



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Filip Houšteký

CHYTRÉ ŘEŠENÍ PŘEDNOSTI V JÍZDĚ
INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU

Bakalářská práce

2020



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Filip Houšteký

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Chytré řešení přednosti v jízdě integrovaného
záchranného systému**

Název tématu (anglicky): Smart Solution for Giving Priority of the Integrated
Emergency Management System

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Úvod do problematiky a vymezení oblasti zkoumání
- Analýza potřeby využití přednosti IZS
- Obecný návrh systému chytrého řešení přednosti IZS
- Letislavní a technické podmínky pro korektní funkci systému
- Analýza navrženého řešení



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Matoušková, I., Moravčík, L., Rak, R.: ECall - inteligentný dopravný systém. Magnet Press Slovakia, Bratislava, 2015
McGrath, M.: Autonomous vehicles. 2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Mgr. Václav Baroch, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **29. června 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **1. prosince 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.

vedoucí

Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Filip Houštecký

jméno a podpis studenta

V Praze dne.....18. srpna 2020

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady k vypracování práce a podporovali mě. Zvláště pak děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Mgr. Václavu Barochovi Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za poskytnutí cenných rad. Dále bych rád poděkoval všem expertům, se kterými jsem vedl rozhovor a svými názory a informacemi mi pomohli s touto prací.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, blízkým a přítelkyni za morální a materiální podporu, kterou mi poskytli po celou dobu mého studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 23. srpna 2020

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

CHYTRÉ ŘEŠENÍ PŘEDNOSTI V JÍZDĚ INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU

Bakalářská práce

srpen 2020

Filip Houšteký

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Chytré řešení přednosti v jízdě integrovaného záchranného systému“ je návrh systému, který by snížil čas dojezdu integrovaného záchranného systému k dopravním nehodám. První část práce je věnována představení inteligentních dopravních systémů a vymezení oblasti zkoumání. Ve druhé části je provedena analýza potřeby využití přednosti integrovaného záchranného systému. Třetí část se věnuje vytvoření obecného návrhu systému, převážně na křižovatkách. Čtvrtá část práce je zaměřena na legislativu dopravy a celého navrženého systému. V páté části se práce věnuje rozboru analýzy a zhodnocení navrhovaného řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Integrovaný záchranný systém, přednost v jízdě, křižovatka, nehoda, inteligentní dopravní systém

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Smart Solution for the Giving priority of the Integrated Emergency Management System“ is the system design which would reduce the integrated emergency management system units time of arrival to the accidents. The first part of thesis is devoted to the Intelligent transportation system introduction and the definition of the research range. The analysis of the right of way for the integrated emergency management system is done in the second part of thesis. The third part of thesis is devoted to the creation of the common system design of Giving priority, predominantly on the crossroads. The fourth part of thesis the thesis is focused on the transport legislation and whole designed system legislation. The final part of thesis is dedicated to the details of analysis and the evaluation of the suggested solution.

KEY WORDS

Integrated Emergency Management System, Giving Priority, crossroad, accident, Intelligent Transport Systems

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	6
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY A VYMEZENÍ OBLASTI ZKOUMÁNÍ.....	8
1.1 ÚVOD.....	8
1.2 INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY.....	9
1.3 INFRASTRUKTURNÍ SYSTÉMY VYUŽÍVANÉ V ITS.....	9
1.3.1 GPS.....	10
1.3.2 Princip fungování GPS.....	10
1.3.3 Galileo.....	10
1.3.4 5G komunikace.....	10
1.3.5 HD mapping.....	11
1.4 KOMUNIKACE VOZIDLA – X.....	12
1.4.1 Vozidlo x vozidlo.....	12
1.4.2 Vozidlo x infrastruktura.....	13
1.4.3 Inteligentní samolepky na značkách.....	13
1.4.4 Ecall.....	13
1.4.5 Princip fungování systému Ecall.....	13
1.5 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM.....	15
1.6 VYMEZENÍ OBLASTI ZKOUMÁNÍ.....	16
2 ANALÝZA POTŘEBY VYUŽITÍ PŘEDNOSTI IZS.....	17
2.1 NÁZORY EXPERTŮ.....	17
2.1.1 Vyhodnocení rozhovorů s experty.....	19
2.2 DOTAZNÍK PRO ŘIDIČE.....	20
2.2.1 Vyhodnocení dotazníku pro řidiče.....	24
2.3 DOTAZNÍK URČENÝ PRO ŘIDIČE IZS.....	24
2.3.1 Vyhodnocení dotazníků pro řidiče IZS.....	28
3 OBECNÝ NÁVRH SYSTÉMU CHYTRÉHO ŘEŠENÍ PŘEDNOSTI IZS.....	29
3.1 CHYTRÉ ŘEŠENÍ PŘEDNOSTI.....	29
3.1.1 Systémy preference IZS na světelných křižovatkách.....	29
3.1.2 Křižovatky řízené světelným signalizačním zařízením.....	30
3.1.3 Dynamická křižovatka.....	36
3.1.4 Systém rozhodování přednosti mezi složkami IZS na světelné křižovatce.....	36
3.2 VYHODNOCENÍ POTŘEBY VYUŽITÍ A AKTIVACE SYSTÉMŮ.....	38
3.2.1 Systém upozornění řidičů na blížící se vozidlo IZS na dálnici a v kolonách.....	39
3.3 PŘEDNOST BEZ CHYTRÝCH SYSTÉMŮ.....	42
3.3.1 Křižovatky neřízené světelným signalizačním zařízením.....	42
3.3.2 Vyhrazený jízdní pruh.....	42
3.3.3 Osvětové kampaně.....	43

4	LEGISLATIVNÍ A TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO KOREKTNÍ FUNKCI SYSTÉMU.....	44
4.1	ZÁKONY PRO KŘIŽOVATKY	44
4.2	ZÁKONY NUTNÉ PRO IMPLEMENTACI SYSTÉMU	44
4.2.1	Zákon 13/1997 Sb.	45
4.3	TECHNICKÉ NORMY PRO KŘIŽOVATKY.....	46
4.4	ZABEZPEČENÍ ITS	47
4.5	LEGISLATIVA PRO ÚČASTNÍKY SILNIČNÍ DOPRAVY	48
4.5.1	Přednosti na křižovatkách.....	48
4.5.2	Vozidla s právem přednosti jízdy	51
4.6	ZÁCHRANNÉ ULIČKY.....	51
5	ANALÝZA NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	53
5.1	METODIKA VÝPOČTU EKONOMICKÝCH ZTRÁT	53
5.2	NEHODY POUZE S HMOTNOU ŠKODOU	54
5.2.1	Přímé náklady.....	54
5.3	LEHKÉ ZRANĚNÍ.....	56
5.3.1	Přímé náklady.....	56
5.3.2	Nepřímé náklady.....	57
5.4	TĚŽKÉ ZRANĚNÍ.....	58
5.4.1	Přímé náklady.....	58
5.4.2	Nepřímé náklady.....	58
5.5	SMRTELNÉ ZRANĚNÍ.....	58
5.5.1	Přímé náklady.....	58
5.5.2	Nepřímé náklady.....	59
5.6	CELKOVÉ EKONOMICKÉ ZTRÁTY Z DOPRAVNÍCH NEHOD ZA ROK 2018	59
5.7	VYČÍSLENÍ ÚSPORY PŘI POUŽITÍ SYSTÉMŮ K PŘEDNOSTI.....	60
5.7.1	Systém ecall	60
5.7.2	Systém absolutní přednosti na křižovatkách a umožnění průjezdu vozidla IZS.....	63
5.8	KALKULACE NÁKLADŮ NA PLOŠNÉ ZAVEDENÍ SYSTÉMŮ.....	67
5.9	VIZE NULA	69
6	ZÁVĚR.....	71
	POUŽITÉ ZDROJE	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ:	77
	SEZNAM TABULEK:	78
	SEZNAM GRAFŮ:	79
	SEZNAM PŘÍLOH:.....	80
1.	DOTAZNÍK URČENÝ PRO ŘIDIČE	80
2.	DOTAZNÍK URČENÝ PRO ŘIDIČE INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU	82
3.	OSOBNÍ ROZHOVOR S EXPERTY ZABÝVAJÍCÍ SE PROBLEMATIKOU	83

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

5G	Fifth Generation
CAM	Cooperative Awareness Message
ČR	Česká republika
ČSN	Československá státní norma
DEMNM	Decentralized Environmental Notification Message
DSRC	Dedicated short range communications
EU	Evropská unie
GPS	The Global Positioning System
HD	High Definition
HDP	Hrubý domácí produkt
HZS	Hasičský záchranný sbor
ITS	Intelligent transportation systém
ISO	International Organization for Standardization
IVS	In Vehicle Systém
IZS	Integrovaný záchranný systém
MHD	Městská hromadná doprava
MSD	Minimum Set of Data
NSBSP	Národní strategie bezpečnosti silničního provozu
OBU	On Board Unit
PKI	Public key infrastructure
RSU	Roadside unit
SSZ	Světelné signalizační zařízení
V2I	Vehicle to infrastructure
V2V	Vehicle to vehicle
VIN	Vehicle Identification Number

1 Úvod do problematiky a vymezení oblasti zkoumání

1.1 Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na zavedení chytré přednosti integrovaného záchranného systému na pozemních komunikacích pomocí inteligentních dopravních systémů, za účelem zkrácení doby jízdy k mimořádným událostem. Mimořádné události ohrožují lidské zdraví, životy, majetek a přírodní prostředí. Doba příjezdu integrovaného záchranného systému k mimořádné události rozhodne o míře vážnosti zranění či míře způsobených škod, je tedy klíčovým faktorem a záleží na každé ušetřené vteřině.

Úvodní část práce je věnována systémům a poukazuje na to, že jsou klíčovou rolí pro implementaci preference integrovaného záchranného systému na pozemní komunikaci. Dále je v úvodní části vysvětlen pojem integrovaný záchranný systém, shrnutí jeho povinností a vymezení problematiky zkoumání.

Druhá část této práce je zaměřena na analýzu potřeby využití přednosti systému. Analýza je tvořena pomocí rozhovoru s experty a dvou dotazníků, které jsou zaměřené na chování řidičů na pozemních komunikacích, v případě blížícího se vozidla integrovaného záchranného systému se zapnutým výstražným zařízením. Jeden je určený běžným řidičům, druhý je určený řidičům složek integrovaného záchranného systému. Z dotazníku vyplývá, jaký je zájem o systém chytré přednosti mezi oběma skupinami řidičů a jak řidiči reagují na vozidla se zapnutým výstražným zařízením.

Třetí část obsahuje teorii o možnostech preference na pozemních komunikacích. Nejvíce se rozebírá systém preference vozidel integrovaného záchranného systému na vytižených světelně řízených křižovatkách. Je provedena kalkulace nákladů na systém, způsoby aktivace systémů a rozbor v jakých situacích systém využívat. V kapitole se rozebírá i důležitost informovanosti o nových i stávajících povinnostech řidičů na pozemních komunikacích, pomocí osvětových dopravních kampaní.

Další část je zaměřena na legislativu. Je zde shrnuta většina zákonů a norem, které musí systémy a pozemní křižovatky a komunikace dodržet, aby mohly být systémy implementovány. Velkým přenosem dat vzniká hrozba jejich úniku a zneužití. Řeší se zde i jejich zabezpečení.

Práci uzavírá analýza navrženého řešení, která se zabývá zkrácením času příjezdu vozidel integrovaného záchranného systému k místu havárie. Dále se práce zabývá počtem postižených osob při dopravních nehodách, metodikou výpočtu ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti a výpočtem snížení těchto ztrát včasným příjezdem k nehodě.

1.2 Inteligentní dopravní systémy

Někdy jsou označovány též jako dopravní telematika. Pojem inteligentní dopravní systémy (dále ITS) se používá pro globální program zahrnující řadu technologií, které si kladou za cíl činit dopravu bezpečnější a efektivnější, s menšími kongescemi na silnicích a s nižším ekologickým zatížením. Celkový systém integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních souvisejících oborů, (jako jsou například ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství) tak, aby zajistily pro stávající infrastrukturu systémy řízení dopravních a přepravních procesů. Což vede v důsledku ke zvýšení přepravních výkonů, zvýšení efektivity dopravy, zvýšení komfortu přepravy atp. [1] [2]

Podstata ITS je založena na tom, že systémy obsahují nebo jsou sestaveny z částí, které jsou schopny sbírat a zasílat informace o stavu určitého vozidla nebo zařízení do řídicí jednotky nebo operátorovi. Při splnění určitých podmínek řídicí jednotka zašle zpět signál s řídicími pokyny, nebo tento pokyn může zaslat manuálně příslušný operátor. Tato akce zašle signál do zařízení pro řízení procesu jako například symboly na dopravních značkách nebo ovlivnění signalizačního zařízení na semaforu. [1]

Hlavní klíčovou součástí jsou informace o poloze, které se získávají pomocí družicových systémů a integruje se do aplikace ITS. Hlavní výhody nasazení inteligentních systémů a služeb společenských přínosů je zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti dopravy. [2]

Pro služby ITS je důležité, aby data byla přenášena v požadovaném čase, kvalitě a aby nedocházelo k jejich ztrátám. K přenosu dat je klíčové být neustále online, respektive připojen na internet. Připojení k internetu zajišťují mobilní digitální technologie. [2]

Zavádění mobilních digitálních technologií (nejaktuálnější je technologie 5G) mění, jak způsob poskytování informací o aktuální situaci na dopravní infrastrukturu, tak i o změnách, které ovlivňují dopravu a také metody, které získávají informace o dopravní situaci v reálném čase. [1] [2]

1.3 Infrastrukturní systémy využívané v ITS

Jednou z nejdůležitějších úloh, které je nezbytné zabezpečit předtím, než se začnou řešit prvotní problémy na místě událostí, je rychlý přenos informací potřebný pro výjezd policie a záchranných složek na místo události. Touto problematikou se dlouhodobě zabývají organizace a s postupným rozvojem informačních, telekomunikačních a bezpečnostních technologií navrhují a aplikují do praxe několik systémů.

1.3.1 GPS

GPS je globální družicový polohový systém, který se skládá nejméně ze 24 satelitů. GPS funguje za jakéhokoliv počasí, 24 hodin denně, kdekoliv na světě. GPS pomocí elektronického přijímače umožňuje určit přesnou polohu na povrchu země. Ministerstvo obrany USA vyslalo satelity do orbity pro vojenské účely. V roce 1980 byly zpřístupněny v civilním sektoru. [3]

1.3.2 Princip fungování GPS

GPS satelity krouží okolo země dvakrát denně. Každý satelit vysílá unikátní signál a parametry orbity, což umožňuje zařízením dekodovat přesnou polohu satelitů. GPS přijímače využívají tyto informace k vypočtení polohy uživatele. GPS měří vzdálenost ke každému satelitu podle času, který potřebuje k přijetí vysílaného signálu. S měřením vzdálenosti na několika dalších satelitů může určit cestu k dalšímu bodu. [3]

K vypočítání 2D pozice (zeměpisná šířka a délka) musí být signál alespoň na 3 satelitů. Při signálu na 4 nebo více satelitů může přijímač určit 3D polohu (navíc zeměpisná výška). Obecně přijímač GPS sleduje 8 a více satelitů, to závisí na denní době a na zemi. [3]

1.3.3 Galileo

Evropská komise prvně představila plány na vybudování evropského systému satelitní navigace Galileo v roce 1999. Galileo bude systémem skládajícím se ze 30 satelitních stanic nad zemskou atmosférou (27 operačních + 3 záložní). Momentálně je v provozu 22 družic. Velké množství satelitů, z nichž tři budou záložní proto, aby byl zajištěn spolehlivý provoz systému, v případě že, některý satelit přestane správně pracovat. [4]

Navigace Galileo umožní každému držiteli přijímače signálu určit jeho aktuální polohu s přesností lepší než jeden metr. Záchrané složky a platící zákazníci budou mít přesnější polohu, přibližně 30 cm. Systém Galileo by měl poskytovat vyšší přesnost v porovnání s existujícími navigačními systémy. [1]

1.3.4 5G komunikace

5G komunikace je nová generace bezdrátových systémů. Hlavním přínosem nové technologie je významné, přibližně desetinásobné zvýšení přenosové rychlosti a podstatné snížení doby odezvy oproti standardu 4G, což má umožnit provoz nejmodernějších komunikačních technologií. [4]

Na rozdíl na předchozích 4G sítích, které používají frekvence 700-2100 MHz, se 5G sítě v zásadě skládají ze dvou samostatných sítích.

