

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Autonomní vozidla a bezpečnost provozu

bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Autor práce: Michal Sedláček

PRAHA 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Sedláček

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Autonomní vozidla a bezpečnost provozu

Název anglicky

Autonomous vehicles and traffic safety

Cíle práce

Provést podrobnou rešerši prací zabývajících se problematikou autonomních vozidel a bezpečností provozu na pozemních komunikacích.

Metodika

1. Úvod
2. Metodika práce – návrh postupů pro získávání dat a kritérií pro jejich posuzování;
3. Přehled řešené problematiky: autonomní vozidla (AV), dopravní provoz, bezpečnost, legislativa...;
5. Výsledky a diskuse – analýza aspektů vývoje a užití AV;
6. Závěr;
7. Seznam použitých zdrojů;
8. Přílohy.

Doporučený rozsah práce

25

Klíčová slova

autonomní vozidla, bezpečnost dopravy

Doporučené zdroje informací

Corwin, S., Vitale, J., Kelly, E., Cathles, E.: The future of mobility:

<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/future-of-mobility/transportation-technology.html>,
2018

http://www.cap.cz/images/tiskove-zpravy/171213_TZ_autonomni_vozidla.pdf (10.12.2018)

Jin Cui, Lin Shen Liew, Giedre Sabaliauskaite, Fengjun Zhou: Review on Safety Failures, Security Attacks, and Available Countermeasures for Autonomous Vehicles, Ad Hoc Networks (2018), doi:

<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.12.006>

The future of mobility, AE <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> (2018)

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 31. 1. 2019

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 04. 2019

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Autonomní vozidla a bezpečnost provozu** 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 10. 4. 2020

.....

Michal Sedláček

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Miroslavu Růžičkovi, CSc. za odborné vedení, rady a cenné připomínky.

Autonomní vozidla a bezpečnost provozu

Abstrakt: Tato práce se zabývá autonomními vozidly a jejich implementací do provozu. Hlavním cílem této práce je popsat možná bezpečnostní rizika pro ostatní účastníky provozu a s tím související morální aspekty. Část práce je také věnována vlivu těchto automobilů na dopravu. Dále je zde zmíněna legislativa týkající se této problematiky v České republice. Toto téma rovněž obsahuje přehled jednotlivých stupňů autonomie spolu s hlavními technologickými lídry v tomto segmentu. Závěr práce představuje celkové zhodnocení vývoje autonomních vozidel a výhled do budoucna.

Klíčová slova: autonomní vozidla, autonomní doprava, bezpečnost dopravy

Autonomous vehicles and traffic safety

Abstract: This work deals with autonomous vehicles and their implementation into a traffic. The main goal of this work is the description of the safety risks for other traffic participants and the relevant moral aspects linked with these acts. Part of the thesis is dedicated to impact of these vehicles on the traffic. It further mentions legislative pertaining to this topic from the Czech Republic. This work also contains an overview of the different degrees of autonomy together with the leaders in this segment. The thesis conclusion presents the complete assessment of the autonomous vehicles development and prognosis for future.

Key words: autonomous vehicle, autonomous traffic, traffic safety

Obsah

Seznam zkratek	1
1 Úvod.....	2
2 Cíl a metodika práce	3
3 Autonomní vozidla.....	4
3.1 Úrovně autonomie řízení	5
3.2 Definice pojmů dle SAE J3016™	8
3.2.1 Active safety system (Aktivní bezpečnostní systém).....	8
3.2.2 Dynamic Driving Task – DDT (Dynamické úkony řízení).....	8
3.2.3 DDT Fallback (DDT – záložní plán).....	8
3.2.4 Automated Driving System – ADS (Automatický řídicí systém)	9
3.2.5 Operational Design Domain – ODD (Pole působnosti)	9
3.2.6 ADS – Dedicated Vehicle – ADS-DV (ADS specializované vozidlo).....	10
3.3 Bezpečnost.....	10
3.3.1 Lidský faktor	11
3.3.2 Selhání autonomních vozidel	11
3.3.3 Převzetí AV zpět řidičem	20
3.3.4 Srovnání automatizovaného systému a člověka	21
3.3.5 Dopravní značení	22
3.3.6 Mapové podklady	22
3.3.7 Acoustic Vehicle Alerting system (Akustický varovný systém vozidla)	23
3.3.8 Dooring (zábrana vzniku poranění při otevírání dveří)	23
3.4 Dopravní provoz	24
3.4.1 Stádia vývoje mobility.....	24
3.4.2 Snížení stresu, zvýšení produktivity a mobility	26
3.4.3 Kongesce a plynulost provozu	29

3.4.4	Plynulost dopravního proudu u současných vozidel s asistenčními systémy	30
3.4.5	Počet ujetých kilometrů vozidlem (VKT – Vehicle Kilometers Traveled)	31
3.4.6	Vliv sdílených jízd na MoD (Mod – Mobility on Demand)	32
3.4.7	Úspora paliva, snížení produkce emisí	34
3.4.8	Úspora času	34
3.4.9	Redukce parkovacích míst.....	34
3.4.10	Autonomní nákladní doprava	34
3.4.11	Bezpečnost provozu.....	36
3.4.12	Náklady spojené s AVs	37
3.4.13	Kooperativní systémy.....	39
3.5	Legislativa.....	41
3.5.1	Zákony v rozporu s provozem AVs	41
3.5.2	Opatření týkající se provozu AVs	42
3.5.3	Odpovědnost.....	42
3.5.4	Validace/schvalování autonomních vozidel.....	43
3.5.5	Kontrola technického stavu autonomního vozidla.	44
3.5.6	Bezpečnost dat a ochrana osobních údajů	44
3.5.7	Testování a schvalování AVs.....	44
3.5.8	Spojené státy americké.....	44
4	Výsledky a diskuze.....	45
4.1.1	Morální rozhodování	45
4.1.2	Současný stav vývoje AVs	46
5	Závěr.....	48
6	Seznam použitých zdrojů	50
7	Seznam obrázků	58
8	Seznam tabulek	59

9	Seznam příloh	59
10	Příloha 1	I
11	Příloha 2	I
12	Příloha 3	II
13	Příloha 4	III
14	Příloha 5	IV
15	Příloha 6	VII
16	Příloha 7	VIII

Seznam zkratek

AV/AVs	Autonomous vehicle/s (Autonomní vozidlo/a)
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration (Národní správa bezpečnosti silničního provozu – USA)
USA	United States of America (Spojené státy americké)
GPS	Global Positioning System (Globální polohový systém)
V2X	Vehicle-to-everything (Vozidlo ke všemu)
SAE	Society of Automotive Engineers (Společnost inženýrů nejen z oblasti automotive)
DDT	Dynamic Driving Task (Dynamické úkony řízení)
OEDR	Object, Event Detection and Response (Detekce objektů, událostí a reakce na ně)
ODD	Operational Design Domain (Pole působnosti)
ADS	Automated Driving System (Automatický řídicí systém)
RSU	Road Side Unit (Silniční jednotka)
V2V	Vehicle-to-vehicle (Vozidlo k vozidlu)
V2I	Vehicle-to-infrastructure (Vozidlo k infrastruktuře)
V2P	Vehicle-to-pedestrian (Vozidlo k chodci)
IF	Infrastructure failure (Nedostatky infrastruktury)
VF	Vehicle failure (Selhání vozidla)
ITS	Intelligent Transport Systems (Inteligentní transportní systémy)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globální družicový polohový systém)
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control (Kooperativní adaptivní tempomat)
FHWA	Federal Highway Administration (Federální správa dálnic – USA)
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems (Kooperativní inteligentní transportní systémy)
OZ	Občanský zákoník
MIT	Massachusetts Institute of Technology (Technologický institut v Massachusetts)
SDZ	Svislé Dopravní Značení
VKT	Vehicle Kilometers Traveled (Počet ujetých kilometrů vozidlem)

1 Úvod

Mnoho lidí se vážně zranilo nebo dokonce zemřelo při dopravních nehodách. Dle NHTSA¹ je 94 % všech dopravních nehod způsobeno lidskou chybou (nepozornost, únava řidiče, nepřiměřená rychlost) [1]. Výše vyjmenovanými okolnostmi však netrpí řídicí systém autonomního vozidla, který má také mnohonásobně rychlejší schopnost reagovat na situace než člověk.

Již dnes se lze setkat s automobily s určitou úrovní autonomie. Žádný však nevykazuje plnou autonomii – tedy jízdu za všech podmínek a bez účasti řidiče. Předpokládá se, že automobily s úrovní autonomie řízení 3. nebo 4. (viz kapitola 3.1) se objeví po roce 2020 [2, 3]. Otázkou již tedy není, zda se tak stane, ale kdy se tak stane a za jakých podmínek.

Autonomní vozidla zcela jistě způsobí revoluci na poli dopravy. Vozidla budou schopná přepravovat mladistvé občany, ale i postarší osoby, které by tak měly možnost vrátit se do běžného života. Striktní dodržování pravidel silničního provozu povede ke zvýšení bezpečnosti provozu a ke snížení nehod a pojistného plnění. Sníží se emise CO₂ a zvýší se efektivita provozu, protože automaticky řízené vozidlo je schopno plynulých rozjezdů a udržování menších rozestupů mezi automobily.

Tato technologie však skrývá i své stinné stránky. V první řadě je zcela nutné investovat do rozvoje infrastruktury silnic. Vozidla budou představovat bezpečnostní hrozbu z pohledu kybernetického útoku a také možnosti je vzdáleně ovládat. Rovněž je třeba zabezpečit přenos sdílení dat, který by tak mohl narušit bezpečnost a soukromí přepravovaných osob. Diskutovatelnými tématy jsou nepochybně etika a morální dilemata, kterým budou účastníci provozu (programátoři řízení vozidla) čelit v případě nehody.

V závěru si je třeba uvědomit, že pro vozidla bez řidiče není problém se pohybovat v předem zmapovaném prostoru spolu s dalšími autonomními vozidly. Problémem bude nepředvídatelné chování ostatních účastníků provozu (řidiči konvenčních vozidel, chodci, ...).

¹ National Highway Traffic Safety Administration (Národní správa bezpečnosti silničního provozu USA).

2 Cíl a metodika práce

Hlavním cílem této práce je vypracování rešerše, která by měla zodpovědět následující otázky:

- Čím se liší jednotlivé stupně autonomie řízení?
- Jaká bezpečnostní rizika můžeme očekávat s nástupem těchto vozidel?
- Jaký vliv mají autonomní vozidla na dopravní provoz (kongesce, emise, bezpečnost)?
- Musí se změnit silniční infrastruktura pro nástup nové technologie?
- Které zákony brání testování, provozu samořízených vozidel?
- Kdo ponese zodpovědnost, pokud autonomní automobil způsobí nehodu?
- Jak se má vozidlo rozhodnout v případě nevyhnutelné srážky? Ochrání cestujícího nebo ostatní účastníky provozu?
- Která společnost je technologickým leaderem?

Informace budou získávány především přečtením vědecké literatury, a to zejména z informačních platforem ResearchGate a ScienceDirect, ale i čerpáním materiálů z oficiálních stránek společností zabývajících se produkcí, výzkumem autonomních vozidel (např. Victoria Transport Policy Institute²). Budou také použity oficiální statistiky nehod dle NHTSA.

Na základě prostudované legislativy budou zmíněny zákony, které bude třeba změnit pro implementaci autonomních automobilů.

² Victoria Transport Policy Institute (Institut dopravní politiky Victoria) – nezávislá výzkumná organizace zaměřená na vývoj inovativních a praktických řešení dopravních problémů.

3 Autonomní vozidla

Autonomní vozidla (dále jen AVs) jsou vozidla, která splňují tyto podmínky [4]:

- Vozidla jsou vybavena více senzory (radar, lidar, GPS) pro vnímání okolního prostředí než konvenční automobily.
- Počítač (řídící jednotka) nahrazuje roli řidiče ve věci manévrování.
- V2X (Vehicle-to-everything³ – kapitola 3.3.2) komunikace umožňuje komunikaci AV spolu s ostatními vozidly, infrastrukturou a chodci.

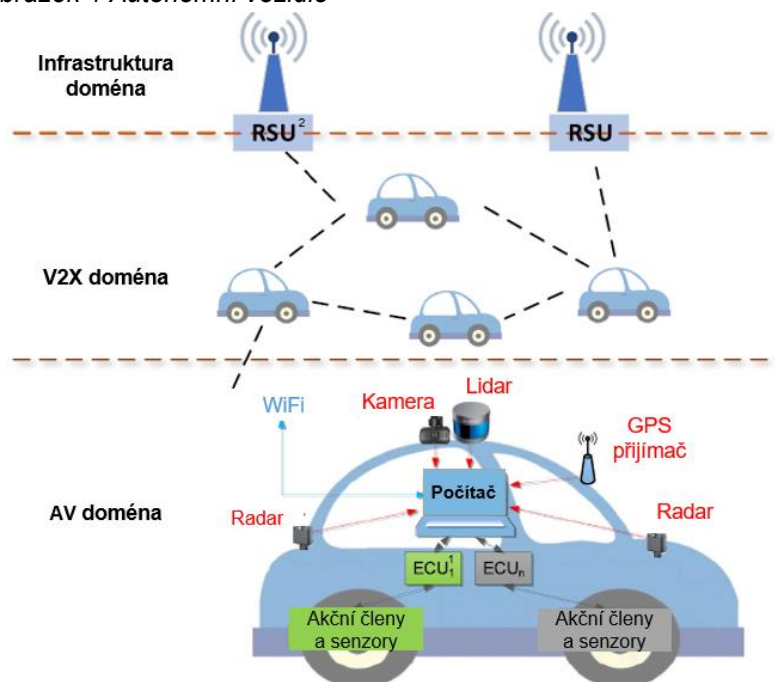
AVs se rozlišují dle 6 úrovní autonomie. Je dobré zmínit, že dle SAE⁴ není vhodné používat termín autonomní vozidlo, neboť je to zavádějící a nerozlišují se tak jednotlivé úrovně řízení. Některé legislativy používají pojem autonomní automobil od úrovně 3 [5]. Pokud se tedy vyskytne pojem AV v této práci, bude se jednat o vozidlo minimálně úrovně 3, případně dojde k bližší specifikaci. Termín AV vysvětluje obrázek 1.

V této kapitole jsou popsány jednotlivé úrovně autonomního řízení spolu s nutnými definicemi s cílem objasnit situaci, kdy se řidič stále ještě musí věnovat řízení nebo kdy se již stává pasažérem. Dále se tato kapitola zabývá bezpečností z pohledu samotného vozidla, nástrahami okolní infrastruktury a komunikací s okolními vozidly, případně z toho vyplývajícími kybernetickými hrozbami. Nachází se zde také vhodná protipatření ke zmírnění nebo odstranění bezpečnostních hrozeb. Je zde popsán vliv AVs na dopravní provoz (kongesce, emise). V závěru jsou uvedeny legislativní problémy spojené s těmito vozidly spolu s vyplývajícími etickými otázkami a aktuální situace vývoje AVs.

³ Vehicle-to-everything (Vozidlo ke všemu).

⁴ Society of Automotive Engineers (Společnost inženýrů nejen z oblasti automotive).

Obrázek 1 Autonomní vozidlo



Upraveno a přeloženo, zdroj [4] ¹ECU - Electronic Control Unit (Elektronická řídicí jednotka); ²RSU - Road Side Unit (silniční jednotka) - Zařízení umožňující komunikaci V2I⁵.

3.1 Úrovně autonomie řízení

Velice často dochází k nesprávnému označení a pochopení termínu AV. Příkladem může být autopilot společnosti TESLA, který ačkoliv se nazývá „autopilot“, potřebuje ruce na volantu a jedná se o úroveň autonomie 2 [6]. Proto celosvětová asociace SAE International stanovila definice související s touto problematikou a vytvořila popis 6 úrovní (stupňů) autonomního řízení [5].

Je dobré zmínit, že se jedná spíše o informativní charakter než o normativní povahu tohoto rozdělení. Tento rámec je rovněž důležitý z hlediska legislativy a odpovídá na otázku, v které chvíli se řidič stává pasažérem.

Úroveň 0 – žádná automatizace

Řidič provádí veškeré dynamické úkony řízení⁶ – DDT (Dynamic Driving Task) – viz kapitola 3.2.2. Automobil může být vybaven aktivními bezpečnostními systémy [5].

Příkladem je ukazatel teploty, který informuje o možnosti námrazy na komunikaci. Patří sem také hlídání mrtvého úhlu (zvuková nebo vizuální výstraha v okamžiku, kdy

⁵ Vehicle-to-infrastructure (Vozidlo k infrastruktuře).

⁶ Příčný (zatáčení) a podélný (akcelerace, decelerace) pohyb vozidla.

se řidič chystá opustit svůj jízdní pruh a cizí automobil se nachází v mrtvém úhlu zpětného zrcátka).

Úroveň 1 – asistence

Řídicí systém umožňuje pouze podélné nebo boční řízení vozidla (nikoliv obě činnosti zároveň). Z toho vyplývá, že řidič musí dohlížet na systém a v případě vyzvání musí okamžitě zasáhnout. Rovněž determinuje kdy/kde bude asistent zapnut [5].

Jedná se například o systém udržování vozidla v jízdním pruhu (Lane Assist⁷), dodržování zvolené rychlosti a hlídání odstupů (bezpečné vzdálenosti) mezi vozidly (adaptivní tempomat) či Front Assist, který zabráňuje kolizím.

Úroveň 2 – částečná automatizace

Systém řídí podélné i boční vedení vozidla. Řidič musí sledovat prostředí a v případě potřeby ihned zareagovat [5]. Nemusí mít tedy několik sekund ruce na volantu. Po uplynutí určitého limitu automobil začne pípat nebo prudčeji zabrzdí, aby se osoba opět věnovala řízení. Nestane-li se tak, zapnou se výstražná světla a dojde k zastavení vozidla.

Typickým příkladem je automatické parkování. Vůz ovládá volant i pedály.

Úroveň 3 – podmíněná automatizace

Automatizovaný řídicí systém (ADS – Automated Driving System) provádí všechny úkony DDT ve specifických oblastech⁸ (ODD – Operational Design Domain⁹). Pokud je aktivní ADS, je třeba, aby v tuto chvíli uživatel byl kdykoliv schopen převzít řízení při vyzvání (selhání ADS, opuštění ODD, porucha vozidla). Nemusí však dávat pozor na cestu („může si číst“). Po převzetí řízení se z pasažéra stává řidič [5].

⁷ Výčet veškerých asistentů společně s jejich popisem se nachází na stránkách Besipu [8]. Problematika asistentů (autonomního řízení) není v České republice systémově řešena. Je prezentována jako pouhý výčet a popis funkcí (s nejednotnou terminologií vycházející z volného překladu anglických názvů).

⁸ Například pouze na dálnicích nebo do určité rychlosti.

⁹ Pole působnosti – oblasti, ve kterých se za určitých podmínek vozidlo může pohybovat autonomně.

Úroveň 4 – vysoká automatizace

V určitých ODD automatizovaný řídicí systém provádí veškeré činnosti DDT. Řidič se zde stává pasažérem. Veškeré činnosti tedy obstarává vůz. Hlavním rozdílem mezi úrovní 3 a 4 je ten, že level 4 může dosáhnout minimálního rizika¹⁰ (kapitola 3.2.3) [5].

Příkladem je autonomní parkování (např. v obchodních domech) bez našeho dohledu. Vystoupíme tedy před obchodem a automobil sám zaparkuje, aniž ho musíme monitorovat.

Úroveň 5 – plná automatizace

ADS vybavené vozidlo je schopno se pohybovat na všech cestách za všech podmínek. Uživatel pouze vloží cílovou destinaci. Jestliže by nastaly podmínky, které by znemožňovaly provoz automobilu i běžnému řidiči („sněhová bouře“), vůz dosáhne podmínky minimálního rizika [5].

Obrázek 2 shrnuje pro přehlednost jednotlivé úrovně autonomie řízení.

Obrázek 2 Úrovně autonomního řízení

	Úroveň podle SAE*	Popis úrovně	Řízení vozidla	Sledování dopravní situace	Reakce na dynamickou dopravní situaci	Režimy jízdy (např. dálnice, město)
Dopravní situace sledována řidičem	0	BEZ AUTOMATIZACE - vozidlo řídí výlučně řidič - řidič zároveň sleduje dopravní situaci a reaguje na ni				žádné
	1	ASISTENCE ŘIDIČE - automat provádí úkony spojené buď s příčným pohybem, nebo s podélným pohybem vozidla (nikoli však obojí současně) - řidič neustále sleduje dopravní situaci a musí být připraven v případě potřeby převzít řízení				omezené
	2	ČÁSTEČNÁ AUTOMATIZACE - automat provádí úkony spojené jak s příčným pohybem, tak s podélným pohybem vozidla současně - řidič neustále sleduje dopravní situaci a musí být připraven v případě potřeby převzít řízení				omezené
Dopravní situace sledována vozidlem	3	PODMÍNĚNÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem - řidič musí být schopen v případě nutnosti převzít řízení				omezené
	4	VYSOKÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem bez nutnosti zásahu řidiče - automat pracuje v omezených režimech jízdy				omezené
	5	PLNÁ AUTOMATIZACE - veškeré úkony jsou prováděny automatem bez nutnosti zásahu řidiče (řidič neexistuje) - automat pracuje ve všech režimech jízdy				všechny

Zdroj: [7] Úroveň 2 vyžaduje neustále ruce na volantu. Úroveň 3 nepožaduje za určitých podmínek (dálnice, rychlost) ruce na volantu.

¹⁰ Automobil např. zastaví u krajnice, zapne výstražné signalizační zařízení.

3.2 Definice pojmů dle SAE J3016™

Pro správné pochopení jednotlivých stupňů autonomního řízení je nezbytné definovat pojmy, které úzce souvisí s touto problematikou.

3.2.1 Active safety system (Aktivní bezpečnostní systém)

Jedná se o monitorování podmínek uvnitř nebo vně vozidla k identifikování aktuálního nebo potenciálního nebezpečí pro posádku, vůz či ostatní účastníky silničního provozu. Napomáhá vyhnout se dopadům možné kolize nebo je zmírni varováním řidiče či aktivním zásahem systému do řízení (např. brzdění) – asistencí. Automobily jakékoliv úrovně autonomie řízení mohou být vybaveny těmito asistenty. Asistentem se rozumí elektronický zásah do řízení s cílem zvýšit bezpečnost a usnadnit řidiči řízení.

Jedná se například o ABS (Anti-lock Braking System), ESC (Electronic Stability Control), ACC (Adaptive Cruise Control), TPMS (Tyre-Pressure Monitoring System), LDW (Lane Departure Warning), AEB (Automatic Emergency Braking) a další [8].

