b>	<b>0,7%</b>	<b>12,8%</b>
Pořadí:	<b>2.</b>	<b>5.</b>			<b>4.</b>		<b>1.</b>				<b>3.</b>				

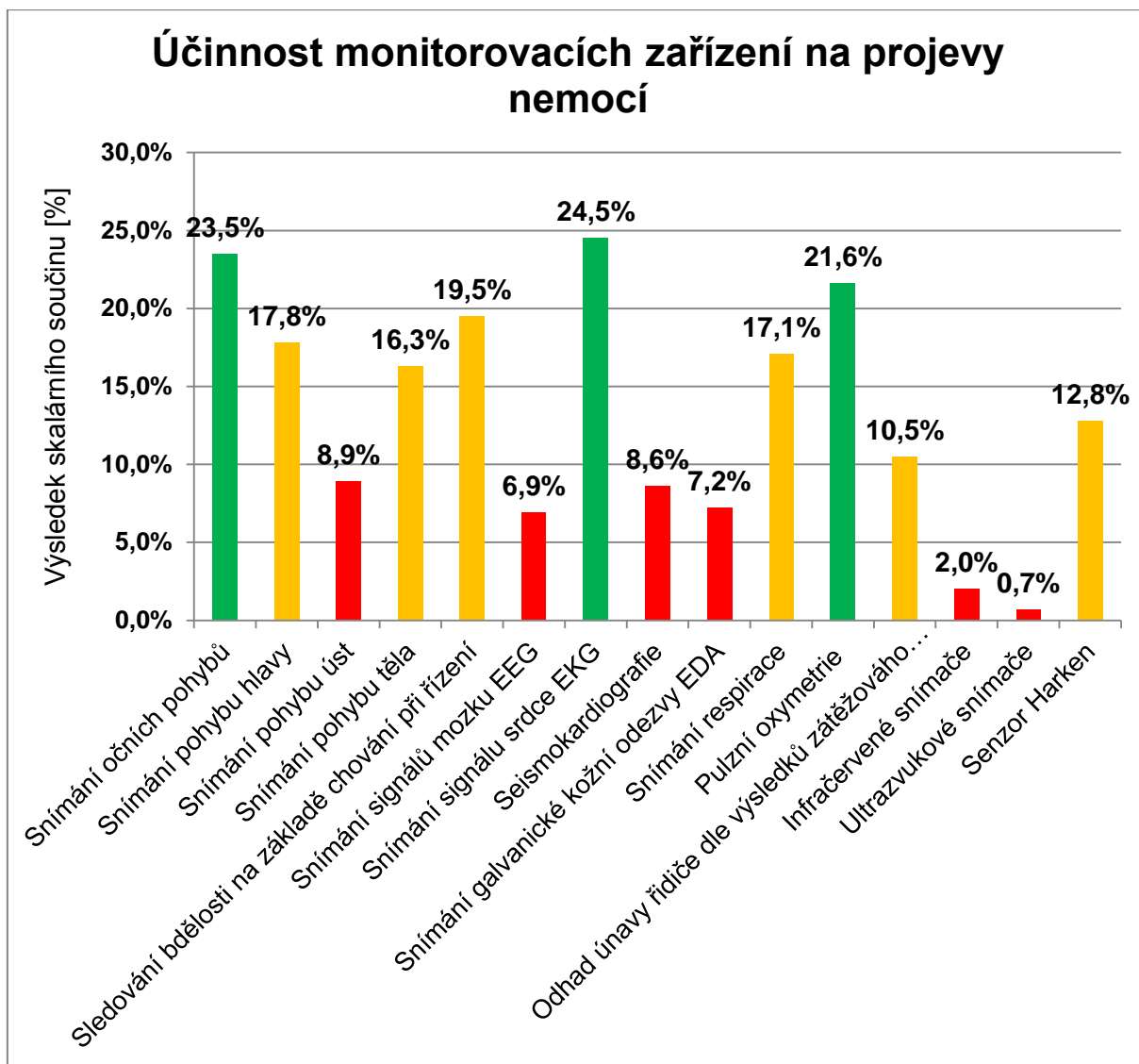
Tabulka č. 2 – Výsledky matice QFD

Tabulka č. 2 ukazuje výsledné hodnoty matice QFD, celá podoba je k nalezení v příloze č. 6. První místo s 24,5 % těsně získalo snímání srdečního signálu EKG, což není úplně velkým překvapením, jelikož EKG může zaznamenat mnoho onemocnění cévní soustavy, která jsou z pravidla široce rozšířená a závažná. Stejně tak řadu dalších nemocí doprovázejí změny srdeční činnosti. Podobnou funkci, avšak ne tak účinnou, má seismokardiografie. Pokud by se snímání srdečního signálu vhodně a trvale zakomponovalo do sedačky, vznikla by trvalá možnost monitorování bez rušení řidiče nalepenými elektrodami.

Další v pořadí je snímání očních pohybů, které má potenciál rozpoznat všechny nemoci či stavy projevující se únavou či úplnou ztrátou bdělosti. Pohyby očí, hlavy, úst i těla jsou sledovány jedním kamerovým systémem, až v řídicí jednotce jsou jednotlivé obrázky rozděleny na segmenty a analyzovány. Dá se tedy říci, že první čtyři sloupce v matici QFD jsou integrovány v jednom systému a výsledky by šlo sečíst, v takovém případě by ucelený kamerový systém jednoznačně obsadil první místo.

Posledním zařízením překonávajícím hranici 20 % je pulsní oxymetrie. Překvapivě silného výsledku dosahuje systém sledování bdělosti na základě změn v chování řidiče, o kterém pojednává kapitola č. 3. Čtvrté místo systém obsazuje z důvodu častých poruch bdělosti u různých nemocí, bohužel jak bylo již popsáno, systém v současné době nedokáže spolehlivě a hlavně pohotově rozpoznat skutečný stav řidiče. Nicméně systém může alespoň teoreticky odhalit přicházející problémy.

Problematické bylo zejména vyplnění řádku „Senium“, které posuzuje efektivitu monitorovacích zařízení na zdravotní problémy starších osob. To je velmi široké téma, které se může projevit řadou nemocí či degenerativními změnami, proto zde odhady mohou trochu zkreslovat. To je další důvod, proč by individualizace monitorovací a bezpečnostní výbavy automobilu byla vhodná cesta. Graf č. 5 přehledně ukazuje výsledky matice, systémy nad hranicí 20 % jsou zvýrazněny zelenou barvou.



Graf č. 5 – Výsledná efektivita monitorovacích zařízení

#### 7.1.2. Matice QFD posuzující nemoci

Za účelem zvolení vhodných nemocí pro další posouzení a zkoumání byla vytvořena také druhá matice QFD. Tato matice má v horní části vypsáno všech 27 nemocí, jako tzv. „Požadavky zákazníka“ jsou zde rozebrány parametry, podle níž jsou nemoci ohodnoceny. Největší důraz v prioritě je samozřejmě kladen na četnost výskytu nemoci, dopad na řidiče při vážném projevu nemoci a také jak úspěšně je možné danou nemoc a její projevy rozpoznat monitorovacími zařízeními. Vyplněné korelace o hodnotách 0, 1, 3 či 9 byly u každé nemoci řádně prodiskutované také s vystudovanou lékařkou, promítnut by tedy měl být i pohled odborníka. Přesto s použitím této stupnice se jedná u některých bodů korelací tak trochu o odhad, není možné naprosto jednoznačně uvést jeden závěr. Nicméně pro určení nemocí, proti kterým by automobil za správných okolností a výbavy mohl pomoci, je



tato matice velmi prospěšná. Ukázka matice je k vidění na obrázku č. 19, celá podoba matice QFD je pak připojena v příloze č. 7.