První bude používat frekvence na 6 GHz a druhá bude používat frekvence nad 6 GHz. Vysokofrekvenční pásmo nad 6 GHz je téměř celé nevyužívané, protože dříve neexistovaly žádné technologie, které by umožňovaly realizovatelné plošné pokrytí. [5]

To však již neplatí. Přestože výstavba infrastruktury bude velmi nákladná, frekvenční pásmo nad 6 GHz je navrženo tak, aby vám umožnilo používat nejpokročilejší zařízení a vytvořit novou úroveň Průmyslu 4.0. [6]

Toto je přínosem nejen pro komunikaci mezi lidmi, ale také mezi stroji. Síť slibuje významné výhody pro energetický, zdravotnický a automobilový průmysl. Umožní více datům se pohybovat při vyšších rychlostech s nižší latencí a ultra spolehlivostí. Toto je důležité při podpoře miliard připojených zařízení. Největší přínosem je, že autonomní systémy vyžadují konektivitu za zlomek vteřiny, což 5G síť umí poskytnout. [6]

Využívání 5G sítí má však i své negativa. Ve srovnání se sítěmi 4G je vytvoření dostatečné infrastruktury obvykle dražší. Frekvence, při které se šíří 5G signály, není vhodná pro přenos dat na delší vzdálenosti nebo přes překážky, jako jsou zdi budov. Síť vysílačů musí být daleko více hustší, takže náklady na takto rozsáhlou síť budou mnohem náročnější. [6]

Spekuluje se také o zdravotních rizicích, které by síť 5G mohla způsobit. Podle nich by mohly citlivější lidé reagovat na vystavení se všudypřítomným elektromagnetickým frekvencím. Je však třeba zdůraznit, že tyto spekulace nebyly potvrzeny žádnými konkrétními důkazy, a výsledky relevantního vědeckého výzkumu se teprve očekávají. [5]

1.3.5 HD mapping

Vývojáři doufali, že by vozidla mohla určit svoji polohu využitím map se standardním rozlišením, jakou jsou dnes založené na GPS. Senzory udělají zbytek. Toto řešení však adekvátně nefunguje, protože je důležitá vyšší preciznost a přesnost. K vyřešení tohoto problému je důležité vysoce podrobné, trojrozměrné, počítačové mapy, které označují polohu automobilu a rozumějí jeho okolí. [4]

Zmapovat průměrné město trvá šest měsíců. V zásadě je problémem, že vozidlo musí lokalizovat nejen jestli je na správné silnici, ale i jestli je ve správném pruhu pro odbočení, a dokonce i to, jak blízko je k obrubníku nebo na straně vozovky. Navigační mapy obvykle lokalizují polohu automobilu v několika metrech. Digitální mapy HD musí znát umístění rohů, obrubníků a dalších objektů do vzdálenosti 10 centimetrů. Například HD mapy řeknou vozidlu, že jeho vzdálenost na obrubníků je 10 centimetrů, potvrdí jeho přesnou polohu na základě vzdálenosti na jiných objektech, jako jsou značky, budovy nebo dokonce stromy. Pak řekne vozidlu, že další odbočka je za 200 metrů. [4]

Vytváření HD map je vysoce náročný proces. HD mapy musí být daleko přesnější než navigační mapy. Inženýři vybírají vhodné objekty na skenování vhodných bodů. Laserové vybavení, pomocí kterého se objekty skenují je velice drahé. [7]

1.4 Komunikace vozidla – X

Komunikace vozidla – X je termín používaný k popisu připojení vozidla, kde X může být jiné vozidlo nebo infrastruktura, jako jsou semaforey a ulice. K využití této komunikace se využívá pokrok v bezdrátových technologiích pro komunikaci s vozidly, infrastrukturou a dalšími přenosnými zařízeními.

1.4.1 Vozidlo x vozidlo

Komunikace vozidlo X vozidlo využívá bezdrátové spojení, kde automobily si navzájem posílají zprávy s informacemi o tom, co dělají, nebo o provozních podmínkách. Namísto toho, aby auta fungovala nezávisle, budou moci auta předávat důležité informace okolním vozidlům, aby se zvýšila celková účinnost a bezpečnost vozovek. Systémy V2V budou používat vyhrazenou komunikaci na krátkou vzdálenost DSRC. Komunikace DSRC jsou obousměrné kanály, které umožní vozidlům komunikovat mezi sebou, rychlostí zhruba desetkrát za sekundu na krátké vzdálenosti. Například na rušné dálnici mohou mezi sebou vozidla posílat automatizované zprávy, které mohou obsahovat informace např.: „Pozor, cesta je kluzká“, „Přijíždí sanitka!“ nebo „Pozor blíží se kolona“. Tyto zprávy by mohly i upravovat rychlost na dálnici, která by byla podle aktuální situace. [4]

Podle amerického ministerstva dopravy má tato komunikace obrovský potenciál výrazně snížit mnoho nejmrtelnějších typů srážek prostřednictvím reálné časové řady upozorňující řidiče na bezprostřední nebezpečí. V případě, že by všechny datové body šly do centrálního uzlu, díky tolika dopravním datům v reálném čase, by manažeři dopravy mohli upravit časování semaforu tak, aby byl tok dopravní špičky plynulejší. Každý automobil by mohl použít data k individuální úpravě. [8]

Komunikace ovšem představuje obavy s ochranou soukromí. Data V2V vám mohou odhalit několik informací jako jsou: kam a kdy jedete, vaše jízdny návyky i přestupky. Důležité je určit kdo bude mít přístup k těmto datům a jak se tato data mohou využívat. Také je obava, aby tuto komunikaci nenapadali hackeři. [4] [8]

1.4.2 Vozidlo x infrastruktura

Komunikace automobilu se světelným signalizačním zařízením nebo jinými stacionárními zařízeními se nazývá V2I komunikace. Komunikace může probíhat z vozidla do infrastruktury, nebo opačně. Nejzákladnější aplikací je dopravní signál, který oznamuje svůj stav přibližujícím se vozidlům: „Aktuálně zelený signál po dobu dalších 50 sekund“. Tato schopnost může vést ke koordinaci jízdní rychlosti se vzory signálů, aby bylo možné maximalizovat spotřebu paliva. Vzor lze použít k zajištění optimálního provozu v oblastech s vysokou frekvencí dopravy. [5] [7]

1.4.3 Inteligentní samolepky na značkách

Inteligentní samolepky na dopravních značkách jsou jednou z nejjednodušších a nejlevnějších alternativních metod k tomu, aby dopravní značky dokázaly komunikovat s automobilem. Velké firmy testují samolepky, které se zdají pouhým okem průhledné, ale obsahují znaky, které jsou podobné čárovým kódům, které automobily mohou číst. Kromě informace o samostatné značce, by tyto kódy mohly obsahovat GPS souřadnice, varování o křižovatkách, vzdálenost na obrubníku. Firmy také testují použití těchto samolepek na vestách pracovníků, kteří pracují poblíž vozovky. [4]

1.4.4 Ecall

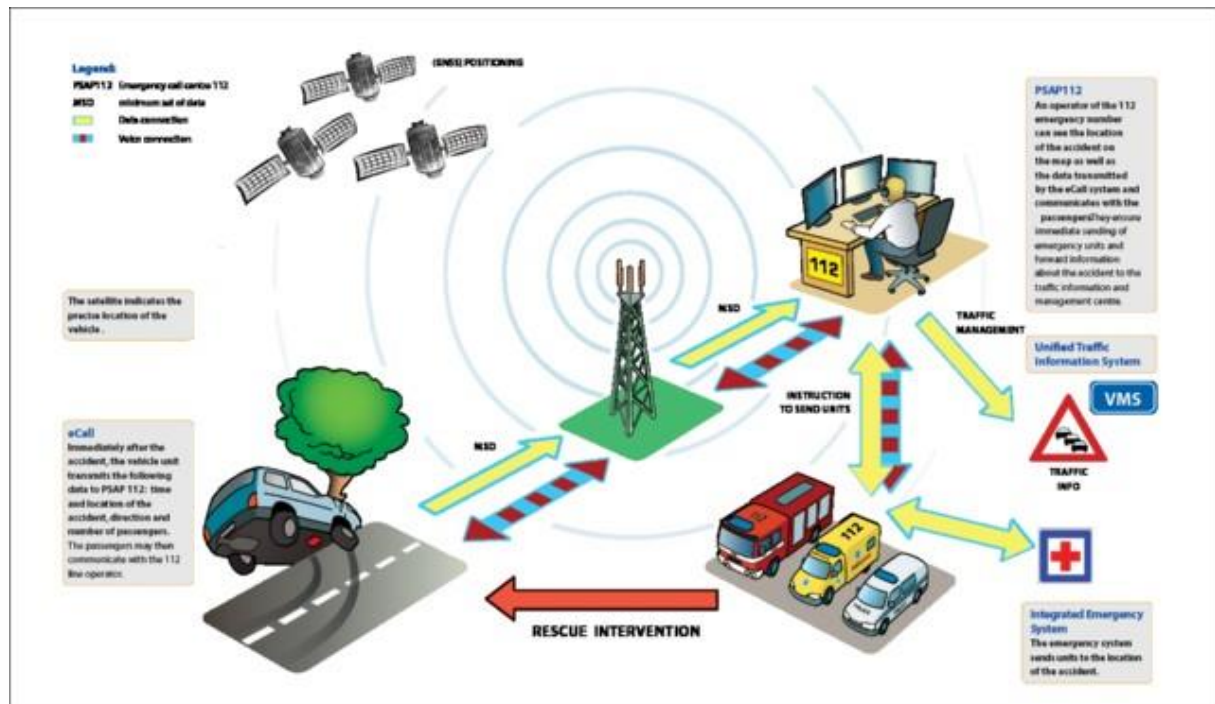
Jedním z hlavních úkolů Evropské komise na názvem „eSafety“ v rámci vlajkového programu „Inteligentní automobil“ bylo zavést v celoevropském měřítku tzv. projekt eCall. Obecným cílem tohoto projektu je zajistit automatické „emergency“ („e“) volání („call“) vozidel „o pomoc“ při dopravní nehodě nebo jiném ohrožení osádky vozidla. Systém vyšle aktuální polohu a spojí řidiče s operačním střediskem IZS (linku tísňového volání 112). Zajistí nejkratší dobu příjezdu adekvátně vybaveného a připraveného záchranného systému. [9]

1.4.5 Princip fungování systému Ecall

Volání o pomoc je realizováno prostřednictvím speciálních elektronických jednotek ve vozidle. OBU nebo synonym IVS, kterými jsou vybavena všechna nově vyráběna auta. Tyto jednotky je možné dodatečně doinstalovat i do starších vozů. Každé vozidlo v případě nehody bude lokalizováno pomocí GPS a následně do operačního střediska IZS jsou předány důležité informace o vozidle, které se dostalo do potíží v jednotném telekomunikačním a datovém standartu závazném pro EU tzv. MSD. [9]

Obsahuje údaje o: [9]

- Místě a času nehody
- VIN
- Kategorie vozidla (osobní nebo nákladní automobil, motocykl, autobus apod.)
- Používané palivo
- Příznak způsobu aktivace zařízení (automaticky nebo manuálně)
- Počet zapnutých bezpečnostních pásů



Obrázek 1: Princip fungování systému eCall [9]

Každé vozidlo je také vybaveno automaticky komunikačním prostředkem hlasového spojení pomocí simkarty a mikrofону, které jsou ve vozidle zabudovány, takže je okamžitě navázáno spojení mezi vozidlem v nouzi a příslušným operačním střediskem IZS. Tímto způsobem může kdokoliv z osádky komunikovat s operačním střediskem a sdělit podrobnější informace. Celý projekt funguje panevropsky, např: české záchranné složky budou schopny poskytnout pomoc všem občanům ČR ve svých vozidlech v zahraničí. Adekvátním způsobem bude zajištěna pomoc osádkám vozidel v nouzi, pocházejících ze všech zemí na území ČR. [9]

1.5 Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) je pojem, kterým se rozumí koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. IZS vychází z potřeby každodenní činnosti záchranářů, hlavně při přírodních katastrofách, dopravních nehodách a složitých haváriích, kdy je nezbytná organizovaná společná činnost všech, kdo mohou svými možnostmi pomoci k záchraně osob, zvířat, životního prostředí či majetku. [10]

Integrovaný záchranný systém tvoří základní a ostatní složky IZS.

Dle zákona č.239/2000 Sb. základní složky IZS tvoří: [10]

- Hasičský záchranný sbor České republiky (HZS ČR)
Hlavním úkolem HZS ČR je ochrana života, zdraví a majetku obyvatel před požárem a poskytování účinné pomoci v mimořádných situacích a provádění likvidačních prací.
- Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany
Jednotky požární ochrany mají většinu úkolů stejných jako HZS ČR. Patří mezi ně i dobrovolní hasiči.
- Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby
Zdravotnické služby především poskytují neodkladnou přednemocniční péči při akutním nebezpečí, během transportu až do předání pacienta.
- Policie České republiky
Posláním Policie České republiky je především ochrana bezpečnosti občanů a majetku, veřejného pořádku, boje proti terorismu, odhalování a vyšetřování trestné činnosti.

Všechny tyto složky jsou schopné vyjet k zásahům během vteřin na přijatého oznámení. Pracují každý den v roce, 24 hodin denně.

Ostatními složkami integrovaného záchranného systému jsou: [10]

- Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil
- Ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory (Celní správa České republiky, Vězeňská služba České republiky)
- Ostatní záchranné sbory (Báňská záchranná služba)
- Orgány ochrany veřejného zdraví
- Havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby
- Zařízení civilní ochrany
- Neziskové organizace a sdružení občanů

Ostatní složky integrovaného záchranného systému poskytují při záchranných a likvidačních pracích plánovanou pomoc na vyžádání.

1.6 Vymezení oblasti zkoumání

Systém chytré přednosti v jízdě může být nápomocen mnoho subjektům, které zasahují při různých mimořádných událostech. Kromě vozidel IZS na tento systém může využívat i městská hromadná doprava.

Systém preference městské hromadné dopravy zajišťuje plynulejší průjezd dopravně zatíženými křižovatkami a díky tomu výrazně zrychlit a zkvalitnit městskou hromadnou dopravu. Tímto dochází k časovým úsporám na linkách MHD, ke zkrácení jízdních dob, což vede k jejich větší atraktivitě pro cestující. [11]

Tato práce se však zaměřuje pouze na chytrou přednost vozidel policie, hasičského záchranného sboru a záchranné služby. Pro tyto složky je nejdůležitější bezpečný a rychlý příjezd k mimořádným událostem.

Za mimořádnou událost považujeme škodlivé působení sil a jevů, které jsou vyvolány přírodou nebo člověkem. Mimořádné události ohrožují život, zdraví nebo majetek a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací, při kterých čas může hrát velkou roli. Mimořádnou událostí může být například: povodeň, zemětřesení, havárie, teroristický čin, vichřice, požár. [10]

Ke každé zmíněné mimořádné události je důležité dostat se v co nejkratším čase. Předmětem této práce je mimořádná událost havárie na pozemních komunikacích zejména dopravní nehody.

Systém chytré přednosti vozidel IZS v aktuální době existuje pouze na pár místech a převážně se jedná o pilotní projekty, z tohoto důvodu je složité získat reálná data. V této práci se objevují odhady, které byly pečlivě konzultovány s odborníky, kteří se danou tematikou zabývají.

2 Analýza potřeby využití přednosti IZS

Analýza potřeby využití přednosti IZS byla provedena na subjekty, kterých se realizace a využití systému nejvíce dotýká. Prvním subjektem jsou experti, kteří systémy navrhuji a schvalují. Analýza byla provedena pomocí rozhovorů. Druhým a třetím subjektem jsou řidiči, kteří systém využívají. Analýza potřeby využití přednosti vyplývá ze závěrů dvou dotazníků. První dotazník je určen pouze řidičům vozidel IZS. Druhý dotazník je pro všechny řidiče. Standardizované dotazníky byly distribuovány jak pomocí papírové verze, tak pomocí elektronické verze.

2.1 Názory expertů

Oslovení experti jsou ze složek záchranné služby, policie a dopravního inženýrství. Otázky jsou zaměřené na preferenci vozidel IZS, chytré systémy a na jejich zavedení a dopady dopravních nehod.

Myslíte si, že řidiči dokážou včas reagovat na přijíždějící vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením?

Část řidičů nemá vžitě znalosti, neumějí se chovat v silničním provozu, zmatkují, nevěnují se řízení (viz telefonování, hlasitý poslech hudby, sluchátka na uších při řízení...). Policie v převážné většině případů nemůže v případě jízdy se zapnutým výstražným zařízením řešit na místě přestupky. Prioritu má včasný zásah. [12]

Návyky se řidiči stále učí a zdokonalují se. Nelze však vyloučit, že se vždy najde někdo, kdo buď z neznalosti, obavy, příp. i úmyslného zneužití záchranné uličky ztíží plynulý průjezd vozidla IZS. V každém případě však musí být řidiči vozidel IZS ve střehu, plně soustředěni a předvídat nepředvídané reakce některých řidičů. Podstatnými problematickými účastníky silničního provozu nejsou jen řidiči motorových a nemotorových vozidel, ale i chodci. Např. jízda na koloběžkách, sluchátka na uších, děti o prázdninách. [13]

Pokud by řidiči byli informováni dostatečně dopředu, pomocí upozorňovací zprávy do aplikace na mobilní telefon, či přímo na palubní počítač vozidla, zlepšila by se reakce řidičů?

