

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta
Katedra elektrotechniky a automatizace



Bakalářská práce

Moderní prvky pro automatizovanou podporu řidiče

Lukáš Matejčík

© 2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Matejčík

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Moderní prvky pro automatizovanou podporu řidiče

Název anglicky

Modern features for automated driver assistance

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku moderních prvků pro automatizovanou podporu řidiče. Hlavním cílem je provést popis jednotlivých typů používaných technologií a definovat jednotlivá rizika, která mohou vést ke kritickým scénářům.

Dílní cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé typy moderních automatizovaných technologií pro podporu řidiče,
- definovat rizika, která mohou vést ke kritickým scénářům,
- provést návrh protipatření u jednotlivých typů rizik.

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na zhodnocení současných moderních automatizovaných prvků pro podporu řidiče a návrhu protipatření proti jednotlivým rizikovým faktorům, které mohou vést ke kritickým scénářům. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

prvky podpory řidiče, automatizované systémy, smart technologie, bezpečnost, silniční provoz

Doporučené zdroje informací

BURIAN, P. *Internet inteligentních aktivit*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5137-5.

GARDNER, J W. – VARADAN, V K. – AWADELKARIM, O O. *Microsensors, MEMS, and smart devices*. Chichester: Wiley, 2001. ISBN 0-471-86109-.

HEŘMAN, J., et al.: *Elektrotechnické a telekomunikační instalace*. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

PŘIBYL, P. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.

PŘIBYL, P. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03122-5.

PŘIBYL, P. – SVÍTEK, M. – HOSPODÁŘSKÁ KOMORA HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. DOPRAVNÍ SEKCE, – SDRUŽENÍ PRO DOPRAVNÍ TELEMATIKU ČR. *Inteligentní dopravní systémy*. Praha: BEN – technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2022

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2022

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Moderní první pro automatizovanou podporu řidiče“ osob vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3.2022

Poděkování

Mé poděkování především patří Ing. Janu Hartovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, věcné připomínky, kritiku a vstřícnost při konzultacích. Dále bych rád, poděkoval všem, kteří se zúčastnili měření praktické části mé práce. Také bych chtěl poděkovat svému dědovi za jeho motivaci ke studiu.

Moderní prvky pro automatizovanou podporu řidiče

Abstrakt

Práce se zabývá popisem a analýzou jednotlivých moderních prvků pro automatizovanou podporu řidiče. V teoretické části jsou popsány základní prvky automatizované podpory řidiče, následně jsou popsány také moderní automatizované bezpečnostní prvky. Praktická část je věnována měření průběhu poklesu kyslíku v kabině vybraných automobilů při různém počtu osob. Výsledné hodnoty jsou zpracovány do grafů a tabulek následovně je provedeno jejich zhodnocení. Poté jsou rozebrána rizika vzniklá při poklesu hladiny kyslíku a je podán návrh na protipatření. Na konci praktické části jsou také předneseny návrhy na protipatření u dalších prvků moderní automatizované podpory řidiče. Tyto návrhy by měly sloužit jako doporučení pro zvýšení komfortu a bezpečnosti řidičů.

Klíčová slova: prvky podpory řidiče; automatizované systémy; smart technologie; bezpečnost; silniční provoz; automobil,

Modern features for automated driver assistance

Abstract

Bachelor thesis is dedicated to description and analysis of individual modern features for automated driver assistance. In the theoretical part, there are described basic automated features, followed by description of modern automated features. Practical part is dedicated to measuring of oxygen levels in the cabin of each car with different quantity of people as a crew to simulate real-life situations. Outcomes from the measuring are analyzed and visualized in graphs and tables. Subsequently, the impact of decreased oxygen level on the driver and his crew is analyzed and a proposal of possible solution for the threat is described. At the end of the practical part there is a proposal of countermeasures for other elements of modern automated driver support. These proposed countermeasures should serve as a recommendation for improvement of drivers comfort and security.

Keywords: automated features for drivers; automated systems; smart technologies; safety; road traffic

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce	11
3	Metodika práce	12
4	Přehled řešené problematiky	13
4.1	Základní bezpečnostní prvky	13
4.1.1	Anti-lock Brake System	13
4.1.2	Anti-Slip Regulation	14
4.1.3	Electronic Brakeforce Distribution	15
4.1.4	Brake assistant systém	15
4.1.5	Electronic Brake Prefill	16
4.1.6	Electronic Stability Program	16
4.2	Moderní prvky automatizované podpory řidiče	18
4.2.1	Adaptivní tempomat	18
4.2.2	Detekce únavy řidiče	21
4.2.3	Asistent při změně jízdního pruhu	23
4.2.4	Hlídaní slepého úhlu	25
4.2.5	Automatická dálková světla	26
4.2.6	Systém varování před čelní srážkou	27
4.2.7	Parkovací asistent	29
4.2.8	Intelligent Transport Systems	31
4.2.9	In Vehicle Information Systems	31
4.2.10	Advanced Driver Assistance Systems	32
5	Praktická část	33
5.1	Použité zařízení	33
5.2	Postup měření	34
6	Zhodnocení výsledků	37
6.1	Měření koncentrace plynu	42
6.1.1	Vliv nízké hladiny O ₂ na živé organismy	42
6.2	Návrhy řešení rizik automatizovaných prvků	43
6.2.1	Návrhy na řešení rizika vzniklého poklesem hladiny O ₂	43
6.2.2	Návrhy na řešení rizik adaptivních tempomatů	43
6.2.3	Návrhy řešení rizik u Driver Monitoring systému	44
6.2.4	Návrh na řešení rizik u systému lane departure warning	44

6.2.5	Návrhy na řešení rizik při používání systému blind spot indicator ...	45
6.2.6	Návrhy na řešení rizik při používání systému front light assist	45
6.2.7	Návrhy na řešení rizik při používání systému front collision warning	45
7	Závěr	47
8	Seznam použitých zdrojů.....	48
9	Přílohy	54

1 Úvod

Bezpečnost při jízdě v automobilu je pro výrobce dnešních vozidel na prvním místě. Snaha výrobců o co nejvyšší míru bezpečí během jízdy je vidět především na tempu jakým se technologie zvyšující bezpečnost přepravy zlepšují a inovují.

Hlavním důvodem pro vznik, montáž a užívání moderních automatizovaných prvků určených pro podporu řidiče je nejen zvýšení bezpečnosti během jízdy, ale také zvýšení komfortu řidiče spolu s ulehčením některých úkonů vykonávaných během jízdy.

Téma moderních prvků pro automatizovanou podporu řidiče jsem si vybral zejména kvůli mému velmi kladnému vztahu k automobilovému průmyslu a novým technologiím. Toto téma mě nadchnulo zejména velmi důmyslným využitím velkého množství nejnovějších technologií, které se výrobci snaží co nejelegantněji zakomponovat do svých aut tak, aby nejenom plnili svoji funkci, ale byly i co nejspolehlivější.

Při používání automobilu je bezpochyby dobré znát, jak elektronické prvky automatizované podpory řidiče fungují. Řidič pak lépe porozumí jejich funkci, dokáže zhodnotit jejich fungování a je obeznámen s případnými nedostatky některých těchto prvků. Nicméně i moderní prvky mají svoje limity, a ne vždy se na ně může řidič s naprostou jistotou spolehnout.

Ve své práci se budu věnovat principu funkce moderních i starších prvků elektronické automatizované podpory řidiče a rizikům, která využívání těchto prvků vznikají. Cílem práce je tyto rizika popsat a navrhnout jejich možná řešení tak aby bylo riziko vzniku kritických situací nebo případných dopravních nehod co nejmenší.

2 Cíl práce

Práce je tematicky zaměřena na problematiku moderních prvků automatizované podpory řidiče. Mým hlavním cílem je popis jednotlivých typů používaných prvků a technologií, definice vzniku konkrétních rizik, která by mohla vést ke kritickým scénářům, a navrhnutí specifických protiopatření. Dílčí cíle jsou:

- Vytvoření přehledu řešené problematiky.
- Charakteristika základních prvků automatizované bezpečnosti.
- Popis principů a funkcí základních automatizovaných bezpečnostních prvků.
- Charakteristika moderních prvků automatizované podpory řidiče.
- Popis principů a funkcí moderních prvků automatizované podpory řidiče.
- Popis rizik moderních prvků automatizované podpory řidiče.
- Vytvoření analýzy výsledků měření průběhu hladiny kyslíku v kabině.
- Souhrn výsledků měření a porovnání výstupů.
- Na základě souhrnu výsledků určit možná vzniklá rizika.
- Sestavení doporučení protiopatření na vzniklá rizika.

3 Metodika práce

Přehled řešené problematiky bakalářské práce bude vypracován skrze studium a analýzu odborné literatury, odborných informačních zdrojů a zahraničních vědeckých prací. Veškeré tyto informační zdroje jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů. Při vyhledávání odborných informačních zdrojů bude použita následující klíčová slova: „automatizace“, „moderní prvky podpory řidiče“ a názvy jednotlivých moderních prvků pro automatizovanou podporu řidiče. Budou zvoleny co nejrelevantnější zdroje, kterými budou především webové stránky samotných výrobců a zahraniční i tuzemské vědecké práce. Pro přehlednost a jednoznačnost popisu jednotlivých principů používaných systému a technologií budou použity obrázky spolu s tabulkami.

K měření budou využity zapůjčené automobily, ve kterých bude při určitém počtu osazenstva měřen průběh změny koncentrace hladiny kyslíku v kabině. Měření je provedeno při jízdě vozidla. Experiment bude tedy prováděn při reálných podmínkách provozu automobilu a situace v kabině

K pokusu bude využito deset vozů různých značek a velikostí, tyto automobily jsou s jejich popisem v Tabulce 2. Pokus probíhal v přítomnosti 1, 2 až 4 pasažérů, popis jednotlivých pasažérů je v Tabulce 1. Získaná data jsou uvedena v Příloze 1. Dále byla data zpracována do grafů, tak aby tvořily ucelený přehled o provedeném měření.

Ve zhodnocení výsledků byla popsána rizika s možným vznikem snížené hladiny kyslíku. K těmto rizikům byl vytvořen návrh protiopatření na základě provedené analýzy dat získaných během experimentu. Byl také proveden návrh na protiopatření možných vzniklých rizik u dalších moderních prvků automatizované podpory řidiče, které jsou rozebrány v přehledu řešené problematiky.

4 Přehled řešené problematiky

Zvyšování komfortu řidiče provázelo automobilový průmysl již od jeho prvopočátků, přestože nebylo dosahováno zvláště vysokých rychlostí. Tato skutečnost se však časem změnila a nutnost zvyšovat míru komfortu nahradila potřeba zvyšovat míru bezpečnosti.

Prvním velkým posunem při zvyšování míry elektronické automatizované bezpečnosti řidiče byl bez pochyby protiblokovací systém ABS, který navrhl francouzský vynálezce Gabriel Voisin. Ač byl tento prvek určen pro letecký průmysl tak zanedlouho našel své uplatnění i v průmyslu automobilovém a nyní se řadí mezi základní a povinné bezpečnostní prvky ve výbavě automobilů. Právě ABS je také jedním ze základních automatizovaných prvků, které využívají moderní prvky pro automatizovanou podporu řidiče. (6)

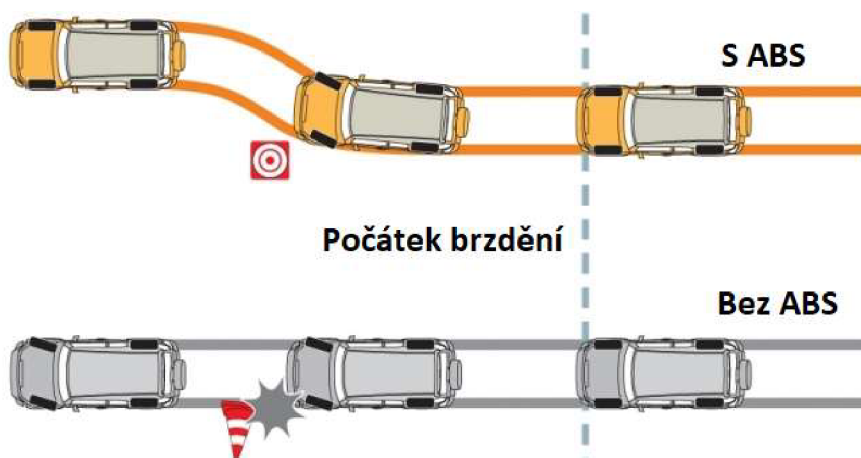
4.1 Základní bezpečnostní prvky

Dnešní moderní prvky jsou z velké části elektronické, či využívají elektronických senzorů. Nicméně princip a spolehlivost jejich funkce vychází ze základních prvků aktivní bezpečnosti, které dnes z většiny představují povinnou výbavu všech nově vyrobených vozidel.

4.1.1 Anti-lock Brake System

Zkratkou též ABS, neboli protiblokovací systém. ABS je prvek aktivní bezpečnosti automobilu či motocyklu, který zabraňuje zablokování kola při zabrzdění. Tím tedy zabraňuje ztrátě adheze mezi kolem a povrchem, po kterém vozidlo jede. Pomocí ABS se nejen udrží stabilita a ovladatelnost vozidla v situacích jako je například náhlé zabrzdění, ale i brzdění velmi zefektivní, viz Obrázek 1.