3.2.2 Dynamic Driving Task – DDT (Dynamické úkony řízení)

Jsou to všechny funkce v reálném čase potřebné pro pohyb automobilu na silniční komunikaci kromě volby a plánování trasy [5].

DDT zahrnuje podélné řízení pohybu auta (akcelerace, brzdění, hlídání vzdálenosti před vozidlem a za ním), boční ovládání pohybu (zatáčení), sledování prostředí a jeho reakce na něj (OEDR – Object, Event Detection and Response¹¹), manévrování (vyhnutí se kolizi), zlepšení viditelnosti pomocí světel, blinkrů atd. [5].

3.2.3 DDT Fallback (DDT – záložní plán)

Pokud se objeví selhání DDT systému nebo vozidlo opouští oblast, ve které se může pohybovat autonomně (ODD – Operational Design Domain – viz dále kapitola 3.2.5), je řidič vyzván, aby převzal řízení. Nedojde-li k převzetí ovládání, automobil se snaží dosáhnout podmínky minimálního rizika [5].

Minimálním rizikem se rozumí stav, při kterém dochází k co nejmenšímu ohrožení ostatních účastníků provozu včetně posádky. Tohoto stavu se snaží dosáhnout automatický řídicí systém – ADS (Automated Driving System) od úrovně 4, případně

¹¹ Detekce objektů, událostí a reakce na ně.

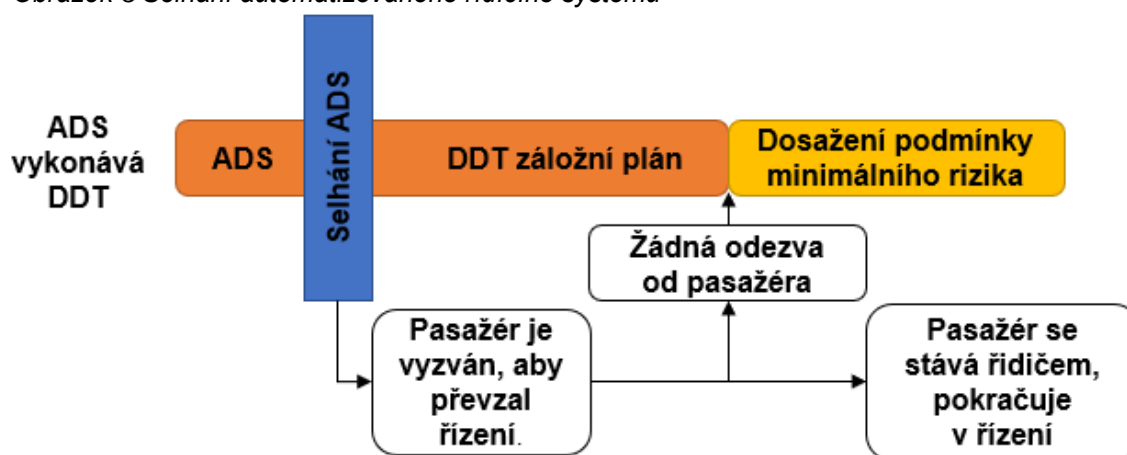
řidič po jeho vyzvání. Jedná se o zastavení u krajnice, nemožnost zastavení v tunelu apod. [5].

Příkladem je automobil úrovně 3, který při sjezdu z dálnice vyzve řidiče k převzetí řízení. Pokud tak řidič neučiní, vozidlo zpomalí, rozsvítí výstražná světla a zastaví ve svém pruhu.

Od úrovně 4 zastaví AV v nejméně frekventovaném či odstavném pruhu nebo u krajnice silnice, pokud je to bezpečnější nežli zůstat ve své stávající dráze. Toto zmíněné zastavení se nazývá dosažení minimálního rizika a ADS ho může vykonat od úrovně 4 a výše. V úrovni 3 je za něj zodpovědný řidič [5].

Diagram na obrázku 3 níže zobrazuje úroveň 4. V okamžiku selhání DDT je pasažér vyzván, aby pokračoval ve vykonávání DDT. Jestliže se tak nestane, dojde k dosažení minimálního rizika systémem [5].

Obrázek 3 Selhání automatizovaného řídicího systému



Upraveno a přeloženo, zdroj [5]

3.2.4 Automated Driving System – ADS (Automatický řídicí systém)

Hardware (HW) a software (SW), který je schopný provádět všechny činnosti DDT neustále nebo je limitován specifickými podmínkami (ODD).

Pojem ADS se používá pro úroveň autonomie 3, 4 a 5 [5].

3.2.5 Operational Design Domain – ODD (Pole působnosti)

Je využíván pro popis daného prostředí, ve kterém se má daný automobil pohybovat neomezeně nebo za určitých podmínek (omezením může být typ komunikace – dálnice, počasí, geografická oblast – město, dálnice, omezení rychlosti, jízda v koloně, v tunelu) [5].

3.2.6 ADS – Dedicated Vehicle – ADS-DV (ADS specializované vozidlo)

Vozidla výhradně 4. nebo 5. úrovně autonomie, která se mohou pohybovat na všech svých cestách dle podmínek ODD, pokud jsou nějaké specifikovány. Tento typ automobilů se již může označit pojmem vozidlo bez řidiče. Mohou být vyrobena jako konvenční vozidla s volantem a pedály nebo již nemusí tyto komponenty obsahovat [5]. Může se jednat o flotily minibusů úrovně 4, které budou přepravovat pasažéry pouze v konkrétní oblasti (město). Dalším příkladem jsou vozidla doručující objednané zboží.

Pro zajištění bezpečnosti je také důležité monitorování řidiče (úroveň 2, 3), prostředí, stavu vozidla (od úrovně 4 monitoruje stav pouze systém) a řídicího systému [5].

Sledovat prostředí musí i řidič nenacházející se ve vozidle, které využívá automatické parkování úrovně 2. Příkladem je funkce Smart Summon od Tesly [9]. Pokud se majitel Tesly nachází na parkovišti a přidrží tlačítko na dálkovém ovladači, vůz sám odjede z parkovacího stání a přijede k němu. Jedná se o tzv. vzdáleného řidiče, který má povinnost monitorovat prostor a v případě nebezpečné situace zasáhnout (uvolněním tlačítka dojde k zastavení).

3.3 Bezpečnost

Dostatečné zajištění bezpečnosti provozu je hlavním problémem mnoha zemí po celém světě. Je dobré si uvědomit, že nejvíce případů nehod (94 %) způsobuje lidský faktor [10]. Snížením vlivu tohoto faktoru nebo jeho úplnou eliminací lze zajistit lepší bezpečnost silničního provozu.

Autonomní vozidla disponují lepšími rozeznávacími schopnostmi a rychlejšími reakcemi oproti člověku [11]. Navíc se počítá s tím, že vozidla budou mezi sebou propojená a budou tak spolu moci komunikovat. Tato technologie však skrývá i své stinné stránky – bezpečnostní hrozby [4], které bude třeba vyřešit dříve, než dojde k rozšíření těchto automobilů.

Pokud by např. byla napadena síť vozidla (kapitola 3.3.2. obrázek 7) mohlo by dojít k ovládnutí AV na dálku. Dalším příkladem může být přijetí špatných dat o poloze z GPS. V obou případech se potencionální hrozby začnou šířit řetězově z důvodu sdílení dat mezi vozidly.

V této kapitole je uvedena krátká statistika nehodovosti. Dále budou popsány chyby AVs v důsledku selhání vlastních komponentů (HW) nebo vnější infrastruktury a protiopatření, jejichž cílem je odstranit nebo zmírnit chyby. Rovněž se téma věnuje kybernetické bezpečnosti. Dále je zde porovnán rozdíl mezi AV a člověkem z pohledu reakčních schopností. V závěru je popsána důležitost mapových podkladů a dopravního značení.

3.3.1 Lidský faktor

V celosvětovém měřítku zemře ročně při dopravních nehodách 1 350 000 lidí. Jedná se o osmý nejčastější způsob smrti a také o nejčastější příčinu smrti u dětí a mladistvých mezi 5. až 29. rokem života. Více než polovina usmrčených jsou chodci, cyklisté a motocyklisté [12]. Při nehodách je ročně 20 – 50 milionů lidí zraněno [13]. V tabulce 1 jsou uvedeny počty nehod a jejich příčiny na území USA.

Tabulka 1 Dopravní nehody ve vztahu k řidiči, vozidlu a prostředí v USA

Příčina nehody	Počet nehod	Procentuální vyjádření
Lidský faktor ¹²	2 046 000	94 % ± 2,2 %
Vozidlo ¹³	44 000	2 % ± 0,7 %
Prostředí ¹⁴	52 000	2 % ± 1,3 %
Neznámé důvody	47 000	2 % ± 1,4 %
Celkem	2 189 000	100 %

Upraveno a přeloženo, zdroj [10]

V souvislosti s nehodami je také dobré zmínit ztráty z pohledu ekonomického a sociálního, která jsou dle studie za rok 2010 [14] odhadovány na 871 miliard dolarů, a to pouze na území Spojených států amerických. Je zde započítáno 32 999 úmrtí, 3,9 milionů zraněných lidí a 24 milionů poškozených vozidel.

3.3.2 Selhání autonomních vozidel

Selhání autonomních vozidel můžeme rozdělit do dvou kategorií [15, 16]:

1) **Nedostatky spojené s infrastrukturou** (IF – Infrastructure Failure).

Příkladem může být špatné počasí, chybné přečtení dopravních značek a další (obrázek 4). Tyto okolnosti ovlivňují prostředí v reálném čase a mohou vést k zvýšení pravděpodobnosti nehody [4].

¹² Nevěnování se řízení, přecenění řidičských schopností (vysoká rychlost v zatáčce), špatný odhad vzdáleností, rychlosti.

¹³ Náhlé selhání, případně degradace komponent vozidla (selhání brzd).

¹⁴ Vliv počasí (déšť, sníh) – špatná viditelnost, kluzký povrch.

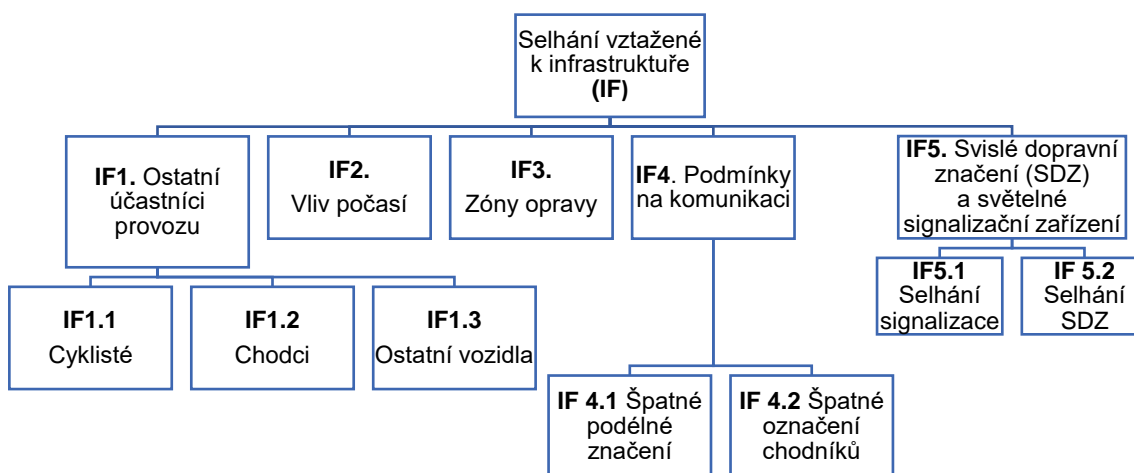
2) Selhání spojená s komponenty vozidel (VF – Vehicle Failure).

Jedná se například o selhání hardwaru, softwaru, o ztrátu pozice z globálního navigačního systému. Tyto poruchy mohou ohrozit bezpečnost účastníků silničního provozu.

Nedostatky infrastruktury

Na základě místa klasifikujeme protiopatření do dvou skupin [17]: Protiopatření na silniční komunikaci vyjma křižovatek a protiopatření na křižovatkách. Tato opatření platí nejen pro budoucí autonomní vozidla, ale i pro řidiče konvenčních vozidel s asistenčními systémy.

Obrázek 4 Nedostatky infrastruktury



Upraveno a přeloženo, zdroj [4]

Protiopatření na silniční komunikaci vyjma křižovatek

- Snížení maximální rychlosti

Snížení rychlosti může být protiopatřením pro **IF 5.2** – špatné přečtení značky [4]. Z jiného úhlu pohledu toto snížení rychlosti může mít negativní vliv na tvorbu kongescí. Je třeba o tom uvažovat pouze v prvotních fázích nasazení AVs. Z mého pohledu je cílem zachovat stávající rychlostní omezení, případně by se maximální povolené rychlosti při většinovém podílu těchto vozidel mohly i zvýšit.

- Bezpečnostní zábrana pro chodce

Je vhodné instalovat ostrůvky uprostřed dvoupruhové silnice nebo vytvořit zábrany při kraji chodníku. Lze hovořit o opatření **IF1.2** pro chodce nerespektující pravidla pro pohyb v dopravním provozu.

- Vyhrazený pruh pro autobusy a cyklisty

Snižuje zpoždění linky zapříčiněnou hustotou provozu. Protiopatření **IF1** – ostatní účastníci provozu. Samostatný pruh pro autobusy, cyklisty napomáhá plynulosti provozu a snižuje jejich ohrožení. Opatření **IF1** – např. při nerespektování pravidel cyklisty. Samozřejmě je důležité přemýšlet, kde vyhrazený pruh pro cyklisty vytvořit. Rozhodně není vhodné ho vybudovat při kraji frekventované vozovky. V tomto případě je lepší zvolit v městské zástavbě trasu vedlejšími ulicemi, případně u hlavní komunikace vytvořit cyklostezku zcela oddělenou od dopravního prostoru.

Je důležité vhodné vodorovné značení pro oddělení jednotlivých pruhů – opatření **IF 4** – podmínky na komunikaci. Obecně kvalitní vodorovné značení je nutností pro spuštění Lane Assist.

- Zpomalovací práh

Je vhodnou volbou v místech, kde není dodržována rychlost, přestože se na daném úseku nachází dopravní značka. Opatření **IF 5.2** – selhání značky.

- Značky upozorňující na místo opravy komunikace

Více značek před místem opravy a podél něho sníží vliv **IF 5.2** [4]. Tohoto vlivu si lze všimnout zejména na dálnicích, kde se vozidla pohybují vysokou rychlostí, a proto je třeba včasné a zřetelně upozornit na snížení rychlosti a např. na sbíhání dvou pruhů do jednoho. S poslední jmenovanou situací mají zatím autonomní vozidla problémy.

Protiopatření na křižovatkách

- Rozdělení času [4]

Je třeba, aby vozidla i chodci měli svůj časový prostor pro průjezd/průchod křižovatkou. Volbou je tedy světelné signalizační zařízení, jak pro vozidla, tak pro chodce. Protiopatření **IF1.2** – nerespektování pravidel chodci [4].

- Zvýšení časového intervalu pro přecházení chodců

Protiopatření IF 1.2.

- Dobře viditelný přechod pro chodce

Přehlednost situace snižuje obavy při přecházení vozovky a zároveň určuje, že je vhodné přejít vozovku na tomto místě (**IF 1.2** – nerespektování pravidel chodci).

Dochází také ke zlepšení **IF 4.1** – chybné nebo nekvalitní podélné značení, kdy správné přečtení podélného značení je pro vozidlo s určitým stupněm autonomie kritické.

- Odbočka vlevo/vpravo

Vyhrazený odbočovací pruh před křižovatkou snižuje potřebu decelerovat či měnit jízdní pruh odbočováním v křižovatce, což zvyšuje plynulost provozu. Dojde tak ke zlepšení **IF 4.1** a **IF 5.2** – selhání značky.

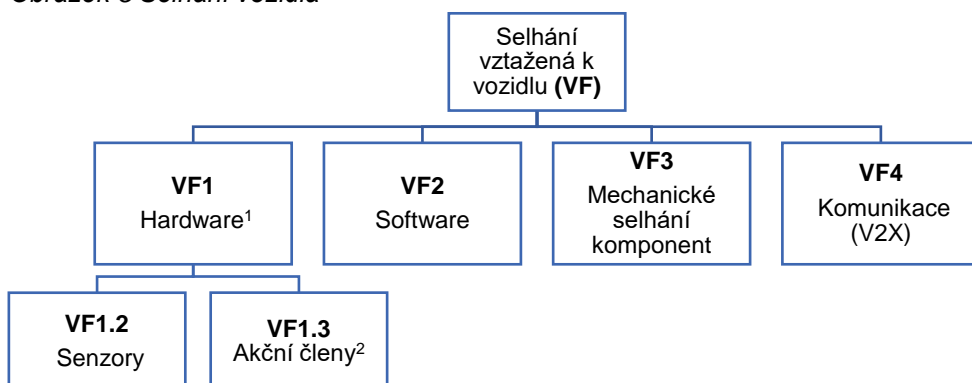
- Světelné signalizační zařízení

Snižuje **IF1** – nesprávné chování účastníků provozu.

Selhání vozidla

Protiopatření při selhání (obrázek 5) můžeme rozdělit do dvou kategorií: aktivní a pasivní. Jedná se tedy o analogii s aktivní a pasivní bezpečností vozidel [4].

Obrázek 5 Selhání vozidla



Upraveno a přeloženo, zdroj [4] ¹Zahrnuje hlavní počítač (onboard computer), elektronickou řídicí jednotku (ECU), ultrazvukové senzory, radar, LiDar; ²Část mechatronické soustavy (ovládání škrtků klapky).

Aktivní protiopatření

Účelem je předcházet potencionální hrozbě, havárii. Obsahuje dnes známé asistenty řízení nacházející se v konvenčních vozidlech a také specifická zařízení pro autonomní vozidla [4].

Žádný typ senzoru (kamera, radar, LiDar, ultrazvukový senzor) nemůže vykonávat kvalitně všechny úkony a za různých podmínek. Lišit se budou v kvalitě detekce objektů, v rozsahu vidění do dálky, hlídání podélného značení, funkčnosti za špatného počasí atd. Je tedy nutné, aby AV obsahovalo určitou kombinaci těchto senzorů [16].

S vyšším počtem informací ze senzorů se získá vyšší přesnost snímaného okolí. Navíc se jedná o zmírnění negativních důsledků při selhání senzoru **VF 1.2** [4].

Je také důležité monitorovat správnou funkci HW i SW a kontrolovat, zda se nevyskytuje chyba zapříčiňující špatnou funkci [18]. Toto může být protiopatření proti selhání SW (**VF2**), komunikace mezi prvky systému (**VF4**) [4].

Dalším příkladem může být chybné přečtení značek vlivem nevhodně nastavené kamery, která snímá dopravní značení a přizpůsobuje tak rychlost. Vozidlo Tesla bylo oklamáno pouze vložením proužku lepicí pásky tak, že se protáhl „zobáček“ v prostřední části trojky, jak znázorňuje obrázek 6. Automobil pak místo 35 mil/h (cca 56 km/h) interpretoval výsledek jako 85 mil/h (cca 137 km/h) [19].



Obrázek 6 Chyba kamery VF 1.2 – nevhodně nastavená kamera
Zdroj: [19]

Další příklady protiopatření souvisejícími s asistenty řízení lze nalézt v tabulce 8 v [příloze 1](#).

Pasivní protiopatření

Jedná se o bezpečnostní prvky, které se aktivují v okamžiku nepřiměřeného nárazu. Deformační zóna, pásy, airbag, opěrka hlavy jsou typickými příklady. Deformační zóna pomáhá absorbovat a rozkládat síly vznikající při srážce dříve než jejich působení může ohrozit posádku vozidla [4].

Osvětlení vozidla může být dalším způsobem, jak dát o sobě vědět ostatním účastníkům provozu a snížit tak **IF1** – ostatní účastníci provozu.

Komunikace vozidel a kybernetická bezpečnost

- Komunikace V2X – Vehicle-to-everything (Vozidlo ke všemu)

Komunikační kanály uvnitř vozidla spolu s V2X jsou nezbytné pro zajištění funkčnosti a větší bezpečnosti autonomního vozidla. V2X komunikace dovoluje AVs vyměňovat/sdílet informace mezi sebou. Pojem zahrnuje V2V, V2I, V2P (Vehicle-to-Vehicle – vozidlo k vozidlu, Vehicle-to-Infrastructure – vozidlo k infrastruktuře, Vehicle-to-Pedestrian – vozidlo k chodci) [20].

Z druhé strany pohledu tento typ komunikace je zranitelný a nabízí možnost k mnoha útokům na AV. Prostředí pro útok se přirozeně rozšiřuje s množstvím komunikačních kanálů [20].

- Základní bezpečnostní požadavky na AVs, ITS (Inteligentní Transportní Systém) [21, 22]:

- 1) Autentizace/identifikace.

Uživatel, zdroj a lokace musí být autentická. Ověřování uživatelů má zabránit útokům falešných subjektů. Autentizace zdroje má zajistit, že data jsou generována legitimními entitami. Identifikace lokace zajišťuje integritu a relevanci obdržených informací. Jedná se o primární požadavek uvnitř AV k zajištění ochrany vnitřní sítě proti útokům (Sybil attack¹⁵, GNSS Spoofing¹⁶ a další – viz podrobněji dále) [4].

- 2) Dostupnost.

Výměna sdílených informací musí být dostupná a provedena v reálném čase. Jakékoliv zpoždění dává prostor pro útok a pozdější reakci systému. Požadavek na dostupnost je nezbytný pro zajištění bezpečnosti řidiče, posádky a vozidla. Autentizace, detekce a kryptografické řešení je ochrana proti těmto typům útokům (Jamming attack – útok rušením, Malware¹⁷, Spamming attack – spamový útok, Denial of service – odepření služby a další) [4].

- 3) Integrita dat/ochrana dat.

S obdrženými daty nesmí být v průběhu přenosu manipulováno. Musí tedy být neporušená a neměnná po celou dobu svého „existenčního“ cyklu. Útočníci by snadno mohli změnit data nebo dokonce vytvořit falešná data. Je tedy nutné zabezpečit šifrování komunikace a informací proti útokům (Masquerading attack¹⁸) [4].

- 4) Důvěryhodnost/soukromí.

Vyměněná data nesmí být předána neautorizovaným uživatelům. Citlivé informace v síti např. lokace AV, ITS zprávy, osobní údaje by měly být chráněny. Šifrováním

¹⁵ Typ tohoto útoku je pojmenován podle námětu knihy Sybil, případové studie ženy s diagnózou disociativní poruchy identity.

¹⁶ Akt maskování komunikace z neznámého zdroje, který se chová jako důvěryhodný zdroj.