Tato myšlenka může bezpečně fungovat pouze s autonomním řízením. Musí fungovat ne v závislosti na vůli řidiče, ale aby dostalo signál vozidlo a samo na něj reagovalo. [12]

Pouze v případě, že budou mít ve vozidle aktivní mobil s handsfree nebo infotainment, potom ano. [13]

Pokud by řidiči vozidel IZS měli zajištěnou zelenou na semaforu ve směru jízdy, a ostatní směry by měly červenou, zlepšila by se bezpečnost a doba průjezdu křižovatky? Kvitovali by tento systém řidiči?

Hodně záleží také na hustotě provozu v oblasti na trase. Musí být zajištěna dokonalá koordinace v preferovaném tahu včetně v dostatečném předstihu i na následujících nejbližších křižovatkách se SSZ. Koordinaci nesmí narušit mezi křižovatkové nesignalizované křižovatky.

Důležité je vytypovat silně zatížené křižovatky. Řidiči vozidel IZS dokážou vyhodnotit co dovolí provoz v následujícím úseku jízdy. Ne všichni ostatní účastníci silničního provozu jsou na tento způsob řízení dopravy v některých autoškolách ještě připravováni. [13]

Ano, jednoznačně. Je to nejbezpečnější, plynulé, nejefektivnější a osvědčené zajištění bezpečného průjezdu vozidla křižovatkou. Tato preference by měla sloužit pouze pro vozidla IZS vybavená červeno – modrými majáky. Pilotní projekt na firmu SWARKO se zkouší v Praze 4 na křižovatce ulic Opatovská – Chilská, v blízkosti střediska záchranné služby.

Na zavedení jednotného systému nelze nahlížet paušálně. Vhodné je např. použití na hlavních tazích s křižovatkami vybavenými SSZ, které směřují k nemocnicím. V jiných případech se jeví vhodnější způsob dálkového přepínání SSZ. [12]

V jaké míře může tento systém urychlit průjezd křižovatkou?

Záleží na konkrétních podmínkách, vzhledem k faktu, že vozidlo IZS nestojí s ostatními vozidly jako například MHD, ale stále jede, dá se předpokládat pouze zrychlení tohoto pohybu, i samotného průjezdu křižovatkou (řidič vozidla s právem přednosti v jízdě nemusí tolik kontrolovat ostatní směry, má-li volno). Stejně tak při odbočení vozidla s právem přednosti jízdy toto může být jednodušší. V situaci SSZ s více řadícími pruhy v omezením prostoru by zkrácení doby průjezdu SSZ mohlo být okolo 10 - 20 sekund, v případech širokých křižovatek s minimem řadících pruhů odhadují 5 - 10 sekund. [14]

Záleží na místních podmínkách. V případě křižovatky Heršpická – Jihlavská (Brno) ve směru na Bohunic, kdy vozidla před SSZ mají jen velmi malé možnosti pro uvolnění cesty, se projeví uvolnění celého směru v dostatečném předstihu a záchranné vozidlo nemusí objíždět kolonu. Dopravní experti ze společnosti Bkom odhadují tuto dobu na 10-15 sec, opět v dopravní špičce. [15]

Je důležité zavést systém na všechny křižovatky? Nebyly by větší škody, pokud by systém byl jen na největších křižovatkách a řidiči IZS museli reagovat rozdílně na každé křižovatce?

Je vhodnější mít jednotný systém, nicméně řidič vozidla IZS se musí vždy plně věnovat dopravní situaci a mít na kontrole. Zvýšené riziko mimořádných událostí v postupném zavádění bych neviděl, spíše bude omezený potenciál zkrácení dojezdových dob. [14]

Důležité je vytypovat silně zatížené křižovatky. Řidiči vozidel IZS dokážou vyhodnotit co dovolí provoz v následujícím úseku jízdy. Ne všichni ostatní účastníci silničního provozu jsou na tento způsob řízení dopravy v některých autoškolách ještě připravováni. [13]

Na zavedení jednotného systému nelze nahlížet paušálně. Vhodné je např. použití na hlavních tazích s křižovatkami vybavenými SSZ, které směřují k nemocnicím. V jiných případech se jeví vhodnější způsob dálkového přepínání SSZ již výše uvedeným způsobem vybavení řadičů a definovaných vozidel příslušným ovládacím zařízením. [12]

Rozhoduje opravdu každá vteřina příjezdu IZS k dopravní nehodě?

Určitě ano, ale ne absolutně pro všechna vozidla IZS. Ve většině případů je potřeba prvotní zásah u dopravních nehod hasičů. Jedná se o vyproštění zraněných osob, umožnění přístupu ev. příjezdu lékařské první pomoci do obtížně přístupných míst nehody, uhašení požáru pro možný přístup k ohroženým a zraněným osobám. Již cestou k nehodě zhodnotí záchranáři výzvu, o co se jedná v místě požadovaného zásahu. [13]

Používají při každém výjezdu záchranáři světelné výstražné zařízení?

Světelné výstražné znamení musí použít záchranáři vždy pokud jedou k pacientovi, k zásahu a když vezou pacienta do nemocnice. Zvukové výstražné znamení použijí podle hustoty provozu. Při návratu na základnu nebo pokud jedou i bez pacienta nesmí světelné ani zvukové výstražné zařízení záchranáři použít. [13]

2.1.1 Vyhodnocení rozhovorů s experty

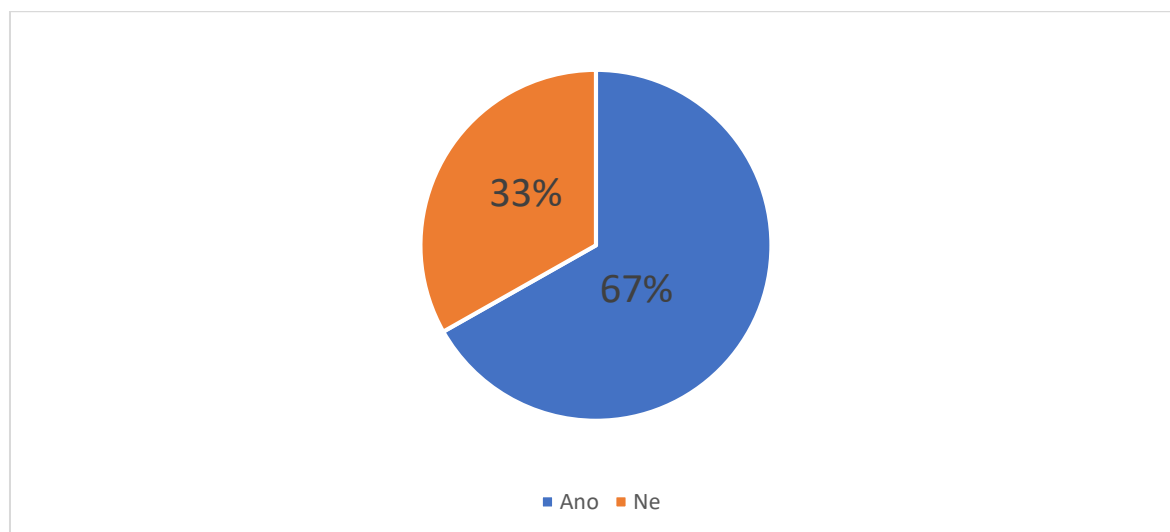
Všichni oslovení experti se shodují, že je velké procento řidičů, jejichž reakce na blížící se vozidlo IZS není adekvátní. Pokud řidiči dostanou informaci o příjezdícím vozidle IZS dostatečně dopředu a automatizovaně na palubní počítač, infotainment nebo mobilní telefon, je velmi pravděpodobné, že se jejich reakce zlepší. Experti se také shodují, že systém aktivace absolutní přednosti je velmi efektivní a nejbezpečnější řešení pro průjezd křižovatkou. Systém chytré přednosti je důležité aplikovat na rušné křižovatky s velkou intenzitou provozu. Je

důležité zajistit, aby nově koupená vozidla složek IZS obsahovala komunikační jednotku OBU. Vhodné je i dovybavit starší vozidla, u kterých se předpokládá, že budou dalších několik let v provozu. Díky tomuto řešení se složky IZS dostanou dříve k mimořádné události a mohou zmírnit následky škod či přímo zachránit životy. Experti dále tvrdí, že tyto systémy způsobují komplikace v provozu na pozemních komunikacích, proto by se měly používat jen v mimořádných událostí ohrožující lidské zdraví.

2.2 Dotazník pro řidiče

Dotazník se skládá z dvanácti otázek, na které odpovědělo 476 respondentů. Prvních pět otázek je zaměřených na získání informací o řidiči a jeho zkušenostech s řízením dopravních prostředků. Podle výsledků nejvíce respondentů vlastní řidičské oprávnění více jak 5 let a motorové vozidlo řídí každý den. Většina respondentů jsou tedy zkušení řidiči. 30 % respondentů využívá své vozidlo k výkonu svého povolání, z toho vyplývá, že jsou profesionální řidiči. Mezi respondenty jsou i začáteční řidiči, kteří čerstvě vlastní řidičské oprávnění. Další otázky se zaměřují na reakci řidičů, jestliže se k nim blíží vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením.

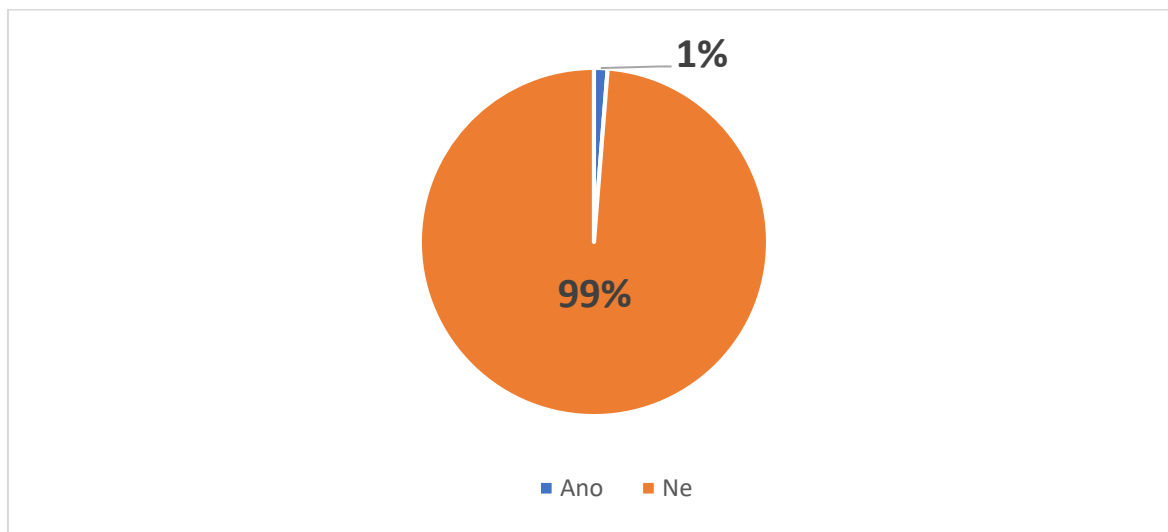
Otázka číslo 6: Myslíte si, že příjezd vozidel IZS signalizovaný zvukovým a světelným výstražným zařízením je dostatečný? (Například i při poslechu rádia ve vozidle).



Graf 1: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.6 [autor]

Většina dotazovaných si myslí, že je dostatečně signalizovaný příjezd vozidel IZS. Respondenti nemají problém se zaregistrováním vozidel IZS.

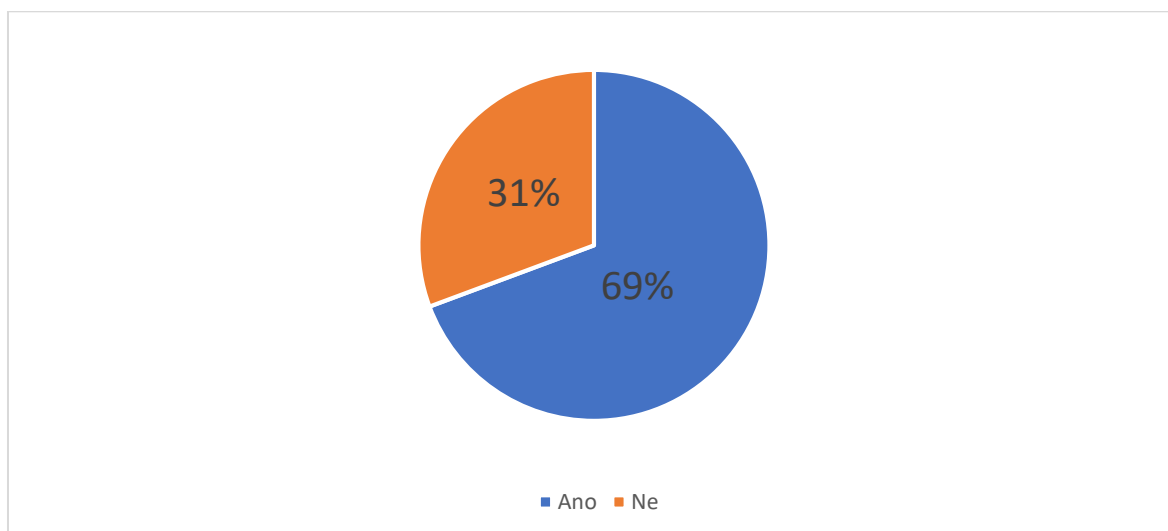
Otázka číslo 7: Po zaregistrování zvukového výstražného zařízení (ne světelného) IZS, jste si jistí směrem jízdy tohoto vozidla?



Graf 2: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.7 [autor]

Pouze 1 % dotazovaných potvrdilo jistotu směru jízdy vozidla IZS při zaregistrování zvukového výstražného zařízení. Pokud řidič neví, kde se vozidlo IZS nachází, začne sledovat okolí a již se plně nevěnuje řízení vozidla.

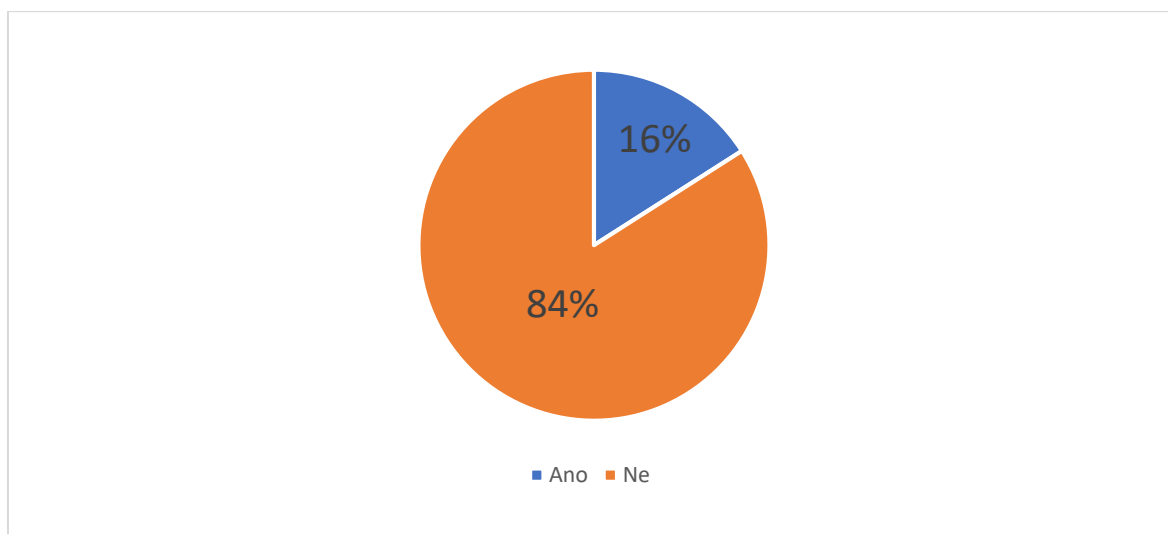
Otázka číslo 8: Znervózníte při zaregistrování blížícího se vozidla s výstražnými zvukovými a světelnými signály?



Graf 3: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.8 [autor]

69 % respondentů znervózní při zaregistrování blížícího se vozidla IZS s výstražnými signály.