č.	Nemoci a jejich parametry	Priorita <1; 9>	Ideal	Extrapyramidové pohybové poruchy (Parkinsonova nemoc)	Diabetes	...	Asthma bronchiale
1	Dopad na řidiče při nejzávažnějším průběhu nemoci	9,0	9	9	9		9
2	Dopad na řidiče při mírném průběhu nemoci	5,0	9	1	0		1
3	Vliv mimořádných událostí při řízení na průběh onemocnění	5,0	9	1	3		3
4	Četnost (Prevalence nemoci)	9,0	9	1	9		9
5	Možnost zaznamenání projevů nemoci	9,0	9	1	3		3
6	Délka trvání nemoci (dočasná s léky / doživotní)	4,0	9	9	9		3
	<b>TOTAL</b>	<b>&lt;1; 9&gt;</b>	<b>369,00</b>	<b>145,00</b>	<b>240,00</b>	<b>...</b>	<b>221,00</b>
			<b>100%</b>	<b>39,30</b>	<b>65,04</b>	<b>...</b>	<b>59,89</b>

Obrázek č. 19 – Ukázka matice QFD posuzující nemoci

Vážnost nemocí reprezentovaná dopadem na řidiče a také výskyty nemocí korespondují s vytvořenou klasifikací nemocí v kapitole č. 4. Vliv mimořádných, stresujících situací během jízdy na pozemních komunikacích je posouzen z pohledu, zda taková situace může být spouštěčem některých projevů dané nemoci nebo nějak řidiči přitíží. Posouzení možnosti zaznamenání projevů se opírá o znalosti ohledně monitorovacích zařízení a má také souvislost s předchozí maticí QFD. Délka trvání nemoci byla zařazena proto, aby se u každé nemoci určilo, jak dlouho se s ní řidič bude potýkat. Pokud by se jednalo o krátkou dobu trvající nemoc, bylo by případné vybavování automobilu z tohoto důvodu pravděpodobně zbytečné. Pokud se však jedná o nemoc, která je dlouhotrvající, případně i doživotní, vyplatí se investovat do návrhu a testování řešení, a z pohledu samotného řidiče investovat do výbavy svého automobilu.

Po vyplnění vše potřebných hodnot byly výsledné skalární součiny vypočítány podle stejného matematického vztahu jako u předchozí matice. Dvanáct nejvýše umístěných nemocí je uvedeno v tabulce č. 3. Tyto nemoci jsou podle zvolených kritérií nejvhodnější pro další analýzu, která je vypracována v kapitole č. 8.2.

Pořadí:	Nejvhodnější onemocnění pro další analýzu:	Procenta:
1.	Ischemické choroby srdeční	77,2 %
2.	Arteriální hypertenze	74,5 %
3.	Diabetes	65,0 %
4.	Epilepsie a epileptické syndromy	62,6 %
5. – 6.	Asthma bronchiale	59,9 %
5. – 6.	Syndrom spánkové apnoe	59,9 %
7.	Arytmie	58,5 %
8.	Poruchy spánku (Insomnie, narkolepsie,...)	55,0 %
9.	Myopathie různého typu, myotonie, myastheia gravis	46,9 %
10. – 11.	Chronická obstrukční plicní nemoc	45,3 %
10. – 11.	Synkopa	45,3 %
12.	Alzheimerova nemoc (SDAT) a jiné demence	44,7 %

*Tabulka č. 3 – Vhodnost nemocí pro analýzu dle QFD*

## 8. Návrh nových řešení

Tato kapitola přímo navazuje na podněty získané z matic QFD, snahou je objasnit problémy a navrhnout další možná řešení.

### 8.1. Monitorovací zařízení

V současné době existují probírané monitorovací zařízení zejména na experimentální úrovni, protože není zajištěna absolutní spolehlivost a to se koncovému zákazníkovi špatně prodává. Sledování očních pohybů zmaří sluneční brýle, sledování úst husté vousy či ruka před ústy při zívnutí. Měření signálu mozku EEG s elektrodami na hlavě je nepohodlné, seismokardiograf a měření kožní odezvy vyžaduje klidnou pozici bez vibrací. Tyto nedokonalosti stojí v cestě širšímu rozšíření. Přesto již dnes existují možnosti, jak řidiče při řízení hlídat.

Sledování srdeční činnosti zdá se mít největší budoucnost. Již několik let výrobci a univerzity zkouší systém zabudovat do sedačky, zejména se senzory umístěnými v opěradle. To vyžadovalo inovativní přístup s využitím vetkaného vodivého textilu na elektrodách, což poté umožňuje snadné zakomponování do sedačky. Projekty si od toho slibují také možnost rozpoznání únavy a tím snížení nehodovosti. Obdobou je v této práci probíraný senzor Harken, který má navíc senzory v bezpečnostním páse a dokáže sledovat i dýchání řidiče. Snímání EKG může o řidiči prozradit řadu věcí, musí se tedy v této snaze pokračovat. [26]

Velmi důležitá bude kalibrace těchto zařízení tak, aby řídicí jednotka neoznačila vysokou tepovou frekvenci jako krizový projev nemoci, přestože zvýšení bylo způsobeno dramatickou situací na silnici nebo třeba hádkou se spolujezdcem. Stejně tak je důležité rozlišení situace s nulovými hodnotami z důvodu nedokonalého přenosu signálu srdeční aktivity k senzoru.

Každopádně pro sledování srdečního signálu a také bdělosti je rozvoj těchto možností důležitý, pro snímání bdělosti a únavy ideálně ve spolupráci s kamerovými systémy sledující vizuální projev řidiče.

V dnešní době konektivity, bluetooth připojení lze propojit s automobilem mnohá zařízení. Stejně tak by tomu mohlo být u sportovních, měřících náramků či hodinek. Ty díky dobrému kontaktu u zápěstí vcelku spolehlivě měří hodnoty, které by mohly být předány do útrobu automobilu. Při shledání problému může automobil řidiče upozornit nebo zasáhnout (více v kapitole 8.3.). Opět to však závisí na otestování spolehlivosti měření a nastavení správného rozhodovacího procesu automobilu. Další propojení zařízení s automobilem se nabízí u osob trpících diabetem (cukrovkou).

Snímání respirace a pulsní oxymetrie mají díky sledování dýchání, okysličení krve a tepu potenciál zaznamenat mnoho změn v aktuálním stavu řidiče. Zejména hodnoty zjištěné pulsní oxymetrií z tepen či vlásečnic mohou predikovat a upozornit na závažný stav jako je třeba hypoxie, tím předejde nebezpečným situacím. Navíc samotné použití není nijak náročné či nepříjemné, uplatnění najde hlavně u onemocnění plicní a oběhové soustavy.

## **8.2. Analýza vybraných nemocí**

Tato kapitola navazuje na výsledky matice QFD, která nám ukázala vhodné nemoci pro analýzu. Díky znalostem získaných během studia a tvorby této práce bude jednotlivě navržena vhodná skladba monitorovacích zařízení a postupů za účelem pomoci v boji proti těmto onemocněním.

### Ischemické choroby a arteriální hypertenze:

Velkým překvapením není, že na prvních dvou místech se objevují nemoci oběhové soustavy. Prvním onemocněním je skupina srdečních ischemických chorob, pod něž spadá angina pectoris, akutní infarkt myokardu, pokračující infarkt myokardu a chronická ischemická choroba srdeční. Dominantním projevem bývá proměna srdečního signálu a někdy až ztráta vědomí. Jednoznačné využití zde najde snímač EKG, ideálně nalepený na hrudi řidiče, v budoucnu integrovaný do sedadla. Snímač EKG může v některých případech predikovat blížící se problém, přídavné vyhodnocovací zařízení bude komunikovat s automobilem, který tak může řidiče varovat. Pokud osoba náhle ztratí vědomí, je třeba využít kamerový systém sledující oční pohyby, mrkání, obličej a ústa. V této situaci hlava poklesne a oči se zavřou nebo budou strnulé. U arteriální hypertenze je snímání EKG také možností, existují však jednodušší cesty jak sledovat tepovou frekvenci a krevní tlak. Měřícím zařízením na zápěstí, například upravenou spotřební elektronikou, může být řidič

neustále kontrolován a při nutnosti varován, že hodnoty jsou na hraniční úrovni. Pokud již řidič ztratí vědomí, přijdou na řadu stejné kamerové prostředky.