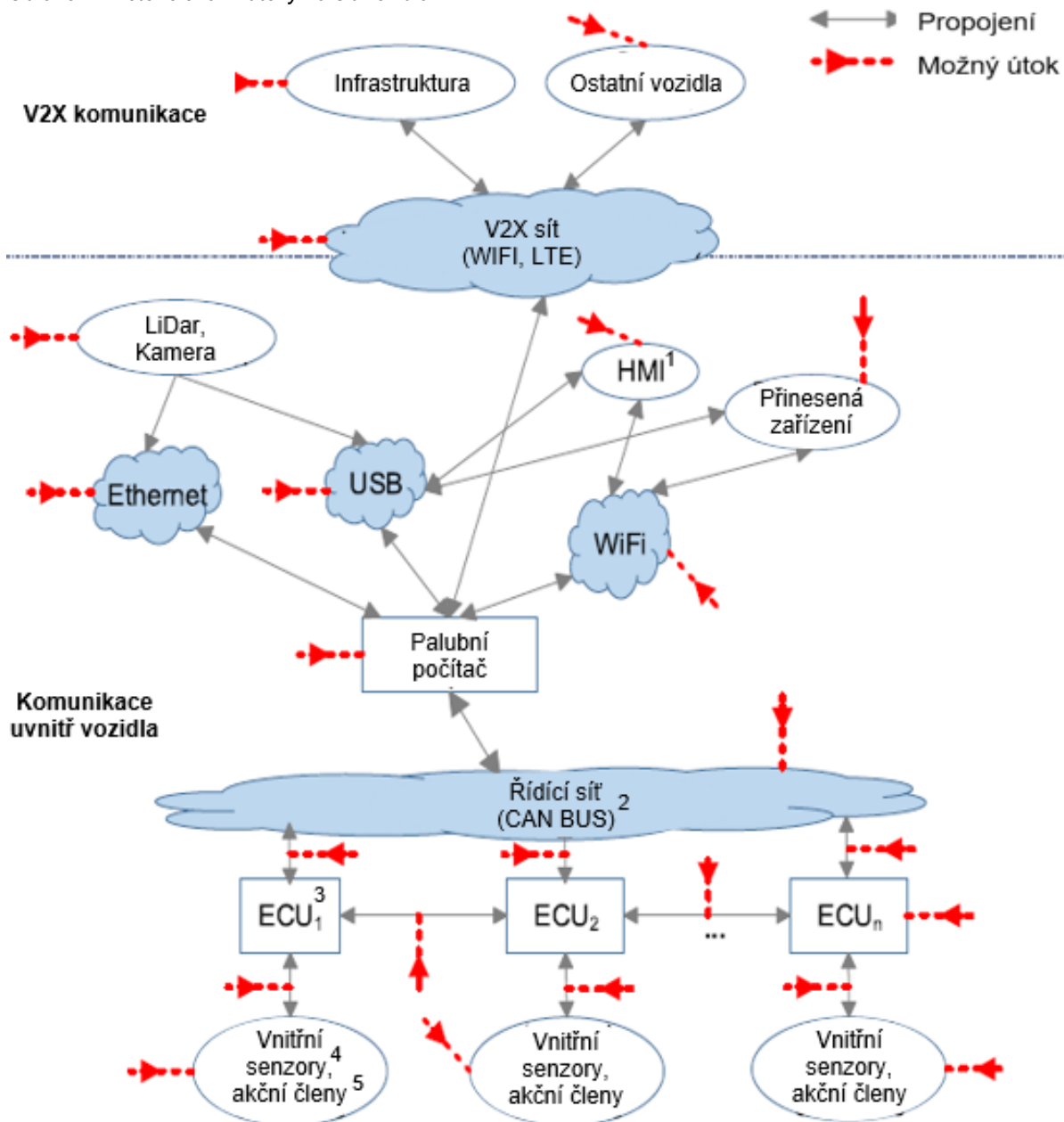
¹⁷ Škodlivý program určený k poškození nebo vniknutí do počítačového systému.

¹⁸ Předstírání, že je někdo, kdo není.

a zabezpečenou komunikací lze zabránit únikům informací a jejím následným zneužitím (Eavesdropping attack – odposlouchávací útok) [4].

Dle [23] existuje 6 typů útočníků: aktivní, pasivní, interní, externí, škodliví a racionální. Aktivní útočníci posílají škodlivé pakety, aby poškodili ostatní uzly v síti, zatímco pasivní útočníci často odposlouchávají komunikaci uvnitř sítě, aby získali užitečné informace. Externí útočníci nejsou obvykle autentizováni a jejich hlavním cílem je ohrožit důvěryhodnost a dostupnost systému. Vnitřní útočníci jsou součástí sítě a mohou se dopouštět jakéhokoliv útoku. Škodliví útočníci nehledají osobní prospěch, jejich cílem je ohrožit síť, zatímco racionální útočníci hledají svůj osobní prospěch. Jejich chování je cílené a předvídatelné [4].

Obrázek 7 Potencionální útoky na síť vozidla



Upraveno a přeloženo, zdroj [4] ¹HMI (Human Machine Interface) – rozhraní mezi člověkem a strojem; ²CAN BUS – datová sběrnice využívaná pro vzájemnou komunikaci funkčních jednotek v automobilu; ³ECU (Electronic Control Unit – elektronická řídicí jednotka) – řízení automobilových systémů (motor, brzdový systém); ⁴vnitřní senzory – Lambda sonda (snímač kyslíku ve výfukových plynech); ⁵akční člen – realizující převod vstupní (řídicí) veličiny na mechanický výstup.

Sybil attack

„Škodlivé“ vozidlo přenáší různé zprávy s více falešnými nebo odcizenými zdrojovými identitami do dalších uzlů (AV, RSU¹⁹). Ověřené uzly tak považují škodlivé

¹⁹ RSU (Road Side Unit – silniční jednotka) – zařízení umožňující komunikaci V2I.

zprávy za legitimní a nemohou detekovat skutečné identity útočníků [4]. Řešením je použití kryptografické technologie [24] a zvýšení zabezpečení autentizace [25]. Příkladem mohou být „Sybil“ vozidla na dálnici, která by za normálních okolností měla v případě zaznamenané nehody před sebou předat informaci dalším automobilům, aby je varovala. Ona to však neudělají [26].

GNSS Spoofing (GNSS mystifikace)

Falšují informace o poloze pomocí falešných signálů. Lze tomu předejít pomocí šifrovacích metod, autentizace lokace [27].

Jamming attack (útok rušením)

Vysílá rušivý signál, který narušuje komunikačního kanálu. Protiopatření zahrnují přepínání kanálů, frekvencí, více rádiových vysílačů a přijímačů [28].

Malware (škodlivý program)

Ohrožuje síťové nebo softwarové komponenty systému (AV, RSU) prostřednictvím invazivního SW (počítačové viry). Takovéto útoky lze zmírnit užitím anti-malware SW a firewallu [4].

Flooding attack (záplavový útok)

Brání komunikaci pomocí „zaplavení“ komunikačního kanálů velkým množstvím falešných zpráv generovanými falešnými uzly. Autentizace se používá k odrazení škodlivých uzlů, čímž se zabrání možnému útoku [4].

Spamming attack (spamový útok)

Hromadné zasílání nevyžádaných zpráv sítí, čímž se zvyšuje doba přenosu. Čelit těmto napadením lze vhodnými prvky autentizace a detekce [4].

Odepření služby (Denial of Service – DOS)

Cílem je zabránit legitimním subjektům v přístupu k síťovým službám. Příkladem jsou dva výše zmíněné útoky (Spamming attack, Flooding attack). Na útoku se může podílet větší množství počítačů. Projevem je neobvyklé zpomalení služby, nedostupnost, zpomalení počítače [4].

Masquerading attack (útok přestrojením)

Podvržená identita získá přístup k systému. Příkladem může být škodlivý uzel maskující se jako vozidlo záchranných složek. Ostatní vozidla jsou tak přesvědčena podvrženou identitou a začnou zpomalovat, případně změni svůj jízdní pruh, aby umožnila průjezd domnělé záchranné složky [4].

Map database poisoning attack (útok na databázi map)

Místní mapu lokality obsahuje dnes téměř každé vozidlo. Cílený útok pošle škodlivou zprávu a změní přesnost map. Opatřením je ověřit ji, detekovat a zablokovat informace z konkrétního uzlu [4].

Eavesdropping attack (odposlouchávací útok)

Je pokusem o krádež informací odposloucháváním síťové komunikace. Tento útok nemusí ovlivnit chod sítě a dostupnost informací. Cílem je odhalit citlivé informace (např. informace o poloze) [4].

3.3.3 Převzetí AV zpět řidičem

Klíčovým aspektem bezpečnosti je interakce mezi lidským řidičem a autonomní technologií. V určitých situacích a za určitých podmínek vozidlo může vyzvat řidiče, aby převzal řízení. Toto se týká automobilů s nižší úrovní autonomie (1., 2., 3.). Z pohledu vnitřních podmínek vozidla se jedná například o špatnou funkci senzorů. Záleží samozřejmě i na situaci v okolí automobilu, kdy se v blízkosti vozidla může nacházet velké množství chodců, zúžení dvou pruhů do jednoho atd. [29]. Někdy se jedná i o převzetí vozidla z vlastní iniciativy řidiče.

Z technického hlediska, nikoliv legislativního, by měl řidič být kdykoliv připraven převzít řízení. V automatizace jízdy úrovně 1 a 2 musí neustále řidič monitorovat vnější okolí (mít ruce na volantu a sledovat okolí). Úroveň 3 již nevyžaduje ruce na volantu za určitých podmínek (ODD) a řidič si může např. i číst. Stále však pro něj platí podmínka převzít řízení po vyzvání systémem.

Přirozeně se pak nabízí otázka, jak je bezpečné předat řízení automatizovaným systémem člověku, který se nevěnuje řízení. Cílem je tak zabezpečit, aby v této kritické situaci před odpojením automatizovaného systému měl člověk dostatek času reagovat a převzít kontrolu nad vozidlem [29].

Reakce pasažéra, který by za volantem usnul, by byly zcela jistě tristní. Z tohoto důvodu by mělo být uzákoněno, že se za volantem nižší úrovně autonomie nesmí spát. O dodržování této podmínky by se měl postarat sledovací systém vozidla.

Dle studie [17] se rovněž reakce k převzetí AV prodlužují s dobou vlastnění tohoto typu vozidla. Člověk se stane zkrátka méně ostražitý. Společnost Waymo uvádí, že v roce 2018 v Kalifornii došlo k odpojení automatizovaného systému s četností 0,09 na 1000 mil (1609 km) tedy jednou za ujetých 17 730 km [30]. Oproti tomu Mercedes Benz měl četnost 682 odpojení systému na 1000 mil (1609 km) a došlo k němu každých 2,4 km [31]. Nejčastějšími důvody pro převzetí ovládání vozidla člověkem u společnosti Waymo a Mercedes Benz jsou: selhání HW, SW (56,1 %) – iniciováno řidičem 26,57 %, struktura a stav vozovky – dopravní značení (9,98 %) [17].

V [příloze 2](#) je uvedena tabulka 9, ukazující příklady reakcí člověka, a to k přechodu z automatizovaného režimu na manuální za různých situacích (na simulátoru). Samozřejmě záleží na typu komunikace, věku řidiče a dalších parametrech.

3.3.4 Srovnání automatizovaného systému a člověka

Autonomní vozidla, potažmo automobily s asistenčními systémy, jsou schopna reagovat rychleji než člověk. Reakční doba řidiče dle American Association of State Highway and Transportation Officials²⁰ (AASHTO) je 2,5 sekundy oproti 0,5 sekundy automatizovaného systému [11]. Besip uvádí [32] 2 sekundy. Reakční doba řidiče²¹ se skládá z optické reakce, psychické reakce a svalové reakce [33]. Samozřejmě záleží také na odezvě vozidla (prodleva brzd, náběh brzd), která se obvykle ve výzkumech neuvádí, neboť může docházet k odchýlkám u jednotlivých výrobců.

Jako příklad (viz tabulka 2) lze uvést srovnání tří metod brzdění dle studie [34]. Příklad jedna (1) uvádí situaci, kdy brzdí pouze člověk. V příkladu dva (2) brzdí automatizovaný systém. Příklad tři (3) uvažuje samořídící vozidlo společnosti Google, které se pohybuje v autonomním režimu do té doby, než dojde k manuálnímu převzetí řízení. V tabulce 2 jsou uvedeny reakční časy a dráha ujetá za dobu rozhodování, a to při rychlosti 100 km/h (27,8 m/s).

²⁰ Americká asociace zástupců státních silnic a dopravy.

²¹ Reakční doba řidiče je však stále otázkou výzkumu.

Tabulka 2 Srovnání reakcí systémů

Příklad	1		2		3	
Jednotky	s	m	s	m	s	m
Horní mez	3,5 ¹	97,3	0,2	5,56	5,2	145
Dolní mez	1,3	36,1	0,011	0,306	2,62	72,8

Upraveno a přeloženo, zdroj [34] ¹Představuje velmi nesoustředěného řidiče.

Nejlépe vychází příklad (2). Je to způsobeno vysokou rychlostí počítačů ve srovnání s člověkem. Nejhuře vychází příklad (3), což je způsobeno procesem, kdy člověk nebo vozidlo vidí hrozící nebezpečí, automobil autonomně reaguje, řidič nesouhlasí s reakcí a rozhoduje se, zda má aktivovat manuální režim. Po aktivaci manuálního režimu začne brzdit. Tento příklad lze samozřejmě brát v úvahu pro úroveň 1, 2, 3 autonomního řízení, kdy řidič má povinnost monitorovat prostředí (úroveň 1, 2) a být kdykoliv připraven převzít řízení (úroveň 1, 2, 3) [34].

Je dobré si povšimnout, že nejhorší případ (horní mez) příkladu 3 je zcela nejhorší ze všech typů brzdění [34].

3.3.5 Dopravní značení

Dopravní značení s rozvojem AVs zcela jistě projde proměnou [7]. Značky a informace o aktuální dopravní situaci se přesunou do zabezpečeného úložiště prostorové mapy. Tato situace nenastane samozřejmě ihned, ale postupně. S postupným rozšířením AVs bude třeba vybavit dynamické signalizační zařízení moduly, které pomocí ITS (inteligentního transportního systému) umožní zobrazovat informace uvnitř vozidla případně mu informace přímo předávat, aby na ně mohlo reagovat. AV totiž rozeznává hůře dynamické signalizace oproti statickému dopravnímu značení. Bude třeba vytvořit katalog silnic a oblastí umožňujících provoz AVs [7].

3.3.6 Mapové podklady

Pro zvýšení bezpečnosti je nutné vytvořit kvalitní prostorová data, která by zahrnovala výšku chodníků, přesné umístění světelného signalizačního zařízení atd. Předpokládá se, že vozidla úroveň 4 a 5 by mohla mapy vytvářet, aktualizovat a stát se tak validátory dat [7]. V tomto okamžiku, kdy vozidla mají svoji mapu a kdy spolu komunikují, přesně tedy vědí, kdy a kde se co děje, a jejich provoz může být bezpečný a předvídatelný. Otázkou pro takto pojaté řešení mohou být dočasné uzavírky, opravy dopravní infrastruktury atd.

Velice důležité je zmínit, že dle akčního plánu mobility Ministerstva dopravy ČR je třeba na společných otázkách dopravního značení, mapových podkladů, bezpečnosti a vytvoření určitého standardu, normy diskutovat na úrovni mezinárodní [7].

Je nutné AVs vybavit tzv. černou skříňku, kam by se ukládala data, včetně audiovizuálního záznamu pro případnou analýzu nehody.

3.3.7 Acoustic Vehicle Alerting system (Akustický varovný systém vozidla)

Dle nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č.540/2014 musí nově vyrobené hybridní nebo elektrické vozidlo obsahovat zvukové upozornění, které má varovat ostatní účastníky provozu o své přítomnosti. Automaticky vydává zvuk do rychlosti 20 km/h a při zpětném chodu. Zařízení by mělo disponovat tlačítkem pro vypnutí tohoto systému. Po opětovném nastartování vozidla se však tento systém automaticky opět spustí.

3.3.8 Dooring (zábrana vzniku poranění při otevírání dveří)

Tento pojem nemá český ekvivalent. Jedná se o situaci, kdy řidič vozidla zastaví, vystupuje z vozidla, aniž by se rozhlédl, a do jeho otevřených dveří narazí cyklista.

Je odhadováno, že až pětinu zranění cyklistů tvoří tzv. dooring. Pokud budeme uvažovat automobil s levostranným řízením, řidič obvykle otevírá dveře přímo levou rukou. Jako ochrana proti srážce dveří s cyklisty je doporučeno dát pravou ruku (tu vzdálenější) na kliku dveří. To umožní lehkou rotaci trupu směrem doleva a následné pootočení hlavy pohledem za rameno. Pokud je cesta volná, může otevřít dveře [35].

Společnost Tesla uvažuje o detekování cyklistů boční kamerou. Pokud by cyklisté projížděli, vozidlo by nedovolilo otevřít dveře [36]. Je otázkou, zda toto řešení je splnitelné v praxi, neboť v některých zemích je natolik vysoká intenzita průjezdu cyklistů, že by řidiči bylo zabráněno vystoupit z vozidla po delší dobu. Smysluplnější je spíše optické varování na zpětném zrcátku případně zvuková upozornění signalizující přítomnost cyklisty.

AVs by měla být také vybavena tlačítkem pro nouzové zastavení. Jejich přední kapota by měla obsahovat signalizační zařízení naznačující možnost chodcům přejít přes přechod.

3.4 Dopravní provoz

Velký počet vozidel v městských oblastech způsobuje kongesce a zvyšuje tak čas strávený cestováním. V souvislosti s touto situací je také problémem doprava v klidu. Automobily vybavené spalovacími motory rovněž produkují emise, které negativně ovlivňují životní prostředí a kvalitu lidského života.

AVs mohou zlepšit mobilitu mladistvých, seniorů a osob se sníženou pohyblivostí [37]. Samořízená vozidla mohou přinést úsporu času produktivními činnostmi během cestování, méně emisí, menší spotřebu paliva, ale také úsporu v počtu parkovacích míst [38]. Předpokládá se také, že AVs zvýší bezpečnost provozu [11]. Mnoho studií tvrdí, že dojde ke zvýšení počtu kilometrů ujetých jedním vozidlem. Zvýšená poptávka po tomto novém typu dopravy tak povede ke vzniku kongescí [39]. Na druhou stranu kongesce lze redukovat systémem sdílené dopravy pomocí sdílených jízd, kdy vozidlo během své cesty může přibrat další cestující mající stejný cíl (MoD with ridesharing²²) [40].

V následujících podkapitolách bude popsán vývoj mobility s příslušnými benefity a negativy. Další část této rešerše je zaměřena na problém týkající se plynulosti provozu, souvisejících kongescí a vlivem AVs na tuto problematiku. Je zde uveden konkrétní příklad dopravní studie Prahy z hlediska budoucí mobility. Také zde je probrán vliv AVs na zvýšení bezpečnosti, úspory způsobené provozem autonomních vozidel a náklady spojené s AVs.

3.4.1 Stádia vývoje mobility

Společnost Deloitte představila budoucnost mobility [41]. Podle této studie dojde k postupným změnám v jednotlivých odvětvích souvisejících s automobilovým průmyslem. Změny se objeví nerovnoměrně napříč geografickými a demografickými podmínkami a s postupem času se budou vyvíjet. Níže jsou uvedeny 4 scénáře adopce budoucí mobility. Je pravděpodobné, že následující 4 scénáře (jejich stádia) budou existovat společně.

²² MoD – Mobility on Demand (mobilita na vyžádání). Jedná se o službu, která zahrnuje sdílení vozidel (carsharing), sdílení jízd (ridesharing), bicyklů (bikesharing) a další. Aplikace v telefonu pro dosažení cílové destinace může využít kombinaci výše zmíněných typů přepravy.

Carsharing: Sdílí se vozidlo. Uživatel na ulici pomocí aplikace v telefonu zaplatí za využití vozidla (Uniqway). Ridesharing: 1) Společnosti nabízející levnější alternativu k taxislužbě (Uber). 2) Systém sdílení jízd. Řidič/vozdlo během své cesty k cílové destinaci obslouží další cestující.

- Stádium 1: Postupná změna

Nejkonzervativnější vize budoucnosti klade důraz na svá aktiva svázaná s dnešním systémem. Převedení velkého množství kapitálu do nových podniků soustředujících se na vývoj a výrobu nových technologií může mít nejistou finanční návratnost. Lidé považují mít vlastní automobil za atraktivní. Nepředpokládá se, že autonomní řízení se stane v krátkodobém horizontu rozšířené [41].

Automobilky investují do nových výrobních linek se zvyšující se úrovní robotizace (automatizace), která je společně s digitalizací součástí průmyslu 4.0.

- Stádium 2: Sdílení vozidel

Toto stádium počítá s expanzí sdílených vozidel (např. Uniqway, HoppyGo) nebo sdílených jízd (např. Uber, Bolt). Pasažéři oceňují pohodlí transportu z bodu A do bodu B, kdy při využití služeb sdílených jízd nemusí hledat místo pro parkování, nemusí se soustředit na řízení vozidla v provozu apod. Plusem je rovněž zlepšená mobilita starších občanů, zvýhodnění nízkopříjmových rodin a mladistvých bez řidičského oprávnění [41].

V tomto stádiu se očekává pokles ceny nákladů na 1 km. Někteří vnímají tuto jízdu jako pohodlnější, ekonomickou, a především jako možnost, jak se v městském provozu obejít bez vlastnění automobilu. Domácnosti by tak mohly začít snižovat počet vozidel, případně opustit od jejich vlastnictví úplně [41].

- Stádium 3: Revoluce – vozidla bez řidičů

Technologie autonomního řízení je bezpečná, pohodlná a hospodárná. Stále však převládá soukromé vlastnictví vozidel. Technologické a automobilové společnosti investují do V2X komunikace. Segment trhu může nabídnout technicky vyspělejší vozidla, která jsou po konstrukční a designové stránce odlišná od dnešní reality. Spíše jedinci vyhledávají tuto technologii pro její bezpečnost a další výhody [41].