Obrázek 1 - Graf účinnosti brzdění s ABS (36)



Principem funkce tohoto systému je využití co nejvyšší možné brzdné síly, která je na hranici adheze, po jejímž překročení začne síla prudce klesat. Proto je nutností, aby řídicí jednotka tohoto systému neustále monitorovala aktuální rychlost otáčení ideálně každého kola. K monitorování rychlosti otáčení kola se používají indukční snímače a impulsní kroužky na nábojích kol. Porovnáváním rychlosti otáčení dvou k sobě diagonálních kol poté systém vypočítá tzv. referenční rychlost automobilu. S tou poté porovnává otáčky jednotlivých kol. Právě tímto porovnáváním systém vypočítá, zda kola zrychlují, zpomalují či se nachází ve skluzu. (6)

Pakliže dojde k tomu, že otáčky jednoho kola klesnou pod určitou hodnotu vůči referenční rychlosti, systém sníží tlak z brzdy pomaleji otáčejícího se kola. Jakmile se rychlost otáčení kola zvýší, ABS ihned zvýší tlak v brzdě soustavy - to všechno bez ohledu na momentální polohu brzdového pedálu. Tímto způsobem by měla brzdná síla být na hranici adheze, tedy nejvyšší možná. Systémy ABS dnes zvládnou tento proces zopakovat 12 až 16krát za vteřinu, a to po celou dobu brzdění až do minimální rychlosti 4 km/s. (6)

4.1.2 Anti-Slip Regulation

Anti-Slip Regulation, neboli systém regulace prokluzu kol, je aktivní prvek bezpečnosti vozidla zajišťující neprotáčení hnaných kol. Tento systém zajišťuje primárně stabilitu a lepší ovladatelnost při akceleraci vozidla. (8)

Funkčnost tohoto systému závisí zejména na adhezi vozovky. Jakmile se zvýší výkon motoru sešlápnutím pedálu akcelérátoru, začne se přenášet točivý moment na vozovku a pakliže je adheze dostatečná, vozidlo začne bez problémů zrychlovat. Jakmile bude přenášený točivý moment vyšší, než jaký může kolo přenést na vozovku, začnou kola prokluzovat. Tím nejen dochází ke značnému opotřebování pneumatik, ale především pokud tento jev nastane jen na jedné straně vozidla, začne vozidlo měnit také svůj směr nebo se otáčet. V tento moment začne pracovat ASR, které sníží točivý moment přenášený na kola tak, aby se kolo přestalo protáčet a začalo opět točivý moment přenášet na povrch vozovky. Tímto by auto mělo opět získat svoji stabilitu. Snížení točivého momentu se dosahuje třemi způsoby, a to elektronickým snížením výkonu motoru, přibrzděním prokluzujícího kola nebo kombinací těchto dvou způsobů. (8)

4.1.3 Electronic Brakeforce Distribution

Electronic brakeforce distribution, čili elektronický systém distribuce brzdové síly, je podpůrný prvek tvořící jednotku se systémem ABS, neboť oba systémy využívají řady společných prvků.

Úkolem tohoto systému je v případě prudkého brzdění zajistit maximální výkon brzd přední i zadní nápravy tak, aby se zabránilo takzvanému „přebzdění“ zadních kol, při kterém by mohlo hrozit náhlé vybočení zadní části automobilu. Mimo této funkce má EBD také za úkol zkrácení brzdné dráhy a snížení rychlosti zahřátí předních brzd, čímž snižuje nebezpečí jejich oslabení. (7)

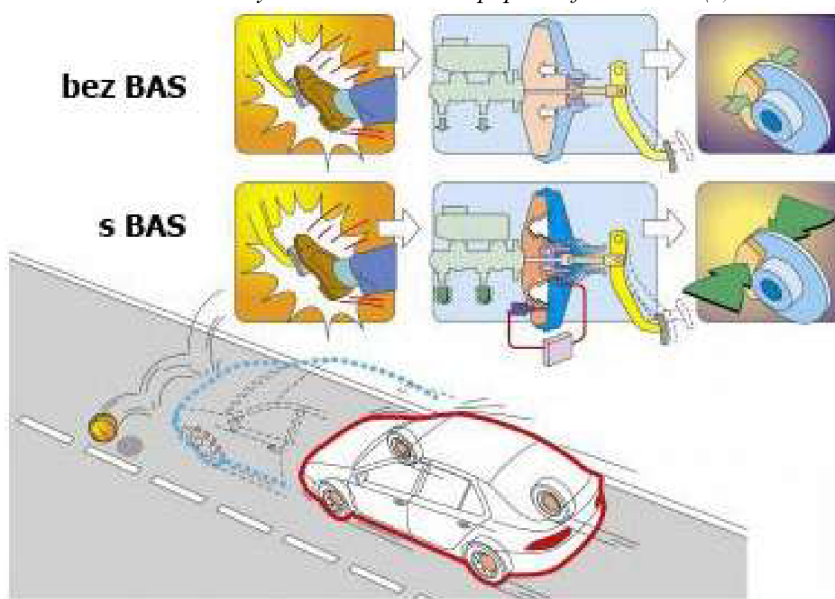
4.1.4 Brake assistant systém

Brake assistant system označuje aktivní bezpečnostní prvek, a to systém brzdového asistenta. Úkolem tohoto systému je vyhodnocovat kritické scénáře a pokud hrozí, že by k takovému scénáři došlo tak ihned zvýší tlak v brzdové soustavě viz Obrázek 2. Využívá k tomu data z monitorování rychlosti a intenzity sešlápnutí brzdového pedálu. Tím dosáhne větší brzdové síly při stejném tlaku na brzdový pedál, při čemž se případná brzdná dráha zkrátí až o jednu pětinu. (9)

Jsou tři základní typy brzdových asistentů, a to jsou elektronické, hydraulické a mechanické. Všechny tyto typy fungují téměř totožně. Jediné, v čem se liší, je způsob snímání potřebných veličin. Pod brzdovým pedálem se nachází snímač, jehož úkolem je

měření rychlosti a síly sešlápnutí brzdového pedálu. Při překročení mezní hodnoty se brzdový asistent zaktivuje a zvýší tlak v hydraulickém brzdovém systému. Díky tomu se zkrátí doba potřebná k dosažení maximální brzdné síly. Výše zmíněná brzdová mezní hodnota bývá stanovena výrobcem systému na základě zkušeností z provozu. Lidé totiž reagují na základě svých řídičských zkušeností a dovedností jinak. Buď sešlapují pedál rychle a malou silou, nebo pomalu a příliš velkou silou. V těchto okamžicích zasáhne právě brzdový asistent. Při normálním a plynulém brzdění je tento asistent nečinný. (10)

Obrázek 2 - Rozdíl brzdné dráhy s BAS a bez BAS s popisem funkce BAS (9)



4.1.5 Electronic Brake Prefill

Electronic Brake Prefill je novější prvek aktivní bezpečnosti spolupracující především s BAS. Jeho úkolem je monitorování rychlosti uvolnění plynového pedálu. Nadcházející krizové situace zapříčiňují, že řidič prudce uvolní nohu z pedálu akcelératoru a přesune ji na pedál brzdový. Toto monitoruje systém EBP, který jakmile tuto situaci zaznamená ihned přiblíží brzdové obložení k brzdovým kotoučům a tím zkrátí dobu náběhu brzd a tím dojde i zkrácení celkové brzdné dráhy vozidla. (11)

4.1.6 Electronic Stability Program

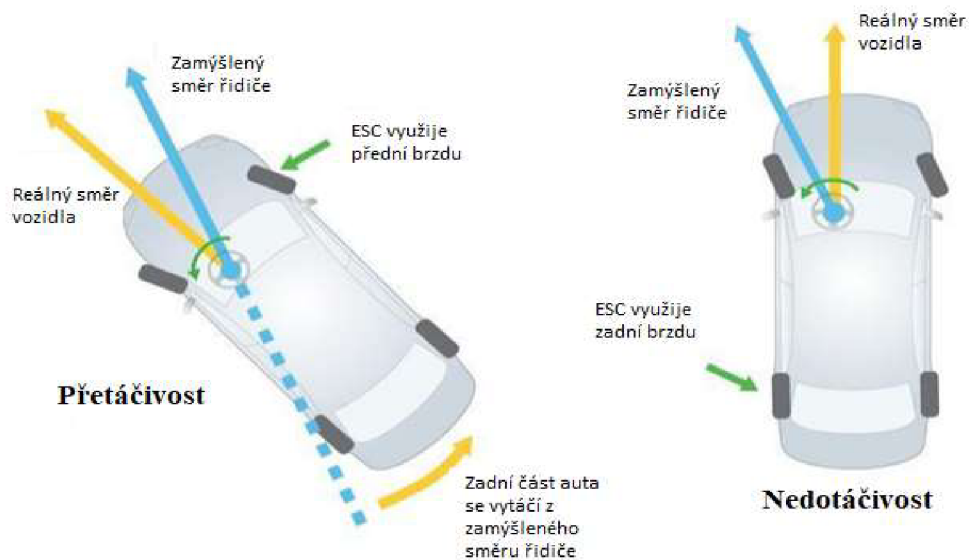
Elektronický stabilizační program je systém, jehož úkolem je pomoc řidiči při náhlých kritických situacích, které by mohly vést k nehodě. Jakmile ESP zjistí, že se vozidlo nachází v nestabilním stavu, samočinně se aktivuje a prostřednictvím řízeného brzdění, ovlivněním

výkonu motoru a převodovky vozidlo opět stabilizuje, viz Obrázek 3. Ke své funkci už využívá řadu dalších podpůrných automatických systémů jako je např. ABS, ASR, BAS a další. Tento automatizovaný podpůrný prvek podpory řidiče je také znám pod zkratkou ESC. Jedná o stejnou technologii s jiným obchodním označením. (12)

Princip tohoto podpůrného systému spočívá v monitorování celé řady faktorů a podmínek ovlivňujících jízdu. Pomocí snímačů úhlu natočení volantu, snímačů tlaku v hlavním brzdovém válci a snímačů polohy plynového pedálu ESP zjišťuje až 25x za vteřinu, kam je vozidlo směřováno řidičem. Následně druhá řada snímačů pojímá funkci zjišťování, kam přesně směřuje vozidlo samotné. (5)

K tomu ESP využívá měřič podélného a příčného zrychlení, snímače otáčení kol, a snímače rotační rychlost podle svislé osy vozidla. Na základě dat získávaných z těchto snímačů řídicí jednotka ESP porovnává požadovanou dráhu vozidla s tou skutečnou. Pokud jsou tyto dvě hodnoty rozdílné, vyhodnotí situaci jako kritickou a zasáhne do řízení. Typickými situacemi, které systém ESP pomáhá zvládnout jsou nedotáčivost, přetáčivost a úhybný manévr. (32)

Obrázek 3 - Příklad reakce ESP při přetáčivosti a nedotáčivosti (37)



4.2 Moderní prvky automatizované podpory řidiče

Moderní automatizované prvky se v současné době skládají z celé řady senzorů, výpočetních zařízení, řídicích jednotek a softwarů. Jejich účelem je zvyšovat nejen komfort řidiče při jízdě, ale především zvýšení bezpečnosti posádky. Některé z moderních automatizovaných prvků se dokonce dostávají do pozice, kdy jsou již součástí povinné výbavy nově vyrobených vozů, nebo se o jejich zahrnutí do povinné výbavy uvažuje.

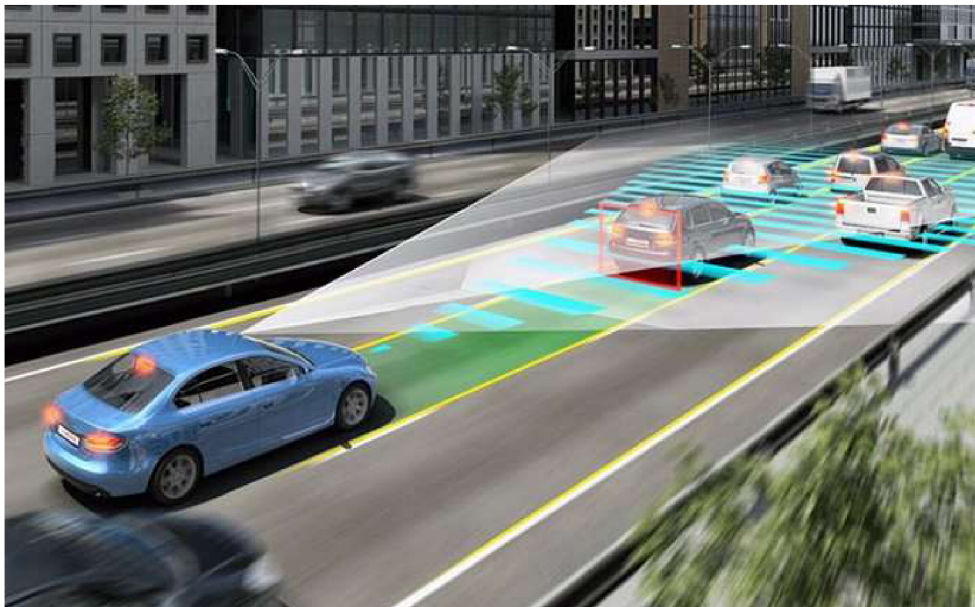
4.2.1 Adaptivní tempomat

Adaptivní tempomat vychází z jeho jednoduššího předchůdce, kterým je obyčejný tempomat (CC – Cruise Control). Jeho hlavní funkcí je udržet předem zvolenou stabilní rychlost a odstup od vozidla nacházejícího se před vozidlem, čímž zvyšuje komfort při řízení, zejména u dlouhých cest. Největším přínosem ACC (adaptive cruise control) je jeho schopnost měnit rychlost v závislosti na dopravní situaci. Změny dopravní situace, na které ACC je schopné reagovat jsou zejména zpomalení či zrychlení vozidle před ním – viz Obrázek 4. (14)

Některé adaptivní tempomaty disponují funkcí „Stop & Go“ umožňující tempomatu zpomalit až do úplného zastavení vozidla. Tento ACC ovšem musí být dodatečně dovybaven, aby mohl detekovat širší škálu objektů v silničním provozu včetně objektů, které se nepohybují. (13)

Z hlavní funkce ACC tedy vyplývá, že musí spolupracovat s dalšími prvky automatické podpory řidiče zejména pak ABS, ASR a EPS. Stěžejním prvkem, který adaptivní tempomat využívá je sensorika pro měření vzdálenosti od objektů nacházejících se před automobilem. K tomuto účelu se využívá více druhů sensoriky. Může se jednat například o radiolokátor (zejména u aut o něco starších modelů), mikrovlnný radar či LIDAR. (13)