### Diabetes:

Diabetes je v populaci velmi rozšířen a jeho prevalence se každou generací zvyšuje. Úkolem tedy je podpora řidičů s cukrovkou. Pokud nastane těžký hypoglykemický stav, ztrácí řidič vědomí a na řadu opět přichází kamerový systém sledující bdělost. Nicméně u cukrovky je zcela zásadní podkožní sledování hladiny krevního cukru. Sledování hladiny cukru v krvi skrz vpich v oblasti břicha je již běžné, značná část jedinců s cukrovkou má například zařízení pumpující inzulin do těla a měřící aktuální hodnoty neustále na sobě. Navíc je schopno komunikovat i s chytrým mobilem, nabízí se tedy propojení zařízení přímo s vozidlem. Při nastavení bezpečné hladiny glykemie se může výrazně snížit vliv nečekané hypoglykemie brzkým varováním řidiče nebo zastavením vozidla.

Zejména jedinci s již pokročilou formou nemoci, která mohla způsobit odebrání řidičského oprávnění, by jistě uvítali možnost propojení a hlídání jejich hladiny krevního cukru, s případnou záchranou reakcí ze strany automobilu. Propojením zařízení s jednotkou ve vozidle přibude možnost okamžité kontroly hladiny v nabídce infotainmentu, tak jak ilustruje obrázek č. 20. Graf na obrázku pouze ilustruje možné výkyvy hladiny cukru. Zároveň díky těmto informacím bude moci automobil včasné upozornit na hraniční hodnoty.



Obrázek č. 20 – Ilustrační návrh zobrazení hladiny krevního cukru v nabídce infotainmentu

O užitečnosti takového řešení svědčí případ z podzimu roku 2015, kdy řidič čekající na semaforech dostal hypoglykemický záchvat z důvodu nedostatku cukru v krvi. Ostatní řidiči netrpělivě troubili, než si jedna žena všimla, že řidič není při vědomí. Řidiči se dostalo pomoci, měl ovšem obrovské štěstí, že se mu to nestalo při jízdě. O případu více v příloženém odkaze. [27]

#### Epilepsie:

Na čtvrtém místě se umístila epilepsie, která řidiči odjímá řidičské oprávnění, i když měl třeba jen jeden záchvat během půl roku. Prakticky jakákoli forma může mít zásadní dopad, proto je v tomto ohledu zákon nekompromisní. K jeho prolomení se musí zajistit spolehlivý monitoring bdělosti a zejména abnormality a adekvátnosti pohybů. Epileptický záchvat je kromě neobvyklých pohybů částí těla typický také pohybem očí, ty se mohou výrazně točit nahoru nebo být úplně zavřené. Předpokladem pro pozměnění z dnešního pohledu přísného zákona je naprostá spolehlivost zaznamenání těchto výjimečných situací, se správnou reakcí automobilu. Jelikož je epilepsie onemocnění nervové soustavy, využití najde také snímání signálu mozku EEG s elektrodami na skalpu, třeba ve formě měřící čepice, ovšem i to je pro běžné použití v současné době nevhodné.

#### Astma:

Astmatici a také alergici by nejvíce těžili ze správné prevence a vhodné specifikace automobilu. Kabinové filtry dokáží nějaké množství nečistot ze vzduchu odfiltrovat, nicméně astmatikům příliš nepomůžou. Vyrábí se však větší a značně účinnější filtry, které zvládnou vzduch zbavit téměř všech bakterií, alergenů, emisí okolních aut a také prachu, včetně mnoha mikroskopických částic PM 2,5, jejichž průměr je maximálně 2,5  $\mu\text{m}$ . Tyto mikroskopické částičky jsou právě nejzákeřnější, protože se dostanou skrz plicní sklípky až do krevního řečiště. Popisovaný filtr je sice větší, ale automobil tomu může být uzpůsoben. Proto by taková příplatková nabídka mohla být vítána. A pokud stejně přijde silný kašel a dušnost, vozidlo by mohlo tuto skutečnost zaznamenat z měření saturace krve kyslíkem a tepové frekvence pomocí pulsní oxymetrie. Opět s odstavením automobilu ze silničního provozu jako podpůrnou reakcí.

#### Syndrom spánkové apnoe:

V boji proti syndromu spánkové apnoe a vážným poruchám spánku je nejdůležitější první část z časové osy (Obrázek č. 1) představující funkci systému. Ta se jmenuje analýza dlouhodobého zdravotního stavu řidiče. Je nutné například ve spánkové laboratoři lékařem identifikovat problém a naordinovat správný režim. Protože pokud s tím řidič nic neudělá, bude trpět častou a silnou ospalostí během dne, výrazně zvýší pravděpodobnost výskytu

mikrospánku a zpomalených reakcí při řízení. Z hlediska reakce na únavu a mikrospánky přichází na řadu kamerové systémy sledující bdělost. Spánkovou apnoi může pozorovat také saturace krve kyslíkem, kdy její hladina při této nemoci bude kolísat směrem dolů. Do budoucna se dá uvažovat o připojení monitorování srdečního signálu EKG, jež v aktuálním čase dokáže poskytovat informace, v jaké je řidič formě. Symbol kávy, jak je tomu v dnešních automobilech, jednoznačně nestačí.

#### Srdeční arytmie:

Arytmie je jako ostatní onemocnění oběhové soustavy závislá na snímání EKG senzory na hrudi, sedadle nebo na snímání tepové frekvence na zápěstí. Arytmii je nutné včas diagnostikovat, někdy je pro nápravu srdečního rytmu použit kardiostimulátor. V případě řidičů s kardiostimulátorem se nabízí možnost propojení s vyhodnocovacím zařízením ve vozidle. Zařízení dostává podněty od kardiostimulátoru nebo snímače EKG a bude moci reagovat a přivolat jedinci pomoc. Samozřejmě pokud již dojde ke ztrátě vědomí, uplatní se opět výše probírané sledování bdělosti.

#### Myopathie:

Myopathie a skupina podobných onemocnění má jako dominantní projev postupné zhoršování nervové a svalové aktivity, postihující a někdy vyřazující některou končetinu. Ta může být kompenzována úpravou řízení, což umožňuje podmíněné řidičské oprávnění. Nicméně lehčí formy nemoci se projevují pouze zvýšenou unavitelností, což bude sledovat monitorování bdělosti, rychlost a přesnost reakcí.

#### Chronická obstrukční plicní nemoc:

S chronickou obstrukční plicní nemocí pomůže kontrola saturace krve kyslíkem a krevního pulsů za použití pulsní oxymetrie. Jednoduchým připnutím na prst nebo ušní lalůček dojde k měření, které řidiče prakticky vůbec neruší a které pak může validní údaje odeslat do útrobu automobilu. Zejména těžší hypoxie se takto spolehlivě odhalí. Ideálně by toto měření mělo probíhat v kooperaci s vizuálním sledováním bdělosti.

#### Synkopa:

Nepříjemnou vlastností synkopy je to, že přichází nečekaně, nedá se predikovat. Projeví se pak slabostí nebo dokonce ztrátou vědomí z důvodu špatné funkce oběhové soustavy. Z toho důvodu je zásadní sledovat bdělost řidiče, také s kontrolou krevního tlaku a tepové frekvence a to buď pomocí oxymetrického zařízení, EKG nebo jiného snímacího zařízení na bázi chytrých hodinek.

## Jiné:

Alzheimerovu nemoc, demenci či degenerativní onemocnění mozku a míchy, tedy nemoci postihující mozkové funkce, nelze v současnosti efektivně zaznamenat. Nemívají žádné výrazné, viditelné projevy, které by mohl některý senzor spolehlivě rozpoznat. Osoby trpící těmito nemocemi ve většině případů přicházejí o řidičské oprávnění a tak tomu pravděpodobně u některých onemocnění bohužel zůstane až do doby plně autonomních vozidel, kdy již nebude řidičské oprávnění patrně potřebné.

Kromě výše probraných nemocí mohou i některé další těžít z navrhovaných řešení. Například proti cévní mozkové příhodě nebo mononeuropathii nejvhodněji zareaguje řidič nebo zejména spolujezdec použitím „SOS tlačítka“. Toto tlačítko může být teoreticky použito u všech nemocí či při stavu silné nevolnosti řidiče. Řada dalších nemocí postihuje některé nervy a končetiny, jejich funkce může být kompenzována alternativním (podmíněným) způsobem řízení. Některé choroby jako roztroušená skleróza a extrapyramidové pohybové poruchy mohou být v budoucnu snímány kamerami, které budou rozeznávat adekvátnost, přesnost a rychlost pohybů.