- Stádium 4: Nová éra dostupné mobility

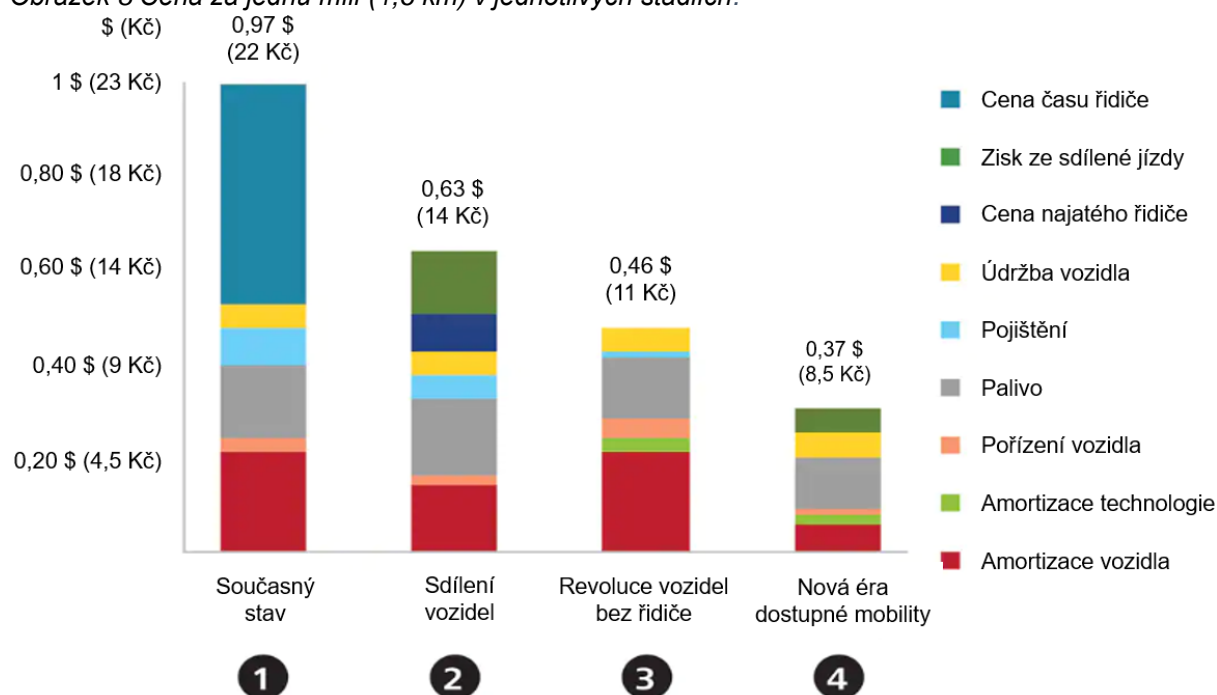
Autonomní automobily spolu s jejich sdílením se stávají trendem. Prvními osvojiteli jsou dojíždějící z městské části. Pomocí rozšiřování inteligentní dopravní infrastruktury dojde k rozšíření do příměstských oblastí. Díky komunikačním technologiím je snadné si objednat vyzvednutí vozidlem bez řidiče, pohybovat se bezpečně a hospodárně [41].

Automobil má možnost vybrat tu nejlepší trasu a v reálném čase ji upravovat v případě kongesce díky informacím od ostatních vozidel, případně dopravní infrastruktury.

Je možné, že některá stádia se budou vzájemně prolínat, případně dojde k přeskočení některých stádií. Tradiční výrobci vozidel budou postupně přecházet na vyšší stupně autonomie, kdežto společnosti soustřeďující se na přepravu osob, nákladu (Waymo) se budou snažit představit 4. případně 5. úroveň autonomního řízení [42].

Obrázek 8 představuje vývoj nákladů na 1 míli (1,6 km) v jednotlivých etapách [41].

Obrázek 8 Cena za jednu míli (1,6 km) v jednotlivých stádiích.



Upraveno a přeloženo, zdroj [41]

3.4.2 Snížení stresu, zvýšení produktivity a mobility

AVs mohou snížit stres způsobený řízením, zahnat nudu posádky a zvýšit produktivitu práce. Mohou se stát ložnicemi, hernami, mobilními kancelářemi dovolujícími pasažérovi být produktivní nebo odpočívat během cesty, jak je znázorněno na obrázku 9 [43]. Mnoho lidí by již v současné době ocenilo si během jízdy do zaměstnání vyřídit pracovní korespondenci, pracovat a mít tak fyzicky strávený čas v práci kratší.

Obrázek 9 Komfortní cestování



Zdroj: [3]

Bohužel výše zmíněná pozitiva autonomních vozidel pravděpodobně nebudou tak idylická, jak mohou vypadat. Pro vlastní bezpečí by měli být pasažéři připoutáni [3]. Zatím je nepředstavitelné jet po dálnici vysokou rychlostí a nebýt připoután – ani to není legislativně možné. Je však pravděpodobné, že s většinovým podílem AV se toto může změnit, alespoň v městských částech při menších rychlostech. Autor [44] navíc tvrdí, že produktivita práce v AVs může být značně omezená ze tří důvodů. Za prvé: snížený komfort v důsledku bezpečnostních regulací (vliv na tvar vozidla), nepohodlím při rozjezdech a brzdění. Za druhé: sdílení vozidla s dalším účastníkem může vést k rozptýlení od pracovních činností. Za třetí: za nejčastější aktivity v dopravních prostředcích je považováno sledování krajiny, komunikace s ostatními cestujícími a snění.

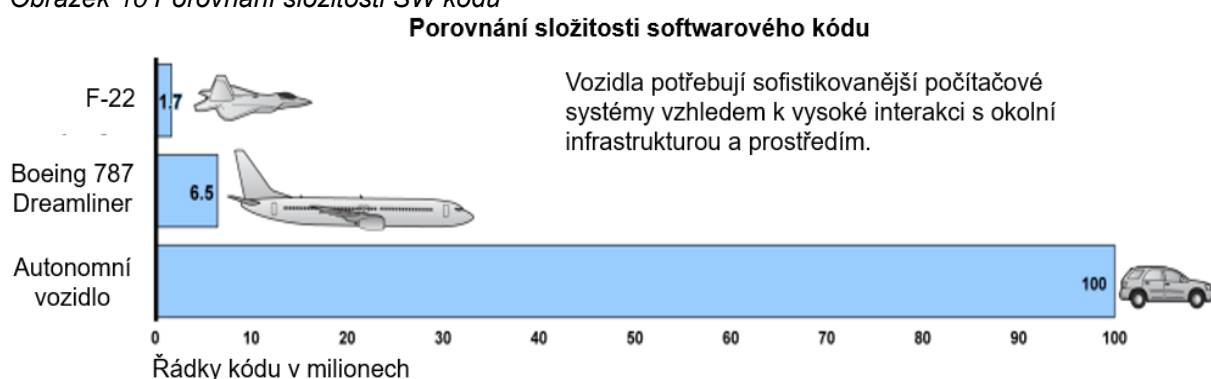
Z jiného úhlu pohledu však mohou AVs představovat stres a diskomfort. Sdílená samořízená vozidla v systému sdílených jízd AVs (vozidlo během cesty může obsloužit více zákazníků, kteří mají společnou cestu) budou muset mít interiér přizpůsobený snadnému čištění (vinylová sedadla, nerezové povrchy apod.). Uvnitř se budou nacházet bezpečnostní kamery monitorující prostor. Sdílení jízdy s jiným náhodným uživatelem mohou vyvolat pocit snížení bezpečí či pohodlí. Každé nastoupení a vystoupení pasažéra rovněž způsobí zdržení. Může se stát, že vozidlo nebude moci dojet do zvolené destinace z důvodu špatného počasí nebo ztráty GPS signálu,

případně nedostupnosti speciální mapy. Tyto okolnosti mohou vyvolat u cestujících stres vyplývající z obavy pozdního příchodu na domluvená jednání [45].

Dle [3, 46] současné technologie dovolují AV operovat v 90 % různých podmínkách. Dosáhnout však úspěšnosti v dojezdu do cíle v 99 % (vozidlo nedojede k cílové destinaci v 1 % – 10x za rok pro typického motoristu) může být značně složité a dosáhnout 99,9 % ještě více.

Pohyb AVs na veřejných komunikacích je totiž značně složitý (komplikovanost softwarového kódu AV znázorňuje obrázek 10) kvůli interakcím s ostatními a někdy nepředvídatelnými objekty zahrnující klasická vozidla, osoby, cyklisty, zvířata, poruchy v kvalitě dopravní infrastruktury apod. Vytvořit vhodný software pro vyhodnocování těchto situací je náročné a drahé [3]. Je třeba tyto systémy ověřit na testovacím polygonu nebo ideálně v reálném provozu, kdy za volantem bude sedět člověk připravený kdykoliv převzít řízení.

Obrázek 10 Porovnání složitosti SW kódu



Upraveno a přeloženo, zdroj [47]

- **Mobilita, typy AV**

Autonomní vozidla změní charakter cestování. Zlepší mobilitu pro děti a mladistvé, seniory a osoby se sníženou mobilitou [48]. V USA je 49 milionů Američanů starších 65 let a 53 milionů osob s omezenou pohyblivostí [49]. Nový druh této mobility má možnost starší lidi opět zapojit do běžného života, přinést jim pracovní příležitosti. A dále ušetřit až 19 miliard dolarů při nevyhledání lékařské péče včas a z toho vyplývající zvýšené náklady spojené s následnou péčí [50]. Další pokles výdajů lze předpokládat u nehod zapříčiněných zhoršeným zdravotním stavem řidičů (např. poruchy zraku nebo pomalejší reakce apod.).

Autonomní taxi budou levnější (kapitola 3.4.12) než člověkem řízené taxi, avšak nemusí nabídnout takový komfort (kapitola 3.4.2). Také zde nebude žádný řidič, který by pomohl se zavazadly nebo s doprovodem osoby se sníženou mobilitou. Za takových podmínek dá pravděpodobně zákazník přednost vlastnímu vozidlu, případně lidskému řidiči s vozidlem bez ohledu na vyšší cenu [3]. Neznamená to však nezbytně nutně, že automobil bude řídit člověk, v AV se může nacházet pouze osoba pomáhající lidem se sníženou mobilitou jako nabízená služba. Tabulka 3 shrnuje typy nabízených AVs, jejich výhody, nevýhody a zacílení na vhodného uživatele.

Tabulka 3 Typy AVs

Typ AV	Výhody	Nevýhody	Vhodný uživatel
Osobní autonomní vozidlo	Vysoký komfort. Vždy dostupné. Uživatel zde může ponechat osobní věci. Společenský status.	Vysoká cena. Nedovoluje si vybrat odlišná vozidla pro různé příležitosti.	Uživatel, který hodně cestuje a chce vlastní vozidlo. Dbá na soukromí.
Sdílené autonomní vozidlo - samořídící taxi transportující jednotlivce nebo skupinu do cílové destinace.	Uživatelé si mohou vybrat vozidlo přesně dle svých potřeb.	Zákazník musí čekat na vozidlo. Interiér může být špinavý.	Nižší roční počet najetých kilometrů (méně než 10 000 km). Obyvatelé města.
Sdílené autonomní vozidlo nabízející sdílené jízdy - během trasy mohou přistoupit další pasažéři se stejnou cílovou destinací.	Nejnižší cena. Minimalizace kongescí, dopravních nehod, emisí.	Nejméně pohodlí, delší dojezdový čas.	Nízkopříjmová skupina. Obyvatelé města.

Upraveno a přeloženo, zdroj [3]

3.4.3 Kongesce a plynulost provozu

AVs mají možnost snížit kongesce a spotřebu paliva. AVs mohou snímat jedoucí vozidlo před sebou a monitorovat tak brzdění a akceleraci. To umožní plynulejší provoz, úsporu paliva, snížení emisí a také menší opotřebení brzd. Předpokládá se, že AVs budou tak projíždět efektivněji křižovatkou (menší rozestupy mezi vozidly, rychlejší reakce, vyšší rychlost), vybírat vhodnou trasu a v reálném čase ji dle potřeby upravovat [48].

Výše zmíněné výhody předpokládají kromě samoříděných vozidel také nutnost komunikace (V2V, V2I) – viz také experiment s adaptivním tempomatem níže (kapitola 3.4.4.).

Pokud by AVs jezdila s malými rozestupy mezi sebou, zvýšila by se razantně kapacita dálniční sítě při zachování stávajícího počtu dopravních pruhů. Dle autorů [51] a [52] se očekává, že při způsobu kooperace – CACC²³ (Cooperative Adaptive Cruise Control) by při 10%, 50% a 90% zastoupení těchto vozidel zvýšilo efektivitu využití kapacity silnice o 10 %, 21 % a 80 % [52]. Při plynulém provozu a konstantních rychlostech bude znám přesný odhad času dosažení cílové destinace. Podobně pozitivní efekt se projeví na světelných křižovatkách, kdy více vozidel bude moci projet díky malým rozestupům a rychlejší reakci [48].

Za mnoha okolností však autonomní vozidla mohou zapříčinit kongesce, se zvýšenou spotřebou energie a produkcí emisí. Jedná se o situace, kdy budou striktně dodržovat dopravní předpisy a maximalizovat opatrnost (optimální vzdálenost mezi vozidly, snížení rychlosti), což povede ke zpoždění. Pro zvýšení komfortu pasažér může zvolit ve vozidle režim pozvolné akcelerace a decelerace [53].

Bez regulace těchto vozidel, například poplatky za využívání silnic, může dojít ke značnému zvýhodnění (komfort, rychlost, bezpečnost, dostupnost AVs) sdílených/soukromých AVs a pravděpodobně dojde ke zvýšení ujeté vzdálenosti jedním automobilem oproti dnešku [3]. Lidé tak mohou preferovat využívání těchto vozidel oproti klasické městské dopravě. Výsledkem může být opět zvýšení výskytu kongescí a v krajních případech omezení dopravních linek veřejné dopravy.

Mnoho benefitů nové dopravy bude záležet na tom, jak autonomní vozidla ovlivní celkový počet ujetých kilometrů [39].

3.4.4 Plynulost dopravního proudu u současných vozidel s asistenčními systémy

Pan doc. Ing. Zdeněk Hurák Ph.D. z katedry řídicích systémů, Fakulty elektrotechnické, ČVUT provedl experiment vlivu adaptivního tempomatu (ACC) na plynulost provozu. Dvanáct dobrovolníků s vlastními vozy se seřadilo za sebou se zapnutou funkcí ACC [54].

Vedoucí vozidlo se rozjelo na 60 km/h, poté zpomalilo na 50 km/h a opět zrychlilo na 60 km/h. Ostatní vozidla měla nastavené ACC na 80 km/h. Na základě pozorování

²³ CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control – Kooperativní adaptivní tempomat předpokládá propojení vozidel pomocí V2V a na základě jejich komunikace udržuje přesné vzdálenosti mezi vozidly a rychleji může reagovat na změny v rychlosti [52].

poslední automobil zpomalil na rychlost 30 km/h, poté akceleroval k 80 km/h a pak se vrátil na rychlost jedoucí kolony (60 km/h). Palubní počítač si totiž měří svoji vlastní rychlost automobilu a vzdálenost k předcházejícímu vozidlu. Při zpomalení předcházejícího vozidla automobil zpomalí a přičte bezpečnostní rezervu. Tento efekt se nazývá řetězová nestabilita a výsledkem bylo, že se kolona z 300 metrů roztáhla na 350 m [54]. Cílem bylo poukázat na neschopnost tohoto ACC systému předvídat a rozpoznávat brzdící efekt předchozího vozidla nebo dokonce více vozů vpředu. Zvýšení plynulosti provozu a předvídavosti vozidel může přinést V2V komunikace [54]. Graf z měření (obrázek 15) se nachází v [příloze 3](#).

3.4.5 Počet ujetých kilometrů vozidlem (VKT – Vehicle Kilometers Traveled)

Autonomní vozidla pravděpodobně zvýší ujeté kilometry neřidiči (tj. lidé se sníženou mobilitou, děti a mladiství). Tito představují 10-30% požadavků na přepravu. Mají relativně malo najetých kilometrů a jsou často přepravováni svými blízkými, takže by zvýšili pouze lehce celkovou ujetou vzdálenost [3]. Autoři [55] nicméně očekávají, že celkový počet vozidel využívaných neřidiči se může zvýšit až o 11 %.

Autoři [56] předpokládají, že autonomní vozidla zvýší ujetou vzdálenost přepočtenou na jedno vozidlo o 3-9 % v roce 2035. Zdroj [57] tvrdí, že většina domácností upřednostňuje čas než spotřebu a cenu paliva ve vztahu k dopravě. Proto se předpokládá, že AV zvýší průměrné cestování domácností o 2-47 %, zejména u vysoce příjmových skupin.

Nicméně nad benefity autonomních vozidel mohou převážit negativní dopady vyššího VKT. Pokud by došlo ke zdvojnásobení VKT, snížila by se nehodovost o 90% a s tím související zpoždění o 80 % [48]. Je však možné, že tímto dojde ke zvýšení kongescí. Na druhou stranu vozidla by měla být schopna komunikovat s inteligentní infrastrukturou, být schopna rychlejších reakcí a udržovat menší rozestupy mezi vozidly [48]. Navíc FHWA²⁴ (Federal Highway Administration) odhaduje, že 25 % kongescí je způsobeno dopravními nehodami [58]. Tento parametr může redukovat případně odstranit zvýšený kilometrový proběh vozidel. Úsporu najetých kilometrů rovněž může přinést nevyhledávání míst pro zaparkování, neboť AV nás vysadí na požadovaném místě a poté pojedou k dalšímu zákazníkovi, případně může zaparkovat

²⁴ Federální správa dálnic USA

na odstavném parkovišti. A díky V2I komunikaci bude přesně vědět, kde se nachází prázdné parkovací stání.

Vše tedy záleží na tom, kolik VKT bude realizováno spolu se strategickým řízením (např. zpoplatnění úseků s vysokou hustotou dopravy) [48]. Lze si představit situaci, kdy většina AVs vzhledem k nejrychlejší cestě by využívala ke zkrácení např. tunel. Došlo by tak ke kongesci. Situaci by mohlo vyřešit zpoplatnění průjezdu tunelem, aby někteří zákazníci dali přednost levnější a jen o 5 minut delší objízdě trase.

Tabulka 4 představuje parametry ovlivňující VKT.

Tabulka 4 Vliv AVs na celkovou ujetou vzdálenost.

Zvyšuje cestování	Snižuje cestování
<p>Cestující neřidiči.</p> <p>Zvýšené pohodlí a možnost pracovat během řízení.</p> <p>Volné cesty při jízdách mezi výstupem a nástupem pasažérů.</p> <p>Snížená kongesce a cena za využití vozidla.</p>	<p>Služba sdílených vozidel umožňuje redukovat počet automobilů v domácnostech a tím počet kilometrů.</p> <p>Samořídící autobusy mohou vylepšit přepravní služby.</p> <p>Redukce v počtu parkovacích míst zvýší atraktivitu oblasti (více zeleně).</p> <p>Sníží se počet ujetých kilometrů kvůli nevyhledávání parkovacího místa.</p>

Upraveno a přeloženo, zdroj [3] Samořídící vozidla mohou ovlivňovat celkovou ujetou vzdálenost v různých směrech.

Jistým opatřením ke snížení VKT může být systém sdílených jízd.

3.4.6 Vliv sdílených jízd na MoD (Mod – Mobility on Demand²⁵)

V hustě obydlených městech je použití soukromých vozidel pro osobní dopravu neudržitelné vzhledem k vysokým požadavkům na parkování a kapacitu silnic. Alternativou může být mobilita na vyžádání (MoD). Tento systém se skládá z vozového parku umožňujícího jednosměrnou cestu z bodu do bodu. Jedno vozidlo může být během dne využito více lidmi. Tímto lze snížit celkový počet vozů a počet parkovacích míst [40].

Povede to však ke zvýšení počtu ujetých kilometrů těmito vozidly. Automobil, ze kterého vystoupí zákazník, se totiž musí přemístit k dalšímu zákazníkovi a část cesty jede tedy neobsazený (až 38 % cest je „prázdných“) [59]. Pro příklad lze uvést

²⁵ Mobilita na vyžádání.

studii v Praze, která indikuje, že tyto neobsazené jízdy mohou přidat více než 30 % dopravy (VKT) do systému a mohou zapříčiňovat vznik kongescí [40].

To lze však zredukovat, pokud by více lidí majících společný cíl cestovalo v jednom vozidle. Tito lidé by mohli nastupovat/vystupovat v průběhu trasy [40].

Simulace předpokládá nahrazení všech osobních vozidel padesáti tisíci sdílenými automobily [40].

Tabulka 5 Porovnání současného stavu, MoD, MoD sdílených jízd.

	Současnost	MoD	MoD sdílení jízd ¹
Celková ujetá vzdálenost vozidly (km)	940 645	1 586 495	560 875
Průměrná ujetá vzdálenost/vozidlo (km)	18,1	30,5	10,8
Průměrná hustota (vozidel/km)	0,008	0,0101	0,0052
Počet kongescí	14	55	4
Počet přetížených úseků	208	551	35

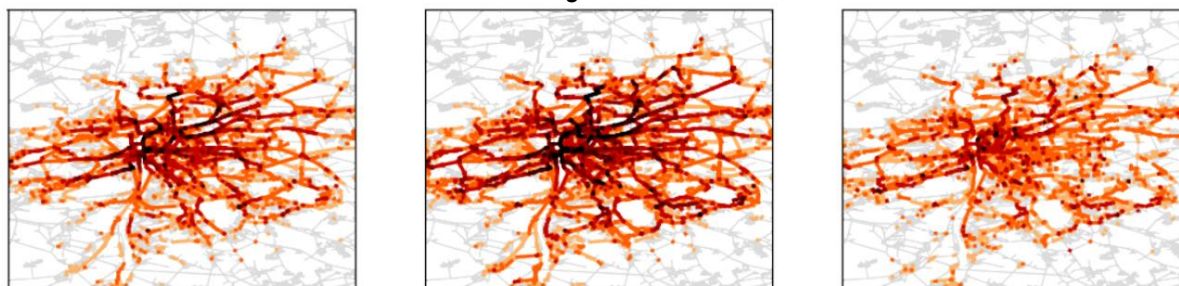
Upraveno a přeloženo, zdroj [40] ¹AV na trase z bodu A do bodu B obslouží více cestujících majících stejnou cestu.

Výsledky simulace v ranní špičce (07:00 – 08:00) při sdílené mobilitě (čtvrtý sloupec tabulky 5) pro Prahu ukazují, že doba dojezdu do cílové destinace by se zvýšila maximálně o 10 minut a průměrný počet přepravovaných osob jedním vozidlem by vzrostl na 2,74 (MoD 0,7 bez sdílených jízd). Celková ujetá vzdálenost při sdílených jízdách by klesla na 35 % vzdálenosti ujeté při MoD bez sdílených jízd a na 60 % ujeté vzdálenosti soukromými vozidly. MoD bez sdílených jízd naopak zvýší počet ujetých kilometrů vozidlem, hustotu a kongesce [40].