Obrázek 4 - Ukázka principu funkce snímání ACC (38)



Radiolokátor

Adaptivní tempomaty s radiolokátorem využívají Dopplerova jevu. Radiolokátor používaný v ACC je nejčastěji MMW radar (milimeter wave radar), ten vysílá vlny o frekvenci od 76 - 77 GHz v úhlu $\pm 4^\circ$ s dosahem 150 m. Vlny, které se následně odrazí od objektů jsou zaznamenávány přijímačem (v tomto případě plastovou čočkou). Vzdálenost od měřeného vozidla se stanovuje porovnáním okamžité frekvence vysílaného signálu a přijímaného odraženého signálu. Následně se získaná data zpracují softwarem systému ACC. (26)

LIDAR (Light Detection and ranging)

Zařízení, které slouží k měření vzdálenosti a které má širokou škálu využití. Princip tohoto zařízení je podobný jako u radaru ale k měření nevyužívá radiové vlny ale laserové pulsy. Ty vysílá laserovou diodou, která přes optické čočky vyšle laser (light amplification by stimulated emission of radiation). Tento světelný impulz má formu úzkého svazku a narozdíl od světla přirozeného je koherentní (paprsky mají v určitém místě a určitém okamžiku stejnou vlnovou délku a stejnou fázi) a monochromatický (jednobarevné, které obsahuje jen jedinou vlnovou délku), chová se tedy jako jedna velká vlna a projevuje se jako

vlnění. Tento svazek se poté přijímá optickým detektorem. Hlavní výhodou tohoto způsobu měření vzdálenosti je jeho schopnost spolehlivě měřit větší vzdálenosti a jeho širší rozsah. (27)

Hlavním rozdílem mezi lidarem a radarem je především fakt, že lidar využívá kratší vlnové délky elektromagnetického spektra záření. Jinak princip funkčnosti je téměř stejný. Vysílač vyšle vlnu, která se odrazí a detektorem je přijata. Tyto data následně zpracuje vyhodnocovací zařízení. Hlavní výhodou lidarů je jeho schopnost zaznamenávat i malé předměty, které by radar nezaznamenal. Tato schopnost ale může být výrazně snížena, pakliže se nacházení v nepříznivém prostředí, jakým je například déšť, mlha nebo sníh. Další nevýhodou je také jeho cena spolu s omezeným maximálním dosahem, který sahá od 500 m do 2000 m. (28)

Pokud tedy srovnáme tyto dvě technologie využívané u systému ACC, dojdeme k závěru, že radar je vhodnější na větší vzdálenosti a lidar k přesnějšímu zjišťování tvaru snímaných předmětů. Palubní software s ACC pak může přesněji vyhodnocovat, které předměty před vozidlem jsou. Ideální volbou pro ACC je tedy kombinace těchto dvou technologií, které se navzájem doplňují, nicméně většina výrobců automobilů již tuto kombinaci technologií užívá.

Rizika spojená s ACC

Jedno z rizik přichází s konkrétními verzemi ACC, které nefungují při nižších rychlostech (méně než 30 km/h), kdy ACC začne nespolehlivě vyhodnocovat vzdálenosti. Tento faktor je rizikový zejména ve městech a obytných zónách, kde je tato rychlost za povoleným limitem (ČR). Rizikem může být také horní hranice pro používání ACC. Horní hranice činí 160 km/h. Ač je u nás tato rychlost v rozporu se silničním zákonem, v jiných zemích tato je rychlost legální, tím pádem může být reálné i překročení limitu 160 km/h. Překročením tohoto limitu dojde k obdobné situaci jako při rychlostech nižších než 30 km/h, a to ke snížení spolehlivosti detekce objektů. (2)

Neopomenutelným rizikem je také nedetekování stacionárních předmětů či objektů jako jsou například kužely, kruhové objezdy nebo odstavené auto. (2)

Jízda se zapnutým ACC může prodloužit reakční dobu řidiče a zvyšuje riziko ztrácení pozornosti řidiče nad dopravní situací. To může mít za následek sníženou dobu reakce

v okamžicích a na místech, kde se výhody ACC nedají uplatnit a řidič musí spoléhat jen na sebe a své schopnosti. (2)

Může nastat situace, kdy systém zaregistruje chodce či cyklistu na kraji silnice a začne automaticky brzdit. Tato reakce může působit nelogicky pro řidiče jedoucího za autem používající ACC. V důsledku může mít toto nelogické chování systému za následek, že řidič jedoucí za tímto vozidlem nebude brzdění čekat a sám nestihne včas reagovat a zabrzdít, čímž způsobí nehodu. (2)

4.2.2 Detekce únavy řidiče

Drive Monitoring Systém zkratkou DMS je prvek moderní podpory řidiče, jehož účelem je snížení rizika možné dopravní nehody nebo vzniku kritického scénáře způsobených únavou řidiče, mikrosnávkem či usnutím. Systém detekce únavy řidiče sleduje chování řidiče spolu s jeho mimikou a automaticky vyhodnocuje do jaké míry je unavený. Pokud systém vyhodnotí, že na řidiče přichází únava nebo hrozí jeho mikrosnávek, ihned řidiče upozorní na jeho únavu viz Obrázek 5. a doporučí mu přestávku. (2)

Obrázek 5 - Upozornění na vzniklou únavu ve vozech značky Škoda (39)



Systém detekce únavy řidiče funguje na základě sledování chování a reakce řidiče v prvních patnácti minutách jízdy (od otočení klíčů v zámku). Nejvíce pozornosti věnuje primárně způsobu držení a ovládání volantu, na čemž se únava řidiče projevuje nejvíce. Řidič, který je již unavený se často dopouští nechtěných zásahů do řízení, řídí letargicky a prudké zásahy do řízení jsou značně pomalejší. Po systémovém vyhodnocení ohrožení

řidičovou únavou, podle jeho chování a reakcí, je řidič upozorněn vizuálně, akusticky nebo oběma způsoby. (2)

Některé ze systémů DMS jsou napojeny na sledování pohybů očí, případně i mimických svalů na obličeji. Systémy s těmito prvky dokáží monitorovat únavu i při častějším a delším zavírání očí řidiče. (2)

V dnešní době je vyvíjeno vícero komerčních systémů, které monitorují únavu řidiče. Většina z nich je vyvíjena samotnými výrobci automobilů.

Mercedes

Systém od této automobilky (také nazýván Mercedes attention assist) monitoruje především pohyby volantů. Toto řešení by mělo podle Mercedesu být nejlepším měřenou veličinou protože unavený řidič má tendence měnit způsob, kterým s volantem otáčí a menší korekce napravuje ihned. Když systém vyhodnotí nevyrovnanost v pohybech volantů tak přejde k posuzování dalších 70 parametrů, kterým je například změřenou souvislé délky jízdy. Pokud systém vyhodnotí, že je řidič unaven tak ho nejdříve upozorní vizuálně pomocí ikony a doporučením na odpočinek. (34)

Ford

Driver systém alert je navržen tak aby pomocí kamer zabudovaných v kabině vozidla, snímá vozovku, bílé čáry podél ní a pomocí algoritmů predikoval, kde by se automobil nacházel. Pokud systém vyhodnotí, že řidič neřídí jak by měl, vybočuje z pruhu či se přibližuje ke krajnici, tak řidiče akusticky upozorní. (35)

Rizika používání DMS

Hlavním rizikem je neschopnost spolehlivého zhodnocení míry únavy řidiče systémem. Pokud řidič během jízdy zastaví, vypne motor, vytáhne klíčky ze zapalování, odepne bezpečnostní pás a otevře dveře, nebo pokud zastaví na dobu přesahující 15 minut, systém pak začne chybně reagovat na únavu. (2)

Dalším rizikem chybného vyhodnocení je řidičova výraznější změna stylu řízení v průběhu jízdy. Toto může nastat především v situaci, kdy řidič jede dlouhou trasu po rychlostních silnicích nebo dálnicích a sjede na silnici nižších tříd, kde je nucen více točit volantem. (2)

Chybou systému DMS může být i velmi subjektivní a individuální vnímání únavy. Řidič, který se cítí unavený, i přes vyhodnocení systému upozorněn nebude. Zatímco v opačném případě řidič, který se cítí být čilý, může být systémem opakovaně upozorňován, avšak zbytečně. Tento netechnologický nedostatek může vést k následnému neuposlechnutí upozornění, či k dlouhodobé nekázní řidiče. To ve výsledku může vést k vypnutí systému monitoringu samotným vlastníkem vozidla. (2)

4.2.3 Asistent při změně jízdního pruhu

Úkolem tohoto tohoto asistenta (též známý pod zkratkou LDW) je monitorování a případný zásah do řízení při změnách mezi jízdními pruhy, či udržování jízdního pruhu, viz Obrázek 6. Činnost asistenta reaguje možných kritických situacích a napomáhá předcházet dopravním nehodám. (16)

Systém funguje tak, že skrze multifunkční kamery sleduje, zda řidič automobilu neopouští svůj jízdní pruh, aniž by dal znamení o změně směru jízdy. Pakliže dojde k tomu, že řidič začne měnit pruh, aniž by dal znamení o změně směru jízdy, automobil ho nejdříve upozorní vizuálně nebo akusticky, pokud na toto řidič nezareaguje, systém zahájí korekci řízení lehkým přibrzděním kol jedné strany. Systém může být plně aktivní až od určité rychlosti a jeho spolehlivost se zvyšuje s kvalitou vozovky a kvalitou značení jízdních pruhů. Systémy z tohoto důvodu fungují nejlépe na dálnicích. Uplatnění tohoto asistenta v městském prostředí je méně kvalitní. Systém je navržen již od vzniku jako asistent pro dlouhé trasy vedoucí po dálnicích a silnicích s vyšší kvalitou vodorovného značení. V závislosti na kvalitě dané vozovky a jejího značení je schopen také rozeznávání přerušovaných a plných čar. (2)

Obrázek 6 - Princip funkce LDW (40)



Rizika používání LDW

Rizika nastávají především pokud není vozovka označena dobře viditelným a kvalitním vodorovným značením. To může nastat, pokud je značení například vyježděné, zakryté sněhem, listím či jinými nečistotami, případně pokud značení na vozovce není žádné. Tento asistent je také limitován denní dobou. Během noci a za šera funguje méně spolehlivě kvůli sníženému rozlišení kamer. Asistent je limitován i rychlostí jízdy. Jestliže klesne rychlost automobilu pod 65 km/h, systém přestane být aktivní. (2)

Řidič tedy musí počítat se všemi těmito omezeními asistenta zejména tam, kde není vyznačena vodící čára. Systém též nerozeznává barvy, může tedy dojít k chybě v rozeznání mezi bílou a žlutou barvou vodících čar. (2)

Riziko chybné reakce asistenta může nastat při záměrném vybočení řidiče mimo jízdní pruh směrem ke krajnici. Tento moment nastává například na silnicích nižších tříd, kde se řidič snaží záměrně držet kraje z bezpečnostních důvodů jako jsou například vyjeté koleje nebo střeby na vozovce. (2)

4.2.4 Hlídaní slepého úhlu

Úkolem systému (také známý pod názvem „blind spot indicator“) je monitorování vozidel jedoucích v přilehlých pruzích, která by mohla vozidlo ohrozit ze slepého úhlu řidiče - viz Obrázek 7. Monitorování zajišťuje buď radarová, lidarová nebo mikrovlnná sensorika, která jsou napojena na řídicí jednotku vozidla. K aktivaci monitorování slepých úhlů senzory, dochází s překročením určité rychlosti (stanovené výrobcem) nebo při spuštění ukazatele směru. S aktivací systému se spustí sensorika vozidla, která začne nepřerušovaně monitorovat slepé úhly. Když sensorika zaznamená vozidlo ve slepém úhlu řidiče rozsvítí se kontrolka na zpravidla vnějším zpětném zrcátku. V momentě, kdy by řidič chtěl přejet do pruhu, kde se v daný okamžik vyskytuje vozidlo v slepém úhlu řidiče, je řidič upozorněn akusticky nebo hapticky. Pakliže včas nezareaguje, aktivují se brzdy na opačné straně automobilu tak, aby se automobil vrátil zpět do svého stávajícího jízdního pruhu. (24)

Obrázek 7 - Ukázka principu funkce BSI (41)



Rizika při používání BSI

Jedno z rizik je daná rychlost, která musí být dosažena, aby tento systém začal fungovat. Tato rychlost se u nových systému BSI pohybuje běžně kolem 10 km/h. Může

tedy nastat scénář, kdy řidič bude plně spoléhat na systém BSI a začne předjíždět, přestože ve slepém úhlu bude mít jiné jedoucí vozidlo. (2)

Dalším z rizik může být situace, kdy systém zaznamená motocykl (či rychle jedoucího cyklistu) příliš pozdě nebo jej nemusí zaznamenat vůbec. (2)

Rizikovou situací může být také auto nacházející se ve slepém úhlu a jedoucí značně vyšší rychlostí. Systém pak kvůli technickým omezením nestihne výrazně rychleji jedoucí vozidlo zaregistrovat a včas varovat řidiče. (2) Posledním omezením je fakt, že je systém též nefunkční při couvání.

4.2.5 Automatická dálková světla

Systém Front Light Assist je automaticky systém přepínající světla mezi dálkovými a potkávacími na základě aktuální dopravní situace. Systém sám zapíná dálková světla na základě různých vstupů, např. pokud automobil dosáhne rychlosti vyšší než 60 km/h či za špatných světelných podmínek. Naopak systém automaticky vypne dálková světla, když se přiblíží k protijedoucímu či automobilu jedoucímu před ním tak, aby je neoslnil. (18)

Stěžejním prvkem tohoto systému je vpředu umístěná snímací kamera, která se nachází ve středu horní vnitřní části čelního skla a která monitoruje prostor nacházející se před vozidlem. Prostor je monitorován pod úhlem třiceti stupňů viz. Obrázek 8. Výstup z kamery následně zpracovává procesor a ovládací jednotka. Výsledné obrazy kamery jsou převedeny do různých odstínů šedi z čehož jsou rozlišovány světelné podmínky pomocí optického senzoru. V případě, že senzor zaznamená světlomety protijedoucího auta či zadní světla vpředu jedoucího vozidla, ihned ztlumí dálková světla na světla potkávací. Tento systém dokáže monitorovat protijedoucí auta až do vzdálenosti jednoho kilometru a předcházející auta jedoucí do vzdálenosti 400 metrů. (Paolo & Zlatan, 2011)

Součástí tohoto systému také bývá rohové světlo pro odbočování (tzv. Corner). V přední části světlometu je umístěný ještě jeden pomocný reflektor, který míří do strany a je aktivován při rychlosti vozidlo do 40 km/h a současném sepnutí ukazatele změny směru nebo při odbočování či vyjíždění z přímého směru jízdy.