Ze zbylých nemocí stojí za zmínku také senium. Skupina seniorů totiž obecně mívá specifické potíže, které je od řízení odrazují nebo jim jízdu komplikují. Nejčastěji se vyhýbají řízení během ztížených povětrnostních podmínek, řízení v noci nebo v době dopravní špičky. Problémem může někdy být i parkování, což je však problém prostupující všemi věkovými skupinami. Někteří senioři mají s těmito situacemi problémy kvůli zhoršování vjemů, reflexů, rychlosti a případným dalším nemocem. Uplatnění zde najdou různorodé asistenční systémy, případně monitorovací zařízení a postupy, pokud trpí výše probíranými nemocemi.

### **8.2.1. Posouzení připravenosti současných automobilů**

Po rozboru vybraných nemocí se hodí nahlídnout na připravenost současných automobilů. Vybrány byly vrcholné a plně vybavené verze modelů různých výrobců, jejichž nabídka a technická specifikace byla důkladně prozkoumána a to z hlediska bezpečnosti a podpory řidiče.

V tabulce č. 4 na následující straně je demonstrativně naznačeno, na jaké situace jsou dnešní automobily připravené, jaké fyziologické signály či změny v projevu řidiče rozpoznají. Naneštěstí u všech modelů funguje jen (pasivní) systém rozpoznávající změny chování při řízení indikující únavu, čemuž byla věnována samostatná kapitola. Špatnou správou je, že všechny takové systémy jsou založeny na stejném principu a nepřinášejí z dnešního pohledu nic inovativního. Přestože se o sledování řidiče mluví řadu let, žádná automobilka si stále neosvojila a neuplatnila žádnou průlomovou technologii.

<b>Automobil:</b>	<b>Rozpoznání změn srdečního signálu:</b>	<b>Rozpoznání změn saturace krve kyslíkem:</b>	<b>Aktivní rozpoznání bdělosti:</b>	<b>Pasivní rozpoznání bdělosti:</b>
Škoda Superb	-	-	-	✓
Ford Edge	-	-	-	✓
Hyundai Genesis	-	-	-	✓
Volvo XC90	-	-	-	✓
Audi A8	-	-	-	✓
Mercedes-Benz Třída S	-	-	-	✓

*Tabulka č. 4 – Ukázka možností rozpoznání problému vybraných modelů*

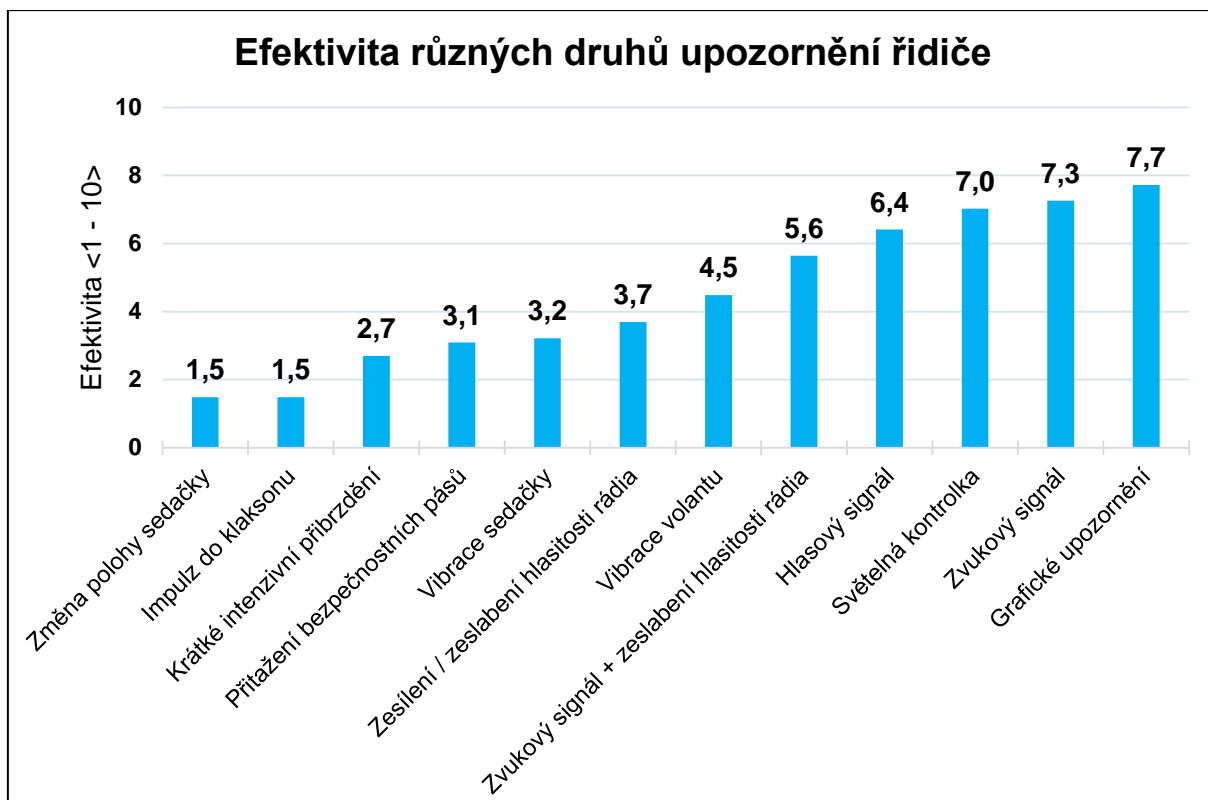
### **8.3. Očekávaná reakce automobilu**

#### **8.3.1. Upozornění řidiče**

Rozpoznáním řidičovy nevolnosti či neschopnosti ovládat vozidlo celý proces nekončí. V okamžiku, kdy automobil rozpozná ztrátu koncentrace, bdělosti, výrazně zvýšenou hladinu krevního cukru či jinou indikaci zdravotního problému, je nutné jako první reakce automobilu řidiče na tuto skutečnost upozornit. V současné době je takovým upozorněním pouze grafické zobrazení kávy při vyhodnocení přicházející únavy. Tato část reprezentuje třetí a finální interval z časové osy mající za úkol reakci vozidla na zdravotní problém.

Zde přichází v úvahu upozornění na aktivně rozpoznanou únavu, blížící se nemoc a její projevy, což řidič možná sám zaznamená, takto bude ale také upozorněn, vyzván k opatrnosti a případnému zastavení. Způsob upozornění musí být efektivní, dobře postřehnutelný, nesmí však řidiče iritovat. V rámci projektu vypracovaného laboratoří LAB R&D 4.0, na němž se autor podílel, byl pomocí dotazníkové studie zjištěn preferovaný způsob upozornění. Respondentů bylo 36 a byli to majitelé vozů Škoda mladších pěti let. Efektivitu a příjemnost upozornění hodnotili na škále od 1 do 10, graf č. 6 zobrazuje zjištěné výsledky.





*Graf č. 6 – Efektivita upozornění řidiče*

Nejpřesvědčivějších výsledků dosáhlo grafické a zvukové upozornění, popřípadě jejich kombinace. Možností je také světelná kontrolka, jenže ta může být snadno přehlédnuta. Starší věková skupina výrazně preferovala hlasový signál. Neosvědčili se naopak někdy až nebezpečné druhy upozornění jako je změna polohy sedačky, krátké brzdění nebo zatroubení. Zvolena by tedy měla být výrazná grafická indikace se symbolikou reprezentující zdravotní problém a doprovázenou určitým zvukovým signálem.

### **8.3.2. Nouzový zásah automobilu**

Pokud takové upozornění nepomůže, řidič ho bude ignorovat, přehlédne ho anebo řidiče jednoduše nebude možné předem varovat a jeho zdravotní stav se zhorší, přijdou na řadu další kroky. Jakmile analýza v řídicí jednotce jednoznačně rozhodne, že řidič již vozidlo neovládá, nastává nouzová situace. V tu chvíli je potřeba automobil bezpečně odstavit a zavolat pomoc. Na řadu tak přicházejí asistenční systémy, dnes již široce rozšířené v nabídkách automobilů.