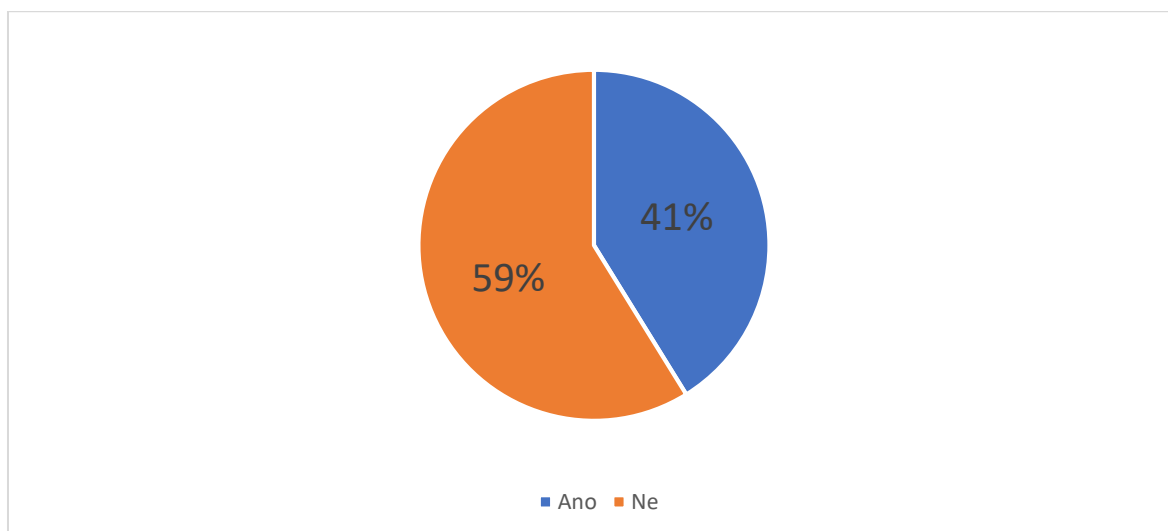
Otázka číslo 9: Jste si jistí, že po zaregistrování blížícího se vozidla IZS s výstražnými zvukovými a světelnými signály, umíte včas a bezpečně umožnit průjezd vozidla v každé situaci?



Graf 4: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.9 [autor]

84 % odpovídajících si myslí, že neumí včas a bezpečně zareagovat a umožnit průjezd vozidla.

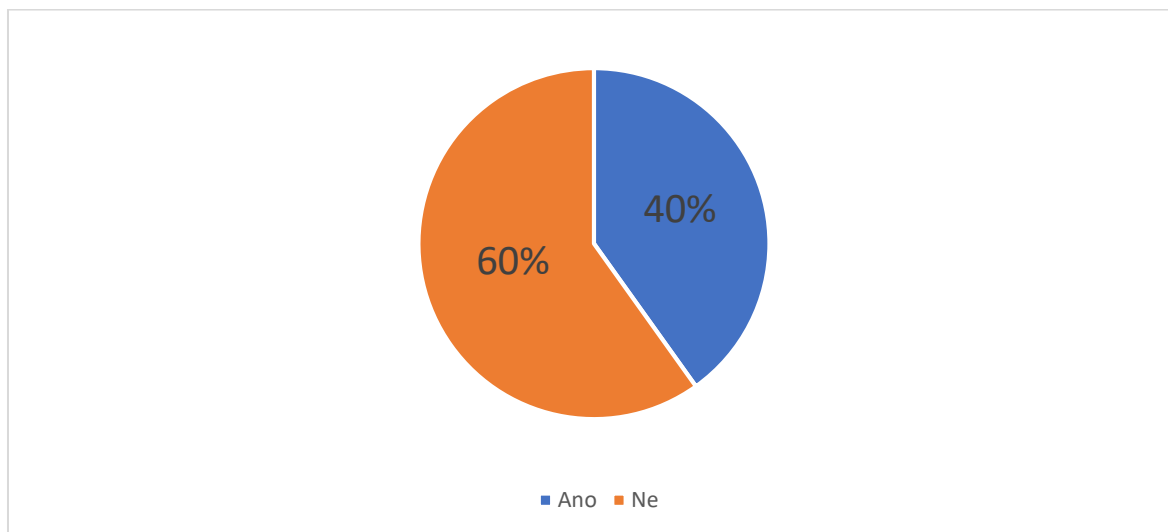
Otázka číslo 10: Vjeli byste do křižovatky, přestože na světelném signalizačním zařízení svítí červená barva (povel „Stůj“) v případě, že za Vámi jede vozidlo IZS se zapnutými výstražnými zařízeními?



Graf 5: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.10 [autor]

Přes polovinu dotázaných, by nevjelo do křižovatky, pokud mají signál „Stůj“, přestože by za nimi jelo vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením.

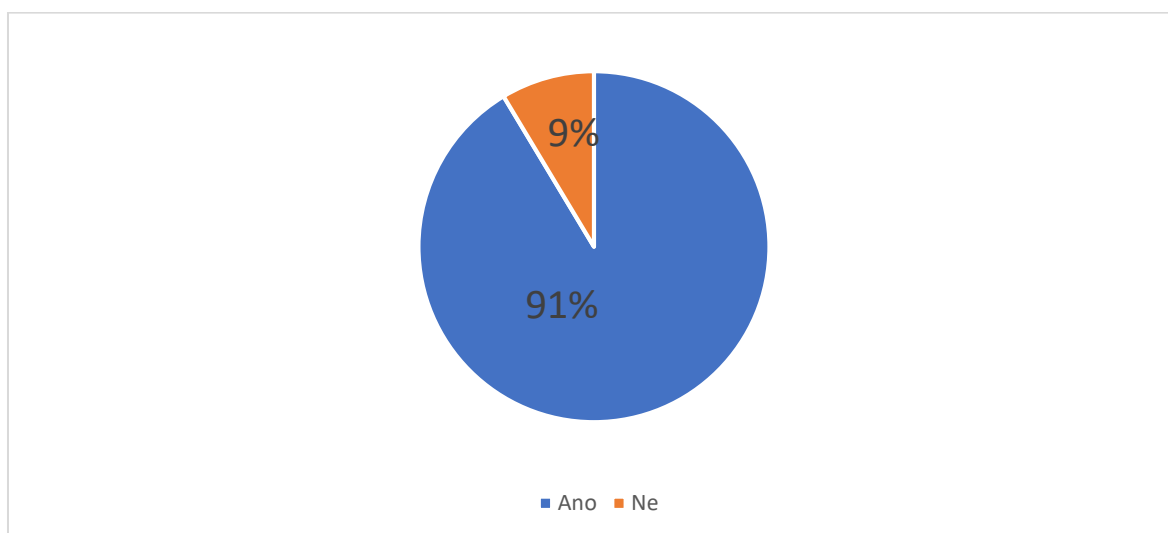
Otázka číslo 11: Myslíte si, že Vás autoškola správně připravila na situace, kdy musíte správně zareagovat abyste umožnili průjezd vozidla IZS?



Graf 6: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.11 [autor]

Většina respondentů si myslí, že nebyli správně v autošcole připraveni na situace, kde musí vhodně zareagovat na blížící se vozidlo IZS či obdobnou situaci.

Otázka číslo 12: V případě, že byste byli včas informováni o příjezdu a směru jízdy a vzdálenosti vozidla IZS pomocí inteligentního zařízení (telefon, navigační zařízení), byla by vaše reakce klidnější a bezpečnější?



Graf 7: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.12 [autor]

Naprostá většina dotázaných by uvítala včasnou informaci o příjezdu a směru jízdy vozidla IZS.

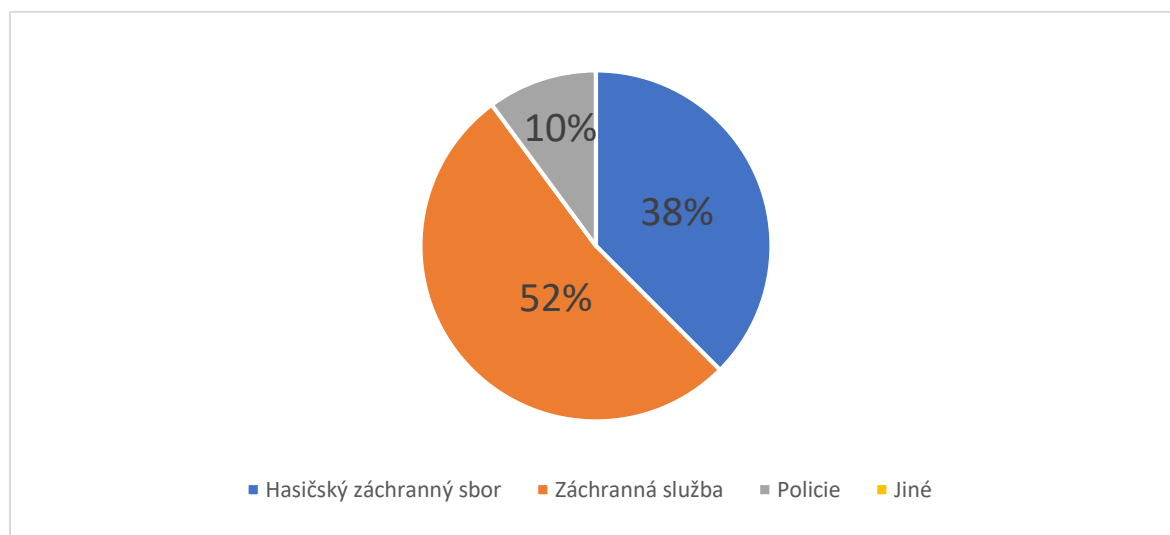
2.2.1 Vyhodnocení dotazníku pro řidiče

Z uvedeného zkoumání vyplynulo, že přestože výstražná zařízení na vozidlech IZS jsou dostatečná, tak naprostá většina dotázaných řidičů při zjištění příjezdu vozidla IZS neumí správně zareagovat a nemají zažité návyky pro umožnění plynulého průjezdu vozidlům s právem přednosti v jízdě. S výjimkou pár respondentů si v prvotní fázi zjištění příjezdu vozidla IZS dotazovaní nejsou jisti odkud a kam vozidlo IZS jede. Pouze 6 respondentů si je jisto směrem odkud vozidlo IZS jede, pokud zaregistrují zvukové výstražné zařízení vozidla IZS. V případě že řidiči zaregistrují vozidlo IZS, většina respondentů znervózní, což může zhoršit jejich reakci na vhodné vyřešení situace a správného umožnění průjezdu vozidla IZS. Pokud by tito řidiči dostali včasnou informaci o vzdálenosti a směru jízdy blížícího se vozidla, jejich reakce by se stala rychlejší, bezpečnější a klidnější. Vhodné by bylo, aby autoškoly své žáky více připravovaly na situace, kde je nutná včasná jejich reakce pro umožnění bezpečného a rychlého průjezdu vozidla IZS.

2.3 Dotazník určený pro řidiče IZS

Dotazník se skládá ze 7 otázek, na které odpovědělo 168 respondentů. Oslovení respondenti pracují na území středočeského kraje a v Praze.

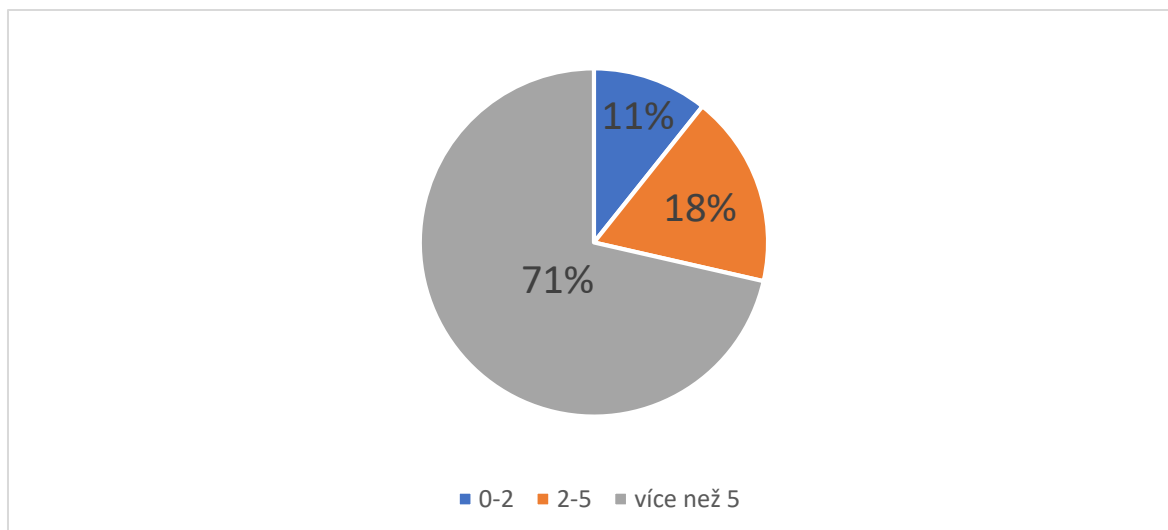
Otázka číslo 1: U jaké složky IZS pracujete?



Graf 8: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.1 [autor]

Z respondentů 52 % je zaměstnáno u záchranné služby, 38 % u HZS, 10 % u policie.

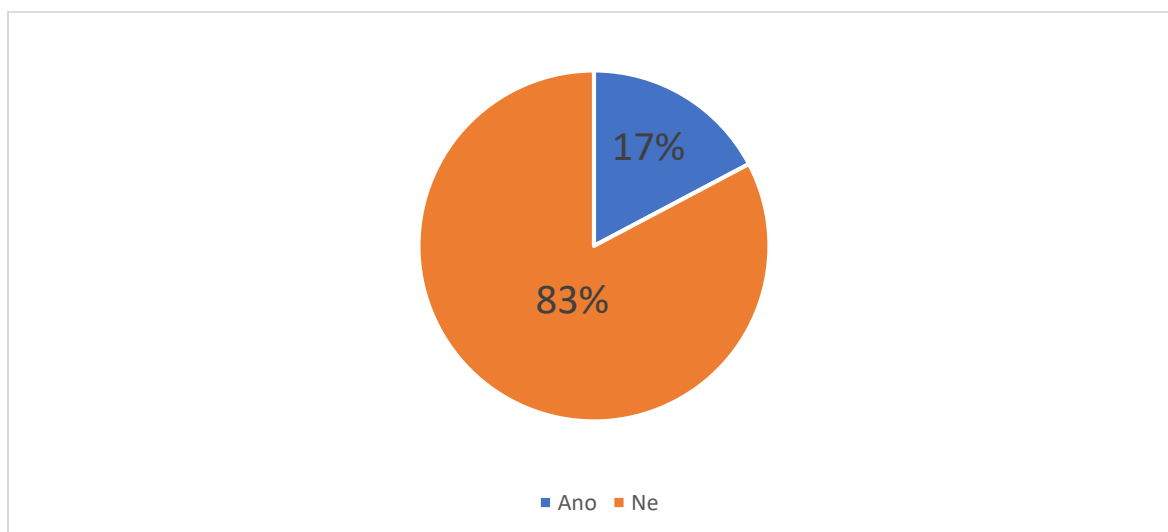
Otázka číslo 2: Kolik let pracujete jako řidič u IZS?



Graf 9: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.2 [autor]

71 % odpovídajících pracuje více než 5 let u záchranných sborů.

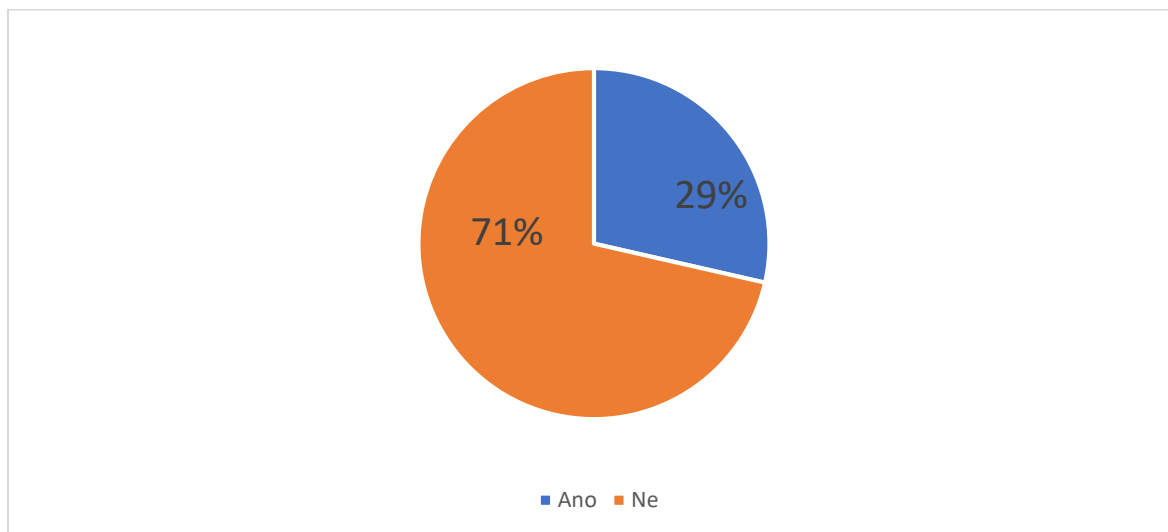
Otázka číslo 3: Myslíte si, že ostatní účastníci silničního provozu dostatečně včas zaregistrují váš příjezd?



Graf 10: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.3 [autor]

83 % respondentů nepovažuje reakci ostatních řidičů za včasnou.