Úhel svitu tohoto reflektoru je od 30° do 60° směrem ven z vozovky. Dosah je díky tomuto reflektoru přibližně 30 m, což ve výsledku znamená až o 90 % lepší osvětlení míst ležících stranou ke směru jízdy. (17)

Obrázek 8 - Umístění kamery FLA a značení na páčce u volantu (18)



Rizika při používání FLA

Jedno z mála rizik vzniká, když systém chybně vyhodnocuje osvětlené patníky za protijedoucí auto a následně okamžitě přepne světla z dálkových na světla potkávací, čímž může nastat pro řidiče nepříjemné překvapení. (2)

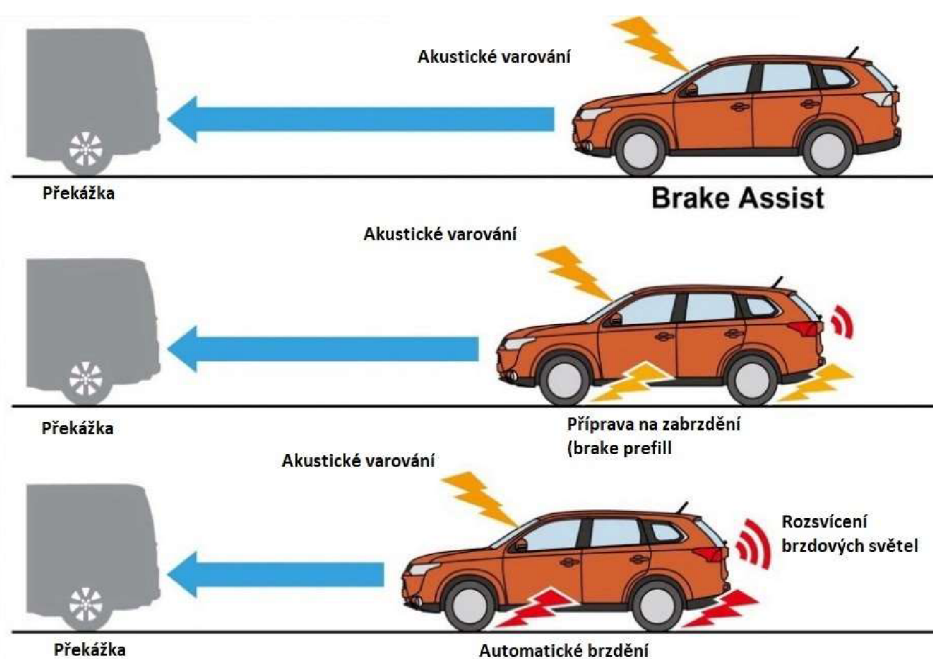
Občas se při používání systému stává, že asistent AFL nestihne včas zareagovat na auto přijíždějící ze zatáčky a nestihne přepnout světla z dálkových na potkávací. To vede k oslnění protijedoucích automobilů, a tedy i ke vzniku rizika nehody.

4.2.6 Systém varování před čelní srážkou

Jiné pojmenování: CAS (Collision Avoidance System), AEB (Automatic Emergency Braking), IBA (Intelligent Brake Assist), Front Assistant, CWA (Collision Warning Systems). (4)

Principem tohoto systému je kamera nebo radar neustále monitorující dopravní situaci před vozidlem. Kamera či radar analyzuje rychlost přiblížení se k automobilu jedoucího před ním. V případě, že na základě vzdálenosti a rychlosti vyhodnotí situaci jako nebezpečnou a rizikovou, okamžitě upozorní řidiče a/nebo aktivuje EBP (Electronic Brake Prefill) či aktivuje přímo brzdový systém. Některé systémy z této skupiny dokáží zjistit a zareagovat na přítomnost chodců v dráze jízdy vozidla a automaticky před střetem zabrzdí viz. Obrázek 9. (19)

Obrázek 9 - Ukázka funkce systému FCW (42)



Rizika při používání FCW

Rizikem FCW je samotná reakce systému. Některým řidičům může připadat brzdění až moc intenzivní a mohlo by řidiče polekat. V důsledku toho hrozí, že by řidič mohl zareagovat strhnutím volantu a tím způsobit následné další kolize s jinými vozidly. (2)

Rizikem může být také mylné vyhodnocování kritických situací systémem samotným. K takovým situacím může docházet například pokud automobil začne zpomalovat k odbočení. Obdobná situace nastává, když je automobil se systémem předjížděn automobilem, který zrychlil v jiném pruhu, a zařadí se před automobil se systémem. V obou případech může systém vyhodnotit situaci jako nebezpečnou a následně auto zpomalit. Takové situace mohou, zejména u řidičů nacházejících se za autem s tímto systémem,

působit velmi nelogicky a nečekaně. Právě překvapení tímto brzděním může být hlavní příčinou nehody. Pokud řidič jedoucí za vozidlem se systém nestihne zareagovat na nelogické zachování systému, může nastat kritická situace, při které do auta se systémem nabourá zezadu. (2)

Systém Front Assist

Záměrem této verze systému je zabránění kolizi či alespoň zmírnění jejích následků. Minimální rychlost pro jeho plnou funkčnost a spolehlivost je 5 km/h. Systém je pak schopen rozpoznat rizikovou vzdálenost od auta jedoucího před ním či jiné překážky. Tímto se zkracuje brzdná dráha automobilu. Hlavní výhodou tohoto systému je, že dokáže reagovat na stacionární objekty. Pokud tedy systém vyhodnotí blížící se hrozící kolizi, varuje nejdříve řidiče akusticky poté vizuálně, a pakliže nedojde k reakci a hrozba kolize bude stále trvat, systém aktivuje automatické zabrzdění. (20)

Collision Warning System

Jedna z komplexnějších verzí systému pro zabránění čelní srážce. Auta vybaveny tímto systémem mají na všech stranách radar či kameru (na rozdíl od jiných verzí, které mají radar či kameru umístěnou pouze vepředu automobilu), které monitorují situaci podélně i na šířku. Snímají tedy prostor před vozidlem, vzadu (i na slepých úhlech) a po jeho stranách. Řidič je pak upozorňován na objekty vzdálené i velmi blízké. Jakmile systém vyhodnotí, že je kolize nevyhnutelná, připraví auto na střet - aktivuje brzdový systém, předepne bezpečnostní pásy posádky, předpřipraví airbagy atp. (2)

Collision Avoidance System

Další z verzí FCW je Collision Avoidance System s primárním účelem varovat řidiče před překážkou a umožnit mu se případné hrozící kolizi vyhnout. Pomocí snímací kamery či radaru monitoruje překážky před vozidlem. Pokud vyhodnotí situaci jako nebezpečnou, informuje řidiče. Pakliže nedojde k jeho reakci přetlakuje brzdový systém skrze EBP, čímž zvýší okamžitou efektivitu brzdění. Pokud i přes to po určité době řidič nezareaguje začne systém brzdit automaticky sám. (2)

4.2.7 Parkovací asistent

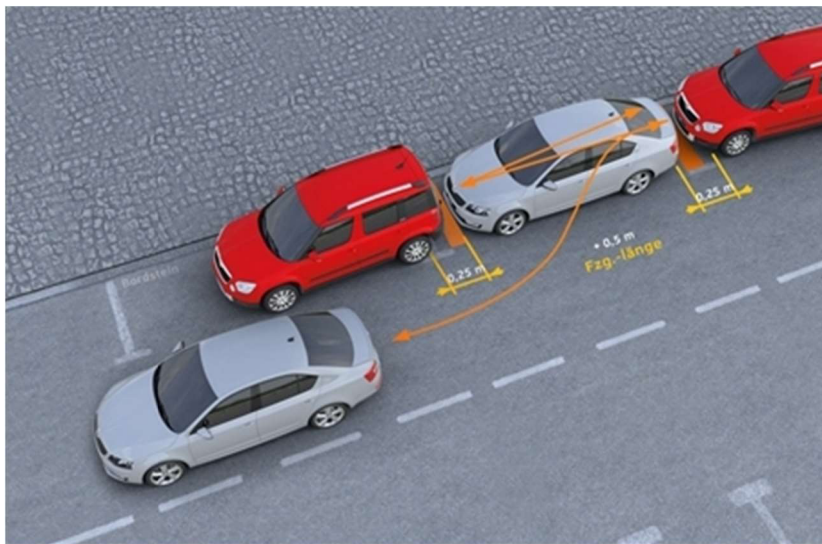
Parkovací asistent je systém, jehož úkolem je prostřednictvím využití senzorů asistovat při parkování nebo se přímo na zaparkování podílet. Těmito funkcemi se systémy dělí na

dva druhy - aktivní a pasivní. Nicméně oba druhy tohoto systému pracují podobně a to tak, že využívají senzory s ultrazvukem, následně monitorují dobu jejich odrazu a na základě doby návratnosti měří vzdálenost od objektů nacházejících se v dráze automobilu. (3)

Aktivní parkovací asistent

Aktivní parkovací asistent je systém, který má za úkol nejen vizuálně, ale i akusticky informovat o situaci kolem automobilu. Jeho hlavní výhodou a dovedností je, že si sám dokáže po aktivaci vyhledat prostor k zaparkování a při samotném parkování převezme kontrolu nad řízením vozidla a následně téměř autonomně zaparkuje, viz Obrázek 10. Jediným úkolem řidiče bývá ovládání pedálů plynu a řazení rychlostí. Systém je díky použití senzorů a vyměření prostoru schopen zaparkovat i do míst, kam by si v běžné situaci řidič netroufl. Tím se stává užitečným zejména ve městech a na místech, kde je zapotřebí zaparkovat podélně, tedy do řady mezi za sebou stojící vozidla. Systém umí celý proces také většinou i zopakovat, tudíž je schopen po zaparkování následně i stejně hladce z parkovacího místa vyjet. (3)

Obrázek 10 - Funkčnost aktivního parkovacího asistenta (43)



Pasivní parkovací asistent

Jedná o něco jednodušší a méně nezávislé asistenty, než jsou asistenti aktivní. Většinou se skládají z LCD či LED displeje viz obrázek 11, na kterém je vizuálně znázorněna situace

kolem vozidla. Často bývají vybaveni i prostorovým zvukem, který řidiče akusticky varuje přímo ze směru odkud riziko přichází. (3)

Obrázek 11 - LED displej s ukázkou funkce pas. parkovacího asistenta (44)



4.2.8 Intelligent Transport Systems

Intelligentní dopravní systémy jsou pokročilé aplikace, které jsou napojeny na informační a telekomunikační síť. Jejich účelem je snažit se podpořit řidiče při řízení, snížit ovlivnění provozu a snížení produkce emisí. Hlavním cílem ITS je ale především snaha o snížení počtu vážných dopravních nehod. (2)

4.2.9 In Vehicle Information Systems

In Vehicle Information Systems se dá přeložit jako informační systémy ve vozidle. IVIS představuje inteligentní systémy, které řidiči předávají různé informace spojené s řízením. Systém zahrnuje komunikaci a navigaci, tudíž je možné k systému připojit mobilní telefon, vestavěnou navigaci v autě, palubní počítač atp. (2)

Tato zařízení nejčastěji řidiči předávají informaci o stavu automobilu např. tlaku v pneumatikách, stavu žárovek a jiné. Zařízení také poskytují informace o dění mimo automobil jako je např. venkovní teplota (a s tou např. spojené riziko náledí). Účelem těchto systémů je tedy všeobecné zvýšení dopravní bezpečnosti. (2)

4.2.10 Advanced Driver Assistance Systems

Advanced Driver Assistance Systems lze přeložit jako pokročilé asistenční systémy řidiče. Jejich účelem je pomoci řidiči v konkrétních dopravních situacích. A to například přímým převzetím kontroly nad automobilem či varováním, že přenechají kontrolu vozidla na řidiči. ASAD by řidiči měl asistovat především při standardních rizikových situacích, které mohou nastat, ale zároveň řidiče nemají přetěžovat velkým množstvím informací a stresu. (2)

5 Praktická část

V časovém rozmezí od 15.3.2021 do 29.3.2021 proběhlo měření hladiny kyslíku v kabinách předem zvolených automobilů. Změna této hladiny byla každých pět minut zaznamenávána do uplynutí půl hodiny. Naměřené výsledky jsou zpracovány do tabulek a grafů. Data byla zanalyzována a poté proběhlo jejich výsledné zhodnocení. Měření bylo zvoleno pro zjištění zda-li dojde ke snížení hladiny kyslíku v nevětraném automobilu a jestli může mít vliv na soustředěnost řidiče.

5.1 Použité zařízení

Zařízení použité za účelem měření byl mobilní kompaktní oxymetr značky Greisiner GOX 100. Oxymetr dokáže automaticky vyrovnávat teplotu čímž dosahuje vysoké přesnosti, takže zvýšení teploty během měření způsobené posádkou nebo jiným externím vlivem je zanedbatelné. Dosahuje přesnosti 0,1 %, jeho minimální měřicí rozsah je 0 %, maximální měřicí rozsah je pak 100 %.

Obrázek 12 - Ukázka oxymetru použitého k měření (45)



5.2 Postup měření

K měření byl použit mobilní oxymetr Greisiner GOX 100. Přesnost měřícího přístroje dosahuje přesnosti 0,1 %, která je dostačující pro tento typ měření, kde je nutné dosáhnout pouze přibližnou reprezentativní hodnotu koncentrace kyslíku v kabině, při běžném provozu automobilu.