Důležité je také rozmístění AVs, tzv. rebalancování, aby byl správný počet vozidel v předměstských oblastech a v centru města. Ráno totiž vzniká požadavek na dopravu do práce a prázdná AVs by jela do předměstských oblastí. To by pravděpodobně opět způsobilo kongesce. Proto je třeba, aby se neustále určitý počet vozidel nacházel v těchto oblastech [59]. Rovněž se může stát, že se zavedením AVs dojde k četnějšímu přemísťování osob z center měst na okraj.

Obrázek 11 představuje grafické porovnání vycházející z tabulky 5. Při využití MoD bez sdílených jízd dochází kvůli zvýšenému kilometrovému proběhu (VKT) ke zhoršení dopravy oproti současnému stavu. Přibylo přetížených úseků a kongescí (znázorněno černou barvou). Nejlepším případem je MoD sdílení jízd, která vykazuje nižší VKT, počet kongescí a méně přetížených úseků.

Obrázek 11 Porovnání vlivu MoD na tvorbu kongescí



Současný stav

MoD

MoD sdílené jízdy

Přeloženo, zdroj [40]

3.4.7 Úspora paliva, snížení produkce emisí

Zdroj [60] očekává, že 20% redukcí v akceleraci a deceleraci (rozumí se plynulý rozjezd a brzdění) se může snížit spotřeba paliva o 5 % a s tím souvisí pokles produkce emisí. Další úspora spočívá v inteligentním parkování, kdy vozidlo bude mít informaci od příslušné infrastruktury a nebude tak muset hledat volné parkovací místo. Úsporu paliva také přinese tzv. platooning neboli jízda v konvoji viz kapitola 3.4.10 [48].

3.4.8 Úspora času

Američané stráví zpožděním v kolonách 6,9 miliard hodin (2014). Tento čas zvyšuje spotřebu paliva, emise a zkracuje čas strávený s rodinou [49]. Nedávná studie ukázala, že AVs by mohla uspořit 50 minut uživatelům, kteří by během cesty pracovali nebo odpočívali [61]. Úspora času přinese velké benefity v nákladní dopravě (kapitola 3.4.10).

3.4.9 Redukce parkovacích míst

AV mohou snížit cenu za parkování, kdy nemusí parkovat přímo v centru města, v ulicích, které jsou přeplněné, ale např. na záchytných levnějších parkovištích. Uvolněné plochy by se mohly využít k vybudování parků a k ochlazení města. Zákazníci však budou požadovat, aby automobil byl k dispozici v řádu minut. To bude vyžadovat, aby AVs byla neustále v pohybu, což opět může zvýšit výskyt počtu kongescí a počet kilometrů ujetých vozidlem oproti dnešní situaci.

3.4.10 Autonomní nákladní doprava

Pro nákladní dopravu budou mít autonomní vozidla obrovský význam. Cílem je vždy doručit zboží v co nejkratším čase a ideálně co nejlevněji. Řidiči musí dodržovat povinné bezpečnostní přestávky, kdežto řídicí systém nemusí „spát a odpočívat“. Absence řidiče a dříve dovezené zboží se projeví nejen na snížení nákladů dopravy,

ale i na ceně pro zákazníka. Vedlejším bonusem může být zvýšená čerstvost a kvalita potravin. Zcela jistě by tento nový způsob dopravy mohl vyřešit nedostatek řidičů.

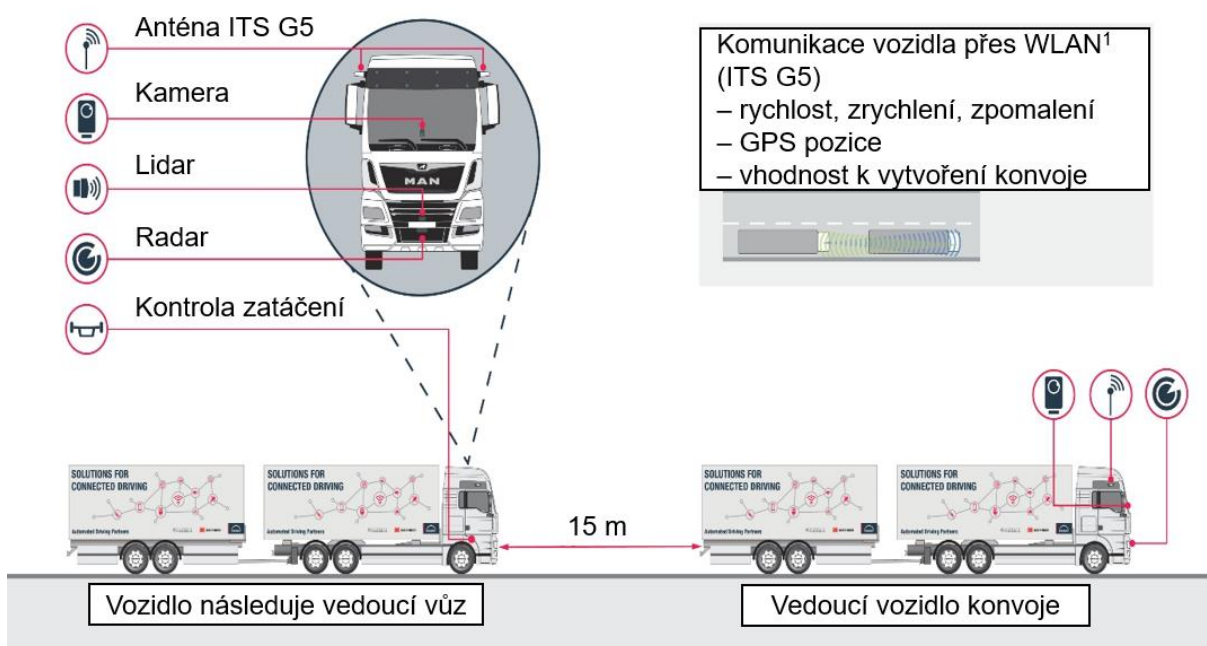
1) **platooning** (jízda v konvoji)

Technologie umožňující jízdu vozidel těsně za sebou – vytváří tzv. „vláček“. Tento termín se používá spíše v souvislosti s využitím v nákladní dopravě. Pouze vedoucí nákladní automobil je ovládán řidičem, ostatní automobily jsou mezi sebou propojeny (V2V) a následují vedoucí vozidlo. Toto řešení umožňuje snížit rozestupy mezi vozidly, jízdu v „aerodynamickém pytli“, dále snížení spotřeby paliva, výskytu kongescí a produkce emisí [62]. Problémem pro ostatní vozidla může být najetí na dálnici z přípojovacího pruhu.

Společnost Peleton Technology (USA) aktuálně nabízí řešení, kdy ve všech jednotlivých vozech musí být šoféři, aby ovládali volant. Technika (radarový senzor měřící odstup a zpětná zrcátka obsahující antény pro komunikaci mezi auty) propojí v jednotlivých automobilech brzdový a plynový pedál a vozidla tak mohou udržovat stejnou vzdálenost. Funguje to však pouze na vybraných silnicích. Instalace zařízení na jeden automobil stojí 2900 dolarů (68 000 korun českých). Cílem firmy je nabídnout po roce 2022 řešení, kdy by pouze vedoucí automobil byl řízen řidičem [63]. Pilotní projekt (DB Schenker, MAN Truck & Bus a Fresenius University) na německé dálnici A9 přinesl 3-4% úsporu paliva při vzdálenosti mezi vozidly 15-21 metrů [62].

Obrázek 12 níže znázorňuje komunikaci mezi vozidly během „platooningu“. Řídící systém rovněž umožňuje připojení dalších vozidel do konvoje, pokud je daný vůz vybaven stejným zařízením.

Obrázek 12 Platooning



Upraveno a přeloženo, zdroj [62] ¹Bezdrátová lokální síť

2) Volvo I-See

Tento systém, který používá společnost Volvo u svých nákladních vozidel, používá stažená data z komerční topografické mapy dostupné online. Informace jsou poté zpracovány k maximálnímu využití kinetické energie vozidla a až k 5% úspoře paliva. Je nutný mít zapnutý tempomat, který poté volí vhodné zařazení rychlostních stupňů a rychlost [64]. Na obrázku 16 v [příloze 4](#) je popsána funkce systému.

3.4.11 Bezpečnost provozu

Technologie autonomních vozidel se v posledních letech rapidně rozšiřuje. Mnoho vozidel dnes obsahuje asistenční systémy (kapitola 3.2.1). Předpokládá se, že AVs sníží počet nehod, zejména nehod způsobených lidskou chybou (únava, alkohol, přecenění lidských schopností) [10, 65]. Nicméně malý počet výzkumů byl zaměřen na vliv AVs na bezpečnost provozu. Následující studie [65] je rozdělena na dvě fáze: bezpečnost na průsečné křižovatce se světelným signalizačním zařízením a bezpečnost na okružní křižovatce při odlišném rozšíření AVs. Posuzuje se zde vliv AVs (úroveň 4) a HV (Human Vehicle – vozidlo řízené lidským řidičem) na počet možných konfliktů (nebezpečné situace, nehody) [65].

Studie předpokládá, že AVs budou moci udržovat kratší vzdálenosti mezi sebou. V tabulce 6 níže jsou uvedeny základní parametry simulace. Další parametry lze nalézt

v [65] a nejsou zde uváděny, vzhledem k obtížnému odhadu chování AVs (zrychlení, počet ostatních sledujících vozidel, atd.).

Tabulka 6 Parametry pro simulaci

Popis	HV	AV
Vzdálenost mezi zastavenými vozidly (m).	1,5	0,5
Mezera v sekundách, kterou vozidla udržují.	0,9	0,5

Upraveno a přeloženo, zdroj [65]

TTC²⁶ (Time To Collision – čas do kolize) je použit 1,5 s pro HV-HV a HV-AV interakci. Pro AV-AV je zvolen TTC 0,75 s v důsledku rychlejší reakce než člověk. Průměrnou i okružní křižovatku AVs projíždějí plynuleji, u HV je znát větší rozpětí průjezdných rychlostí [65].

Pro průměrnou křižovatku se světelným signalizačním zařízením došlo k redukci počtu konfliktů o 20 % až 65 % při rozšíření (zastoupení) AVs o 50 % a 100 %. Pro okružní křižovatku se snížil počet konfliktů o 29 % až 64 % při 50 % a 100 % rozšíření (zastoupení) AVs. Je tedy nesporné, že AVs přinášejí benefity v oblasti bezpečnosti [65]. Uvedená procenta snížení počtu konfliktů mohou být ještě vyšší se zavedením V2X komunikace.

Výsledek také ukazuje, že se zvýšeným uplatněním AVs v provozu se snižuje zpoždění (doba zdržení) na obou typech křižovatek. Dochází tedy k rychlejšímu projetí křižovatkou, což lze přisoudit kratším rozstupům mezi AVs a jejich plynulejším, rychlejším průjezdem. Proto také AVs mají pozitivní efekt na zvýšení kapacity silnic [65].

Podrobnější výsledky se nacházejí v tabulkách 10, 11 a zobrazují je obrázky 17-20 v [příloze 5](#).

3.4.12 Náklady spojené s AVs

Dnešní vozidla jsou již vybavena asistenčními systémy (Lane Assist, Adaptive Cruise Control a další) a to zvyšuje cenu vozidla zhruba o 5000 \$ (117 000 Kč). U AVs, která jsou plná senzorů, bude třeba použít robustní komponenty a systémy odolné proti selhání. Rovněž je třeba připočítat náklady na údržbu. Sdílené AVs budou vyžadovat dispečink a správu vozového parku, bezpečnostní kamery ve vozidle, čištění a opravy interiéru [66].

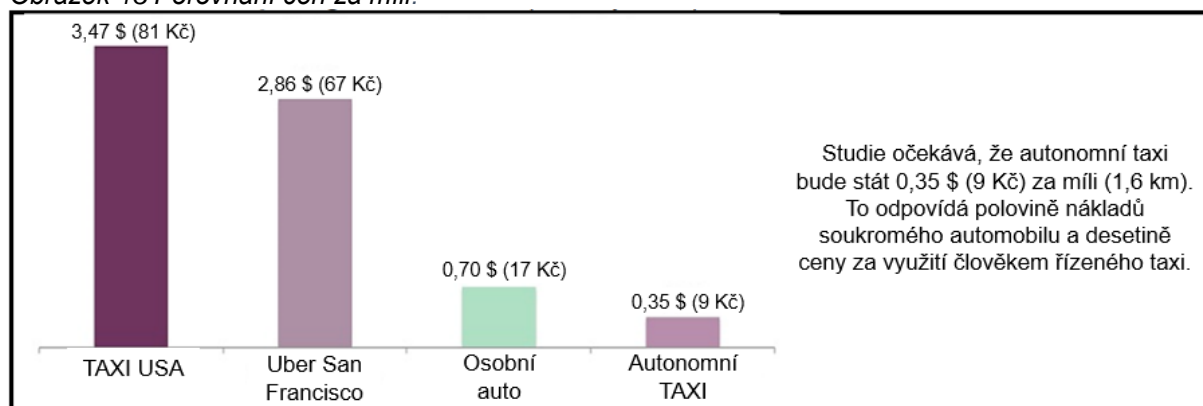
²⁶ TTC – očekávaný čas kolize dvou vozidel, pokud udržují svoji dráhu a stejnou rychlost.

Zmíněné okolnosti pravděpodobně zvýší nákupní cenu vozidel o tisíce dolarů a znásobí výdaje na údržbu o několik set dolarů ročně. Dle zkušeností s předchozími inovacemi (airbag, automatické řazení) se dá předpokládat, že autonomní řízení bude dostupné u tzv. vlajkových modelů výrobců a budou tedy dostupné za vysokou cenu. Bude trvat desítky let, než se dostanou do vozidel střední třídy a nižší třídy [3].

Zastánci argumentují, že dodatečné náklady budou kompenzovány úsporou na pojištění a palivu [67]. Je to však nepravděpodobné. Pokud by pojištění stálo polovinu (300-500 \$) původní roční ceny, je to pouze 10-20% úspora. Navíc vybavení vozidel (mobilní kanceláře) spíše zvedne spotřebu energie, než uspoří [3].

Autonomní taxi budou potřebovat vyčistit každých 5-15 jízd. Vzhledem k ceně 5 až 10 \$ za úklid lze očekávat zvýšení výdajů o 5-10 centů na 1 míli (1,6 km). Samozřejmě je třeba také započítat časovou a finanční ztrátu způsobenou jízdou k čistící stanici. Náklady uvedené na obrázku 13 představují pořízení vozidla, amortizaci, pojištění, čas řidiče, jeho odměnu apod.). Cena za autonomní taxi je nízká, neboť nevyžaduje řidiče a počítá s dostatečným rozšířením těchto vozidel, které sníží jejich pořizovací cenu. Při využití elektropohonu může být ještě nižší [3].

Obrázek 13 Porovnání cen za míli.



Upraveno a přeloženo, zdroj [3, 68]

V následujících třech dekádách soukromá AVs budou mít pravděpodobně průměrné náklady 0,80-1,20 \$ na míli. Cena se může snížit k 0,60-1 \$ při adopci této technologie do vozidel nižší třídy. To je o něco více než u vozidla řízeného člověkem - 0,70 \$ na míli. Sdílené autonomní taxislužby mohou stát 0,20-0,40 \$ za míli [3].

Udávané ceny jsou spíše ukázkové. Je obtížné predikovat počet AVs a kdy jeho navyšování bude snižovat pořizovací cenu a tím i cenu nabízených služeb. Do výše cen může promluvit i elektromobilita. Opět je však těžké předvídat vývoj tohoto odvětví.

Hlavním cílem bylo poukázat na fakt, že cena za využití samořídícího taxi je nižší než za taxi s řidičem a méně než u služeb nabízených firmou UBER.

Samoříděná vozidla mohou požadovat vyšší standardy údržby silnic, jako je například světelné signalizační zařízení vybavené jednotkou odesílající informace do vozidla a v odpovídajícím stavu vhodné podélné a svislé dopravní značení [69]. To si vyžádá vyšší investice do infrastruktury. Je také možné, že vznikne katalog silnic a dálnic vhodný pro používání AVs [7].

Zastánci autonomního řízení tvrdí, že se sníží externí náklady zahrnující kongesce, spotřebu energie, emise, dopravu v klidu, přestože tyto benefity jsou nejisté. Některé z těchto výhod vyžadují určité podmínky – např. vyhrazený jízdní pruh na dálnicích pro tzv. platooning. Tabulka 7 má za cíl shrnout výhody a nevýhody AV.

Tabulka 7 Shrnutí výhod a nevýhod AVs

Vliv	Výhody	Nevýhody
Vnitřní (vliv na uživatele)	<p><i>Snížení stresu způsobeného řízením a zvýšená produktivita.</i> Uživatelé mohou pracovat, odpočívat, hrát si během cesty.</p> <p><i>Více dostupné mobility pro neřidiče.</i></p> <p><i>Snížené náklady na řidiče</i> se projevují nižší cenou přepravních služeb osob a zboží.</p>	<p><i>Zvýšená cena vozidel.</i> Je vyžadováno další příslušenství, servis a poplatky.</p> <p><i>Přidaná rizika.</i> Možné nehody způsobené SW selháním, vyššími rychlostmi, zvýšenou ujetou vzdáleností vozidel.</p> <p><i>Omezená bezpečnost a soukromí</i> (sdílení dat). Může dojít k napadnutí vozidla (zjištění polohy).</p>
Vnější (vliv na ostatní)	<p><i>Zvýšená bezpečnost.</i> Může snížit havárie a cenu pojištění. Sníží riskantní jízdu.</p> <p><i>Zvýšená kapacita komunikací.</i> Efektivní dopravou lze snížit kongesce.</p> <p><i>Snížená cena za parkování</i> v důsledku snížené poptávky po parkovacích místech.</p> <p><i>Snížení spotřeby energie a znečištění.</i> Může snížit spotřebu paliva a emise.</p> <p><i>Podpora sdílení vozidel/jízd.</i> Sníží celkový počet vozidel.</p>	<p><i>Zvýšené počty ujetých km</i> vozidly mohou vést ke zvýšení kongescí, znečištění.</p> <p><i>Sociální problém.</i> Může snížit dostupnou mobilitu zahrnující chození, kola, městskou hromadnou dopravu.</p> <p><i>Snížení pracovního uplatnění.</i> Zejména řidiči s povoláním.</p> <p><i>Zvýšená cena infrastruktury.</i> Možná nutná úprava komunikace.</p>

Upraveno a přeloženo, zdroj [3]

3.4.13 Kooperativní systémy

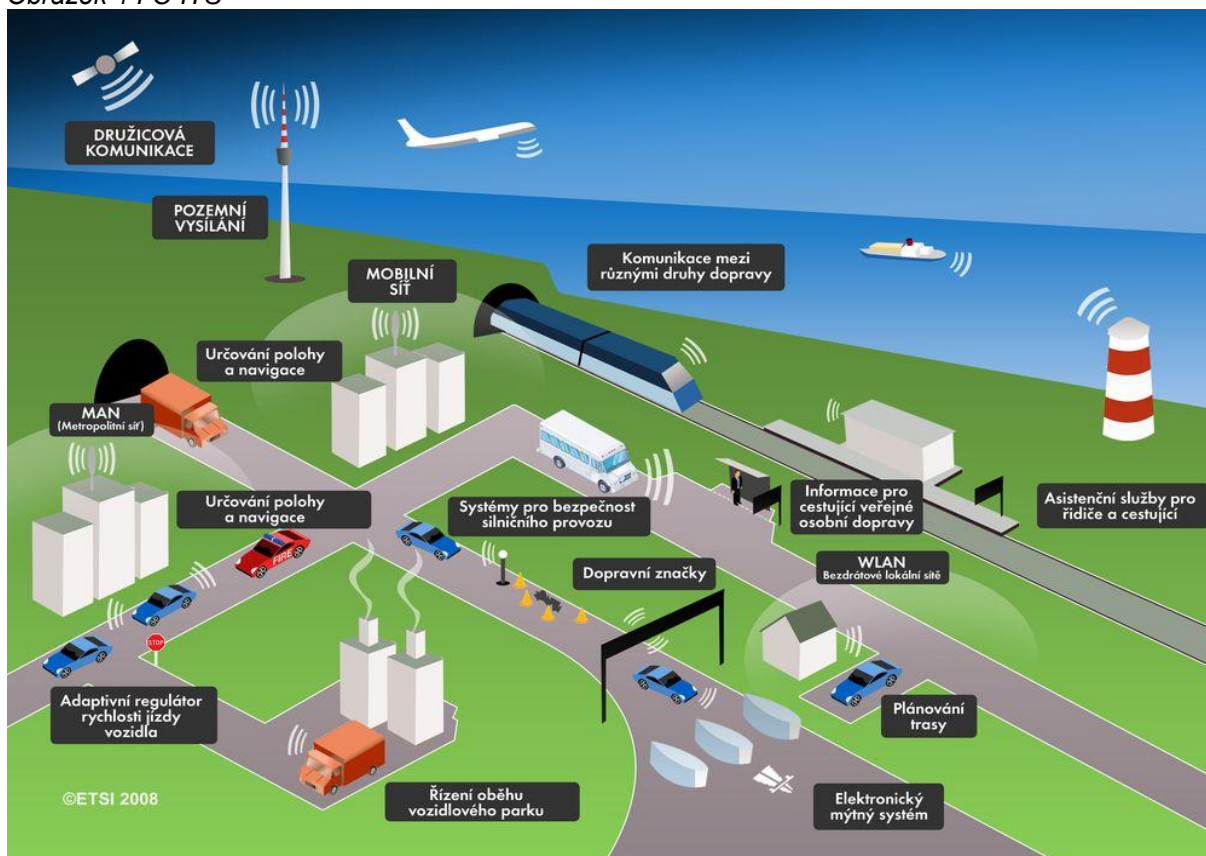
C-ITS (Cooperative – Intelligent Transport System / kooperativní inteligentní dopravní systém) umožňuje předávat si zprávy týkající se aktuální dopravní situace

mezi automobily (V2V), případně mezi vozidlem a infrastrukturou umístěnou na silniční síti (V2I) pomocí datového propojení [7].

„Český projekt „C-Roads Czech Republic“ je součástí evropské platformy C-Roads, jejímž cílem je vytvořit mezi jednotlivými evropskými projekty harmonizovaný funkční systém pro přeshraniční využití služeb C-ITS (obrázek 14), a připravit tak prostředí pro nástup kooperativních a v blízké budoucnosti i autonomních vozidel [7].“

Jedná se o způsob, jak řidiči/vozidlu dát informaci o aktuální situaci v silničním provozu, obsazenosti parkovacích stání, blížícího se vlaku k přejezdu apod. Aktuálně se testuje například na úseku dálnice mezi Rudnou a Mirošovicemi. Systémy tak mohou přispět v budoucnu ke zvýšené plynulosti a bezpečnosti provozu [7]. Informace se mohou zobrazovat v infotainmentu²⁷ vozidla.