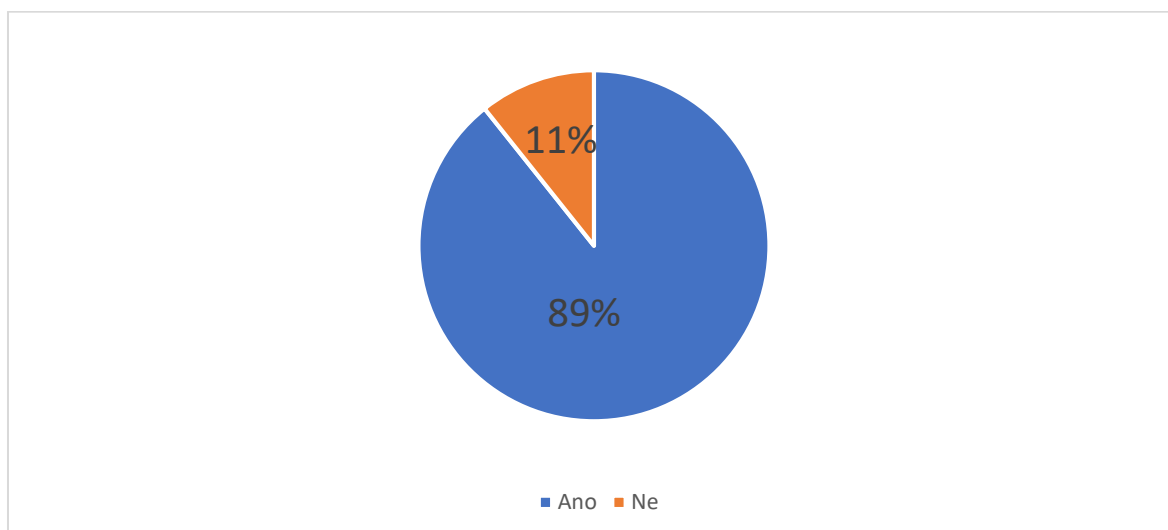
Otázka číslo 4: Umějí ostatní účastníci silničního provozu včas zareagovat a umožnit váš plynulý průjezd?



Graf 11: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.4 [autor]

Tento graf dokazuje, že naprostá většina účastníků silničního provozu neumí včas zareagovat a umožnit plynulý průjezd vozidlům IZS.

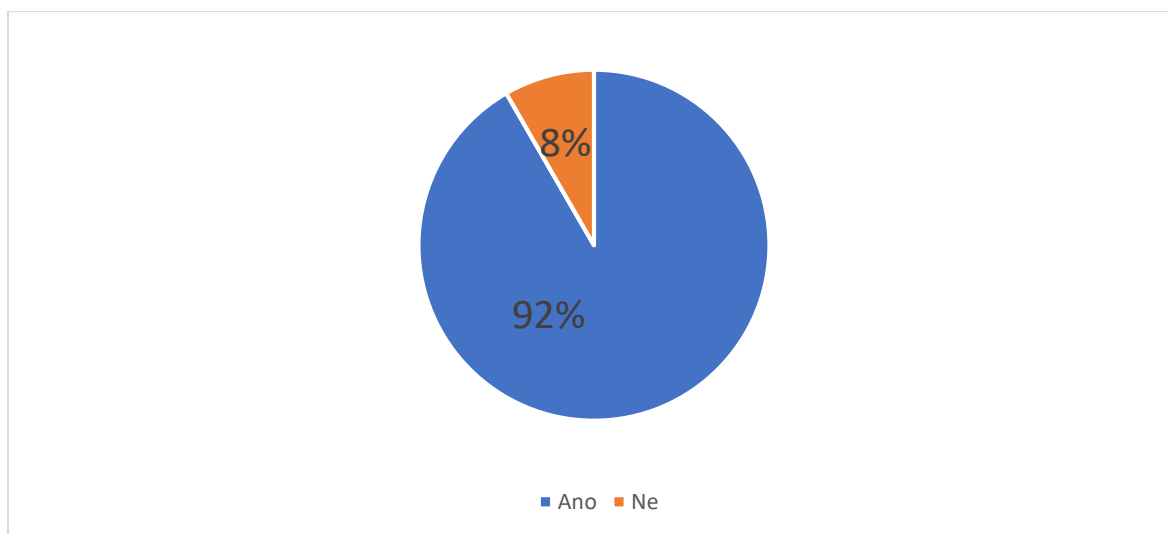
Otázka číslo 5: Myslíte si, že pokud by ostatní účastníci silničního provozu byli informováni s předstihem a se směrem příjezdu, tak by se zlepšil váš průjezd?



Graf 12: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.5 [autor]

Tento graf potvrzuje, že včasná informovanost by byla velkým přínosem pro zrychlení průjezdu vozidel IZS.

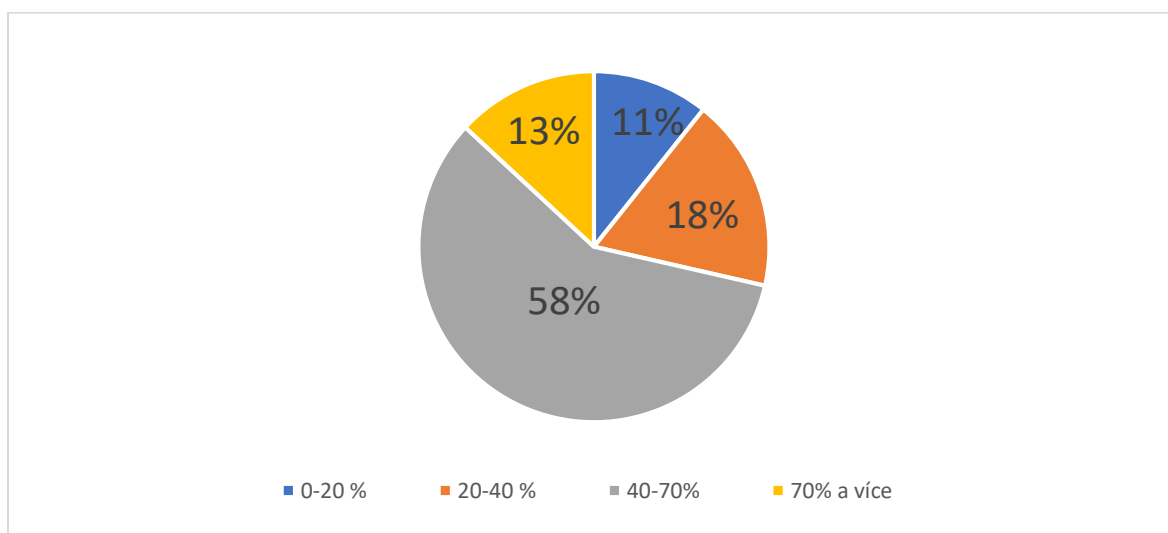
Otázka číslo 6: Za předpokladu, že při průjezdu křižovatkou na semaforu bude zajištěná zelená ve směru vaší jízdy, bude průjezd křižovatkou rychlejší a bezpečnější, než při běžném řízení semaforu?



Graf 13: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.6 [autor]

92 % respondentů potvrdilo, že pokud by byla zajištěná zelená ve směru jízdy vozidel IZS by umožnila rychlejší a bezpečnější průjezd křižovatkou.

Otázka číslo 7: Dokážete vyjádřit v procentech, v jaké míře musíte výrazně zpomalit nebo zastavit vozidlo, z důvodu nesprávného chování ostatních účastníků silničního provozu?



Graf 14: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.7 [autor]

Z tohoto grafu vyplývá, že z důvodů nesprávného chování účastníků silničního provozu, je nutné zastavit nebo zpomalit jízdu v 40-70 %.

2.3.1 Vyhodnocení dotazníků pro řidiče IZS

Převážná většina respondentů pracuje u záchranných složek více než 5 let a mají tedy bohaté zkušenosti se současným provozem na pozemních komunikacích. I přes velkou osvětu většina z dotázaných není spokojena s chováním řidičů při jejich příjezdu. Ze zkušeností řidičů není možná plynulá jízda z důvodu nesprávného chování ostatních účastníků silničního provozu. Dotazovaní uvádějí, že nesprávné chování ostatních účastníků silničního provozu zapříčiní zastavení nebo výrazné zpomalení jízdy vozidla IZS, a to až ve 40-70 procentech. Řidiči IZS se domnívají, že kdyby řidiči dostali včasnou informaci o jejich příjezdu a směru jízdy, tak by se jejich reakce zlepšila. Je pravděpodobné, že by vhodně umožnili průjezd jejich vozidla. Naprostá většina dotázaných řidičů by uvítala systém zajišťující signál volno na semaforu ve směru jízdy při průjezdu křižovatkou. Řidiči IZS uvádí, že průjezd křižovatkou při zajištěném signálu volno je rychlejší a bezpečnější.

3 Obecný návrh systému chytrého řešení přednosti IZS

3.1 Chytré řešení přednosti

Koncepte chytrého řešení přednosti obsahuje řadu témat. Cílem chytrého řešení je využití moderních technologií pro efektivnější získávání přednosti. Pomocí inteligentních dopravních systémů je zajištěna optimalizace a zvýšená efektivita dopravy. Provoz ve městě je více efektivní a ekologičtější, systém automaticky dohlíží na bezpečnost silničního provozu a semaforey samočinně reagují na hustotu provozu, kvůli čemuž je podpořena plynulá jízda po chytrém městě. [16]

3.1.1 Systémy preference IZS na světelných křižovatkách

Silniční zákon definuje řadu vozidel jako vozidla s právem přednostní jízdy, jejichž řidiči jsou označeni speciálním způsobem a mají zákonem specifikované výjimky (viz kapitola 2.1). Tato vozidla však nemají absolutní přednosti v jízdě, což v praxi znamená, že vozidlo s vynuceným právem přednosti v jízdě musí zpomalit či úplně zastavit vozidlo a ověřit si, zda mu ostatní vozidla dávají přednost v jízdě. Znovu se rozjet či zrychlit vozidlo. S tímto je spojena reakční doba řidiče, která udává čas na spatření vjemu do, přes rozpoznání vjemu až do vyhodnocení vjemu, zda dostává řidič IZS přednost či zda musí začít brzdit. Do reakční doby se tedy nezapočítává doba náběhu brzdného účinku a odezva vozidla. Reakční doba lze popsat jako suma optické reakce, psychické reakce a svalové reakce.

Pro naprostou většinu řidičů lze v denní době uvažovat celkovou reakční dobu řidiče 0,9 s a v noční době 1,2 až 1,4 s. [17]

Na reakční dobu mají vliv: [17]

- Věk řidiče
- Typ dopravní situace
- Únava
- Meteorologické podmínky
- Hluk (například i nahlas puštěné rádio)
- Telefonování či rozhovory

Bezpečnější a efektivnější průjezd vozidla IZS závisí na konkrétních podmínkách, vzhledem k faktu, že vozidlo IZS nestojí s ostatními vozidly jako například MHD, ale stále jede, dá se předpokládat pouze zrychlení tohoto pohybu, i samotného průjezdu křižovatkou (řidič

vozidla s právem přednosti v jízdě nemusí tolik kontrolovat ostatní směry, má-li volno). Stejně tak při odbočení vozidla s právem přednosti jízdy toto může být jednodušší. [14]

3.1.2 Křižovatky řízené světelným signalizačním zařízením

Světelná křižovatka je řízena pomocí semaforu. Základem funkce SSZ je řadič, který řídí fáze na semaforu, čím řídí dopravu na křižovatce. Pojmem fáze rozumíme časový interval, při kterém mají signál „volno“ určité, zpravidla vzájemně nekolizní dopravní pohyby na křižovatce. Počet fází vyplývá z rozdělení fází, tj. z rozhodnutí o rozčlenění dopravních pohybů na křižovatce. [18]

Na konci každé fáze musí být mezičas. Mezičas je časový interval, který nastává při konci signálu volno jedné skupiny a začátku signálu volno druhé skupiny. Správné určení mezičasů je významně důležité pro bezpečnost dopravy, a proto je nezbytné věnovat jejím výpočtům maximální pozornost.

- Délka cyklu

Potřebná délka cyklu je součet nutných dob signálů volno a rozhodujících mezičasů příslušných k jednotlivým signálům volno: [18]

$$C = \sum t_z + \sum t_m \text{ [s]}$$

Rovnice 1: Minimální délka cyklu na světelné křižovatce [18]

C = minimální délka cyklu [s]

t_z = nutná doba zelené fáze [s]

t_m = rozhodující (nejdelší) mezičas mezi po sobě následujícími fázemi [s]

Komponenty a kalkulace jejich nákladů na zřízení systému

K zajištění chytré preference na křižovatce jsou potřeba semafor, řadič, komunikační jednotka umístěna na křižovatce a komunikační jednotka umístěna ve vozidle IZS. Pokud na obyčejné světelně řízené křižovatce chceme chytrou preferenci zavést, musíme připočítat náklady na úpravy v programování a fyzickou instalaci zařízení na místě.

Tabulka 1: Kalkulace prvků chytré preference [15]

Název	Cena ¹² [Kč]
Provedení programových úprav v SSZ	Min. 70 000
RSU hardware a software	250 000
Fyzická instalace zařízení na místě	Min. 30 000
OBU hardware a software	225 000

Minimální náklady na zavedení chytré preference na již existující světelně řízené křižovatce jsou 350 000 Kč. Tyto komponenty jsou pouze pro základní využití systému aktivní přednosti. Pokud chceme využít potenciál systému naplno, je nutné připočítat prvky k detekci vozidel, úpravy SW pro preferenci MHD a cenu back office. Při přičtení těchto prvků celková cena křižovatky přesahuje 700 000 Kč. V ceně není zahrnuta komunikační jednotka pro vozidla IZS. Kvůli její vysoké ceně, ji není možné nainstalovat do všech vozů IZS. Pouze policie měla v roce 2015 k dispozici 3000 osobních vozidel. [19]

Důležité tedy je vybavit komunikační jednotkou vozy, které jezdí ve velkých městech, kde bude systém chytré přednosti postupně realizován.

Komunikační jednotky jsou základem pro komunikaci mezi vozidlem a křižovatkou. Ve vozidle IZS je umístěna komunikační jednotka OBU a na křižovatce RSU.

¹ Cena je experty odhadnutá na průměrnou čtyřramennou křižovátku bez tramvajových pásů.

² Zatím jsou jen pilotní projekty. Při sériové výrobě komunikačních jednotek jejich cena rapidně klesne.



Obrázek 2: Komunikační jednotka ve vozidle [20]



Obrázek 3: Komunikační jednotka na křižovatce [20]

Tyto komunikační jednotky spolu komunikují pomocí:

- V2X komunikace-přímá, rychlá komunikace, se středním dosahem
- LTE komunikace-vzdálená komunikace pro včasné informování řadiče SSZ [21]

Na křižovatkách jsou nastaveny virtuální detekční oblasti, které sbírají data o projíždějících vozidlech. V definovaných časových intervalech zasílají nashromážděná data do back office, kde se data uchovávají a následně se data posílají do nadřazených systémů. [21]

V případě, že se vozidlo nachází v blízkosti oblasti sběru dat, Roadside unit (RSU) identifikuje přítomnost vozidla s právem přednosti v jízdě, na základě CAM zpráv a ze zpráv rozezná, zda

absolutní přednost vyžaduje. Aktuálně je systém nastaven tak, že jeden bit ve zprávě je určen k tomu, zda vozidlo má zapnuté světelné výstražné zařízení. Pokud ano, vozidlo přednost vyžaduje, RSU z CAM zprávy zjistí, pro které příjezdové rameno křižovatky má být nastaven signál „volno“. [21]

Všechny tyto informace jsou následně zaslány do řadiče křižovatky. Řadič křižovatky po přijetí informací zajistí daný signál pro všechny křižovatkové pohyby ve směru příjezdu IZS. Pro všechny ostatní směry řadič zajistí signál „stůj“ včetně protisměru. Řadič tedy preferovanému vozidlu zajistí **absolutní** preferenci, která umožňuje bezpečný a rychlejší průjezd křižovatkou. [21]

- Absolutní preference

Absolutní preference je takový způsob řízení, který v běžném provozu zajistí plynulý průjezd na světelné křižovatce bez jakéhokoliv zastavení a zdržení všem vozidlům IZS. Absolutní preference trvá, dokud křižovatkou neprojedou všechny vozy IZS. Můžeme ji zajistit pomocí určení stavu fáze a to následovně: [18]

- Prodlužování vlastní fáze

Vozidlo IZS vyšle v blízkosti světelné křižovatky signál o vyžádání absolutní preference. Pokud je zrovna fáze, která obsahuje signál volno ve směru IZS, řadič fázi podrží, a prodlouží ji a v protisměru zajistí signál stůj do doby, než všechny vozidla integrovaného záchranného systému projedou křižovatkou. Následně řadič vyhodnotí, jakou fázi upřednostní, z důvodu obnovení provozu. [18]

- Změna fáze

V tomto případě je ve směru vozidel IZS fáze, která obsahuje signál stůj. Jakmile řadič dostane informaci o vyžádání preference vozidel IZS, změní fázi, tak aby byl signál volno ve směru, který vozidlo IZS potřebuje a v protisměru zajistí signál stůj.