Vozidla byla vybrána tak, aby co nejlépe pokryla nabídku výrobců. Jsou mezi nimi tedy vozidla typu SUV, kombi, sedan atp. jejich bližší specifikace obsahuje Tabulka 1. Během měření byly vozidla nastartována a v pohybu. Pakliže to vybavenost umožňovala, byla klimatizace a recirkulace vzduchu automatická s teplotou nastavenou na 24°C. Když dané vozidlo touto technologií nedisponovalo byl zapnut větrák na rychlost 1 s nastavením teploty na střed.

Tabulka 1 – Seznam vozidel s technickými parametry

Model vozidla	Provedení vozidla	Délka vozidla [mm]	Šířka vozidla [mm]	Výška vozidla [mm]	Objem zavazadlového prostoru [l]
Kodiaq	SUV	4697	2087	1676	650
Octavia RS	Sedan	4702	1829	1457	600
Fabia I	Sedan	4222	1646	1419	438
Opel Corsa E	Hatchback	4060	1765	1435	309
BMW X6	SUV	4935	2004	1696	580
Suzuki Grand Vitara	SUV	4500	1810	1695	398
Octavia II	Kombi	4572	1528	1468	640
VW Passat CC	Sedan	4799	1855	1417	452

VW E-UP	Elektro	3060	1645	1504	250
Fabia I	Kombi	4222	1646	1418	480

Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Posádka automobilu byla složena ze stejných jedinců, a to tedy až ze čtyř osob viz, Tabulka 2. Měření probíhalo vždy v odpoledních hodinách za běžného provozu, v průběhu měsíce března roku 2021 s průměrnou venkovní teplotou kolem 8 °C, s relativní vlhkostí vzduchu 60-70 %, při polojasných podmínkách a tlakem průměrným tlakem 1021,5 hPa tak, aby podmínky byly co nejkonzistentnější. Trasa jízdy byla vždycky stejná.

Tabulka 2 – Popis osob zúčastněných v experimentu

	Pohlaví	Věk	Váha
Osoba 1	Muž	25	108 kg
Osoba 2	Muž	49	95 kg
Osoba 3	Žena	21	61 kg
Osoba 4	Žena	47	68 kg

Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Oxymetr byl vždy uložen v prostoru opěrky mezi řidičem a spolujezdcem tak, aby reálně monitoroval hladinu kyslíku v blízkosti pozice řidiče. Pokud se tak nestalo a s oxymetrem se fyzicky manipulovalo, docházelo ke zkreslování výsledků, tudíž byla tato metoda zvolena pro maximální přesnost měření. Před měřením bylo vozidlo vyvětráváno po dobu 15 minut otevřením všech dveří pro pasažéry tak, aby došlo k výměně veškerého vydýchaného vzduchu. V průběhu měření s oxymetrem nebylo nijak manipulováno, aby nedocházelo ke zkreslování hodnot. Po skončení každého měření byl oxymetr zkalibrován na čerstvém vzduchu mimo automobil dle návodu pro obsluhu. Podle doporučení výrobce

má být tímto způsobem dosaženo nejpřesnějšího měření. Průběžné hodnoty byly každých pět minut zaznamenávány do tabulárně po dobu 30 minut. Výsledky jsou v Příloze 1.

6 Zhodnocení výsledků

Z výsledků měření je zjevné, že během krátkých jízd do 30 minut dochází k značnému úbytku kyslíku, a to zejména při vyšším počtu pasažérů. Z grafů lze také vyzorovat souvislost s velikostí vozidla, ve kterém bylo měření provedeno.

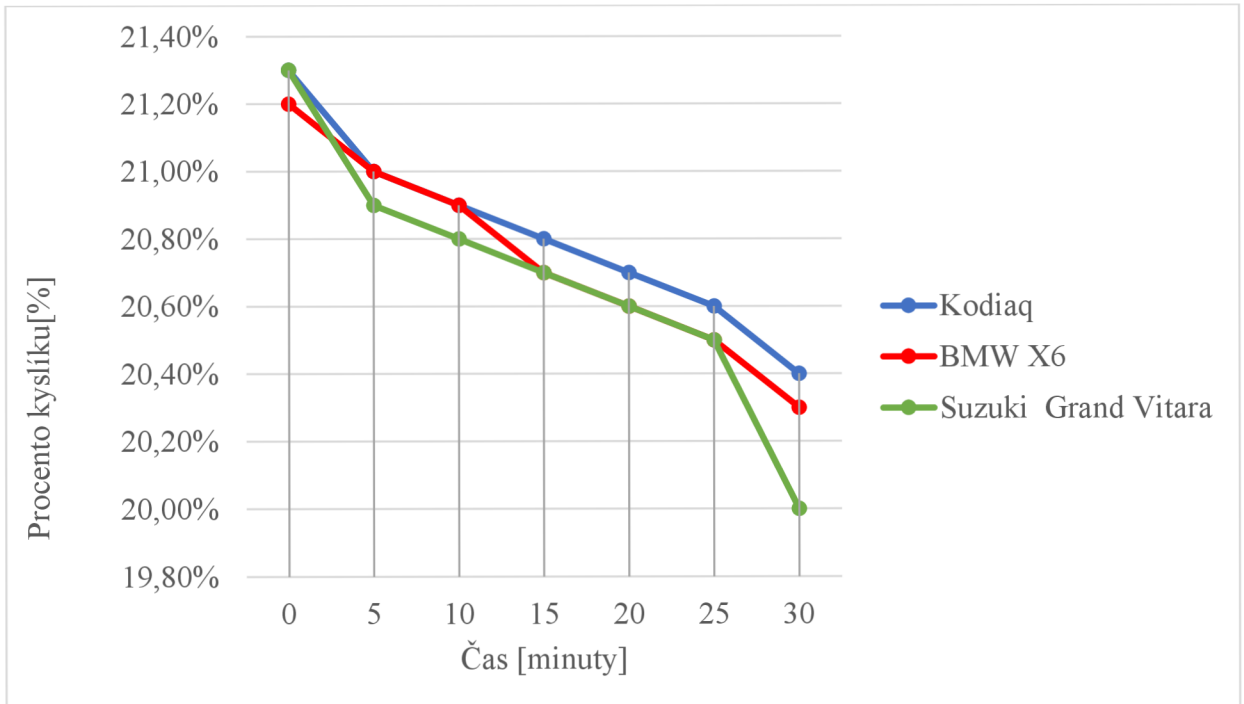
Největší pokles hladiny kyslíku při jakémkoliv naměřeném počtu osazenstva automobilu mají jednoznačně menší modely aut jako je VW E-UP či Opel Corse E, kde došlo k poklesu hladiny kyslíku o téměř 4 % viz. Grafy 3,6,9. Naopak u modelů aut s větším prostorem dochází k poklesu znatelně pomaleji viz. Grafy 1,4,7. Například u modelu automobilu Škoda Kodiaq došlo k poklesu při čtyřech pasažérech o 2 % což v porovnání s vozidlem E-UP je pouze poloviční úbytek viz. Grafy 1,3.

Při porovnání z Grafů 2, 5 a 8 je také možno vyzorovat, že hodnoty naměřené u vozidla VW Passat CC se blíží hodnotám naměřených v automobilu Fabia I kombi. To nás vede k závěru, že i u menších aut v provedení kombi, může být pokles pomalejší než u větších automobilů typu sedan.

Také je velmi patrný rozdíl mezi hodnotami Fabia I sedan a Fabia I kombi, kde se u výrobně podobného auta podepisuje přidaný zavazadlový prostor Fabie I kombi. Kdy naměřené hodnoty od sebe dělí až 0,5 % kyslíku viz. Graf 6.

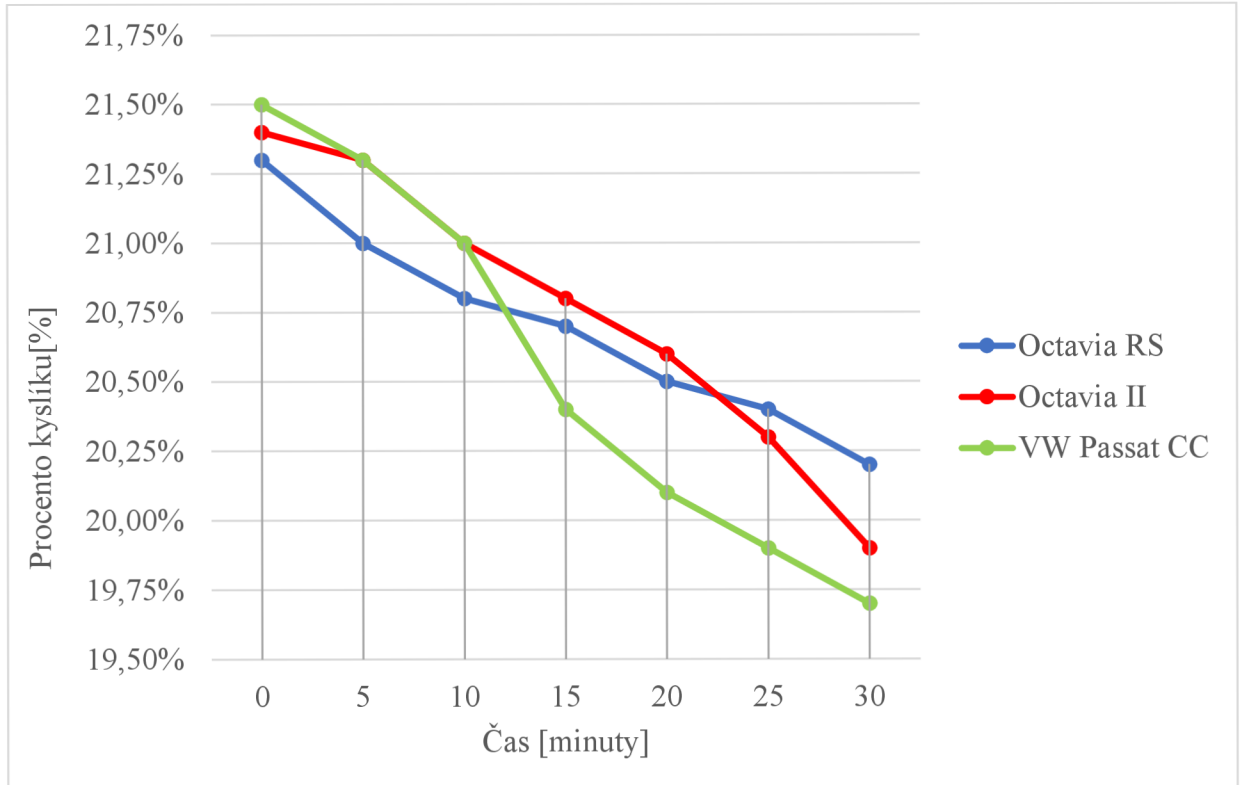
To nás vede k logickému závěru, že s větší velikostí automobilu je v prostoru vozidla větší množství vzduchu, a tudíž k poklesu hladiny kyslíku dochází pomaleji. S vydýchaným kyslíkem, pokud nedochází k ventilaci vzduchu oknem, v uzavřeném prostoru roste i koncentrace CO₂ (23). To v malých prostorech jako je automobil, jehož objem se pohybuje kolem 3 m³, může být spouštěčem únavy, která vede ke stoupajícímu riziku vzniku dopravní nehody.

Graf 1 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu SUV



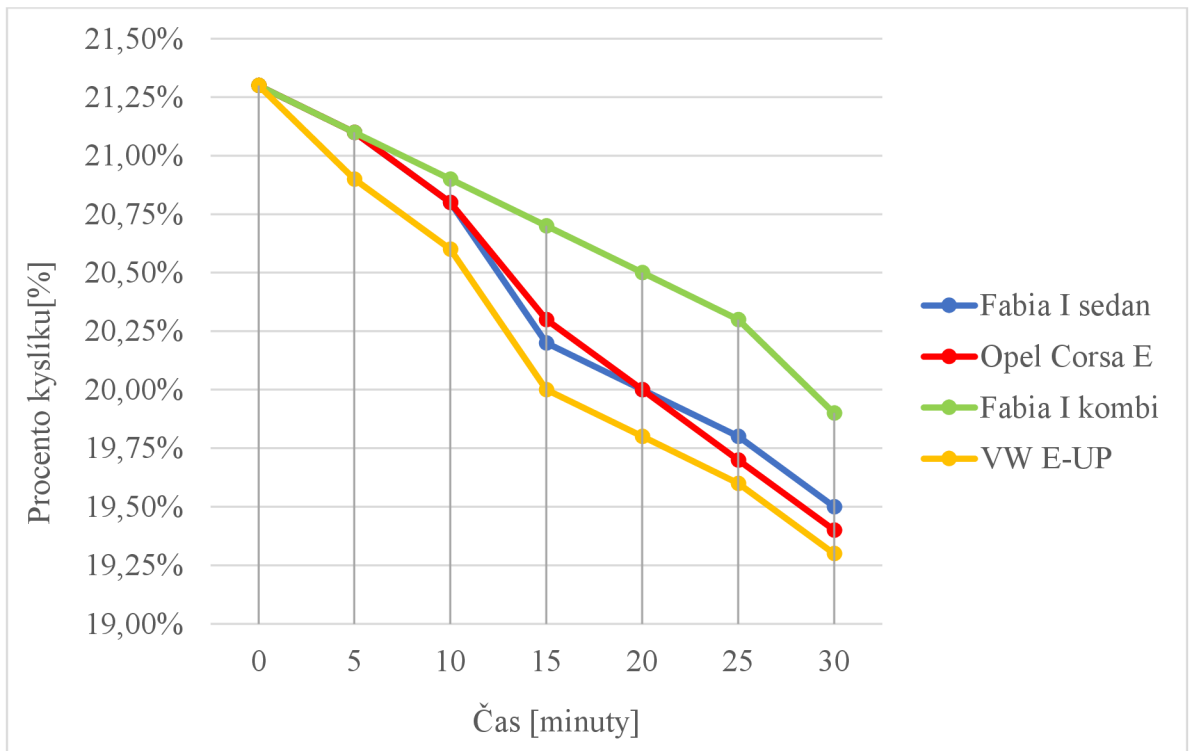
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 2 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu sedan