Obrázek 14 C-ITS



Zdroj [70]

²⁷ Vozidlový systém zprostředkovávající posádce vozidla informace a zábavu (navigace, hudba, počasí, propojení s telefonem, internet).

3.5 Legislativa

Legislativa povolující a upravující provoz AVs v ČR (2020) značně zaostává²⁸, přičemž tyto technologie jsou již k dispozici [71]. V roce 2020 nebo 2021 by mělo být vyrobeno a uvedeno do provozu nové vozidlo značky Škoda Auto s výbavou na 3. úrovni autonomního řízení. Pro toto vozidlo však tu zatím není povolen provoz [72]. „*Bude tedy třeba upravit právní předpisy vztahující se k provozu na pozemních komunikacích, ochraně osobních údajů, infrastrukturu a pojištění odpovědnosti* [7].“ Na provedené úpravy je třeba také nahlížet z pohledu závazků vyplývajících z mezinárodních smluv, k jejichž plnění se ČR zavázala (Vídeňská a Ženevská úmluva o silničním provozu) [7].

3.5.1 Zákony v rozporu s provozem AVs

Provoz na pozemních komunikacích ČR se řídí zákonem č.361/200 Sb. (Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, dále jen zákon).

V zákoně § 5 odst.1 písm. b) říká: „*Řidič je kromě povinností uvedených v § 4 dále povinen věnovat se plně řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a sledovat situaci v provozu na pozemních komunikacích.*“ To je však v rozporu s AV úrovně 3 a vyšší. AV úrovně tři umožňuje, aby se řidič nevěnoval řízení (např. při čtení) v určité oblasti a za určitých podmínek (dálnice, omezená rychlost), musí však být kdykoliv připraven převzít řízení. Na úrovni 4 a 5 se řidič stává pasažérem a výše uvedená pravidla by pro něj platila pouze v případě, pokud by vozidlo opustilo oblast, kde se může pohybovat (ODD – úroveň 4), a kdy by opětovně tedy musel převzít řízení. Úroveň 5 totiž předpokládá autonomní jízdu za všech podmínek (kapitola 3.1).

Vídeňská úmluva o silničním provozu (dále jen úmluva) z roku 1968 spolu s článkem 8 byla největší překážkou zavedení autonomního řízení (úrovně 3 a vyšší) a zakotvovala tak stejnou povinnost jako zákon č.361/200 Sb. [73]: „*Každý řidič musí být vždy schopen řídit své vozidlo nebo vést svá zvířata.*“ Tato úmluva byla 8.3.2016 doplněna a připouští systémy řízený automobil za následujících podmínek [7]:

²⁸ Ve vozidle musí být osoba, která ovládá řídicí prvky automobilu. Je tak zohledněn pouze účastník silničního provozu, nikoliv zařízení [7].

- „Systém odpovídá podmínkám konstrukce, montáže a využití podle mezinárodních právních nástrojů týkajících se vozidel.“
- „Řidič může nad vozidlem převzít kontrolu a/nebo systém vypnout.“

Novelizace znění Úmluvy dává tak možnost provozu vozidel úrovně 2, 3, a 4. Článek 10 Ústavy ČR stanovuje přednost mezinárodních smluv před zákony v případě jejich rozporu. Lze tedy dojít k závěru, že tyto úrovně vozidel mohou být nasazeny [73]. Na druhou stranu akční plán autonomního řízení Ministerstva dopravy ČR tvrdí, že je třeba vytvořit právní předpis, který umožní jízdu AVs úrovně 3 a vyšší.

V zákoně §7 odst. písm. C) říká: “Řidič nesmí při jízdě vozidlem držet v ruce nebo jiným způsobem telefonní přístroj nebo jiné hovorové nebo záznamové zařízení.“ Opět stejný problém viz výše. Pokud je aktivováno automatizované řízení, pasažér²⁹ úrovně 3 se nemusí věnovat řízení.

V [příloze 6](#) jsou uvedeny další návrhy souvisejících zákonů, které bude třeba analyzovat a upravit.

3.5.2 Opatření týkající se provozu AVs

V souvislosti s touto problematikou je třeba [7]:

- Definovat pojmy autonomní vozidlo a automatizované řídicí systémy podle jednotlivých úrovní automatizace řízení, včetně práv a povinností, které jsou spojeny s jejich užíváním, převzetím řízení v reakci na výzvu autonomního systému [7]. Z toho tedy vyplývá, kdy se z řidiče bude stávat pasažér a jaké povinnosti a odpovědnost bude řidič / pasažér mít.
- Povinnost mít ve vozidle záznamové zařízení. Stanovit, co se má zaznamenávat, a definovat pravidla pro přístup k získaným datům a jak s nimi nakládat [7].

3.5.3 Odpovědnost

Klíčovou otázkou z pohledu právních aspektů a možných konfliktů mezi celou řadou subjektů je nutno navrhnout právní definice odpovědnosti minimálně u následujících kategorií [7]:

²⁹ Pokud je aktivován režim autonomního řízení úrovně tři a vyšší, z řidiče se stává pasažér.

- „Řidič / uživatel (pasažér).“
- „Vozidlo / výrobce vozidla / provozovatel vozidla / vlastník vozidla / technický stav.“
- „Infrastruktura / poskytovatel telekomunikací / poskytovatel služeb.“

Legislativa bude muset objasnit, kdo nese odpovědnost za případné nehody a škody. Bude to řidič nebo výrobce vozidla? Má nést odpovědnost řidič vozidla, přestože je aktivován automatizovaný řídicí systém (úroveň 3, kdy řidič nemusí mít ruce na volantu, ale musí být připraven převzít řízení na vyzvání? Je stejně odpovědný za nehodu (uživatel) ve vozidle disponujícím automobilem úrovně 4 a vyšší, kdy vůz nevyžaduje kontrolu pasažérem?

- Odpovědnost za škodu

Dle Zákona 89/2012 Sb., §2927 (občanský zákoník – dále jen OZ) pro úrovně autonomie 0, 1, 2 by se měla vztahovat odpovědnost na provozovatele vozidla. Od úrovně 3, 4, 5 se to ovšem jeví jako problematické. Jestliže vozidlo úrovně 3 vyzvalo řidiče k zásahu a on tak neučinil, uplatnění odpovědnosti za škodu obtíže nečiní. Pokud ovšem by AV k zásahu řidiče nevyzvalo, případně ho vyzvalo příliš pozdě, vyvození odpovědnosti je komplikované [73].

Jistým řešením by mohlo být využití institutu odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku. Musí se však prokázat, že chybný manévr automobilu byl způsoben vadným naprogramováním řídicího systému a řidič již nemohl nebo neměl povinnost nehodě zabránit. Opět zde však může vyvstat problém související s povahou umělé inteligence. Je možné považovat něco schopného vlastního uvažování a učení se za vadný výrobek. OZ v souvislosti s odpovědností za škodu způsobenou vadou výrobku nabízí dva liberační důvody zproštění se odpovědnosti: Vada neexistovala v době, kdy byl výrobek uveden na trh. Výrobek neumožnil zjistit jeho vadu za stávajících znalostí vzhledem k rychlému vývoji umělé inteligence. Vzniká tak patová situace, kdy by odpovědnost nenesl nikdo [73]. Odpovědnost pravděpodobně bude muset nést výrobce.

3.5.4 Validace/schvalování autonomních vozidel

V rámci EU se v současnosti homologace vozidel řídí nařízením 2018/858. „Homologace by měla být prováděna nejen pro vozidlo, ale i pro autonomního řidiče,

tj. pro umělou inteligenci [7].“ Pravděpodobná je virtuální validace vozidel s autonomními systémy.

3.5.5 Kontrola technického stavu autonomního vozidla.

Se zavedením AV musí dojít ke změně současného systému kontroly technického stavu vozidel. Předpokládá se kontrola a aktualizace řídicího systému, který zajišťuje provozuschopnost a bezpečnost. Je třeba vycházet z legislativy EU (směrnice 2014/45) [7, 74].

3.5.6 Bezpečnost dat a ochrana osobních údajů

AV budou shromažďovat velké množství dat (V2X komunikace, údaje o osobách ve vozidle, trajektorii vozidla a lokaci automobilu atd.). Je nutností právně zabezpečit a zabránit tak neoprávněnému přístupu třetích stran k údajům. Je nutné vyřešit otázky: jaké druhy údajů AV může shromažďovat, komu je může poskytovat, jak je archivovat a další. Zcela jistě bude nevyhnutelné upravit Obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR). Otázkou také je, zdali by měla Policie ČR mít absolutní kontrolu nad podezřelým vozidlem v případě pronásledování [7].

3.5.7 Testování a schvalování AVs

Kromě návrhu stavebního uspořádání a technologického vybavení polygonu je třeba najít odpověď, zda se polygon kromě výzkumu a testování autonomních vozidel a příslušné infrastruktury může použít také pro jejich schvalování. Bylo by tedy nutno vytvořit předpis, který by definoval podmínky pro zkoušky těchto automobilů. V rámci předpisu by také mohl být vymezen reálný prostor pro testování AV (konkrétní typy silnic a lokality) spolu s vhodnými bezpečnostními opatřeními [7].

3.5.8 Spojené státy americké

Spojené státy americké jsou napřed v legislativě umožňující provoz autonomních vozidel. NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) schválil provoz autonomních vozidel na úrovni celých Spojených států amerických, pokud to dovolí místní zákonodárci [75]. Například společnost Waymo testuje a provozuje samořízená vozidla (úroveň 4) poskytující taxislužbu bez řidiče [76].

4 Výsledky a diskuze

V této kapitole jsou popsány etické problémy související s provozem AVs, na které zatím nejsou známy odpovědi. Morální dilemata se týkají otázek, zda autonomní vozidlo bude chránit život posádky, případně ostatních účastníků provozu při nevyhnutelné srážce. Závěr patří představení dvou nejvýznamnějších společností zabývajících se AVs a shrnuje současný stav jejich vývoje.

4.1.1 Morální rozhodování

S nasazením AVs do provozu vyvstane také mnoho etických otázek. Současná etika robotiky se řídí postuláty Isaaca Asimova [77]. Lze uvést nejvýznamnější postulat: „*Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby bylo člověku ublíženo* [77].“ Nastanou však situace, kdy AV účastníkům provozu ublíží, případně bude muset ublížit [77].

Představme si situaci, kdy autonomní vozidlo v důsledku selhání řídicího systému/brzd se musí rozhodnout, zdali narazí do pevné překážky a zraní/usmrtí svoji posádku nebo se rozhodne srazit a usmrtit chodce. Tato problematika se dále může větvit. Co když je posádka vozidla tvořena jedním mladým člověkem a na přechodu se nachází starší chodec/matka s kočárkem. Situace však může být ještě komplikovanější při rozhodování řídicího systému, zda zranit/usmrtit pasažéra nebo chodce jdoucího na červenou. Druhým příkladem může být situace jedoucího AV obklopeného po levé straně motocyklistou s helmou a na druhé straně motocyklisty bez helmy. Je správné, aby automobil v případě selhání systému/brzd narazil do motocyklisty s helmou, který má větší pravděpodobnost přežít. Je to spravedlivé, když druhý účastník provozu bez helmy porušuje dopravní předpisy.

Budou automobily naprogramovány, aby v případě ohrožení upřednostňovaly bezpečí ostatních účastníků provozu zejména chodců? Koupí si pak někdo vozidlo, které ho může obětovat? Kdo o tom rozhodne? Výrobce, programátor, vláda? Na tyto otázky momentálně nikdo nezná odpověď a možná ani na ně odpovědět nelze.

Odpovědi na některé otázky přinesl experiment MIT (Massachusetts Institute of Technology) [78] sestavený z modelových situací. Čtyřicet miliónů respondentů se rozhodovalo, komu by dalo právo žít. Výsledky byly publikovány v prestižním časopisu Nature [79]. Významně převažovala preference lidského života před životem zvířete,

ušetření více životů před životem jednotlivce a ušetření mladistvých před staršími ([příloha 7](#) – obrázek 21 a 22) [79]. Autoři [80] zjistili, že většina účastníků studie by obětovala posádku vozidla pro větší dobro. Nicméně oni sami preferují jízdu v AV, která ochrání posádku za každou cenu.

Odpovědí na některé otázky může přinést pokus o vytvoření etického kodexu [80] (Německo 2017). Ten např. zakazuje systému dělat rozdíly mezi lidmi na základě věku, pohlaví. Rovněž uvádí bezpečnost lidí na prvním místě před zvířaty nebo dopravní infrastrukturou.

4.1.2 Současný stav vývoje AVs

Na vývoji různých úrovní automatizovaného řízení pracuje dnes mnoho firem. Obecně platí, že zavedené automobilky se snaží vyvíjet a nasazovat úrovně automatizovaného řízení postupně. Společnosti a startupy, které automobily nevyrobí, se snaží přijít na trh s autonomním řízením úrovně 4, 5. Vzhledem k velkému množství těchto společností zabývajících se AVs zde bude uvedena pouze firma Waymo, která je považována za leadera v tomto segmentu a dále společnost Tesla.

- Waymo

Americká společnost založená roku 2009 firmou Google aktuálně pracující na projektech Waymo one (samořízené taxi) a Waymo via (přeprava zboží). Její autonomní vozidla se nacházejí na úrovni 4. Aktuálně v částech Arizony provozuje komerční samořízené taxi, kdy některá vozidla flotily již nemají ani řidiče za volantem pro kontrolu jízdy. Waymo aktuálně najelo přes 20 milionů mil (32 milionů km) na veřejných silnicích a přes 10 miliard mil (16 miliard km) ve virtuálních simulacích. Systém v důsledku neočekávané situace vyzve řidiče k převzetí řízení (2018) jednou za 11 017 mil (17 730 km). Ke své stávající flotile plánuje přidat 20 000 dalších vozidel a rozšířit službu Waymo one do dalších měst. Plánuje rovněž spustit doručovací služby (Waymo via) [76, 81].

- Tesla

Společnost, která vyrobila 1 000 000 vozidel. Automobily mají úroveň 2 autonomního řízení. Již dnes by měly disponovat hardwarem pro plnou autonomii, tzv. Full Self-driving Capability³⁰ dostupným za cenu 7000 dolarů (164 000 Kč). Aktuálně

³⁰ Schopnost úplné automatizace řízení.

vozidla zvládají na dálnici udržovat rychlost a měnit jízdní pruhy automaticky. Stále však vyžadují ruce na volantu. Novinkou je Smart Summon umožňující přivolání vozidla na parkovišti pomocí telefonu do vzdálenosti 61 m. Opět uživatel musí mít plnou kontrolu pomocí aplikace nad vozidlem a v případě nebezpečí zasáhnout. Za veškeré nehody zodpovídá uživatel. V průběhu letošního roku by se mohla objevit reverzní funkce Smart Summon. Člověk vystoupí před obchodem z vozidla a automobil si sám najde místo pro zaparkování. Dále se možná představí City Autopilot umožňující autonomní jízdu po městě [82, 83]. Otázkou je však úroveň řízení.

- Výhled nasazení AVs

Predikovat vývoj v této oblasti je velice složité i v souvislosti s chybějící legislativou. Například Elon Musk již několikrát zveřejnil, že jeho plné autonomní řízení bude před rokem 2020 k dispozici. To se však zatím nestalo. Dle společnosti Waymo lze předpokládat, že technologie pro zavedení autonomie úrovně 4 je k dispozici.

5 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vypracovat podrobnou rešerši týkající se problematiky implementace autonomních vozidel (AVs) do silničního provozu. Proto v úvodní kapitole byl definován pojem autonomní vozidlo (AV) spolu se šesti úrovněmi automatizace řízení a souvisejícími definicemi dle doporučení americké normy SAE J3016™. Je zde uvedeno, za jakých podmínek se z řidiče stává pasažér a nemusí se tedy věnovat řízení. Tyto poznatky by měly být brány v potaz při tvorbě legislativy související s provozem těchto vozidel.

AVs mohou přinést řadu benefitů. Uvádí se, že 94 % nehod je způsobeno lidským faktorem. Samořízená vozidla tak sníží počet havárií, zranění, úmrtí a zvýší tedy bezpečnost provozu. Na druhou stranu AVs přinesou hrozby z pohledu kybernetického útoku na vozidlo, selhání systému automatizovaného řízení, případně chybného rozpoznání okolní infrastruktury včetně ostatních účastníků provozu. V rešerši jsou také uvedena vhodná protopatření, jak těmto problémům zabránit. Dá se však předpokládat, že vzhledem k dobrému zabezpečení letového provozu by nemuselo dojít k převzetí ovládnutí automobilu na dálku cizí osobou. Výše zmíněné benefity přinesou úspory na výdajích souvisejícími s dopravními nehodami.

Významným efektem AVs může být snížení kongescí pomocí kratších rozestupů mezi autonomními vozidly, jejich rychlejšími schopnostmi reagovat na okolní infrastrukturu a vozidla. Proto se v práci nachází porovnání rychlosti reakce lidského faktoru a autonomního systému. Je zde také poukázáno na snížení konfliktů (nehod) na křižovatkách se světelným signalizačním zařízením a na okružních křižovatkách se zvyšujícím se rozšířením AVs. Další výhody představuje zlepšení mobility pro mladistvé a starší osoby.

Očekává se však, že AVs zvýší počet najetých kilometrů na jedno vozidlo, což paradoxně může zvýšit počet vznikajících kongescí, produkci emisí. Jistým řešením může být služba sdílené mobility, kdy vozidlo obslouží během své cesty více zákazníků. Znamená to tedy, že k jednomu cestujícímu v samořízeném vozidle si přisednou během trasy další osoby mající stejný nebo podobný cíl. V kapitole 3.4.6 se nachází aplikace řešení sdílené mobility pro Prahu. Snahou této práce bylo shrnout problematiku autonomních vozidel a bezpečnosti nikoliv pouhým výčtem vlastností

v současnosti využívaných asistenčních služeb (asistentů), ale jejich funkčnosti a dopady při jejich využití.

Na aplikaci AVs do provozu zatím Česká republika není připravena. Jsou zde uvedeny zákony, které jsou v rozporu se zavedením těchto automobilů a návrh zákonů, které bude třeba upravit. Problém mohou představovat i etické otázky, zdali má vozidlo v případě nevyhnutelné srážky upřednostnit život posádky automobilu nebo chodce. Dle uvedeného průzkumu respondentů v [příloze 7](#) lehce převažuje preference života posádky. Je zajímavé, že si i více cení života psa než osoby s kriminální minulostí.

Nejdále ve vývoji AVs je pravděpodobně společnost WAYMO, která provozuje a testuje na území USA samořízená taxi úrovně 4. Některá AVs dokonce neobsahují ani řidiče pro kontrolu jízdy.

Dá se tedy předpokládat, že technologie je již k dispozici. Otázkou tedy není, zda AVs budou zavedena do provozu, ale jen kdy a za jakých podmínek k tomu dojde?

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] SINGH, Santokh. *Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey* [online]. 2015 [vid. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>
- [2] BIMBRAW, Keshav. Autonomous Cars: Past, Present and Future - A Review of the Developments in the Last Century, the Present Scenario and the Expected Future of Autonomous Vehicle Technology. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics* [online]. B.m.: SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2015, s. 191–198 [vid. 2020-01-03]. ISBN 978-989-758-122-9. Dostupné z: doi:10.5220/0005540501910198
- [3] LITMAN, Todd. Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning [online]. 2020, 1–43 [vid. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>
- [4] CUI, Jin, Lin Shen LIEW, Giedre SABALIAUSKAITE a Fengjun ZHOU. A review on safety failures, security attacks, and available countermeasures for autonomous vehicles. *Ad Hoc Networks* [online]. 2019, **90**, 101823 [vid. 2020-01-03]. ISSN 15708705. Dostupné z: doi:10.1016/j.adhoc.2018.12.006
- [5] *SAE J 3016-2018 - Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles* [online]. 2018 [vid. 2020-01-06]. Dostupné z: <https://webstore.ansi.org/Standards/SAE/SAE30162018?source=blog>
- [6] *Autopilot | Tesla* [online]. 2020 [vid. 2020-01-02]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_CZ/autopilot
- [7] Akční plán autonomního řízení. *Ministerstvo dopravy* [online]. 2019 [vid. 2020-01-02]. Dostupné z: http://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/02/Akční-plán-autonomního-řízení-ma_KORNB8UGXNR8.pdf
- [8] *BESIP - Aktivní bezpečnost* [online]. 2020 [vid. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Aktivni-bezpecnost>
- [9] *Software Version 10.0 | Tesla* [online]. 2020 [vid. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/support/software-version-10-0?redirect=no#smart>
- [10] SINGH, Santokh. *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey. (Traffic Safety Crash • Stats)* [online]. 2018 [vid. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812506>
- [11] KHOURY, John, Kamar AMINE a Rima ABI SAAD. An Initial Investigation of the Effects of a Fully Automated Vehicle Fleet on Geometric Design. *Journal of Advanced Transportation* [online]. 2019, **2019**, 1–10 [vid. 2020-02-26]. ISSN 0197-6729. Dostupné z: doi:10.1155/2019/6126408