Důležité je, aby dostal řadič informaci včas a mohl bezpečně ukončit právě probíhající fázi. [18]

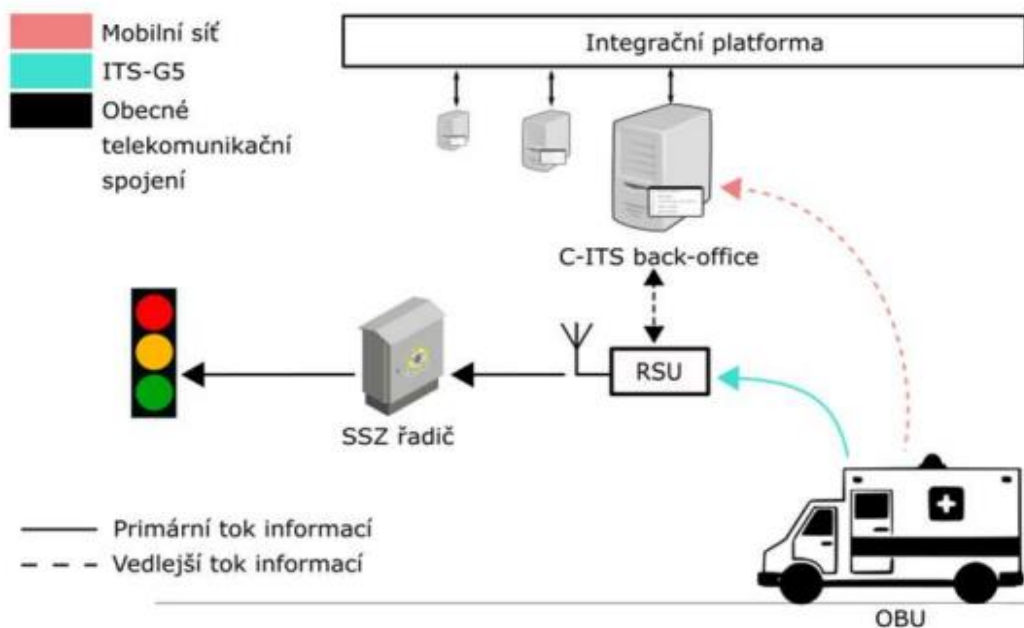
V situaci SSZ s více řadicími pruhy v omezením prostoru by zkrácení doby průjezdu SSZ mohlo být v okolo 10–20 sekund, v případech širokých křižovatek s minimem řadicích pruhů odhadují 5-10 sekund. [14]

V křižovatce jsou dále definovány i odhlašovací oblasti, které detekují, jestli vozidlo IZS úspěšně projelo křižovatkou. Po úspěšném průjezdu preferovaného vozidla zašle RSU jednotka zprávu do řadiče SSZ a ten následně obnoví běžný provoz. Pokud průjezd vozidla

IZS způsobil dopravní komplikace, řadič vyhodnotí, který směr upřednostní pro lepší obnovu provozu v oblasti křižovatky.

Důležité pro systém je, aby začátek detekčních zón byl umístěný v dostatečné vzdálenosti před stop čarou, pro zajištění dostatečného času na vhodnou reakci řadiče SSZ i vyklizení prostoru křižovatky ostatními řidiči. [21]

Dle expertů se v praxi může stát, že mimořádná událost, ke které záchranáři jedou, je v místě křižovatky. Záchranáři přijedou na místo mimořádné události a komunikační jednotka OBU vysílá signál pomocí CAM zprávy komunikační jednotce na křižovatce, že stále vyžaduje preferenci průjezdu křižovatkou. Řidič vozidla nemůže vypnout světelné výstražného zařízení, čímž by žádost o preferenci ukončil, protože zákon mu ukládá povinnost mít světelné signalizační zařízení během zákroku zapnuté. Pokud vozidlo bude preferenci v takovéto situaci vyžadovat křižovatkou upřednostní pouze jeden směr a doprava v okolí zkolabuje. Z tohoto důvodu je důležité nastavit časové intervaly, které ukončí preferenci daného vozidla IZS, pokud tedy vozidlo neprojde odhlašovací oblastí. [15] [22] [14]



Obrázek 4: Schéma systému absolutní přednosti vozidla IZS na křižovatce [23]



Obrázek 5: Komunikace OBU a RSU [24]

Zpráva CAM

Cílem CAM zpráv je udržovat kontakt mezi všemi spolupracujícími komunikačními jednotkami mezi sebou navzájem. CAM zprávy by měla posílat a přijímat každá stanice, která podléhá do komunikace ITS systémů. Zprávy CAM u vozidel s právem přednosti v jízdě obsahují důležité informace, které jsou důležité k určení aktuální pozice vozidla, zda vozidlo má na preferenci nárok a zda ji vyžaduje. [23]

CAM zpráva		
Název atributu	P/V	Základní popis
CAM	P	
generationDeltaTime	P	Čas vytvoření zprávy
Basic Container	P	
StationType	P	Typ zdroje vysílání
referencePosition	P	Poloha vozidla
High Frequency Container	P	
speed	P	Rychlost vozidla
heading	P	Směr vozidla
longitudinalAcceleration	P	Akcelerace vozidla
driveDirection	P	Směr jízdy
Low Frequency Container	P	
vehicleRole	P	Role vozidla - emergency
exteriorLights	V	Aktivované světlomety
Emergency Container	P	
lightBarSirenInUse	V	Stav výstražného majáku
emergencyPriority	P	Žádost o preferenční průjezd křižovatkou řízenou SSZ
*P Povinný atribut V Volitelný atribut		

Obrázek 6: Obsah zprávy CAM [23]

3.1.3 Dynamická křižovatka

Průjezd vozidla IZS křižovatkou může způsobit dopravní komplikace. Pro nejefektivnější obnovu provozu je důležité, aby světelná křižovatka byla dynamicky řízena. Aby mohla být světelná křižovatka dynamicky řízena, je nezbytné znát provoz v jejím okolí.

K tomu slouží detektory. Detektor je technické zařízení, které sleduje aktuální situaci v daném místě. Mezi nejčastější silniční detektory patří: [25]

- Indukční smyčky

Indukční smyčky jsou vodivé kabely ve vozovce. Základním členem indukční smyčky je cívka, která vytváří měřitelný impulz, v případě že po projede kovové vozidlo.

- Videodetektory

Využívají kamery, které jsou instalovány nad vozovku. K detekci vozidel využívají změnu obrazové informace v předem definované části snímací plochy. Jedna kamera dokáže snímat maximálně čtyři měřící místa.

- Infračervené a ultrazvukové detektory

Instalují se převážně na sloup SSZ šikmo proti směru jízdy. Princip měření je realizován pomocí vysílaného paprsku, který se odrazí na protijedoucího vozidla. Používají se i k detekci cyklistů.

Tabulka 2: Kalkulace nákladů detektorů [25]

Název detektoru	Cena ³ [Kč]
Indukční smyčka	10 000
Videodetektor	200 000
Infračervený a ultrazvukový detektory	40 000

3.1.4 Systém rozhodování přednosti mezi složkami IZS na světelné křižovatce

V případech závažných nehod je nezbytná spolupráce složek IZS. K nehodě jsou posláni všichni v jeden okamžik a může se stát, že vozidla přijedou na světelnou křižovatku ve stejnou chvíli z různých směrů. RSU při detekci zájmového vozidla posílá na řadič SSZ požadavek pro ukončení aktuálního signálního plánu (nebo fázového přechodu) a navolení prioritní fáze

³ K nákladům každého detektoru je nutné připočítat kabelové propojení s řadičem.

v určitém směru, kdy tento směr má zelenou a všechny ostatní červenou. Už při této volbě vznikají nežádoucí stavy, protože není respektována tabulka mezičasu.

V aktuálních pilotních projektech je tato situace řešena FIFO metodou. Název této metody je odvozen na anglického first in, first out. Tato metoda se dá přeložit jako první dovnitř, první ven. V praxi to tedy znamená, že vozidla, která si zažádají o přednost jako první, přednost jako první dostanou. Systém přednosti využívají i vozidla veřejné dopravy, které si také mohou zažádat o přednost. Důležité je metodu modifikovat, aby přednost vozidel IZS byla nadřazena před vozidly městské hromadné dopravy. Aktuálně se může stát, že vozidla městské hromadné dopravy dostanou přednost na úkor vozidel IZS. [14]

V budoucnu by bylo vhodné, aby metoda FIFO byla nahrazena jinou metodou, která by určila, která složka IZS je na místě nehody nejvíce důležitá a vozidla této složky by dostala přednost. Tato nová metoda by nemohla fungovat zcela automatizovaně. Dispečink IZS na základě oznámení nehody předá informace o místě nehody a preferované složce řídicímu centru, který má na starost provoz křižovatek. Řídicí centrum následně navolí křižovatkám, kterou složku IZS mají preferovat. Světelné signalizace následně tato vozidla z této složky upřednostní před ostatními. Pokud daná složka nebude poblíž křižovatky, křižovatka bude používat metodu FIFO. Důležité je, aby všechna vozidla (včetně vozidel IZS) v okolí křižovatky, byla informována o tom, že se blíží vozidlo, které má podmíněnou přednost v jízdě.

- Záchraná služba

Systém vyhodnotí přednost záchrané služby v případech, kde je raněná osoba, která potřebuje akutní ošetření. Osoba musí být na přístupném místě, aby záchranáři mohli rovnou ošetřovat. Pokud se osoba nachází na hůře přístupném místě, systém upřednostní přednost jiné složce na místo nehody.

- Policie

Systém vyhodnotí přednost policie v případech, velmi vážných trestných činů nebo při teroristických útocích.

- HZS

Hasiči potřebují být jako první hlavně na místech požáru, aby mohli co nejdříve požár uhasit. V případech dopravních nehod, kde je osoba zaklíněná ve vozidle, je vhodné, aby první na místo dorazili hasiči a osobu vyprostili z vozidla.

3.2 Vyhodnocení potřeby využití a aktivace systémů

Je nutné pamatovat, že každá preference jde proti algoritmům optimalizace dopravy ve smyslu zvýšení propustnosti vozidel. Dopravní experti ve společnosti Bkom na základě provedených zkoušek odhadují, že při dopravní špičce se po prioritním průjezdu záchranného vozidla křižovatkou vybavenou tímto zařízením vrací situace do normálu až 15 minut. [15]

Návrat situace na křižovatce do normálu trvá cca 2 cykly, při častých preferencích může dojít k zablokování celé oblasti. [22]

Je důležité určit v jakých případech systém využívat. Na to se vztahuje i jakým způsobem se systém aktivuje.

- Automatická aktivace pomocí světelného signalizačního zařízení

V aktuálních projektech nejvíce používaný řešení. Největší výhodou tohoto řešení je, že je plně automatizováno. Řidiči vozidel IZS se nemusejí nijak o zažádání preference starat. Preference na křižovatce se zajistí vždy, když vozidlo IZS má zapnutý světelné výstražné zařízení.

Světelné výstražné znamení musí použít záchranáři vždy pokud jedou k pacientovi, k zásahu a když vezou pacienta do nemocnice. Zvukové výstražné znamení použijí podle hustoty provozu. Při návratu na základnu nebo pokud jedou i bez pacienta nesmí světelné ani zvukové výstražné zařízení záchranáři použít. [13]

Propojení preference se světelným výstražným zařízením má i své nevýhody. Systém se aktivuje automaticky, takže i v případech lehkých zranění, kde čas příjezdu záchranářů nemůže ovlivnit zdravotní stav pacienta.

„50 % procent výjezdů jedeme pro nesmysl, je to strašný. Můžete mít 6 výjezdů za sebou a poté vás pošlou pro člověka, který to měl vyřešit jinak a na začátku bylo jasné, že tam nemáte být, tak nejste nekonečný. Mělo by se o tom více debatovat“. [26]

Záchranná služba vydala prohlášení, kde dementovala, že by 50 % výjezdů bylo k nepotřebným případům, ovšem potvrdila, že k těmto výjezdům jezdí. Skutečný počet nepotřebných výjezdů či alespoň jejich odhad záchranná služba nevedla. Z těchto prohlášení vyplývá, že je prokazatelné, že k určitým případům není nezbytné jezdit se zapnutým světelným či zvukovým výstražným zařízením.

Využití preference má velmi špatné dopady na optimalizaci dopravy. Systém chytré preference je tedy nutné využívat jen u velmi vážných mimořádných událostí, kde je ohroženo lidské zdraví či ohrožená bezpečnost. U této aktivace systému lze chytrou preferenci využívat jen v nutných případech tím způsobem, že by vozidla IZS směla používat jen ve vážných

případech. Při událostech, kde čas příjezdu nehraje roli by složky IZS jezdili bez světelného výstražného zařízení.

- Aktivace pomocí spínačem

Druhá možnost řešení aktivace systému chytré preference je vybavit vozidla IZS spínačem. V případě vážně mimořádné události, řidič vozidla IZS sepne spínač a přednost na chytrých křižovatkách mu bude udělena. Zpráva CAM je rozšířena o jeden bit, který obsahuje informace o tom, zda je spínač sepnutý nebo rozepnutý. Komunikační jednotka křižovatky zprávu přijme a na základě tohoto bitu rozhodne, zda vozidlo má dostat přednost. Největší nevýhodou této aktivace je, že systém není zcela automatizován. Řidiči vozidel IZS musí myslet na to, že pokud chtějí chytrou přednost dostat, musí sepnout spínač. Kvůli této aktivaci by se musela upravit i legislativa používání.

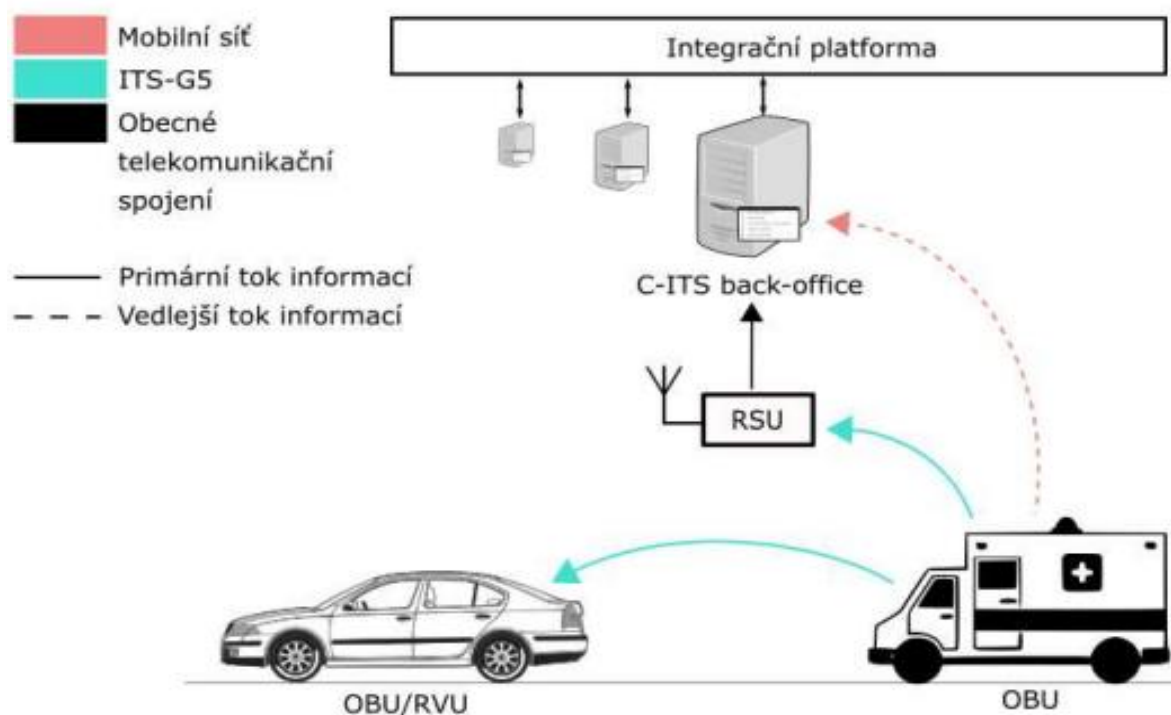
Při vážných dopravních nehodách, by mohl rozhodovat i systém Ecall společně s automatickou detekcí škod na vozidle. V případě, že by detekce vyhodnotila, že škody na vozidle jsou takového rozsahu, že jsou osoby uvnitř v přímém ohrožení na životě, systém zajištění absolutní přednost na světelných křižovatkách by se aktivoval sám automaticky.

3.2.1 Systém upozornění řidičů na blížící se vozidlo IZS na dálnici a v kolonách

Pro efektivnější a bezpečnější přednost na pozemní komunikaci je důležité upozornit ostatní řidiče na blížící se vozidlo IZS dostatečně včas, aby se řidiči mohli na blížící se vozidlo IZS připravit a vhodným způsobem zareagovat, aby umožnili rychlejší a bezpečnější průjezd vozidla IZS.