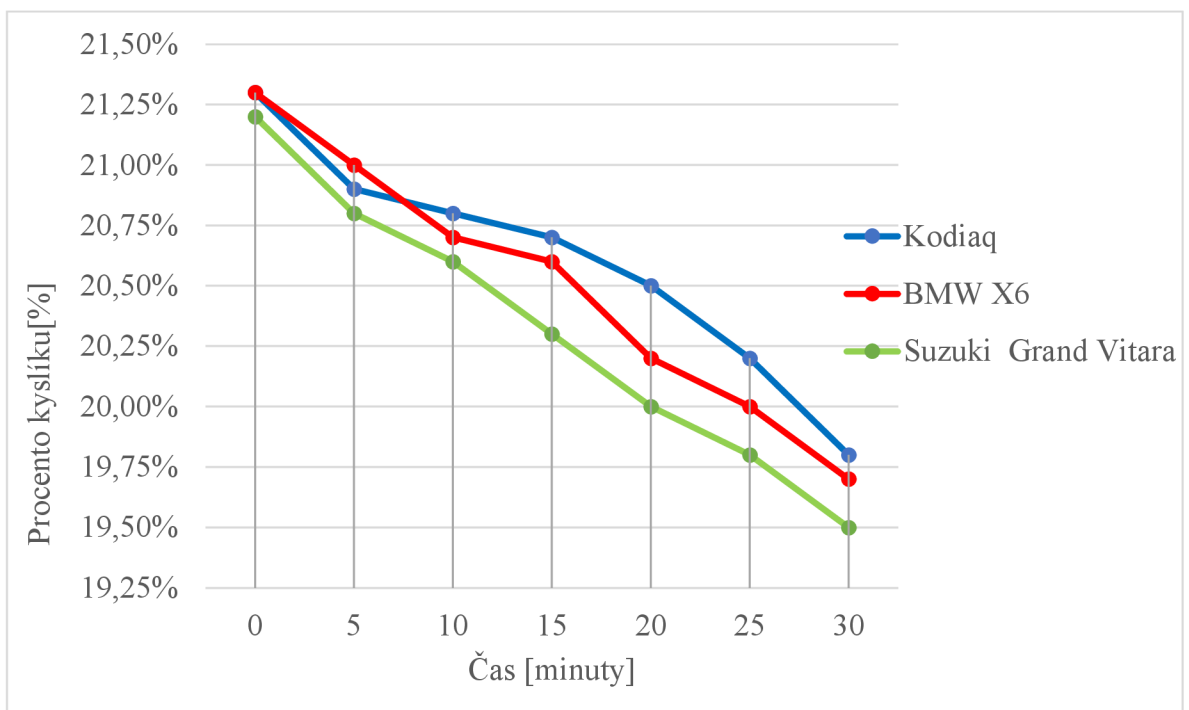
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 3 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu hatchback



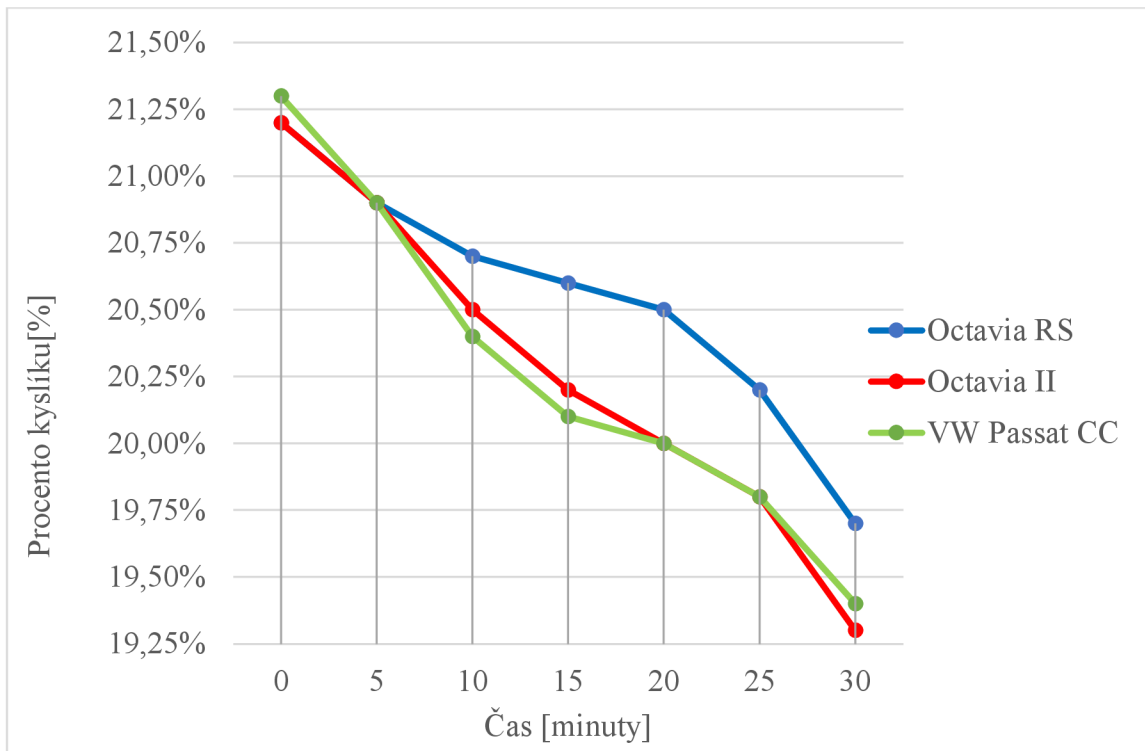
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 4 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu SUV



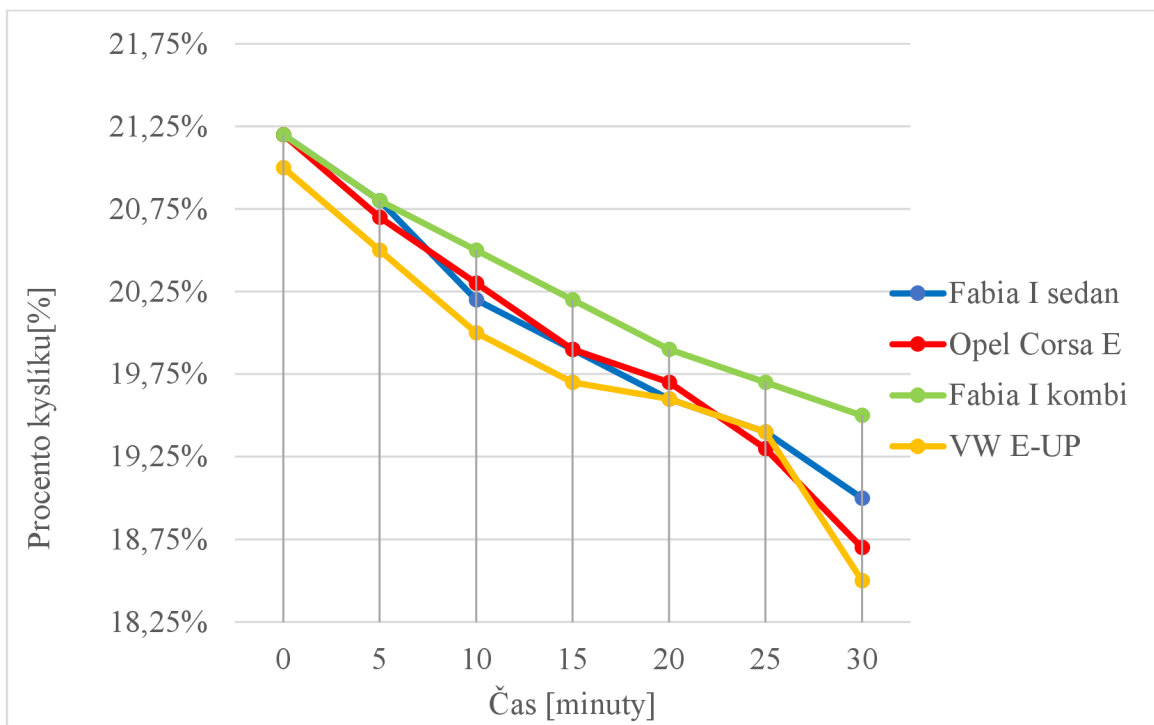
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 5 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu sedan



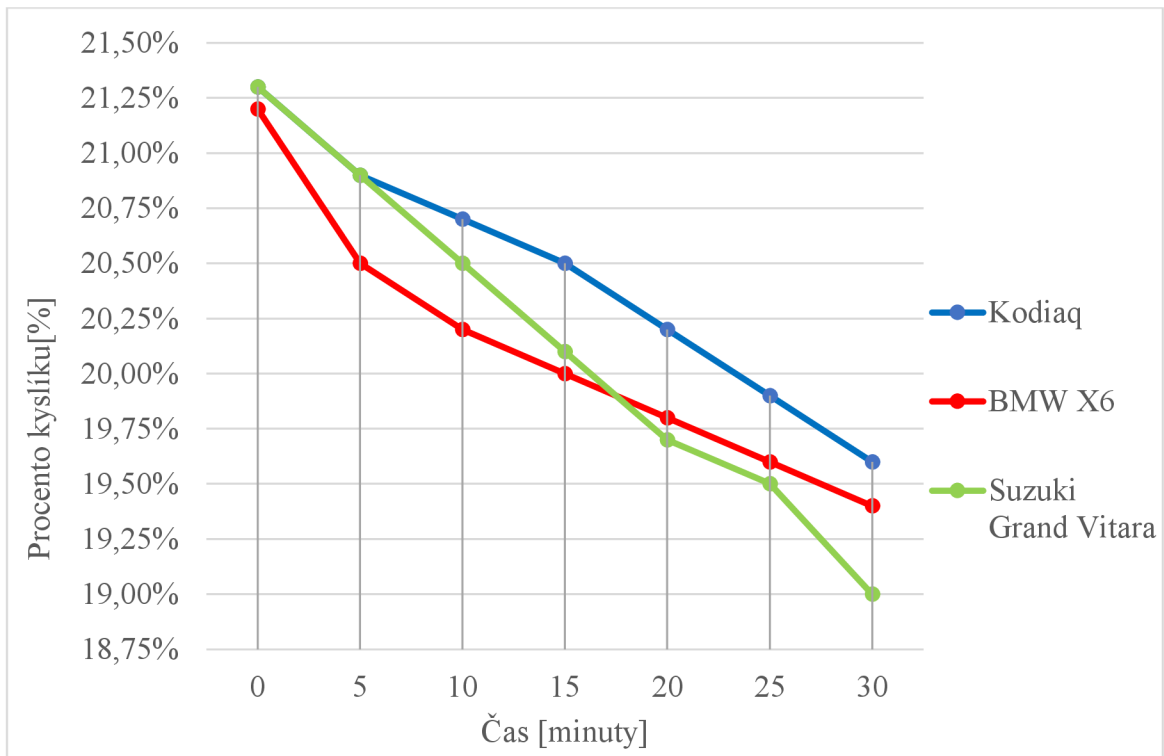
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 6 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu hatchback



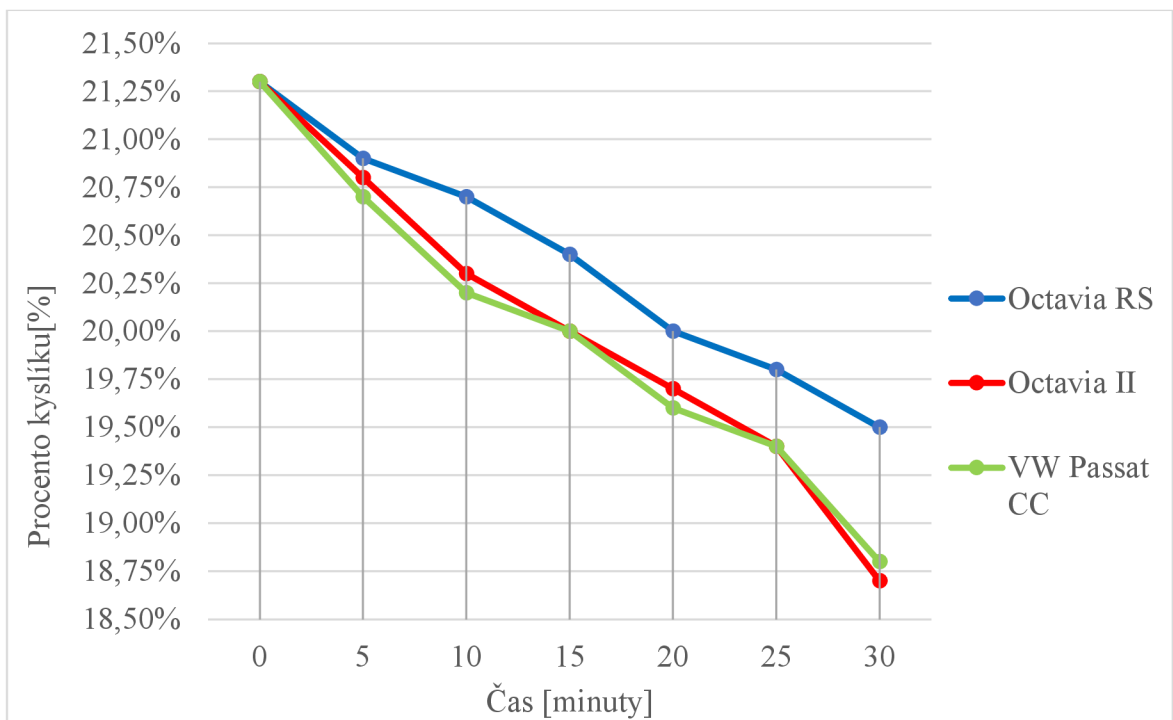
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 7 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu SUV