Hlavním úkolem při nenadálé události je rozpoznání polohových a rychlostních parametrů, tedy výskyt jiných automobilů před a za vozidlem, typ pozemní komunikace (šířkové uspořádání), aktuální rychlost a směr jízdy. Pomocí systému ACC (Adaptive Cruise Control) může vozidlo zpozorovat vůz jedoucí před ním a v případě nutnosti brzdit. A pomocí systému

Lane Assist vozidlo identifikuje vodorovné dopravní značení a může dočasně udržovat směr jízdy.



Obrázek č. 21 – Funkce systémů ACC (Adaptivní tempomat) a Lane Assist

V případě problému vozidlo zapne indikaci pro změnu směru doprava, pokud pozemní komunikace nabízí dostatečně širokou krajnici. Pokud tomu tak není, vozidlo rovnou zapne varovná světla. Následně v obou případech začne vozidlo opatrně brzdit a směřovat co nejvíce ke kraji vozovky, aby neohrozil náraz od vozidel jedoucích za ním. Po zastavení vozidlu stále blikají varovná světla, a pokud řidič nijak nereaguje, volá automobil pomoc. Obdobně jako systém eCall volá pomoc po nehodě, zde systém volá lékařskou pomoc pro řidiče. Pokud vozidlo při nouzové situaci stojí, ale je stále v provozu, jako například zmíněný řidič čekající na semaforech, je vhodné upozornit ostatní řidiče varovným blikáním a zajistit příjezd záchranné služby.

Přivolání pomoci iniciováno monitorovacím zařízením nebo nouzovým tlačítkem zajišťuje palubní jednotka, která je vybavena SIM kartou některého místního operátora. V potřebném momentě bude vygenerováno tísňové volání na linku centra 112 příslušného státu, respektive přímo na linku 155 na území ČR. Jakmile se naváže spojení, budou aktivní dva kanály, zaprvé hlasový hovor pro komunikaci vyškolené operátorky tísňové linky s řidičem nebo spolujezdcem, která může poskytnout prvotní informace jak s probíhajícím zdravotním problémem zacházet. Zadruhé je odeslán soubor s daty popisující danou událost, to je nutné zejména, pokud řidič cestuje sám a není již schopen komunikace. Odeslána je přesná informace o poloze a typu automobilu, popis a čas zaznamenaného problému. Tyto informace jsou okamžitě odeslány zdravotnické záchranné službě, která bude moci v nejkratším možném čase reagovat.

Jelikož u nových automobilů vyrobených od března 2018 platí povinnost vybavení systémem eCall, nabízí se propojení těchto služeb. Systém eCall také využívá připojení místním operátorem na tísňovou linku, ovšem pouze pokud dojde k nehodě, nebo je aktivován řidičem, když se stane svědkem nehody. Rozšířením systému eCall výše popsanou funkcí může v budoucnu dojít k pomoci řadě dalších osob, které se sice nehodě vyhnuly, ale jsou ve vážných zdravotních problémech.

#### **8.4. Nouzové tlačítko**

Se senzory hlídajícími řidiče bude muset automobil sám rozhodnout, zda je potřeba zasáhnout a zahájit nouzové zastavení. Použitím „SOS tlačítka“, které můžeme také nazvat SOS či Emergency button, by tento úkol mohl zahájit sám řidič v problémech nebo jeho spolujezdec. Vzorovou situací je náhlá nevolnost a neschopnost řidiče ovládat automobil, kdy spolujezdec nemá příliš možnost jak bezpečně ovládat automobil. S tlačítkem a automatickým nouzovým odstavením automobilu spolujezdci přibude možnost, jak v takové situaci odvrátit nebezpečnou nehodu.

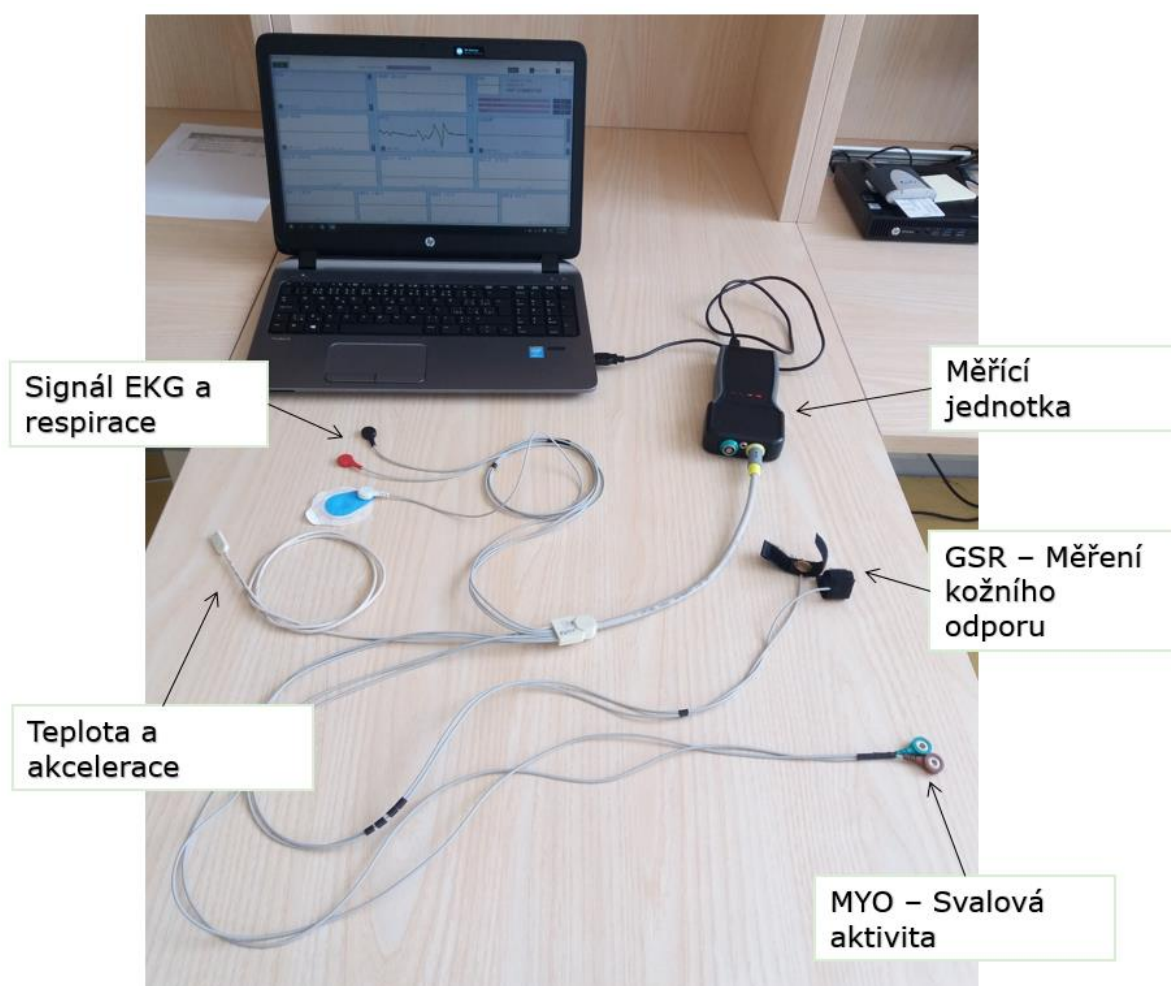
Toto nouzové tlačítko nesmí být zaměnitelné s žádným jiným, zejména s trojúhelníkovým, červeným tlačítkem spouštějícím varovná světla. Nesmí také dojít k neúmyslnému zmáčknutí, proto se tlačítko nesmí nacházet v blízkosti jiných, často používaných tlačítek. Jelikož tato funkce bude využita třeba jen jednou za dobu řidičova používání, nemusí být tlačítko na hlavní části přístrojové desky. Přesto musí být při krizové situaci ve snadném dosahu řidiče a také spolujezdce.