- [12] Global status report on road safety 2018. *World Health Organization* [online]. 2018 [vid. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?ua=1>
- [13] *Road Safety Facts — Association for Safe International Road Travel* [online]. 2019 [vid. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.asirt.org/safe-travel/road-safety-facts/>
- [14] BLINCOE, Lawrence, Ted R MILLER a Eduard ZALOSHNIJA. *The Economic and Societal Impact Of Motor Vehicle Crashes* [online]. 2015 [vid. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812013>
- [15] AOUBE, Georges S., Vishnu R. DESARAJU, Lauren H. STEPHENS a Jonathan P. HOW. Driver Behavior Classification at Intersections and Validation on Large Naturalistic Data Set. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* [online]. 2012, **13**(2), 724–736 [vid. 2020-02-26]. ISSN 1524-9050. Dostupné z: doi:10.1109/TITS.2011.2179537
- [16] *Beyond The Headlights: ADAS and Autonomous Sensing Long-Range Radar LIDAR Camera Short/Med-Range Radar Ultrasound Eye/Face Tracking* [online]. 2016. Dostupné z: https://woodsidecap.com/wp-content/uploads/2016/12/20160927-Auto-Vision-Systems-Report_FINAL.pdf
- [17] DIXIT, Vinayak V., Sai CHAND a Divya J. NAIR. Autonomous Vehicles: Disengagements, Accidents and Reaction Times. *PLOS ONE* [online]. 2016, **11**(12), e0168054 [vid. 2020-02-26]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0168054
- [18] KANE, Aaron, Omar CHOWDHURY, Anupam DATTA a Philip KOOPMAN. *A Case Study on Runtime Monitoring of an Autonomous Research Vehicle (ARV) System* [online]. 2015 [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: https://users.ece.cmu.edu/~koopman/pubs/kane15_monitoring.pdf
- [19] *Jak přimět Teslu, aby překročila nejvyšší povolenou rychlost: Stačí obyčejná černá páska – VTM.cz* [online]. [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/jak-primet-teslu-aby-prekrocila-nejvyssi-povolenou-rychlost-staci-obycejna-cerna-paska/sc-870-a-202584/default.aspx>
- [20] HAMIDA, Elyes, Hassan NOURA a Wassim ZNAIDI. Security of Cooperative Intelligent Transport Systems: Standards, Threats Analysis and Cryptographic Countermeasures. *Electronics* [online]. 2015, **4**(3), 380–423 [vid. 2020-02-26]. ISSN 2079-9292. Dostupné z: doi:10.3390/electronics4030380
- [21] MALLA, Adil Mudasir a Ravi Kant SAHU. Security Attacks with an Effective Solution for DOS Attacks in VANET. *International Journal of Computer Applications* [online]. 2013, **66**(22), 45–49 [vid. 2020-02-26]. ISSN 0975-8887. Dostupné z: doi:10.5120/11252-6467
- [22] MEJRI, Mohamed Nidhal, Jalel BEN-OTHMAN a Mohamed HAMDJ. Survey on VANET security challenges and possible cryptographic solutions. *Vehicular Communications* [online]. 2014, **1**(2), 53–66 [vid. 2020-03-12]. ISSN 22142096. Dostupné z: doi:10.1016/j.vehcom.2014.05.001

- [23] XIAONAN, Liu, Fang ZHIYI a Shi LIJUN. Securing vehicular ad hoc networks. *2007 2nd International Conference on Pervasive Computing and Applications, ICPCA'07* [online]. 2007, **15**, 424–429. Dostupné z: doi:10.1109/ICPCA.2007.4365481
- [24] *Survey on VANET security challenges and possible cryptographic solutions - ScienceDirect* [online]. [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214209614000187>
- [25] LU, Huang, Jie LI a Mohsen GUIZANI. A novel ID-based authentication framework with adaptive privacy preservation for VANETs. In: *2012 Computing, Communications and Applications Conference, ComComAp 2012* [online]. 2012, s. 345–350 [vid. 2020-02-26]. ISBN 9781457717178. Dostupné z: doi:10.1109/ComComAp.2012.6154869
- [26] TAYLOR AND FRANCIS GROUP, LLC. *Security of Self-Organizing Networks: MANET, WSN, WMN, VANET* [online]. 2011 [vid. 2020-03-12]. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ZtBnZoiJaDcC&oi=fnd&pg=PA269&dq=sybil+attack+autonomous+vehicle&ots=cMZ4xio1b9&sig=bysnz43Bht-FKvHQpEhX1CqZCz0&redir_esc=y#v=onepage&q=sybil attack autonomous vehicle&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ZtBnZoiJaDcC&oi=fnd&pg=PA269&dq=sybil+attack+autonomous+vehicle&ots=cMZ4xio1b9&sig=bysnz43Bht-FKvHQpEhX1CqZCz0&redir_esc=y#v=onepage&q=sybil%20attack%20autonomous%20vehicle&f=false)
- [27] PSIAKI, Mark L. a Todd E. HUMPHREYS. GNSS Spoofing and Detection. *Proceedings of the IEEE* [online]. 2016, **104**(6), 1258–1270 [vid. 2020-02-26]. ISSN 0018-9219. Dostupné z: doi:10.1109/JPROC.2016.2526658
- [28] BENSLIMANE, Abderrahim a Huong NGUYEN-MINH. Jamming Attack Model and Detection Method for Beacons Under Multichannel Operation in Vehicular Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* [online]. 2017, **66**(7), 6475–6488 [vid. 2020-02-26]. ISSN 0018-9545. Dostupné z: doi:10.1109/TVT.2016.2645478
- [29] FAVARO, Francesca M, Sky EURICH, Syeda RIZVI, Shivangi AGARWAL a Mahmood SUMAID. *Analysis of Disengagements in Semi-Autonomous Vehicles: Drivers' Takeover Performance and Operational Implications* [online]. 2019 [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1710-Favaro-AV-Disengagements.pdf>
- [30] *California's self-driving car reports are imperfect, but they're better than nothing - The Verge* [online]. 2019 [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2019/2/13/18223356/california-dmv-self-driving-car-disengagement-report-2018>
- [31] *UPDATE: Disengagement Reports 2018 – Final Results – The Last Driver License Holder...* [online]. 2019 [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://thelastdriverlicenseholder.com/2019/02/13/update-disengagement-reports-2018-final-results/>
- [32] *Stále více řidičů nedodrží bezpečnou vzdálenost. Je to třetí nejčastější prohřešek! | Auto.cz* [online]. 2016 [vid. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/stale-vice-ridicu-nedodruze-bezpecnou-vzdalenost-je-to-treti-nejcastejsi-prohressek-97227>

- [33] HUDEČEK, Milan a Jan ROUBAL. *Provoz silničních vozidel*. B.m.: Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-708-2875-7.
- [34] BROWNE, Chris a Vi Kie SOO. *Autonomous Braking A Comparative Study of Human, Hybrid and Autonomous Braking Control for Cars* [online]. nedatováno [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: http://users.cecs.anu.edu.au/~Chris.Browne/student_work/example_work/15_2226_lp_jamesl.pdf
- [35] *Dooring Is Way More Dangerous Than You Think* - [online]. 2019 [vid. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.welovecycling.com/wide/2019/02/06/dooring-is-way-more-dangerous-than-you-think/>
- [36] *Tesla will protect bicyclists from „dooring” in future OTA update, notes Elon Musk* [online]. 2020 [vid. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.teslarati.com/tesla-side-camera-anti-dooring-bicyclist-safety/>
- [37] TRUONG, Long T., Chris DE GRUYTER, Graham CURRIE a Alexa DELBOSC. Estimating the trip generation impacts of autonomous vehicles on car travel in Victoria, Australia. *Transportation* [online]. 2017, **44**(6), 1279–1292 [vid. 2020-03-03]. ISSN 0049-4488. Dostupné z: doi:10.1007/s11116-017-9802-2
- [38] MILAKIS, Dimitris, Bart VAN AREM a Bert VAN WEE. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems* [online]. 2017, **21**(4), 324–348 [vid. 2020-03-03]. ISSN 1547-2450. Dostupné z: doi:10.1080/15472450.2017.1291351
- [39] MILAKIS, Dimitris. Long-term implications of automated vehicles: an introduction. *Transport Reviews* [online]. 2019, **39**(1), 1–8. ISSN 14645327. Dostupné z: doi:10.1080/01441647.2019.1545286
- [40] FIEDLER, Davide, Michal CERTICKY, Javier ALONSO-MORA a Michal CAP. The Impact of Ridesharing in Mobility-on-Demand Systems: Simulation Case Study in Prague. In: *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* [online]. Maui, HI: IEEE, 2018, s. 1173–1178 [vid. 2020-03-04]. ISBN 978-1-7281-0321-1. Dostupné z: doi:10.1109/ITSC.2018.8569451
- [41] CORWIN, Scott, Joe VITALE, Eamonn KELLY a Elizabeth CATHLES. *Shaping the future of mobility with transportation technology | Deloitte Insights* [online]. 2015 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility/transportation-technology.html>
- [42] CERMAN, Aleš. Autonomní jízda silničních vozidel. *Elektro - Odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. 2019 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/autonomni-jizda-silnicnich-vozidel--3746>
- [43] ANDERSON, James, Nidhi KALRA, Karlyn STANLEY, Paul SORENSEN, Constantine SAMARAS a Oluwatobi OLUWATOLA. *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers* [online]. B.m.: RAND Corporation, 2016. ISBN 9780833083982. Dostupné z: doi:10.7249/RR443-2

- [44] SINGLETON, Patrick A. Discussing the “positive utilities” of autonomous vehicles: will travellers really use their time productively? *Transport Reviews* [online]. 2019, **39**(1), 50–65 [vid. 2020-03-05]. ISSN 0144-1647. Dostupné z: doi:10.1080/01441647.2018.1470584
- [45] GRUSH, Bern, John NILES a Edgar BAUM. *Ontario Must Prepare for Vehicle Automation Automated vehicles can influence urban form, congestion and infrastructure delivery* [online]. 2016 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/309619528_Ontario_Must_Prepare_for_Vehicle_Automation_Automated_vehicles_can_influence_urban_form_congestion_and_infrastructure_delivery
- [46] *The Road Ahead for Connected Vehicles - Knowledge@Wharton* [online]. 2017 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/road-ahead-connected-vehicles/>
- [47] *Vehicle Cybersecurity* [online]. 2016 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.gao.gov/assets/680/676064.pdf>
- [48] FAGNANT, Daniel J. a Kara KOCKELMAN. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* [online]. 2015, **77**, 167–181 [vid. 2020-03-01]. ISSN 09658564. Dostupné z: doi:10.1016/j.tra.2015.04.003
- [49] *The future of mobility | NHTSA* [online]. [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- [50] CLAYPOOL, Henry, Amitai BIN-NUN a Jeffrey GERLACH. Self-Driving Cars: The Impact on People with Disabilities. *The Ruderman White Paper* [online]. 2017, (January) [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: https://rudermanfoundation.org/wp-content/uploads/2017/08/Self-Driving-Cars-The-Impact-on-People-with-Disabilities_FINAL.pdf
- [51] TIENTRAKOOL, Patcharinee, Ya-Chi HO a Nicholas F. MAXEMCHUK. Highway Capacity Benefits from Using Vehicle-to-Vehicle Communication and Sensors for Collision Avoidance. In: *2011 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall)* [online]. B.m.: IEEE, 2011, s. 1–5 [vid. 2020-03-03]. ISBN 978-1-4244-8327-3. Dostupné z: doi:10.1109/VETEFCF.2011.6093130
- [52] SHLADOVER, Steven E., Dongyan SU a Xiao-Yun LU. Impacts of Cooperative Adaptive Cruise Control on Freeway Traffic Flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2012, **2324**(1), 63–70 [vid. 2020-03-03]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/2324-08
- [53] *Transportation Research Part C: Emerging Technologies - Journal - Elsevier* [online]. [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.journals.elsevier.com/transportation-research-part-c-emerging-technologies>

- [54] *Adaptive cruise control will not yet resolve congestion, a public experiment by the Faculty of Electrical Engineering showed - News service - Czech technical university in Prague* [online]. 2019 [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://aktualne.cvut.cz/en/reports/20191218-adaptive-cruise-control-will-not-yet-resolve-congestion-a-public-experiment-by-the>
- [55] SIVAK, Michael a Brandon SCHOETTLE. *Influence of Current Nondrivers on the Amount of Travel and Trip Patterns with Self-Driving Vehicles* [online]. 2015 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://umich.edu/~umtriswt/PDF/UMTRI-2015-39.pdf>
- [56] TROMMER, Stefan, Viktoriya KOLAROVA, Eva FRAEDRICH, Lars KRÖGER, Benjamin KICKHÖFER, Tobias KUHNIMHOF, Barbara LENZ a Peter PHLEPS. *Autonomous Driving - The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. Ifmo- Institute for Mobility Research* [online]. 2016, (December), 2–71 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/312374304_Autonomous_Driving_-_The_Impact_of_Vehicle_Automation_on_Mobility_Behaviour/related
- [57] TAIEBAT, Morteza, Samuel STOLPER a Ming XU. *Forecasting the Impact of Connected and Automated Vehicles on Energy Use: A Microeconomic Study of Induced Travel and Energy Rebound. Applied Energy* [online]. 2019, **247**, 297–308 [vid. 2020-03-04]. ISSN 03062619. Dostupné z: [doi:10.1016/j.apenergy.2019.03.174](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.174)
- [58] *Traffic Incident Management Performance Measurement Presentation - FHWA Focus States Initiative: Traffic Incident Management Performance Measures Final Report - FHWA Emergency Transportation Operations* [online]. 2018 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop10010/presentation.htm>
- [59] FIEDLER, David, Michal ČÁP a Michal ČERTICKÝ. *Impact of Mobility-on-Demand on Traffic Congestion: Simulation-based Study* [online]. 2017 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://arxiv.org/abs/1708.02484>
- [60] *The Effects of Driving Style and Vehicle Performance on the Real-World Fuel Consumption of U.S. Light-Duty Vehicles.*
- [61] BERTONCELLO, Michele a Dominik WEE. *Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world | McKinsey* [online]. 2015 [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>
- [62] První výsledky testu ukázaly použitelnost platooningu v praxi. Kamiony najely 35 tisíc kilometrů téměř bez zásahu řidičů. *iHNed.cz* [online]. 2019 [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66678250-prvni-vysledky-testu-ukazaly-pouzitelnost-platooningu-v-praxi-kamiony-najely-35-tisic-kilometru-temer-bez-zasahu-ridicu>
- [63] PŘIBYL, Martin. *Jeden šofér na několik kamionů. Konvoje nákladáků mají šetřit palivo i mzdové náklady. Aktuálně.cz* [online]. 2019 [vid. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/jeden-sofer-na-nekolik-kamionu-konvoje-nakladaku-maji-setrit/r~a15f69c2b78011e9970a0cc47ab5f122/>

- [64] I-See [online]. 2020 [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.cz/cs-cz/trucks/features/i-see.html>
- [65] MORANDO, Mark Mario, Qingyun TIAN, Long T. TRUONG a Hai L. VU. Studying the Safety Impact of Autonomous Vehicles Using Simulation-Based Surrogate Safety Measures. *Journal of Advanced Transportation* [online]. 2018, **2018**, 1–11 [vid. 2020-04-06]. ISSN 0197-6729. Dostupné z: doi:10.1155/2018/6135183
- [66] BROUSSARD, Merefdith. *Who will clean self-driving cars?* [online]. 2018 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://slate.com/technology/2018/05/who-will-clean-self-driving-cars.html>
- [67] HAYDIN, Victor. *How a Self-Driving Car Could Save You Money* [online]. 2018 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://www.intellias.com/self-driving-car-save-money/>
- [68] KEENEY, Tasha. Mobility-As-a-Service: Why Self-Driving Cars Could Change Everything. *Ark* [online]. 2017 [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: https://research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/White_Papers/Self-Driving-Cars_ARK-Invest-WP.pdf?utm_referrer=http://research.ark-invest.com/thank-you-autonomous-vehilce-wp%3FsubmissionGuid%3Df1996b95-a419-4f49-9f2f-f4a711
- [69] LAWSON, Steve. *EuroRAP – New report tackles the transition to automated vehicles on roads that cars can read* [online]. [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.eurorap.org/new-report-tackles-the-transition-to-automated-vehicles-on-roads-that-cars-can-read/>
- [70] *ITS - Inteligentní dopravní systémy - Český Kosmický Portál - Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVal* [online]. 2017 [vid. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---inteligentni-dopravni-systemy/>
- [71] *Cesta k plné automatizaci v řízení - ŠKODA Kariéra* [online]. 2018 [vid. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.skoda-kariera.cz/blog/2018-09-27-cesta-k-plne-automatizaci-rizeni>
- [72] MATOUŠEK, Jan. Elektrická budoucnost Škody dostává obrysy. Studie Vision iV oficiálně - Aktuálně.cz. *Aktualne.cz* [online]. 2019 [vid. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/skoda-vision-iv/r~f3c765fa3dfc11e9be22ac1f6b220ee8/>
- [73] RŮŽIČKA, Ludvík. Autonomní automobily: odpovědnost za škodu a související otázky. *PRAVNIRADCE.IHNED.CZ* [online]. 2019 [vid. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://pravnicradce.ihned.cz/c1-66465150-autonomni-automobily-odpovednost-za-skodu-a-souvisejici-otazky#viz12>
- [74] BARTLOVÁ, Monika. *Analýza ČAP: Na českých silnicích by mohla převažovat autonomní vozidla už za 20 let* [online]. 2017 [vid. 2020-03-07]. Dostupné z: http://www.cap.cz/images/tiskove-zpravy/171213_TZ_autonomni_vozidla.pdf
- [75] V USA schválili zákon pro provoz aut bez volantů, zrcátek a řidičů. *Novinky.cz* [online]. 2018 [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/v-usa-schvalili-zakon-pro-provoz-aut-bez-volantu-zrcatek-a-ridicu-40207902>

- [76] FAQ – Waymo [online]. 2020 [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://waymo.com/faq/>
- [77] OTCOVSKÝ, Jaroslav. Etika strojů je problém. Správnost rozhodování nemusí řešit jen autonomní vozy - Peak.cz. *peak.cz* [online]. 2018 [vid. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.peak.cz/etika-stroju-problem-spravnost-rozhodovani-nemusi-resit-jen-autonomni-vozy/8107/>
- [78] *Moral Machine* [online]. [vid. 2020-03-09]. Dostupné z: <http://moralmachine.mit.edu/>
- [79] AWAD, Edmond, Sohan DSOUZA, Richard KIM, Jonathan SCHULZ, Joseph HENRICH, Azim SHARIFF, Jean-François BONNEFON a Iyad RAHWAN. The Moral Machine experiment. *Nature* [online]. 2018, **563**(7729), 59–64 [vid. 2020-03-09]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/s41586-018-0637-6
- [80] BONNEFON, J.-F., Azim SHARIFF a Iyad RAHWAN. The social dilemma of autonomous vehicles. *Science* [online]. 2016, **352**(6293), 1573–1576 [vid. 2020-03-09]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.aaf2654
- [81] *Waypoint - The official Waymo blog: Waymo raises first external investment round* [online]. 2020 [vid. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://blog.waymo.com/2020/03/waymo-raises-first-external-investment.html>
- [82] *Autopilot and Full Self-Driving Capability | Tesla* [online]. 2020 [vid. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/support/autopilot>
- [83] DOW, Jameson. *Tesla CEO Elon Musk talks self driving; \$1,000 price increase coming Nov. 1* [online]. 2019 [vid. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://electrek.co/2019/10/11/tesla-self-driving-price-increase-1000-november-1/>

7 Seznam obrázků

Obrázek 1 Autonomní vozidlo	5
Obrázek 2 Úrovně autonomního řízení	7
Obrázek 3 Selhání automatizovaného řídicího systému	9
Obrázek 4 Nedostatky infrastruktury	12
Obrázek 5 Selhání vozidla	14
Obrázek 6 Chyba kamery VF 1.2 – nevhodně nastavená kamera	15
Obrázek 7 Potencionální útoky na síť vozidla	18
Obrázek 8 Cena za jednu míli (1,6 km) v jednotlivých stadiích.	26
Obrázek 9 Komfortní cestování	27
Obrázek 10 Porovnání složitosti SW kódu	28
Obrázek 11 Porovnání vlivu MoD na tvorbu kongescí	34
Obrázek 12 Platooning	36
Obrázek 13 Porovnání cen za míli.	38
Obrázek 14 C-ITS	40
Obrázek 15 Funkce adaptivního tempomatu klasických vozidel	II
Obrázek 16 Volvo I-See	III
Obrázek 17 Počet konfliktů AVs graficky	IV
Obrázek 18 Počet konfliktů AVs graficky	V
Obrázek 19 Uspořené čas průjezdu AV průsečnou křižovatkou v ohledu na rozšíření AVs	VI
Obrázek 20 Uspořené čas průjezdu AV okružní křižovatkou v ohledu na rozšíření AVs	VI
Obrázek 21 Preference respondentů v případě nevyhnutelné srážky s následkem smrti	VIII
Obrázek 22 Preference při záchraně života	IX

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 Dopravní nehody ve vztahu k řidiči, vozidlu a prostředí v USA	11
Tabulka 2 Srovnání reakcí systémů	22
Tabulka 3 Typy AVs	29
Tabulka 4 Vliv AVs na celkovou ujetou vzdálenost.	32
Tabulka 5 Porovnání současného stavu, MoD, MoD sdílených jízd.	33
Tabulka 6 Parametry pro simulaci.....	37
Tabulka 7 Shrnutí výhod a nevýhod AVs	39
Tabulka 8 Výpis asistentů a jejich protiopatření.	I
Tabulka 9 Selhání automatizovaného systému a opětovné převzetí řízení.	I
Tabulka 10 Konflikty AVs na základě jejich rozšíření	IV
Tabulka 11 Konflikty AVs na základě jejich rozšíření	V

9 Seznam příloh

10 Příloha 1	I
11 Příloha 2	I
12 Příloha 3	II
13 Příloha 4	III
14 Příloha 5	IV
15 Příloha 6	VII
16 Příloha 7	VIII

10 Příloha 1

Tabulka 8 Výpis asistentů a jejich protiopatření.