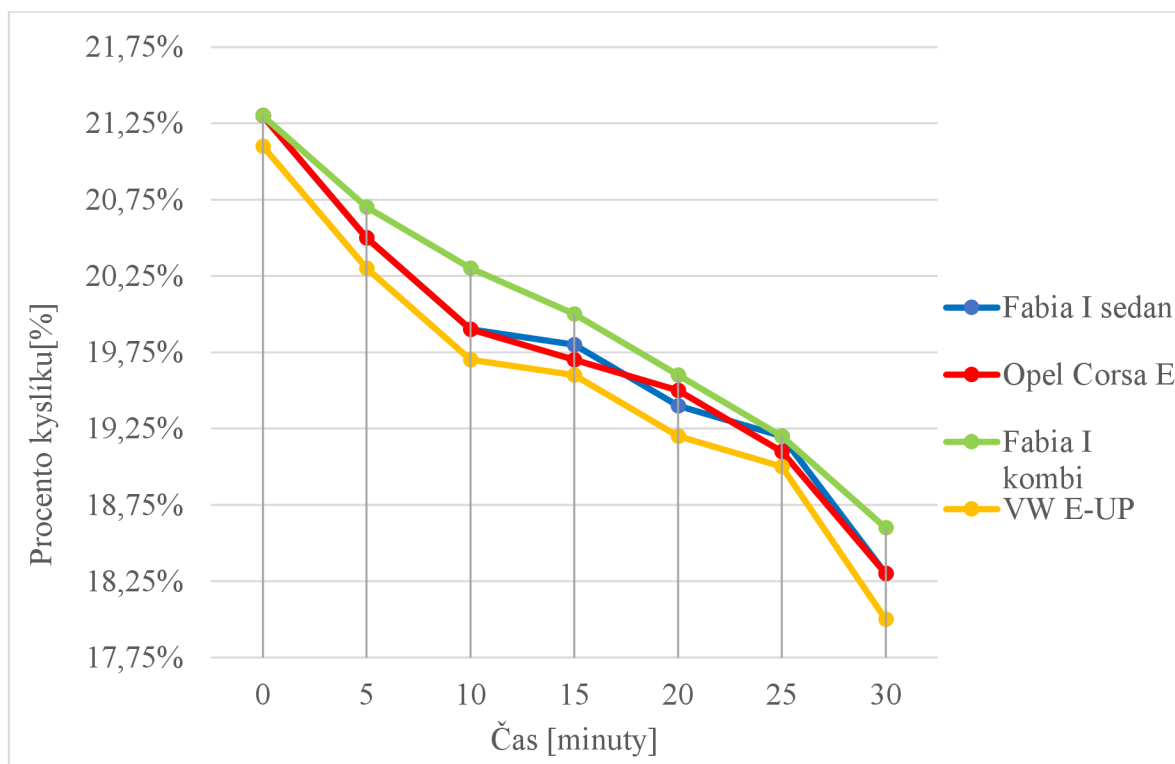
Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 8 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu sedan



Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

Graf 9 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu hatchback



Zdroj: Vlastní zpracování, 2021

6.1 Měření koncentrace plynu

S poklesem hladiny kyslíku ať už vydýchaným vzduchem případně stoupáním do vyšších nadmořských výšek může přijít hypoxie organismu. Právě hypoxie může mít vliv na stav řidiče, jeho schopnost reagovat na náhlé události což může vést ke vzniku nehody.

6.1.1 Vliv nízké hladiny O_2 na živé organismy

Hypoxie je stav organismu kdy tělo nebo část těla nemá dostatečný přísun kyslíku na úrovni tkání. Hypoxie může být tedy lokální, kdy není dostatečný přísun kyslíku do určité části těla a obecná při které se nedostává dostatečné množství kyslíku do celého těla. V případě vydýchaného vzduchu se u zdravých jedinců objeví hypoxie obecná zapříčiněná právě nedostatečnou hladinou kyslíku ve vdechovaném vzduchu. (21)

Na hypoxii reagují zdraví jedinci například zvýšením srdečního výdeje, přestavbou periferní cirkulace, zvýšenou plicní ventilace (též známou jako hyperventilace) a zvýšením počtu červených krvinek. (33)

Klinickými projevy těchto změn jsou zrychlení dechu, srdeční akce, zvýšení krevního tlaku, bledost, zmodrání kůže (neboli cyanóza) ale i jiné zbarvení kůže, bolesti, zvýšené únava doprovázející sníženou výkonností a různé stupně poruch vědomí. (33)

6.2 Návrhy řešení rizik automatizovaných prvků

Používání automatizovaných prvků podpory řidiče bezpochyby zvyšuje bezpečnost při jízdě spolu s komfortem řidiče. Nicméně využívání některých moderních prvků automatizované podpory s sebou nese určitá rizika, která by mohli zapříčinit poškození automobilu v krajním případě i dopravní nehodu.

6.2.1 Návrhy na řešení rizika vzniklého poklesem hladiny O₂

Řešením rizika poklesu hladiny O₂ by mohl být systém recirkulace zlomku vzduchu v kabině (ne recirkulace celého objemu vzduchu v autě), aby se zvýšila koncentrace O₂.

Podobné schéma řízené recirkulace zahrnující ovládání zapnutí / vypnutí recirkulačních dveří a střídání mezi plnou a žádnou recirkulací v intervalech 2 až 6 minut. Tento návrh však nemusí být pro výrobce automobilů schůdným řešením, protože může způsobit problémy se spolehlivostí recirkulačního systému právě kvůli častému spouštění a vypínání systému. (22)

6.2.2 Návrhy na řešení rizik adaptivních tempomatů

Jako řešení rizika, které vychází z konkrétních verzí ACC a jejich nedostatků se nabízí samozřejmě kombinace s více druhy senzorů jako je například LIDAR, ultra zvukové či infračervené kamery. Tato řešení již jsou pod jménem ACC Plus (či jiným obchodním názvem), nicméně: „Nejdůležitější snímač pro činnost samotného systému ACC je radar s poměrně úzkým vyzařovacím diagramem. Tento radar v dostatečně velké vzdálenosti zaznamená překážku a umožní určit její rychlost. Mnoho nabízených ACC systémů má pouze tento snímač, tudíž funguje správně pouze na rovné silnici.“ (1)

Návrh na řešení ztráty nedostatek pozornosti řidiče během užívání ACC, kterým je kombinace se systémem detekce únavy, kde u lepších verzích je schopnost monitorovat pohyb očí a soustředěnost řidiče. Pakliže by řidič dlouhodobě nevnímal dopravní situaci kolem sebe a jeho reakce by byly pomalé (ač by nevykazoval známky únavy), upozornila by ho akustická, vizuální či haptická notifikace.

Návrhem na řešení, kterým je automatické brzdění při zaregistrování chodců či cyklistů na kraji silnice, by mohla být úprava ACC tak, aby nedocházelo k nijak prudkému brzdění. Systém by přibrzdil pouze tak, aby stihnul vizuálně, akusticky či hapticky varovat řidiče, že je nutné, aby sám vhodně zareagoval na vzniklou dopravní situaci. Ten by mohl tedy adekvátně reagovat znamením o změně směru jízdy a objetím cyklisty či chodce.

6.2.3 Návrhy řešení rizik u Driver Monitoring systému

Možným řešením pro riziko vzniklé systémově nepřesným zhodnocením únavy je softwarové rozhraní či aplikace, ve kterých by bylo možné mít vytvořené profily všech řidičů, kteří auto pravidelně řídí. Ostatně něco podobného funguje i u nastavování sedadel řidiče, které u určitých výrobců automobilů mají až čtyři profily pro čtyři řidiče. Podobná logika by se dala použít u tohoto rizika, kde by se především eliminovala chyba, u níž auto po 15 minutách „zapomene“ kdo ho řídil a v jakém byl řidič rozpoložení. Při nastartování by řidič mohl zvolit, zdali pokračuje v jízdě on nebo jestli řídí někdo jiný.

Řešením rizika neadekvátní reakce systému na změnu stylu řízení z důvodu sjezdu na silnici nižších rychlostních tříd by mohlo být provázání systému únavy řidiče se systémem navigačním (pokud automobil takový má). Systém by pak byl schopen spojit změnu stylu řízení se změnou komunikace a neplést si tuto změnu s únavou. Pakliže je automobil vybaven navigačním systémem, bylo by možné provázat tyto dva systémy a spolu s úpravou naprogramování jednotky vyhodnocující únavu řidiče tento nedostatek vyřešit.

Poslední nedostatek, který by mohl vést k vypnutí a nevyužívání tohoto asistenta uživatelem je subjektivita únavy. Jediným řešením v takové situaci je pouze poukázání na fakt, že únava je velmi subjektivní v prospektu či manuálu vozidla, které je tímto systémem je vybaven.

6.2.4 Návrh na řešení rizik u systému lane departure warning

Jedním z návrhů na řešení rizika u LDW je vizuální varování řidiče na nefunkčnost či nespolehlivost asistenta. Také v rámci prevence vzniku rizika by měl být řidič informován o limitech a spolehlivosti tohoto asistenta, aby na ně mohl následně adekvátně reagovat a počítat s nimi.

6.2.5 Návrhy na řešení rizik při používání systému blind spot indicator

Jedním z řešení, které by mohlo minimalizovat riziko vzniklé při nedosažení minimální rychlosti pro aktivaci systému, je rozsvícení kontrolky do té doby, dokud nebude rychlost dostačující. To by mělo řidiče upozornit na možné riziko neúplné funkčnosti a donutit ho k větší pozornosti při předjíždění.

Řešením rizika, kdy systém nezaznamená motocykl či rychle jedoucího cyklistu, by mohlo být použití přesnějších technologií, než jsou optická čidla. Dnes již některé automobilky používají čidla založená na ultrazvuku, která dosahují vyšší přesnosti a s větší spolehlivostí monitorují i jedoucí motocykly a cyklisty. Dalším z řešení by mohla být větší informovanost řidičů o těchto nedostatcích, aby nedocházelo k plné důvěře systému a aby řidič i přesto věnoval při přejíždění pozornost zpětným zrcátkům.

Řešením rizik vzniklých v situacích, kdy vůz jedoucí v dalším pruhu jede značně rychleji, by mohlo být použití senzorů s delším dosahem, než je dosavadních zhruba 20 metrů (25). Systém by mohl zaznamenat automobil dříve a na základě toho adekvátně a rychleji reagovat.

Řešením rizika vzniklého nefunkčností systému, kdy automobil začne couvat by mohlo být rozsvícení kontrolky stejně jako když je jiný automobil ve slepém úhlu, či rozsvícení kontrolky v jiné barvě, tak aby si byl řidič vědom nefunkčností systému.

6.2.6 Návrhy na řešení rizik při používání systému front light assist

Vhodným řešením rizika, při kterém dochází k jeho opakování, je z ekonomického hlediska přechod zpět na manuální ovládání a tohoto asistenta využívat pouze v situacích, kdy není hustý provoz tak, aby nedocházelo k oslňování protijedoucích řidičů.

6.2.7 Návrhy na řešení rizik při používání systému front collision warning

Řešením pro riziko vzniklé překvapením řidiče z náhlé reakce systému se jako nejlepší jeví prevence a informovanost řidičů samotných. Jedním ze způsobů se nabízí upozornění na palubní desce, informující o aktivaci systému FCW a jeho chování.

Částečným řešením rizika, kdy je automobil se systémem předjížděn jiným vozidlem ve vedlejším jízdním pruhu, ze kterého by se po předjíždění dostal před auto se systémem by

mohla být spolupráce s jiným systémem, či vylepšení systému o postranní senzory. Ty by zaznamenaly auto předjíždějící z vedlejšího jízdního pruhu a tím pádem by systém poté mohl adekvátněji reagovat na situaci vzniklou rychlejším automobilem předjíždějícím zprava. Výsledkem by bylo snížené riziko vzniku případné kolize zapříčiněné nelogickým brzděním.

7 Závěr

Byl vytvořen podrobný přehled moderních prvků pro podporu, zvýšení bezpečnosti a zvýšení komfortu řidiče, a to včetně prvků, na kterých jsou tyto pokročilé systémy založeny. Byly tedy naplněny stanovené hlavní i vedlejší cíle práce. Největší pozornost byla věnována právě prvkům zvyšujících bezpečnost a komfort, především těm, které zabraňují rizikům vzniklých nepozorností řidiče, či jeho nedostatečnými reakcemi. Z prvků, na kterých jsou ty moderní systémy založeny, byla největší pozornost věnována principu funkce EPS. Z prvků moderní podpory řidiče byla pozornost věnována nejvíce adaptivnímu tempomatu, jeho vlastnostem, principům, nedostatkům a rizikům vzniklých z těchto nedostatků.

Praktická část se věnuje měření poklesu hladiny kyslíku v automobilech a jeho výsledkům. Je podrobně proveden popis měřicího přístroje i celkového průběhu měření a jaké byly podmínky během měření. Výsledky byly zpracovány graficky a tabulárně, nad těmito výsledky je proveden rozbor vlivu počtu osob a velikosti vozidla na pokles hladiny kyslíku. Bylo provedeno srovnání jednotlivých grafů a vyhodnocení výsledků z nichž jasně vyplynulo, že pokles hladiny kyslíku a zvýšení hladiny CO₂ je jedním z opomíjených příčin únavy řidiče, přičemž únava je příčinou až 8 % všech dopravních nehod (31).

V návaznosti na možný vznik únavy z poklesu hladiny kyslíku bylo navrženo řešení tohoto rizika, kterým byla recirkulace vzduchu celé kabiny, či určité části procenta vzduchu v kabině. To by ve výsledku mělo vést k menšímu poklesu kyslíku v kabině i v případě, že během jízdy nedojde k jeho cirkulaci externího vzduchu samotným řidičem či někoho z posádky.