Před skutečným vyrobením a zavedením takového tlačítka je samozřejmě nutné podniknout řadu kroků. Samotný návrh a podoba tlačítka musí splňovat určité mezinárodní normy a zvyklosti pro symboliku. Musí být splněny základní legislativní požadavky, jako jsou směrnice EHS/EU nebo předpisy EHK/OSN, konkrétně předpis „EHK 121 - Identifikace a značení ovladačů a sdělovačů“. Celý systém nouzového zastavování musí být pečlivě otestován a aplikována musí být také metoda FMEA. Ta je nejen užitečná na odstranění chyb a nedostatků, ale také povinná.

## 9. Experimenty s měřením fyziologických signálů

V současné době probíhající školní projekt zahájil spolupráci s Fakultou biomedicínského inženýrství, to přineslo řadu výhod, jednou z nich je zapůjčení zařízení pro měření fyziologických signálů.

Hlavním účelem tohoto zařízení je měření fyziologických informací o člověku během nějaké fyzické či psychické aktivity a tím podpořit hodnotu výzkumu. Snímání se může použít pro test spolehlivosti a přesnosti samotného zařízení nebo jako pomůcka měřící odezvy člověka na různé situace při řízení. Měřící program nainstalovaný v notebooku pracuje se vzorkovací frekvencí 500 Hz nebo až 1 kHz a vliv ruchů eliminuje frekvencí 50 Hz. Používají se jednorázové nalepovací elektrody, které se jednoduše nalepí na určená místa na těle, určí se klidová hladina napojeného člověka a poté se může přejít na samotné měření.



Obrázek č. 22 – Zařízení pro měření fyziologických signálů

Zařízení umožňuje měření řady veličin a parametrů, prvním z nich je signál EKG, který je měřen v jednotkách mV pomocí červeného a bílého senzoru. Nalepují se do pravé podklíčkové jamky a oblasti 4. mezižebří, nad bránicí, na levé straně hrudního koše. Senzory

EKG dokáží také na základě změn v bioimpedanci hrudního koše zobrazit křivku dýchání (EIMP). MYO znamená svalové myopotenciály, tedy zaznamenání svalové aktivity. Tyto senzory (viz obrázek č. 22) se nalepí na sval či svalovou skupinu, jež chceme sledovat, příkladem je měření úleku vylepením senzorů do oblasti šíje. Měřit dále lze akceleraci ve všech osách a teplotu.

GSR neboli galvanická kožní odezva je snímána pomocí dvou nasazovacích sond na druhých člancích ukazováčku a prostředníčku pravé horní končetiny. Obecně je pro měření kožního odporu pohyb nežádoucí, protože dochází k rušení signálu, měřená osoba tedy musí mít ruku stabilně položenou. Odezva je zaznamenatelná během 0,5 – 1 s. Průběh grafu vypadá následovně, s nižším pocením klesá i odpor kůže. Při určitém stimulu a reakci pocení naroste a objeví se vrchol (peak). Pro ověření funkce existuje tzv. 5 - ti sekundový test, kdy si napojená osoba myslí číslo od 1 do 5, popřípadě písmeno A - E. Operátor u počítače se postupně táže na jednotlivá čísla či písmena a osoba na všechny otázky odpovídá „Ne“. Při správně provedeném testu bude u drtivé většiny lidí v grafu viditelné zvýšení kožního odporu u myšleného čísla či písmena, kde osoba lhala.

Rozhraní měřicího program živě zobrazuje průběh všech parametrů v grafech (Obrázek č. 23). Celkový záznam měření se ukládá ve formě textového dokumentu, který lze následně prohlížet a vyhodnocovat v zobrazovacím programu. V tom je možné vybírat zajímavé intervaly a vrcholy jednotlivých měřených veličin.



Obrázek č. 23 – Průběh měření veličin

V rámci diplomové práce bylo alespoň vyzkoušeno několik úvodních měření a seznámení se s technikou a postupem. Dalšími kroky bude navržení a provedení experimentů s měřeními

subjekty. Zejména využití měření EKG nabízí řadu uplatnění, což potvrzuje i matice QFD. Škála využití začíná u měření úleku, stresu při náročných úkonech za volantem a končí až u implementace do dlouhodobého sledování řidiče a tím monitorování aktuálního zdravotního stavu.

## **10. Doporučení dalších aktivit**

Aby tato diplomová práce nebyla prací zbytečnou, bylo by vhodné na ní navázat dalším výzkumem. Jedním velkým doporučením je celá předchozí kapitola o měření fyziologických signálů. Pro využití monitorovacích technologií ve vozidlech je zcela zásadní důkladné vyzkoušení a ověření spolehlivosti a správnosti všech funkcí. Tak aby tyto technologie jednou mohly být podpořeny legislativními změnami, které by umožnily řízení osobám, které v současné době z důvodu odebrání řidičského oprávnění řídit nemohou. Za správných okolností budou moci požádat o jeho navrácení na příslušném úřadě. Záleží samozřejmě na důvodu odebrání, pokud však řidič úřadu dokáže, že s daným autem jsou rizika minimalizována a řidič nepředstavuje riziko ostatním účastníkům provozu, pak není problém mu řidičské oprávnění opět udělit.

Další skupinou jsou řidiči s podmíněným řidičským oprávněním, kteří také mohou technologiemi nahradit svůj zdravotní deficit a dále řídit, funguje to tak u náhrad končetin alternativním způsobem řízení. Jiné zdravotní potíže zas mohou být vyřešeny jinak, to již záleží na individuálním přístupu.

Budoucnost v oblasti monitorování řidiče tkví kromě jiného ve využití signálu srdeční činnosti EKG. Přestože na toto téma byla provedena řada vědeckých výzkumů, nikdy tato možnost nebyla využita na vyšší než experimentální úrovni. A to je velká škoda, jelikož využití tohoto signálu v budoucnu se s rostoucím počtem seniorů nevyhnutelně blíží, ischemické srdeční choroby a mrtvice budou zřejmě stále častější. Proto je nutné s výzkumem pokračovat a najít optimální řešení pro snímání srdeční činnosti, současnými variantami jsou senzory v opěradle sedačky či senzory Harken, u nich však není zajištěn trvalý kontakt a tím pádem trvalé a spolehlivé sledování řidiče.

Při pokračování této diplomové práce by bylo rovněž vhodné zúžit zaměření na konkrétní problém nebo nemoc. Je nutné navržená opatření z kapitoly 8.2. pro jednotlivé nemoci vyzkoušet v praxi. Kromě zmíněných onemocnění oběhové soustavy je nejvhodnější cukrovka neboli diabetes mellitus, která je široce rozšířená a v pokročilých fázích také velmi nebezpečná. Poté provést experimenty přímo na situace postihující osoby trpící touto nemocí. Při propojení zařízení měřící hladinu krevního cukru s vozidlem nastavit toto připojení tak, aby správně vyhodnocovalo a upozorňovalo řidiče, že nastává problém.

V pokročilých situacích pak převzalo řízení. U monitorování EKG vyzkoušet s probandy dlouhodobé snímání srdečního signálu během řízení na simulátoru či v reálném provozu, zejména z hlediska spolehlivosti a přesnosti.

Dalším krokem po vyhodnocení nenadálého problému je nouzové zastavení vozidla, což představuje další inovativní úkon, který je nutno zevrubně otestovat. Nejprve musí být celý nouzový scénář naprogramován, otestován na simulátoru a následně ve skutečném automobilu. Musí se prokázat spolehlivost a bezpečnost pro samotný automobil a také ostatní účastníky dopravního provozu. Pouze až tento proces a také nouzové tlačítko popisované v kapitole 8.4. úspěšně projdou všemi zkouškami a ověřením metodou FMEA, se dá uvažovat o skutečné, masové aplikaci v prodáváných automobilech.

Nejefektivnější využití ověřených monitorovacích zařízení by byla vhodná skladba na míru zákazníka. Tak jako cukrovka spoléhá na hlídání hladiny krevního cukru a také bdělosti, další nemoci budou vyžadovat jinou skladbu systémů. Tyto návrhy a možnosti výbavy jsou popsány v kapitole 8.2. Příležitost si za příplatek vybavit svůj automobil a prodloužit aktivní a bezpečné řízení bude pro řadu zákazníků lákavé, zejména ve státech západní Evropy se stárnoucí populací.