„Řada řidičů neví, jak správně reagovat před blížícím se vozidlem záchranné služby. Často tak ve snaze uvolnit záchranářům cestu zmatkují a způsobí více komplikací nepředvídatelnými manévry.“ [27]

Většina nových vozidel, je již vybavena palubním počítačem, který je schopen zobrazovat přijaté informace a komunikační jednotkou, která zajišťuje komunikaci mezi vozidly či mezi vozidlem a infrastrukturou tzv. car-to-x komunikace. Komunikační jednotku lze do některých starších typů vozidel doinstalovat. Pokud vozidlo není schopno komunikovat s okolím, je možné využít mobilní zařízení, které je připojené na internet a je schopno komunikovat s ostatními zařízeními pomocí aplikace. [28]

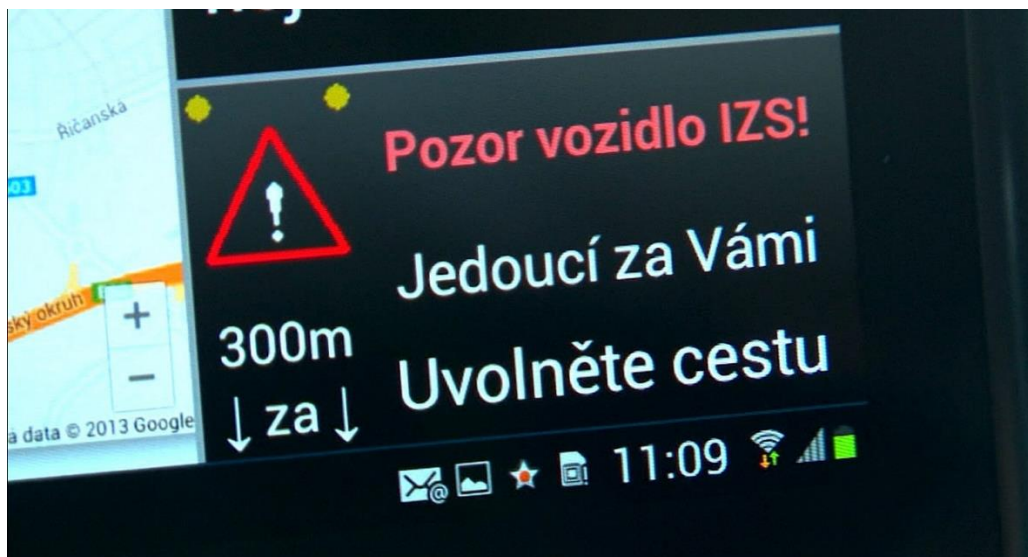


Obrázek 7: Schéma upozornění řidičů na vozidlo IZS [23]

Zprávu o blížícím se vozidlu IZS vysílá samotné vozidlo IZS pomocí OBU jednotkou. Řidiči jsou včas informováni prostřednictvím DENM zpráv a díky včasné informaci mohou umožnit volný průjezd vozidla s potřebným právem přednosti v jízdě. Vozidla IZS mohou být detekována i pomocí CAM zpráv, které vysílají po celou dobu jízdy. Systém se aktivuje spuštěním majáku vozidla IZS. Systém má za cíle zvýšit bezpečnost a snížení rizika dopravní nehody, zvýšení informovanosti řidičů, zvýšení bezpečnosti posádky vozidla IZS a snížení dojezdových časů vozidel IZS. [23]

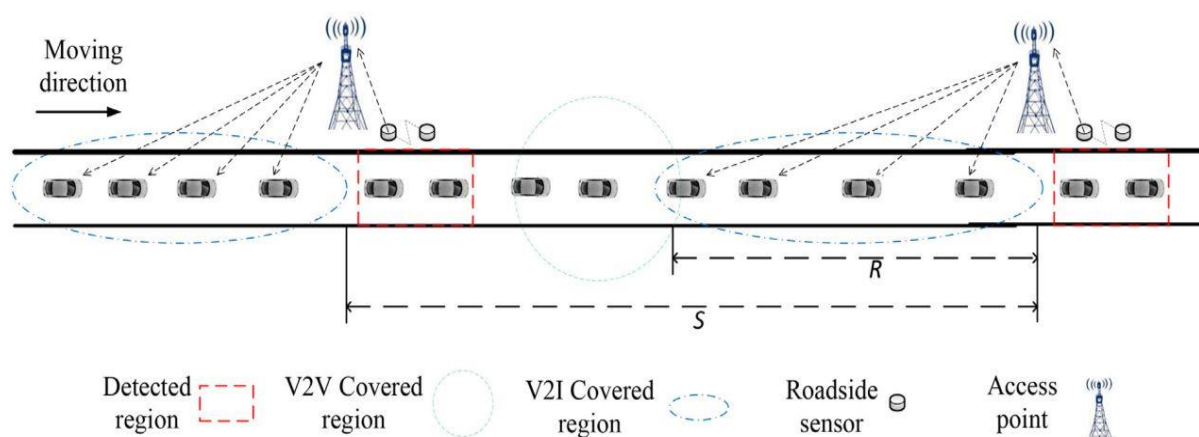
Díky systému a zpráv DENM, které řidiči uvidí očekáváme následující chování řidičů: [23]

- Uvolnění jízdního pruhu pro vozidla IZS
- Zvýšená ostražitost
- Přizpůsobení rychlosti (až zastavení vozidla)
- Změna jízdního pruhu
- Ukončení předjížděcích manévru



Obrázek 8: Upozornění o příjezdu a směru vozidla IZS [23]

Kolona v dopravě znamená řadu vozidel, která se pohybuje velmi malou rychlostí, nebo vůbec. Opět je důležité, aby se řidiči dozvěděli o vozidlu IZS dostatečně včas a mohli zareagovat. I v tomto případě je důležité propojení systémů a komunikace vozidel mezi sebou či mezi infrastrukturou vozovky.



Obrázek 9: Příklad komunikace vozidla s ostatními vozidly a infrastrukturou [8]

Obrázek 9 slouží k lepšímu pochopení problematiky. Vozidlo přijíždí do kolony a pokud je v dosahu vysílače, dostává informace o dopravní situaci. Pokud se zrovna nachází v místě, kde vysílač nemá pokrytí, dostane tuto informaci na vozidla stojícím před ním. Poslední vozidlo, které přijímá signál na vysílače zašle tuto informaci vozidlu za sebou, které ji předá opět vozidlu za sebou, dokud informaci nepřijme vozidlo, které ji už přijalo z vysílače. Tímto způsob lze posílat pokyny řidičům, varování před blížícím se vozidlem IZS a informace o důvodu kolony. [8]

K tomuto řešení je důležité vybudovat síť kvalitních vysílačů, které dokážou pokrýt velkou část měst a dálnic. Důležité pro funkčnost systému je konektivita a rychlost navázání komunikace. Očekává se, že se tyto systémy začnou plně využívat s příchodem 5G připojení, které dokáže konektivitu a rychlost připojení splnit.

3.3 Přednost bez chytrých systémů

3.3.1 Křižovatky neřízené světelným signalizačním zařízením

Mezi tyto křižovatky patří křižovatky bez dopravního značení, křižovatky s dopravním značením a křižovatky řízené policistou.

V případě, kdy křižovátku řídí policista, při zaregistrování vozidla s právem přednosti v jízdě a zapnutými výstražnými zařízeními, automaticky upřednostní směr, ve kterém toto vozidlo přijíždí. V ostatních směrech po dobu průjezdu vozidla IZS omezí provoz, aby vozidlo projelo křižovatkou, za nejkratší možný čas.

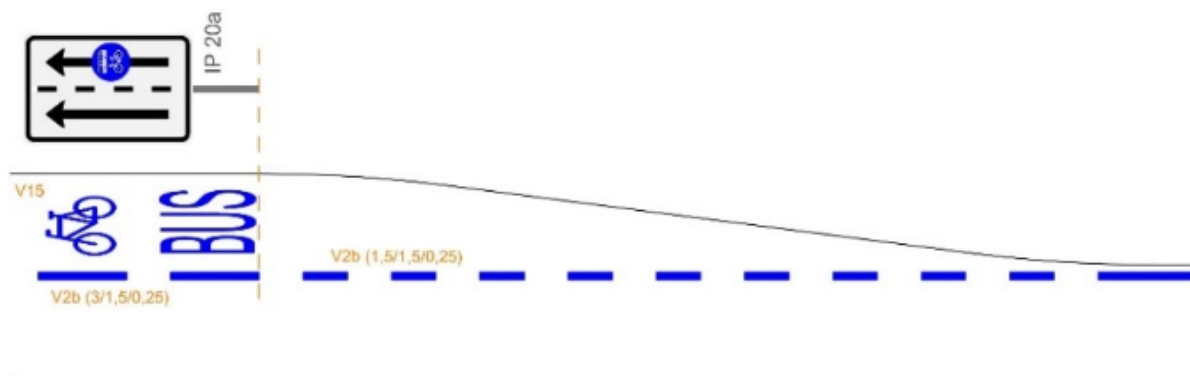
U křižovatek řízených bez dopravního značení a s dopravním značením, je těžké přímou preferenci vozidel IZS zařídit. Jedním z řešení možné preference je snaha o uspořádání komunikace a dopravního značení tak, aby byl preferovaný směr vedoucí do nemocnice.

3.3.2 Vyhrazený jízdní pruh

Preference vozidel IZS pomocí vyhrazených pruhů je opatření, které má za úkol zajistit preferenci s co nejmenším negativním ovlivňováním intenzitami automobilové individuální dopravy a případnými kongescemi. Největší přínosy jsou bezpečnost a plynulost pohybu vozidla IZS v rámci uličního prostoru. Efektivní řešení preference IZS musí být spojeno s prvky prostorové preference v mezi křižovatkových úsecích, které zajišťují vozidlům IZS vyhrazenou jízdní dráhu. Důležité je, aby na mezi křižovatkových úsecích následovaly SSZ, které využívají chytrý systém absolutní přednosti. [29]

Základní prvek prostorové preference je hlavně vyhrazený jízdní pruh pro autobusy veřejné hromadné dopravy. Vyhrazené pruhy jsou navrženy pro vozidla městské hromadné dopravy, ovšem dle zákone je mohou využívat i složky IZS.

Počátek vyhrazeného jízdního pruhu musí být vyznačen svislým i vodorovným dopravním značením. Svislé dopravní značení je reprezentováno dopravní značkou IP 20a.



Obrázek 10: Začátek vyhrazeného pruhu pro autobusy a vozidla IZS [29]

Mezi křižovatkový úsek mimo případ, kdy je vyhrazený jízdní pruh situován v místě zvětšení stavební šířky komunikace, je nezbytné „zipování“ ostatních vozidel. Proto je důležité vybrat začátek vyhrazeného jízdního pruhu na místo, kde střídavé řazení vozidel proběhne plynule a nezdrží autobus či vozidlo IZS projíždějící do tohoto pruhu. [29]

3.3.3 Osvětové kampaně

Chytré dopravní systémy mohou fungovat dobře, jen v případě, že je řidiči budou respektovat, správně využívat a nezneužívat je. V dotazníku určeném pro řidiče odpovědělo 60 % respondentů, že nejsou po absolvování autoškoly dostatečně připraveni na řešení situací, kdy se k nim blíží vozidlo IZS. Téměř stejné procento lidí odpovědělo, že by nevjelo do křižovatky, pokud by na semaforu svítil signál „Stůj“. Důležité tedy je zlepšit dopravní výchovu, aby žáci autoškol byli na tyto situace lépe připraveni.

Snahou upřednostnit složky IZS (například pomocí chytrých systémů) se musí vytvořit nové, nebo upravit stávající zákony. Řidiči mají povinnost si změny nastudovat, ovšem řada řidičů toto nařízení nedodrhuje. Důležité tedy je vytvářet osvětové kampaně, aby se všechny změny dostaly ke všem řidičům. Například publikováním do sdělovacích prostředků (televize, internet), tak i různých spolků a organizací (BESIP atd.). Důležité je zaměřit se i na mladší generaci a dopravní východu i osvětové kampaně publikovat na sociálních sítích. Osvětové kampaně by měly být zaměřené i na povinnosti, které řidiči nedodrhují ať vědomě nebo kvůli jejich neznalosti.

Daniel Ťok jako ministr dopravy na kampaň 1/10 uvedl: *Pokud kampaň zachrání jeden lidský život, tak už má obrovský smysl.* Z tohoto vyjádření lze vyvodit, že dopravní osvětové kampaně mohou zachraňovat životy. Kampaně mohou stát velké finanční prostředky, které nelze porovnat s cenou lidského života. Cenu lidského života lze vyjádřit pomocí metodiky výpočtu dopravních ztrát z dopravní nehodovosti, ale pro rodinu a okruh přátel, je hodnota života usmrceného nevyčísitelná. Na dopravní kampaně lze i nahlížet jako na prevenci dopravních nehod.

4 Legislativní a technické podmínky pro korektní funkci systému

4.1 Zákony pro křižovatky

Při posuzování pravidel, která musí být pro korektní funkci zaváděného systému dodržena, je třeba brát v potaz následující legislativní předpisy:

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích
- Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 40/1964 Sb., občanský zákoník ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 513/1991 Sb., obchodní zákoník ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník (tzv. Nový občanský zákoník)

4.2 Zákony nutné pro implementaci systému

Na základě právních analýz, které provedl výzkumný projekt Technologické agentury ČR a má název „Zvýšení bezpečnosti silničního provozu pomocí vozidlových spolupracujících systémů zajišťující komunikaci vozidla s ostatními vozidly nebo s inteligentní dopravní infrastrukturou“ bylo konstatováno, že stávající právní předpisy a normy neupravují podmínky pro zavedení spolupracujících systémů ITS, ale zároveň současné normy nebrání k zavedení nové generace ITS systémů. Hlavní národní legislativní dokumenty spojené se zaváděním nové generace ITS systémů jsou: [23]

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě
- Zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích
- Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Při řešení systému je důležité respektovat vyhlášky, předpisy a normy, které jsou platné v době zpracování systému.

Např: [23]

- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 104/1997 Sb
- Vyhláška č. 3/2007 Sb., o celostátním dopravním informačním systému
- EN TS 16157-3 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace

V rámci realizace projektu je nutno respektovat i platné evropské i světové standardy a směrnice pro použití ITS a přenosových protokolů.

Např: [23]

- ETSI TS 102 637-1 Intelligent Transport Systems
- ISO 21215 Intelligent transport systems
- FIPS 186-3 Digital Singature Standard

Experti mají názor, že není nezbytné zákony nijak upravovat pro zavádění a využívání chytrých systémů. Ovšem je důležité sjednotit administrativu a povolení pro realizaci chytrých systémů, aby byly podmínky ve všech krajích stejné. Zjednodušení byrokracie by taktéž pomohl k rychlejšímu rozvoji těchto systémů. [12] [13] [14] [15] [22]

4.2.1 Zákon 13/1997 Sb.

Kromě národních legislativních dokumentů musí být zvláštní pozornost věnována také jednotlivým předpisům specifikací k jednotlivým prioritním oblastem ve formě Nařízení Evropské komise v přenesené pravomoci.

Směrnice Evropské unie č. 40/2010 se zaměřuje na implementování ITS v oblasti silniční dopravy na rozhraní mezi ITS v silniční dopravě a ITS v jiných druzích dopravy. Směrnice uvádí čtyři prioritní oblasti a šest prioritních akcí, které mají být v členských zemích EU podniknuty. Akce pouze požadují přípravu specifikací systémů ITS, nikoli povinou implementaci systémů a jejich rozšíření. [30]

V České republice byla tato směrnice transponována právě do zákona č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích, konkrétně do paragrafu 39, který zní:

„Inteligentní dopravní systém je souborem elektronických prostředků, technických zařízení, programového vybavení a jiných nástrojů, které umožňují vyhledávání, shromažďování, zpřístupňování, používání a jiné zpracovávání údajů o pozemních komunikacích, silničním

provozu, cestování, logistice a dopravním spojení, a jehož účelem je zvýšení bezpečného a koordinovaného užívání pozemních komunikací a snížení negativních dopadů silničního provozu na životní prostředí.“ [30]

„Poskytovatel služby inteligentního dopravního systému je povinen při poskytování této služby užívat pouze součásti inteligentního dopravního systému, které odpovídají specifikacím stanoveným Evropskou komisí a uveřejněným v Úředním věstníku Evropské unie, a poskytovat služby inteligentního dopravního systému způsobem odpovídajícím těmto specifikacím.“ [30]

4.3 Technické normy pro křižovatky

„Technické normy jsou dokumentované dohody, které pro všeobecné a opakované použití poskytují pravidla, směrnice, pokyny nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků, které zajišťují, aby materiály, výrobky, postupy a služby vyhovovaly danému účelu.“ [31]

Technické normy nejsou právně závazné ale pouze doporučené. Ke správné funkci křižovatky, je pro všechny strany výhodné normy dodržovat, zejména:

- ČSN EN 12899–1 Stálé svislé dopravní značení – Část 1: Stálé dopravní značky
- ČSN EN 12352 Řízení dopravy na pozemních komunikacích – Výstražná světla
- ČSN EN 12368 Řízení dopravy na pozemních komunikacích – Návěstidla
- ČSN EN 12675 Řízení dopravy na pozemních komunikacích – Řadiče světelných signalizačních zařízení – Funkčně bezpečnostní požadavky
- ČSN EN 12767 Pasivní bezpečnost podpěrných konstrukcí zařízení na pozemní komunikaci
- ČSN EN 1436 +A1 Vodorovné dopravní značení – Požadavky na dopravní značení
- ČSN 36 5601-1 Světelná signalizační zařízení. Technické a funkční požadavky. Část 1: Světelná signalizační zařízení pro řízení silničního provozu
- ČSN 73 6021 Světelná signalizační zařízení. Umístění a použití návěstidel
- ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích
- ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