V návaznosti na vyřešení rizika spojeného s poklesem kyslíku v kabině, vedoucího ke vzniku únavy, byla navrhována řešení i pro další rizika spojená s užíváním moderních prvků pro automatizovanou podporu řidiče. Většina z těchto návrhů na řešení rizik byla spojená s fyzikálními omezeními plynoucími z použitých technologií či z nedostatečné spolupráce mezi jednotlivými prvky.

8 Seznam použitých zdrojů

1. VÁVŘÍK, Jan *Adaptive Cruise Control*. Plzeň, Plzeňský, Česká republika. Načteno z zcu: http://home.zcu.cz/~rcermak/opvk_cm/M_05.pdf
2. HAMERNÍKOVÁ Veronika, ŠUCHA Matúš, VIKTOROVÁ Lucie, PLÍHAL Jiří, MAZALOVÁ Romana, RISSER Ralf, VTÍPIL Zdeněk. *Metodika pro výcvik a vzdělávání řidičů v oblasti užívání asistenčních systémů ve vozidlech*. 1 vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017, 98 stran. Certifikovaná metodika, ISBN 978-80-244-5265-4.
3. MAREČEK, David. *Parkovací asistent*. Brno, 2012. Bakalářská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. David KUBÁT.
4. United States Department of Transportation. *Forward Collision Warning Systems*. [online]. 2011, [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/equipment/driver-assistance-technologies>
5. Ing. SAJDL, Jan, Phd. *ESP (Electronic Stability Programme)*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
6. Ing. SAJDL, Jan, Phd. *ABS (Anti-lock Braking System)* [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
7. BUSCHMANN Gunther, EBNER Hans-Thomas, KUHN Wieland. *Electronic Brake Force Distribution Control - A Sophisticated Addition to ABS* [online]. ITT Teves Frankfurt, 1992 [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://saemobilus.sae.org/content/920646/>
8. Škoda auto a.s.. *Systém regulace prokluzu kol*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/abs-a-asr>
9. Ing. SAJDL, Jan, Phd. *BAS (Brake Assistant System)* [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/bas-brake-assistant-system/>
10. Volkswagen AG. *The Brake Assist System*. [online]. Wolfsburg, 2002 [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: http://www.volkspage.net/technik/spp/spp/SSP_264_d1.pdf
11. Ing. SAJDL, Jan, Phd. *EBP (Electronic Brake Prefill)*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/ebp-electronic-brake-prefill/>
12. Škoda auto a.s.. *Elektronický stabilizační program*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/esp-esc>

13. JEŽEK, Petr. Komfortní a bezpečnostní prvky silničních vozidel [online]. Plzeň, 2014 [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/h8w1h8/>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Vladislav Kemka, Ph.D.
14. Ford.cz. *Adaptivní tempomat* [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/pred-nakupem/objevte/technologie/zazitek-z-jizdy/adaptivni-tempomat>
15. Technologická Agentura ČR. *Detekce únavy řidiče* [online]. Univerzita Palackého v Plzni, 2018 [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-unava.html>
16. Škoda auto a.s.. *Vysoká úroveň bezpečnosti a nové asistenční systémy* [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-mapy/skoda-scala-tiskova-mapa/vysoka-uroven-bezpecnosti-a-nove-asistencni-systemy/>
17. Ing. HAVEL Jan. *Současný stav a vývojové tendence v konstrukce prvku aktivní bezpečnosti vozidel*. [online]. Brno, 2008 VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Ondřej Blat'ák
18. Technologická Agentura ČR. *Automatická dálková světla – front light assist (FLA)* [online] [cit. 4.4.2020]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-fla.html>
19. Technologická Agentura ČR. *Systém varování před čelní srážkou (FCW)* [online] [cit. 4.4.2020]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-fcw.html>
20. Technologická Agentura ČR. *Tutoriál asistenčního systému FRONT ASSIST* [online] [cit. 4.4.2020]. Dostupné z: <http://adas.upol.cz/data/FCW-tutorial.pdf>
21. JACOB, Samuel. Common Surgical Diseases [online]. New York, 2008 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-75246-4_97
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231015304490>
22. National Center for Biotechnology Information *Simultaneously reducing CO2 and particulate exposures via fractional recirculation of vehicle cabin air*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5544137/>
23. SAE International. *Vehicle Cabin Air Quality with Fractional Air Recirculation*. [online] [cit. 3.4.2020]. Dostupné z: <https://saemobilus.sae.org/content/2013-01-1494/>
24. This Is How Blind Spot Monitoring Systems Work [online]. 2019 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.motorbiscuit.com/this-is-how-blind-spot-monitoring-systems-work/>

25. Forkenbrock, G., Hoover, R. L., Gerdus, E., Van Buskirk, T. R., & Heitz, M. Blind Spot Monitoring in Light Vehicles — System Performance [online]. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration. [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2014/812045_Blind-Spot-Monitoring-in-Light-Vehicles-System-Performance.pdf
26. JURGEN Ronald K.: Adaptive cruise control. USA, SAE International 2006
27. BARTÁK, P.: Senzory a navigační systémy pro mobilní roboty. Plzeň 2007
28. Čím se liší lidar a radar [online]. 2018 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/cim-se-lidar-lisi-od-radaru-a-jaka-je-jeho-role-v-autonomnich-vozidlech/sc-870-a-195431/default.aspx>
29. Vyhláška č. 20/2012 Sb. [online]. 2012 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20>
30. DORU, Constantin, Crisanta-Alina MAZILESCU, Mihai NAGI a Anca DRAGHICI. *Perception of Cabin Air Quality among Drivers and Passengers* [online]. 2016 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/307433894_Perception_of_Cabin_Air_Quality_among_Drivers_and_Passengers. Politehnica University Timisoara. Vedoucí práce Marc Rosen.
31. , CDV. *Hlubková analýza silničních dopravních nehod* [online]. 29.1.2016 [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/clanek/hlubkova-analyza-silnicnich-dopravnich-nehod-hlavni-priciny-vzniku-nehod/?id=1654>
32. Ing. SAJDL, Jan, Phd. Autolexicon [online]. [cit. 2020-5-9]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
33. MUDR. KAPOUNKOVÁ, Kateřina a Zdeněk MUDR. POSPÍŠIL. *Hypoxie organismu* [online]. Brno, 2013 [cit. 2021-10-15]. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/inovace-RVS/kurzy/patofyziologie/hypoxie.html>. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity Brno.
34. Cars [online]. cars.com, 2016 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.cars.com/articles/drowsy-driver-detection-systems-sense-when-you-need-a-break-1420684409199/>
35. Ford driver alert system [online]. cars.com, 2016 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.motorward.com/2011/05/ford-driver-alert-system-explained-video/>

36. *ABS anti lock braking system* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://www.quark.sk/protriblokovaci-jubilant/abs-anti-lock-braking-system-working/>
37. *What is electronic traction control and stability control?* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.carsales.com.au/editorial/details/what-is-traction-control-and-electronic-stability-control-110459/>
38. *Adaptivní tempomat* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://www.auto.cz/adaptivni-tempomat-jak-funguje-a-jake-zname-druhy-104364?mv=0>
39. *Škoda safety fatigue alert* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://drivetribe.com/p/skoda-safety-ibuzz-fatigue-alert-f431X1BbTT2Mn-XhfC26jg>
40. *Asisteční systémy škoda superb combi* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://www.auto-horejsek.cz/asistencni-systemy-skoda-superb-combi-iv/>
41. *Mercedes Benz - blind spot indicator* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
https://www.youtube.com/watch?v=wc2H6IbVtGg&ab_channel=Mercedes-Benz
42. *Collision avoidance technology* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://www.adrianflux.co.uk/blog/2014/06/rise-collision-avoidance-technology.html>
43. *Autem bezpečně* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<http://autembezpecne.cz/cz/s40/c1529-Bezpecne-auto/n2906-Pomocnici-pri-parkovani-jak-funguji-a-kolik-stoji>
44. *Park pilot assist - funkce* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
<https://octaviacub.cz/clanky/park-pilot-assist-funkce-co-to-je-jak-funguje/>
45. *Oxymetr Greisiner GOX 100* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:
https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/cs/121501_BB_00_FB/image.jpg?x=600&y=600

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Graf účinnosti brzdění s ABS (36)	14
Obrázek 2 - Rozdíl brzdné dráhy s BAS a bez BAS s popisem funkce BAS (9).....	16
Obrázek 3 - Příklad reakce ESP při přetáčivosti a nedotáčivosti (37)	17
Obrázek 4 - Ukázka principu funkce snímání ACC (38)	19
Obrázek 5 - Upozornění na vzniklou únavu ve vozech značky Škoda (39).....	21
Obrázek 6 - Princip funkce LDW (40).....	24
Obrázek 7 - Ukázka principu funkce BSI (41).....	25
Obrázek 8 - Umístění kamery FLA a značení na páčce u volantu (18)	27
Obrázek 9 - Ukázka funkce systému FCW (42).....	28
Obrázek 10 - Funkčnost aktivního parkovacího asistenta (43).....	30
Obrázek 11 - LED displej s ukázkou funkce pas. parkovacího asistenta (44)	31
Obrázek 12 - Ukázka oxymetru použitého k měření (45).....	33

Seznam grafů

Graf 1 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu SUV	38
Graf 2 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu sedan	38
Graf 3 - Průběh hladiny kyslíku jednoho pasažéra ve vozidlech typu hatchback.....	39
Graf 4 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu SUV	39
Graf 5 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu sedan.....	40
Graf 6 - Průběh hladiny kyslíku dvou pasažérů ve vozidlech typu hatchback.....	40
Graf 7 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu SUV.....	41
Graf 8 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu sedan	41
Graf 9 - Průběh hladiny kyslíku čtyř pasažérů ve vozidlech typu hatchback	42

Seznam použitých zkratk

ITS	Intelligent Transport Systems
IVIS	In Vehicle Information Systems
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
ABS	Anti-lock Brake Systems
ASR	Anti-Slip Regulation
EBD	Electronic Brakeforce Distribution
BAS	Brake Assistant System
EBP	Electronic Brake Prefill
ESP	Electronic Stability Program
ACC	Adaptive Cruise Control
DMS	Driver Monitoring System
LDW	Lane Departure Warning
BSI	Blind Spot Indicator
FLA	Front Light Assist
FCW	Front Collision Warning
PA	Parking Assistant
Ppm	Particles per million
SUV	Sport utility vehicle
BSI	Blind sport indicator
LED	Light-Emitting Diode

9 Přílohy

Příloha 1 - Naměřená data hladiny kyslíku

Automobil	Počet lidí	Čas [minuty]						
		0	5	10	15	20	25	30
Kodiaq	1	21,30%	21,00%	20,90%	20,80%	20,70%	20,60%	20,40%
Kodiaq	2	21,30%	20,90%	20,80%	20,70%	20,50%	20,20%	19,80%
Kodiaq	4	21,30%	20,90%	20,70%	20,50%	20,20%	19,90%	19,60%
Octavia RS	1	21,30%	21,00%	20,80%	20,70%	20,50%	20,40%	20,20%
Octavia RS	2	21,20%	20,90%	20,70%	20,60%	20,50%	20,20%	19,70%
Octavia RS	4	21,30%	20,90%	20,70%	20,40%	20,00%	19,80%	19,50%
Fabia I sedan	1	21,30%	21,10%	20,80%	20,20%	20%	19,80%	19,50%
Fabia I sedan	2	21,20%	20,80%	20,20%	19,90%	19,60%	19,40%	19,00%
Fabia I sedan	4	21,30%	20,50%	19,90%	19,80%	19,40%	19,20%	18,30%
Opel Corsa E	1	21,30%	21,10%	20,80%	20,30%	20,00%	19,70%	19,40%
Opel Corsa E	2	21,20%	20,70%	20,30%	19,90%	19,70%	19,30%	18,70%
Opel Corsa E	4	21,30%	20,50%	19,90%	19,70%	19,50%	19,10%	18,30%
BMW X6	1	21,20%	20,90%	20,80%	20,70%	20,60%	20,50%	20,30%
BMW X6	2	21,30%	21,00%	20,70%	20,60%	20,20%	20,00%	19,70%
BMW X6	4	21,20%	20,50%	20,20%	20,00%	19,80%	19,60%	19,40%

Zdroj: Vlastní zpracování, 2020

Příloha 2 - Naměřená data hladiny kyslíku

Automobil	Počet lidí	Čas [minuty]						
		0	5	10	15	20	25	30
Suzuki Grand Vitara	1	21,30%	20,90%	20,80%	20,70%	20,60%	20,50%	20,00%
Suzuki Grand Vitara	2	21,20%	20,80%	20,60%	20,30%	20,00%	19,80%	19,50%
Suzuki Grand Vitara	4	21,30%	20,90%	20,50%	20,10%	19,70%	19,50%	19,00%
Octavia II	1	21,40%	21,30%	21,00%	20,80%	20,60%	20,30%	19,90%
Octavia II	2	21,20%	20,90%	20,50%	20,20%	20,00%	19,80%	19,30%
Octavia II	4	21,30%	20,80%	20,30%	20,00%	19,70%	19,40%	18,70%
VW Passat CC	1	21,50%	21,30%	21,00%	20,40%	20,10%	19,90%	19,70%
VW Passat CC	2	21,30%	20,90%	20,40%	20,10%	20,00%	19,80%	19,40%
VW Passat CC	4	21,30%	20,70%	20,20%	20,00%	19,60%	19,40%	18,80%
VW E-UP	1	21,30%	20,90%	20,60%	20,00%	19,80%	19,60%	19,30%
VW E-UP	2	21,00%	20,50%	20,00%	19,70%	19,60%	19,40%	18,50%
VW E-UP	4	21,10%	20,30%	19,70%	19,60%	19,20%	19,00%	18,00%
Fabia I kombi	1	21,30%	21,10%	20,90%	20,70%	20,50%	20,30%	19,90%
Fabia I kombi	2	21,20%	20,80%	20,50%	20,20%	19,90%	19,70%	19,50%
Fabia I kombi	4	21,30%	20,70%	20,30%	20,00%	19,60%	19,20%	18,60%

Zdroj: Vlastní zpracování, 2020