## 11. Závěr

S pokrokem technologií se již od začátku tisíciletí mluví o systémech hlídajících řidičovu únavu či zdravotní stav. Přestože byla provedena řada studií, nikdy tato snaha nedošla až do fáze reálného uplatnění. Cílem této práce je určité přiblížení oněch snah ke skutečné aplikaci monitorovacích zařízení a za pomoci asistenčních systémů zvýšit bezpečnost řízení automobilu a to i osobám se zdravotními potížemi. Dosavadní výsledky a technologie byly systematicky zpracovány a pomocí aplikace metod kvality byly navrženy další postupy.

V úvodu diplomové práce je čtenář seznámen s problematikou a motivací. Je zde vysvětlen proces odebrání řidičského oprávnění spolu s důvody, kvůli kterým k této situaci může dojít. Rovněž byly popsány systémy v nabídkách automobilů na dnešním trhu, které jsou v současné době vývojově nejdále, avšak přesto řidiče neustále a aktivně nehlídají. Následná část práce je věnována analýze zdravotních rizik, která postihují populaci a to nejen v seniorském věku. Podobně jsou popsány také monitorovací zařízení, jimiž technologie 21. století umožňuje na experimentální úrovni více či méně úspěšně sledovat řidiče a jeho zdravotní stav.

Vypsány a vysvětleny byly také metody kvality, z nichž metoda QFD posloužila jako nástroj pro určení nejlepších a nejefektivnějších způsobů monitorování řidiče. S tímto výsledkem se dále pracovalo a byla navržena řada doporučení pro další výzkum. Těmito návrhy a inovacemi jsou například využití konektivity propojením chytré spotřební elektroniky nebo zařízení sledující hladinu krevního cukru s automobilem. Výsledky matice QFD označily snímání signálu srdeční činnosti EKG za nejefektivnější způsob hlídání řidičova zdravotního stavu, proto je nasnadě pokračovat v implementaci těchto senzorů do sedačky, bezpečnostního pásu nebo na jiné místo, kde by snímání srdeční činnosti skutečně a spolehlivě fungovalo. Stejně tak zbytek bio senzorických zařízení musí projít dalším vývojem, než budou moci být masově uplatněny a prodávány. Pomocí matice QFD se také určily nejvhodnější nemoci pro další analýzu a následně byly navrženy postupy, jak s těmito nemocemi efektivně bojovat.

Navrhnutá byla také očekávaná reakce automobilu na nouzovou situaci, ta může být iniciována právě monitorovacími zařízeními anebo samotným řidičem či spolujezdcem v případě, že řidič již ztratil schopnost ovládat automobil. V takové situaci může využít nouzové tlačítko (SOS tlačítko), které započne zmíněnou reakci automobilu. Automobil se s využitím asistenčních systémů a moderní elektroniky bezpečně odstaví a tím předejde dopravní nehodě. V neposlední řadě je v kapitole č. 9 nastíněno, jak vypadá a jak se používá zařízení měřící fyziologické parametry určené pro výzkumnou činnost.



Důležité je zejména to, aby postupná integrace nových technologií a systémů umožnila řízení i v pozdějších fázích života, i lidem se zdravotními problémy, kteří potřebují automobil k pokračování aktivního života. Přičemž odebrání řidičského oprávnění, jak je tomu dnes, je může z aktivního života prakticky vyřadit. Jednoduše umožnit to, aby se řidič v těžkých chvílích mohl na auto spolehnout, že vhodně a pohotově zareaguje. Použitím metod ve fázi vývoje výrobku vznikla řada výsledků a metodik postupů, které budou moci být v budoucnu použity.

Věřím, že zkušenosti a informace získané při tvorbě této diplomové práce využiji i v budoucím zaměstnání, jelikož spolupracuji na projektech řešených laboratoří LAB R&D 4.0 a tato práce slouží jako podklad pro další výzkum, takže doporučené aktivity z předchozí kapitoly patrně nezůstanou pouze uvedeny na papíře.

## 12. Použitá literatura

[1] Stárnutí se nevyhneme, Český statistický úřad [online]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/ea002b5947>

[2] Zdravotně nezpůsobilí řidiči a povinnosti lékaře [online]. Dostupné z:

<https://zdravotnickepravo.info/zdravotne-nezpusobili-ridici-a-povinnosti-lekaru/>

[3] Nejčastější dotazy z oblasti registru řidičů, Portál hlavního města Praha [online].

Dostupné z:

[http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji\\_resit/zivotni\\_situace/dopravnespravni\\_cinnosti/registr\\_ri\\_dicu/registr\\_ridicu-nejcastejsi\\_dotazy\\_z\\_oblasti\\_registru.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji_resit/zivotni_situace/dopravnespravni_cinnosti/registr_ri_dicu/registr_ridicu-nejcastejsi_dotazy_z_oblasti_registru.html)

[4] Zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel [online]. Dostupné z:

<https://www.cspsd.cz/zdravotni-zpusobilost-k-rizeni-motorovych-vozidel>

[5] Povinné lékařské prohlídky u řidičů-seniorů jsou v Česku moc mírné, míní odborníci i někteří lékaři, Aktualne.cz [online]. Dostupné z:

<https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/povinne-lekarske-prohlidky-u-ridicu-senioru-jsou-v-cesku-moc/r~fc66c998bc6811e6bb57002590604f2e/?redirected=1513081988>

[6] Upozornění k lékařským prohlídkám (pro řidiče a lékaře), Portál hlavního města Praha [online]. Dostupné z:

[http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji\\_resit/zivotni\\_situace/dopravnespravni\\_cinnosti/registr\\_ri\\_dicu/registr\\_ridicu-upozorneni\\_k\\_lekarskym\\_prohlidkam\\_pro.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji_resit/zivotni_situace/dopravnespravni_cinnosti/registr_ri_dicu/registr_ridicu-upozorneni_k_lekarskym_prohlidkam_pro.html)

[7] Vyhláška č. 277/2004 Sb. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-277>

[8] Vyhláška č. 31/2001 Sb. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-31>

[9] Problematika podmínění řidičského oprávnění ze zdravotních důvodů, Portál hlavního města Praha [online]. Dostupné z:

[http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji\\_resit/zivotni\\_situace/dopravnespravni\\_cinnosti/registr\\_ri\\_dicu/registr\\_ridicu-problematika\\_podmineni\\_ridicskeho.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji_resit/zivotni_situace/dopravnespravni_cinnosti/registr_ri_dicu/registr_ridicu-problematika_podmineni_ridicskeho.html)

[10] Driver Alert, Volkswagen.co.uk [online]. Dostupné z:

<http://www.volkswagen.co.uk/technology/car-saftey/driver-alert-system>

[11] Driver Attention Alert System, Nissanusa.com [online]. Dostupné z:

<https://www.nissanusa.com/blog/driver-attention-alert>

- [12] Tesla Model 3, Electrek.co [online]. Dostupné z: <https://electrek.co/2017/08/01/tesla-model-3-driver-facing-camera-autopilot-tesla-network/>
- [13] Tabeleární seznam Mezinárodní statistické klasifikace nemocí, Uzis.cz [online]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/cz/mkn/index.html>
- [14] MUDr. Roman Košek, Interní zpráva pro Škoda Auto: *Přehled interních onemocnění ovlivňující schopnost řízení*, Interní oddělení, Nemocnice Mladá Boleslav a. s., 2017 [online]. Dostupné z: Interní materiál ŠKODA AUTO a.s.
- [15] Diabetes mellitus, Wikiskripta.eu [online]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Diabetes\\_mellitus](https://www.wikiskripta.eu/w/Diabetes_mellitus)
- [16] Prim. MUDr. Martin Koutný, Interní zpráva pro Škoda Auto: *Onemocnění nervového systému z pohledu aplikace systémů zabezpečení řízení motorového vozidla*, Neurologické oddělení, Klaudiánova nemocnice, 2017 [online]. Dostupné z: Interní materiál ŠKODA AUTO a.s.
- [17] Epilepsie, Wikiskripta.eu [online]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Epilepsie>
- [18] Arteriální hypertenze, Wikiskripta.eu [online]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Arteri%C3%A1ln%C3%AD\\_hypertenze](https://www.wikiskripta.eu/w/Arteri%C3%A1ln%C3%AD_hypertenze)
- [19] Ischémie, Wikiskripta.eu [online]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Isch%C3%A9mie>
- [20] M. Štork, R. Holota, P. Weissar, J. Skála, Z. Kubík, *Sledování stavu řidičů během jízdy - únavy a možnosti její detekce*, výz. zpráva č.: 211 - 1 - 14, ZCU v Plzni [online]. Dostupné z: Interní materiál ŠKODA AUTO a.s.
- [21] Vegetativní nervová soustava, Wikiskripta.eu [online]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD\\_nervov%C3%A1\\_soustava\\_\(fyziologie\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Vegetativn%C3%AD_nervov%C3%A1_soustava_(fyziologie))
- [22] Measuring heart rate and blood oxygen levels for portable medical and wearable devices [online]. Dostupné z: <http://www.embedded-computing.com/embedded-computing-design/measuring-heart-rate-and-blood-oxygen-levels-for-portable-medical-and-wearable-devices>
- [23] Harken smart seatbelt detects, Driving.co.uk [online]. Dostupné z: <https://www.driving.co.uk/news/news-harken-smart-seatbelt-detects-sleepy-drivers-wakes-them-up/>