Protiopatření	Popis protiopatření	Selhání/nedostatky
Automatické brzdění	Aktivuje se, pokud je to nutné.	IF1 – ostatní účastníci provozu
Kamera pro noční vidění	Zlepšuje viditelnost objektů před vozidlem v noci a za snížené viditelnosti.	IF1, IF2 – vliv počasí, IF4 – podmínky na komunikaci
Adaptivní světlomety	Automaticky upravují osvětlení a přisvěcují do zatáčky.	IF1, IF2, IF4
Adaptivní tempomat (ACC) ¹	Umožňuje přizpůsobit rychlost a odstup od vozidla před námi.	IF1
Lane Assist	Upozorní řidiče, pokud neúmyslně opustí jízdní pruh.	IF4
ABS	Zabraňuje nekontrolovanému smyku.	VF3 – mechanické selhání komponent
Tlak pneumatik	Upozorní řidiče na nízký tlak pneumatik.	VF3

Upraveno a přeloženo, zdroj [4] ¹ ACC – Adaptive Cruise Control (adaptivní tempomat)

11 Příloha 2

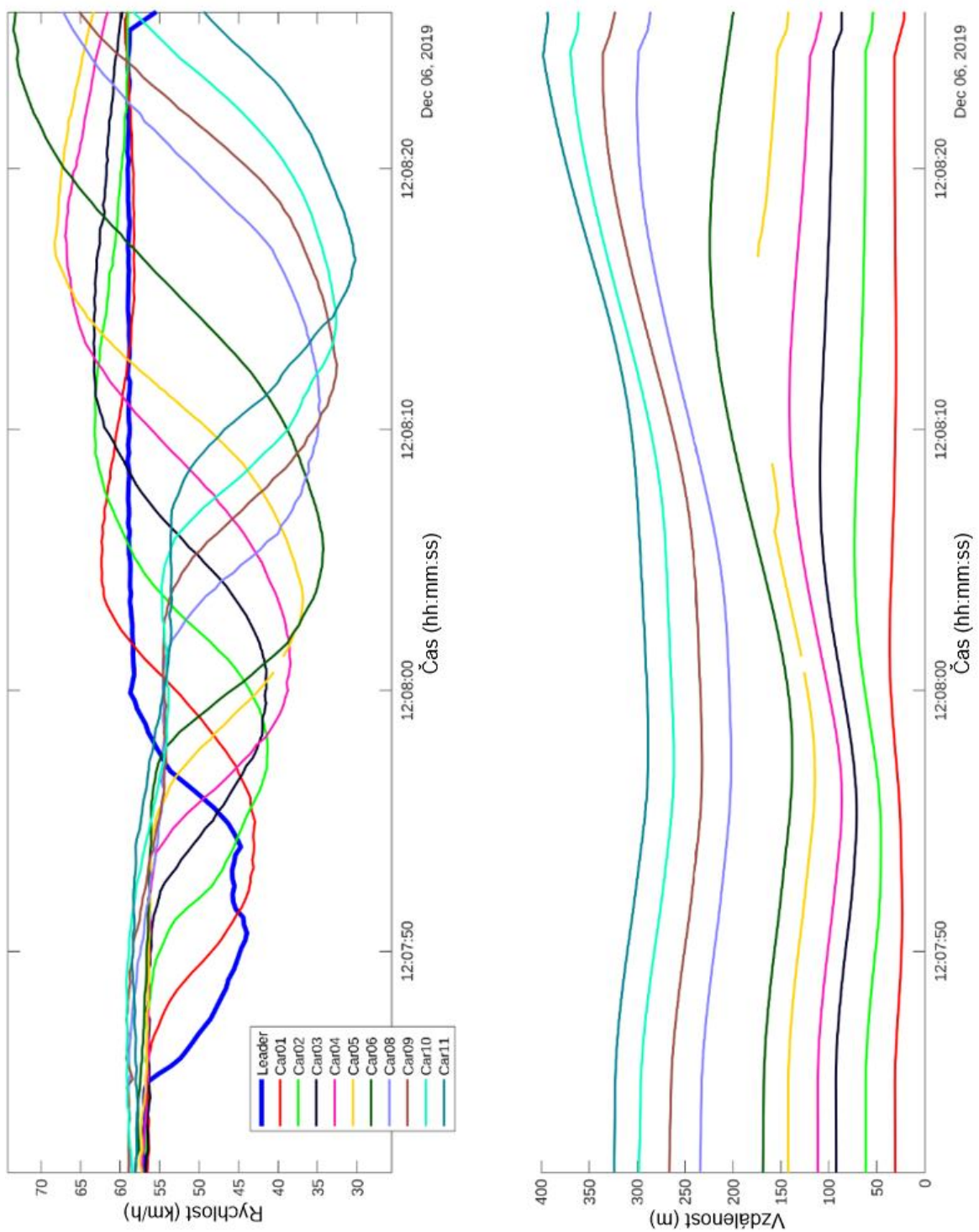
Tabulka 9 Selhání automatizovaného systému a opětovné převzetí řízení.

Úroveň AV	Definice reakčního času k převzetí řízení	Průměrný čas [s]	Poznámky	Průběh odpojení	Vnější podmínky
2 (ACC, LA)	První vstup – brzdění/zatočení	1,46	Žádný rozptylovací faktor. Reakce na kolizi před vozidlem.	Neorganizovaný ¹ , náhlá kolize.	Den, čtyřproudová dálnice.
2 (ACC)	První vstup – brzdění/zatočení	2,09	Rozptylovací faktor: SMS, Internet.	Neorganizovaný, výstavba na komunikaci	Dvouproudová dálnice.
3	První vstup – brzdění/zatočení	3,5	Rozptylovací faktor: hraní hry na telefonu.	Organizovaný ² : vozidlo řídilo samo po dobu 10 s po výzvě k převzetí řízení.	Vozidlo zastavilo na dálnici, nutnost ho objet.
3	První vstup – brzdění/zatočení	5,66 - 7,84	Rozptylovací faktor: čtení novin.	Neorganizovaný	Žádná doprava, jeden pruh se rozdělil do dvou.

Upraveno a přeloženo, zdroj [29] LA – Lane Assist (hlídání jízdních pruhů). ¹Řidič není dopředu varován, aby převzal řízení. Je to aktuální stav. ²Pasažér připravený převzít řízení je včas upozorněn (např. 10 s dopředu, aby převzal řízení).

12 Příloha 3

Obrázek 15 Funkce adaptivního tempomatu klasických vozidel



Zdroj [54] Leader – Vedoucí vozidlo, Car - automobil

13 Příloha 4

Funkce systému Volvo I-SEE [64]

1. Vytvoření kinetické energie

Pokud se před vozidlem nachází stoupání, zrychlí a zařazený vyšší rychlostní stupeň ponechá co nejdéle.

2. Zabránění zbytečnému podřazení

Systém se snaží nepodřazovat. Vozidlo tak vyjede to kopce plynuleji a s nižší spotřebou.

3. Omezení rychlosti na horizontu

Není nutné přidávat plyn před následujícím klesáním.

4. Klesání na volnoběh

„Těsně před začátkem svahu systém I-See dočasně odpojí hnací ústrojí nebo motorovou brzdou, aby ušetřil energii a omezil brzdění [64].“

5. Optimální regulace brzd

Vozidlo rozezná, kde svah končí a kde začíná další.

6. Příprava na další stoupání

Před dalším stoupáním, systém nechá nabrat rychlost a hybnost z předchozího kopce.

Obrázek 16 Volvo I-See



Zdroj [64]

14 Příloha 5

- Průměrná křižovatka se světelným signalizačním zařízením

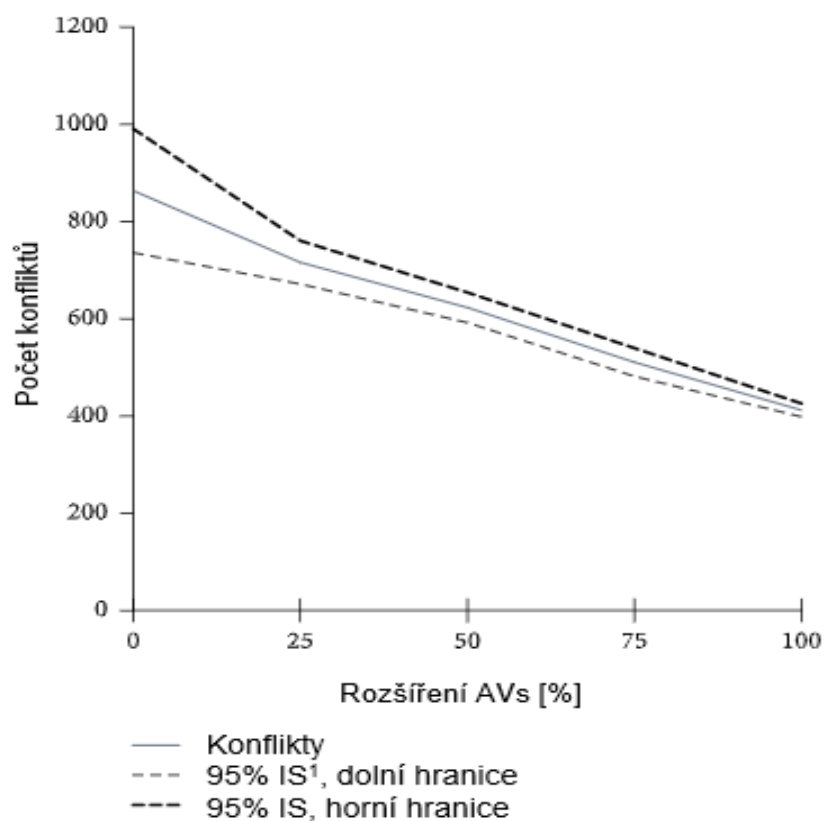
Tabulka 10 Konflikty AVs na základě jejich rozšíření

Rozšíření AVs ¹	Typy konfliktů			Celkem
	AV-AV	AV-HV ²	HV-HV	
0 %			863,3	863,3
25 %	23,9	326,7	365,7	716,2
50 %	85,8	389,1	148,2	623,1
75 %	182,1	286,4	41,7	510,1
100 %	411,9			411,9

Upraveno a přeloženo, zdroj [65]

¹AVs – Autonomní vozidla; ²HV – Human Vehicle (vozidlo řízené člověkem).

Obrázek 17 Počet konfliktů AVs graficky



Upraveno a přeloženo, zdroj [65] ¹ Interval spolehlivosti

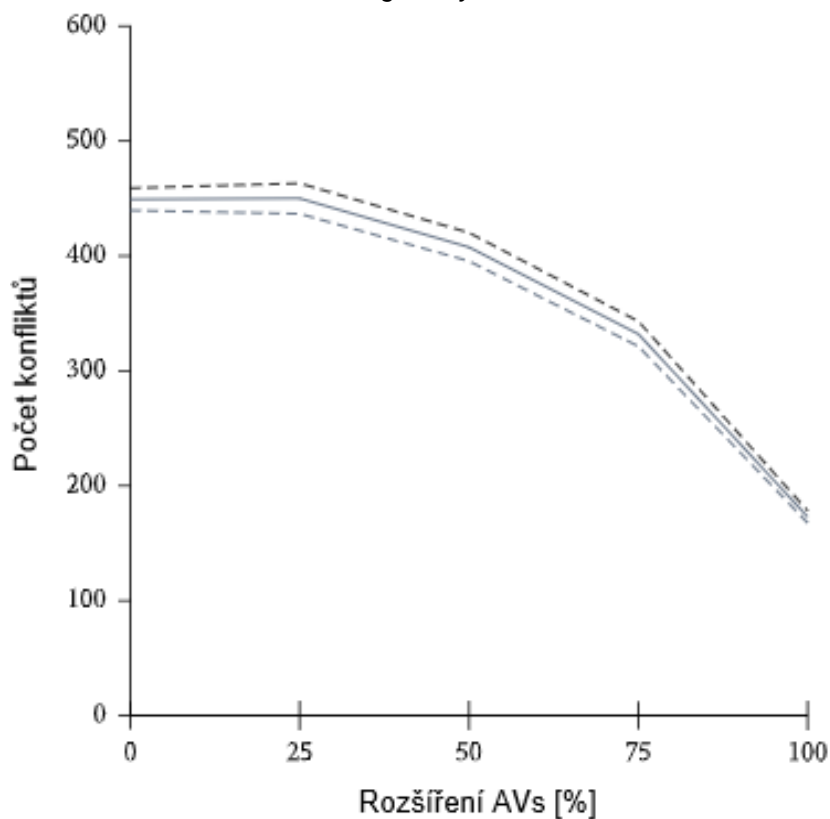
- Okružní křižovatka

Tabulka 11 Konflikty AVs na základě jejich rozšíření

Rozšíření AVs	Typy konfliktů			Celkem
	AV-AV	AV-HV	HV-HV	
0 %			449,1	449,1
25 %	14,8	270,1	165	449,9
50 %	48,7	275,9	83	407,6
75 %	108,5	204,7	18,7	331,9
100 %	172,9			172,9

Upraveno a přeloženo, zdroj [65]

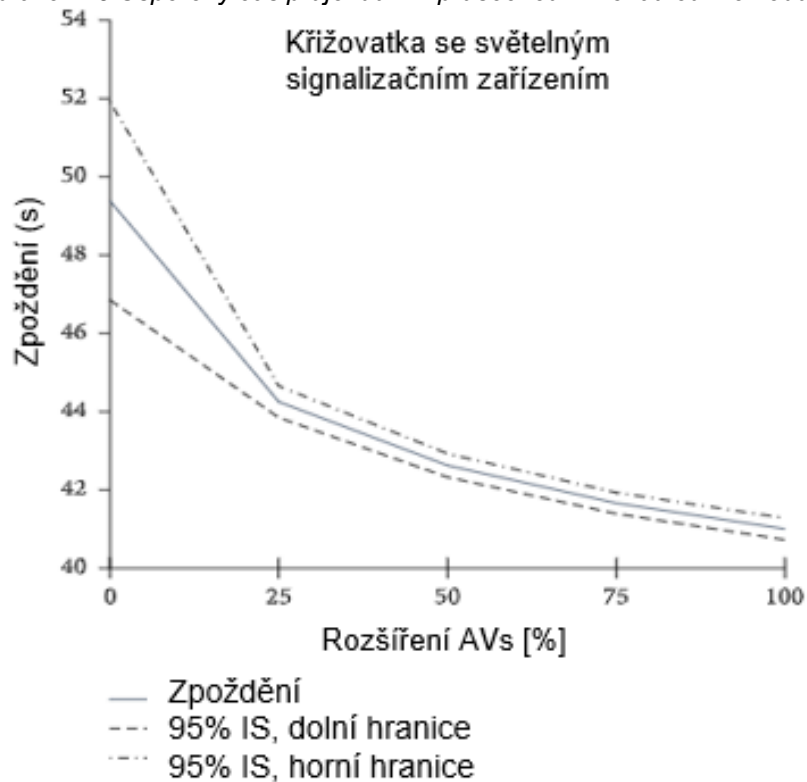
Obrázek 18 Počet konfliktů AVs graficky



Přeloženo, zdroj [65]

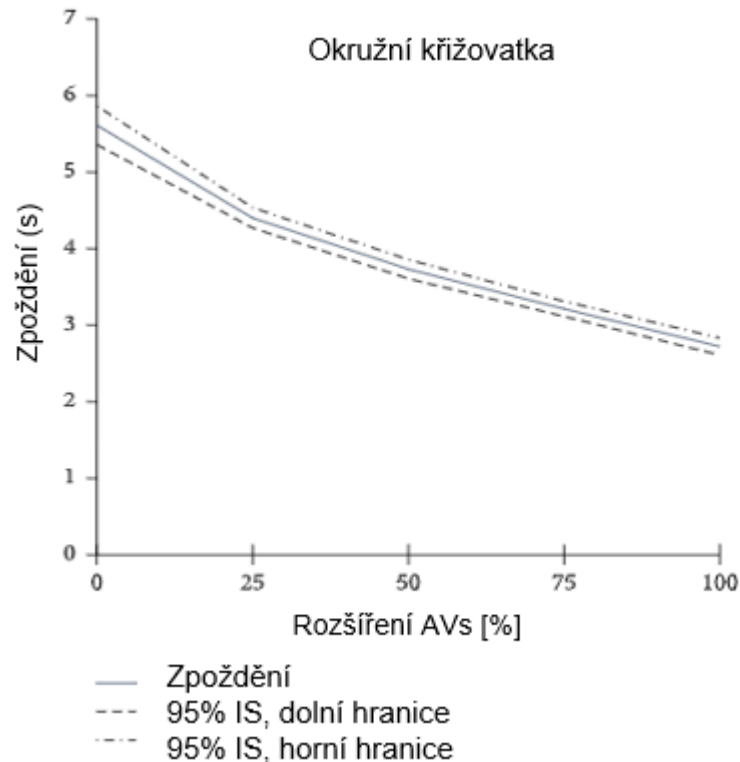
- **Vliv AVs na průjezd křižovatkami**

Obrázek 19 Uspořený čas průjezdu AV průsečnou křižovatkou v ohledu na rozšíření AVs



Přeloženo, zdroj [65]

Obrázek 20 Uspořený čas průjezdu AV okružní křižovatkou v ohledu na rozšíření AVs



Přeloženo, zdroj [65]

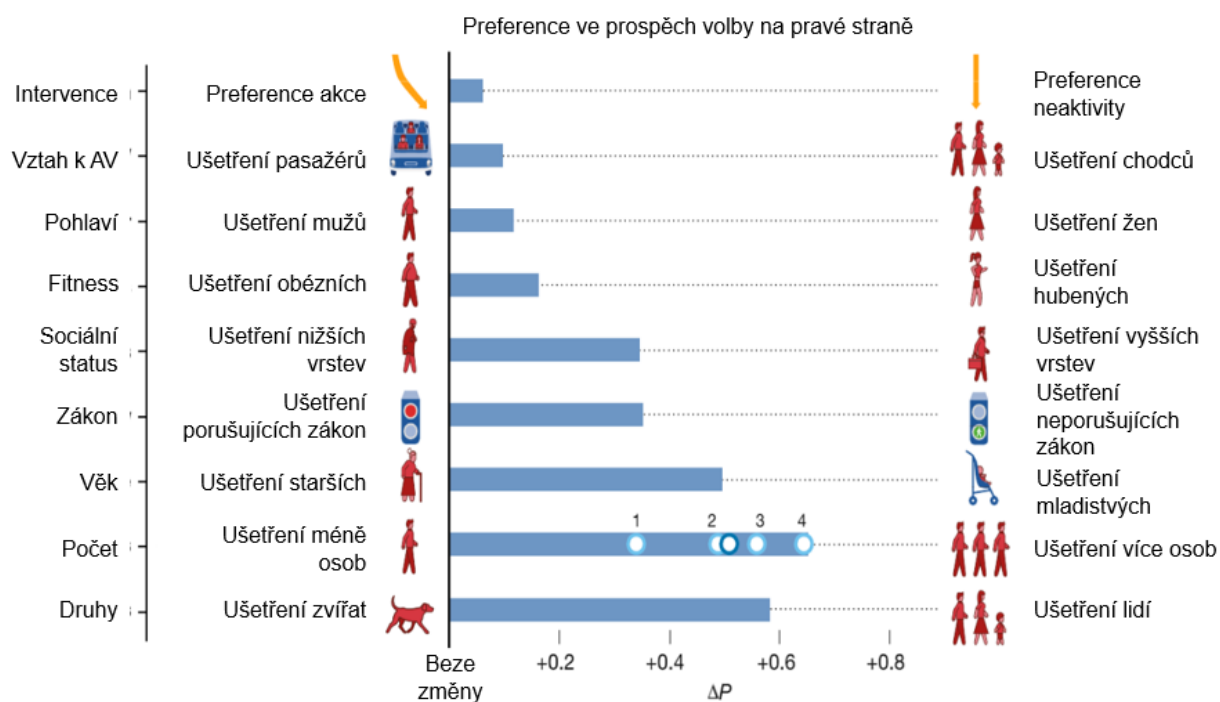
15 Příloha 6

Návrhy možných zákonů k úpravě: [7]

- „Úpravy zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), v platném znění;
- Úpravy zákona č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb., v platném znění;
- Návrh prováděcí vyhlášky k zákonu č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti a o změně souvisejících zákonů (zákon o kybernetické bezpečnosti), v platném znění;
- Úpravy zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za újmu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), v platném znění;
- Úpravy zákona č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění;
- Úpravy zákona č. 104/2000 Sb., o Státním fondu dopravní infrastruktury, v platném znění [7].“

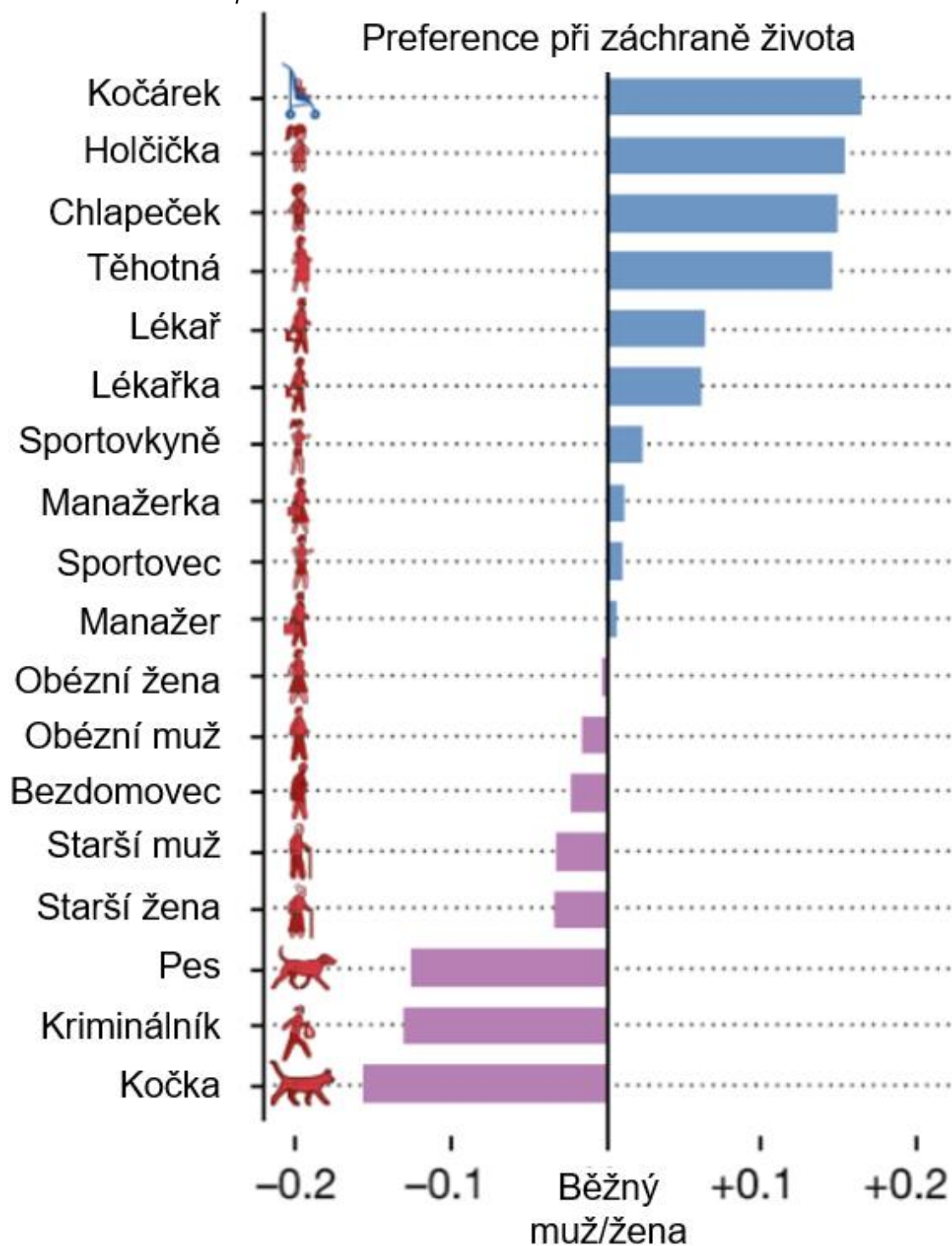
16 Příloha 7

Obrázek 21 Preference respondentů v případě nevyhnutelné srážky s následkem smrti



Přeloženo, zdroj [79] Index vyjadřuje míru ochoty k záchraně kategorií na pravé straně.

Obrázek 22 Preference při záchraně života



Přeloženo, zdroj [79] Index vyjadřuje míru ochoty k záchraně nebo obětování jednotlivých kategorií ve srovnání s běžným mužem/ženou.