- [24] J.Machan a spol. : *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku - aplikace v automobilovém průmyslu*, 2. Vydání. Mladá Boleslav: MŠMT ČR 2012, 978-80-87042-50-2
- [25] TOBIŠKA, Jaromír. *FMEA – Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků*. [online] 2016. Dostupné z: <http://k616.fd.cvut.cz/>
- [26] The car seats which detect when drivers are falling asleep, The Telegraph.co.uk [online]. Dostupné z: <https://www.telegraph.co.uk/technology/news/10965547/The-car-seats-which-detect-when-drivers-are-falling-asleep.html>
- [27] Řidič zkolaboval u semaforu, idnes.cz [online]. Dostupné z: [https://usti.idnes.cz/v-teplicich-ridic-zkolaboval-u-semaforu-fcx-/usti-zpravy.aspx?c=A151113\\_102046\\_usti-zpravy\\_alh](https://usti.idnes.cz/v-teplicich-ridic-zkolaboval-u-semaforu-fcx-/usti-zpravy.aspx?c=A151113_102046_usti-zpravy_alh)

### 13. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Časová osa funkce systémů

Obrázek č. 2 – Část posudku s rozhodnutím lékaře (Celé znění v příloze č. 2)

Zdroj: <[http://www.praha.eu/public/e4/7b/c2/2137007\\_635832\\_Posudek\\_o\\_zdravotni\\_zpusobilosti.pdf](http://www.praha.eu/public/e4/7b/c2/2137007_635832_Posudek_o_zdravotni_zpusobilosti.pdf)>

Obrázek č. 3 – Indikace ve voze Škoda Superb

Zdroj: <<http://archive.skoda-auto.com/en/models/superb/safety>>

Obrázek č. 4 – Indikace ve voze značky Nissan

Zdroj: <<https://www.nissanusa.com/blog/driver-attention-alert>>

Obrázek č. 5 – Sledování očí a očních víček

Zdroj: <[http://www.transportsupport.co.uk/product/ts-dfm-driver-fatigue-monitor/#.WrAa4H\\_A-Uk](http://www.transportsupport.co.uk/product/ts-dfm-driver-fatigue-monitor/#.WrAa4H_A-Uk)>

Obrázek č. 6 – Negativní a pozitivní identifikace zívání

Zdroj: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-yawning-measurement-method-using-embedded-smart-Abtahi-Shirmohammadi/0a3a271f4a28f55521c73eda41a15ff79ff25ecb?tab=abstract>>

Obrázek č. 7 – Příklad průběhu 4 základních pásem

Zdroj: <<https://www.firstclassmed.com/articles/2017/eeg-waves>>

Obrázek č. 8 – Ilustrace průběhu signálu EKG

Obrázek č. 9 – Měření kožní vodivosti s grafem průběhu

Zdroj: <<http://www.avs-pristroje.cz/zdravotni-technika/4-skin-response-biofeedback-do-pc.html>>

Obrázek č. 10 – Prostupný a odrazný princip pulzní oxymetrie

Zdroj: <<http://www.embedded-computing.com/embedded-computing-design/measuring-heart-rate-and-blood-oxygen-levels-for-portable-medical-and-wearable-devices>>

Obrázek č. 11 – Stereokamera od firmy Bosch

Zdroj: <http://www.bosch-<presse.de/pressportal/de/de/diese-innovationen-zeigt-bosch-auf-der-iaa-2016-55626.html>>

Obrázek č. 12 – Systém Harken sledující tepovou frekvenci a respiraci

Zdroj: <<https://mashable.com/2014/07/23/sensor-powered-seatbelt-could-save-the-lives-of-sleepy-drivers/#EH7fQJ9DJsqr>>

Obrázek č. 13 – Fitness náramek Carmeo Smart s funkcí měření EKG

Zdroj: <<https://www.mall.cz/i/40877326/1000/1000>>

Obrázek č. 14 – „Dům Excellence“

Zdroj: J.Machan a spol. : *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku*

Obrázek č. 15 – Transformace požadavků do technického řešení

Zdroj: J.Machan a spol. : *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku*

Obrázek č. 16 – Struktura matice QFD

Zdroj: J.Machan a spol. : *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku*

Obrázek č. 17 – Schéma závažnosti problému

Zdroj: J.Machan a spol. : *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku*

Obrázek č. 18 – Ukázka matice QFD posuzující senzory

Obrázek č. 19 – Ukázka matice QFD posuzující nemoci

Obrázek č. 20 – Ilustrační návrh zobrazení hladiny krevního cukru v nabídce infotainmentu

Zdroj: <[http://www.newcenturyvw.com/blog/2016-volkswagen-golf-upgrades-and-specs/2016\\_golf\\_5197/](http://www.newcenturyvw.com/blog/2016-volkswagen-golf-upgrades-and-specs/2016_golf_5197/)>

<<https://www.pharmanord.cz/pripravky/lipo-exit>>;

Obrázek č. 21 – Funkce systémů ACC (Adaptivní tempomat) a Lane Assist

Zdroj: <<http://www.skoda-auto.cz/nabidka/ceniky-katalogy>>

Obrázek č. 22 – Zařízení pro měření fyziologických signálů

Obrázek č. 23 – Průběh měření veličin

## **14. Seznam tabulek**

Tabulka č. 1 – Rozdělení snímačů

Tabulka č. 2 – Výsledky matice QFD

Tabulka č. 3 – Vhodnost nemocí pro analýzu dle QFD

Tabulka č. 4 – Ukázka možností rozpoznání problému vybraných modelů

## **15. Seznam grafů**

Graf č. 1 - Počet řidičů, kteří zemřeli při řízení ze zdravotního důvodu (data Policie ČR)

Graf č. 2 - Prevalence zásadních chorob

Graf č. 3 - Prevalence silných chorob

Graf č. 4 - Prevalence znepríjemňujících chorob

Graf č. 5 - Výsledná efektivita monitorovacích zařízení

Graf č. 6 - Efektivita upozornění řidiče

## **16. Seznam příloh**

Příloha č. 1 - Stromy života ČR, EU, USA, CHI

Zdroj: <<https://www.populationpyramid.net/>>

Příloha č. 2 - Lékařský posudek o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel [3]

Příloha č. 3 - Příloha č. 3 k vyhlášce č. 277/2004 Sb. [7]

Příloha č. 4 - Podmínění a omezení řidičského oprávnění [8]

Příloha č. 5 - Žádost o vrácení odňatého řidičského oprávnění

Zdroj: <[http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji\\_resit/zivotni\\_situace/dopravespravni\\_cinnosti/registr\\_ridicu/registr\\_ridicu-vcraceni\\_ridicskeho\\_opravneni\\_odnateho\\_ze.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji_resit/zivotni_situace/dopravespravni_cinnosti/registr_ridicu/registr_ridicu-vcraceni_ridicskeho_opravneni_odnateho_ze.html)>

Příloha č. 6 - Celková podoba matice QFD posuzující senzory

Příloha č. 7 - Celková podoba matice QFD posuzující nemoci