4.4 Zabezpečení ITS

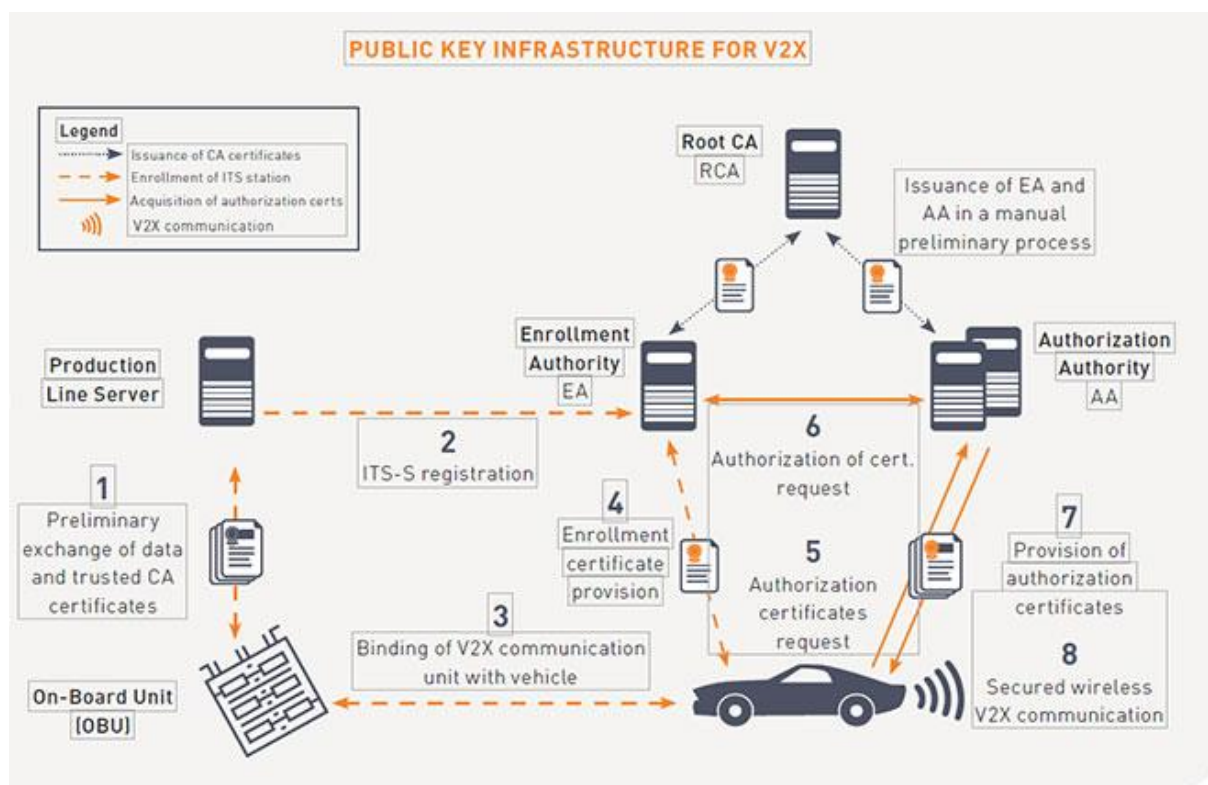
Podle odhadů komunikace mezi ITS a automobilem vytváří každou hodinu až 25 gigabitů dat. Většina z těchto dat jsou osobní informace, které dokážou přímo či nepřímo identifikovat řidiče vozidla, nebo i spolujezdce. Shromažďují se i data o automobilových systémech, jízdním chování řidiče, ale mohou se také zpracovávat biometrická, zdravotní, lokalizační a komunikační data. [32]

V moderním světě je nemožné, aby byla všechna data anonymní, a proto je jejich zabezpečení chráněno předpisy o zabezpečení dat. Utajování osobních dat je požadováno příkazem o ochraně osobních dat Evropské unie. Norma ISO 12859 doporučuje aspekty ochrany dat systému ITS. [33]

Funkční zabezpečení (myšleno autorizace a autentizace) je jeden z hlavních článků pro zavedení technologie V2X do reálného provozu. Je důležité, aby řidič dostával relevantní zprávy, kterým může důvěřovat. Pokud by řidič dostal irelevantní zprávu, mohlo by to mít fatální důsledky. Proto je každá zpráva, kterou vozidlo či RSU odešle, digitálně podepsána. Digitální podpis umožňuje navíc ověřit, že zpráva přišla kompletní a nijak neporušena. Spolu s podepsanou zprávou se odešle i certifikát, který určuje a konkretizuje oprávnění dané stanice. Oprávnění stanice určuje, jaké dané informace může důvěryhodně stanice odeslat. [34]

Zabezpečení dat při komunikaci vozidla s okolím je založena na infrastruktuře veřejného klíče. Infrastruktura veřejného klíče je zabezpečení, které chrání komunikaci mezi serverem a vozidlem, pomocí šifrování. Šifrování se používá asymetrické i symetrické. Princip je založen na dvou různých kryptografických klíčích, veřejném a soukromém klíči. Veřejný klíč je k dispozici každému uživateli, který se připojí do serveru. Soukromý klíč je jedinečný klíč vytvořený při navázání komunikace a je udržován v tajnosti. Při komunikaci vozidlo používá veřejný klíč k šifrování a dešifrování. Server používá soukromý klíč. Tento princip zabezpečení dat chrání uživatele před krádeží nebo neoprávněnou manipulací dat. [35] [36]

Bezpečná spojení mezi dvěma komunikačními stroji jsou dostupná prostřednictvím PKI, protože identita obou stran může být ověřena pomocí certifikátů. Certifikační autority zabraňují přístupu padělaným subjektům a řídí životní cyklus jakéhokoli daného počtu digitálních certifikátů v systému. Všechny certifikáty, které jsou vyžádány, přijaty a zrušeny certifikační autoritou i registrační autoritou, jsou uloženy v zašifrované databázi certifikátů. [36]



Obrázek 11: Zabezpečení komunikace vozidla s X pomocí public key [36]

4.5 Legislativa pro účastníky silniční dopravy

Klíčovým faktorem pro korektní funkci systému je dodržování zákonů všech účastníků provozu na pozemních komunikacích. Jedná se především o silniční zákon a vyhláškou 294/2015 Sb., kterou se provádí pravidla provozu na pozemních komunikacích.

4.5.1 Přednosti na křižovatkách

Silniční zákon křižovatku definuje jako místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo spojují; za křižovatku se nepovažuje vyústění polní nebo lesní cesty nebo jiné účelové pozemní komunikace na jinou pozemní komunikaci. [37]

Křižovatky můžeme rozdělit podle typu přednosti v jízdě, a to následovně:

- Křižovatka bez dopravních značek

Jedná se o typ křižovatky, která je podřazená všem ostatním typům křižovatek. Tento typ křižovatek není osazen dopravními značkami, zřídka se objevuje značka, která nás upozorňuje na přednost zprava. Přednost se tedy určuje pomocí toho, kdo přijíždí z pravé strany, tzv. pravidlo pravé ruky. Tento typ křižovatek je nejvíce rozšířený na parkovištích, sídlištích a na komunikacích s velmi nízkým provozem. [38]

- Křižovatka s dopravními značkami

Nejrozšířenějším typem křižovatek u nás jsou křižovatky, které určují přednost pomocí dopravních značek. Tento typ křižovatky je nadřazeným křižovatkám bez dopravního značení, avšak je podřazený křižovatkám řízenými světelnými signály a křižovatkám řízeným policistou. [38]



Obrázek 12: Značky upravující přednost v jízdě [39]

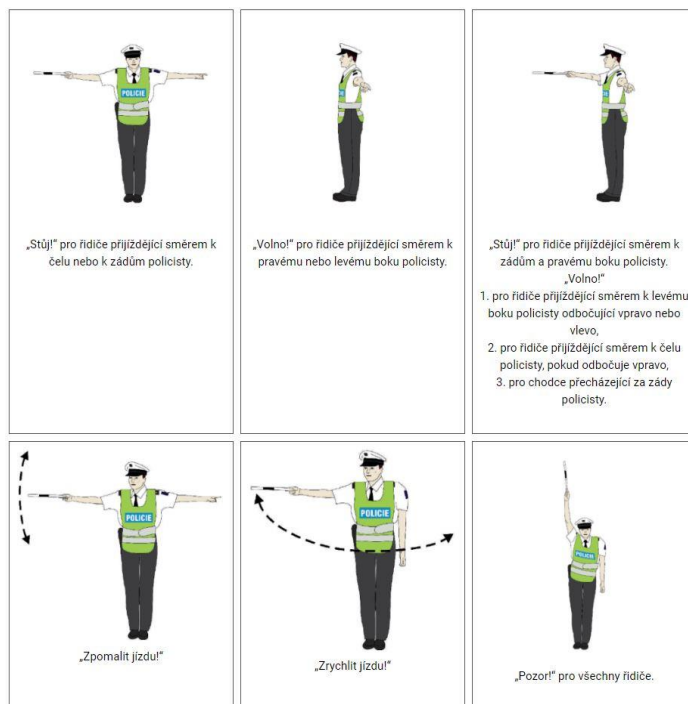
- Křižovatka řízena světelnými signály

Za křižovatku s řízeným provozem se považuje křižovatka, na které je provoz řízen světelnými signály (semafor). Jsou nadřazené křižovatkám s dopravním značením a křižovatkám bez dopravního značení. Jsou však podřazené křižovatkám řízeným policistou. Křižovatka řízená světelným provozem se využívá v místech, kde vozidla z vedlejší komunikace, mají veliký problém se napojit na hlavní komunikaci, z důvodů velké hustoty provozu nebo složitosti křižovatky. Díky tomuto typu řízení křižovatky je možnost řídit provoz po jednotlivých částech, či aktuálně měnit řízení podle situace provozu. [38]

Základní světelné signály na semaforu: [38]

- Červené světlo-STŮJ. Řidič má povinnost zastavit vozidlo před semaforem.
 - Žluté světlo-POZOR. Řidič má povinnost zastavit vozidlo před semaforem. Pokud je vozidlo v blízkosti signálu a zastavit vozidlo by nebylo bezpečné či přímo ohrožující, může řidič křižovatkou projet.
 - Žluté světlo svítící přerušovaně-křižovatka není řízena světelnými signály. Tento signál se používá při poruše semaforů, nebo pokud je hustota provozu na nízké úrovni a přednost pomocí dopravních značek je efektivnější než pomocí světelných signálů.
 - Zelené světlo-VOLNO. Řidič může pokračovat v jízdě, pokud dodrží veškerá ustanovení.
 - Zelená šipka-v případě tohoto signálu může řidič projet křižovátku ve směru šipky, aniž by dával přednost vozidlům. V některých případech však musí dát přednost chodcům, kteří přechází silnici.
- Křižovatka řízená policistou

Tento způsob řízení přednosti je nadřazený všem ostatním způsobům. Policista křižovátku řídí většinou, pokud je v místě křižovatky nehoda a obnovení provozu si žádá tento způsob, nebo pokud nefunguje světelné signalizační zařízení na frekventovaných křižovatkách. Křižovátku může řídit i strážník obecní policie, vojenský policista, příslušník hasičského záchranného sboru. [40]



Obrázek 13: Pokyny policisty při řízení křižovatky [40]

4.5.2 Vozidla s právem přednosti jízdy

Silniční zákon definuje řadu vozidel jako vozidel s právem přednostní jízdy, jejichž řidiči jsou označeni speciálním způsobem a mají zákonem specifikované výjimky. Tato označení se dělí na dvě základní skupiny, a to na vozidla označená modrým světlem a vozidla označená oranžovým světlem. Zákon hovoří o tom, že řidiči ostatních vozidel musí vozidlům s právem přednostní jízdy umožnit bezpečný a plynulý průjezd, a jestliže je to nutné, i zastavit vozidla na takovém místě, aby jim nepřekážela. [41]

Chodci musí také dodržovat silniční zákon. Pokud přijíždí vozidlo s právem přednosti, nesmí vstupovat do vozovky, přestože jsou na místě k tomu určeném, nebo dokonce mají zelenou barvu na semaforu pro chodce. Jestliže se již na přechodu či na vozovce, jsou povinni neprodleně opustit tento prostor, aby umožnili bezpečné projetí těchto vozidel. [41]

I řidiči vozidel s právem přednosti jízdy jsou však povinni učinit nezbytná opatření, aby nebyla ohrožena bezpečnost silničního provozu na pozemních komunikacích, z tohoto důvodu mohou výstražné zvukové a světelné signály mohou používat pouze ve zvláštních případech. [41]

Všechna vozidla IZS při zapnutých výstražných zařízeních mají právo k přednosti jízdy. Mimo vozidel IZS tento nárok mají vozidla: [42]

- Prezidenta republiky
- Předsedy Poslanecké sněmovny Parlamentu České republiky
- Předsedy Senátu Parlamentu České republiky
- Členů vlády
- Speciální motocyklové jednotky Hradní stráže
- Statní plavební správy
- Dopravního podniku hlavního města Prahy a měst Hradec králové, Liberec, Ostrava, Plzeň
- právnických osob neuvedených shora provozujících dráhu tramvajovou nebo dráhu trolejbusovou
- Svazu záchranných brigád kynologů České republiky

4.6 Záchranné uličky

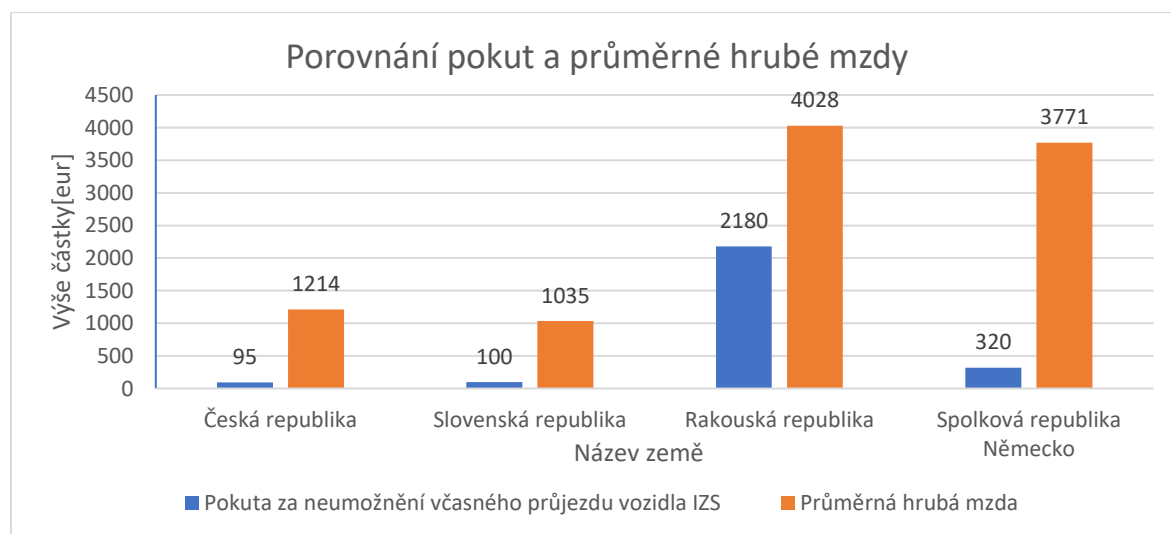
V případě, že dálnice či silnice pro motorová vozidla s nejméně dvěma jízdními pruhy není volně průjezdná z důvodu pomalu jedoucích nebo v koloně stojících vozidel, jsou řidiči všech vozidel povinni vytvořit prostor o minimální šířce tří metrů mezi jízdními pruhy. [43]

Dříve se záchranná ulička vytvářela mezi krajním pruhem a pruhem k němu přiléhajícím. Z důvodů sjednocení předpisů s ostatními evropskými státy, se vytváření jízdní uličky dne 1. října 2018 upravilo. Na komunikaci v jednom směru jízdy řidiči jedoucí v levém jízdním pruhu zajíždějí co nejvíce ke své straně. Řidiči jedoucí v ostatních pruzích zajíždějí co nejvíce doprava. [43]

Řidiči mohou při vytváření záchranné uličky vjet na krajnici nebo na střední dělicí pás.

„Zde se dostáváme do situace, kdy řidiči nejvíce chybují a automaticky záchrannou uličku tvořit nezačínají. Udělají tak, až ve chvíli, kdy za sebou začínají slyšet a vidět blížící se vozidlo složek IZS. Až v tuto chvíli začínají řidiči uhýbat do stran, a to mnohdy i velmi zmateně nebo na opačnou stranu, než mají. Tímto chováním však velmi znesnadňují situaci a průjezd vozidel IZS.“ [43]

Ostatním řidičům vozidel je vjezd do pruhu pro průjezd vozidel s právem přednosti v jízdě zakázán, s výjimkou vozidla správce pozemní komunikace a vozidla sloužícího k odstranění vzniklých následků, které způsobila dopravní nehoda nebo k odstranění překážek provozu na pozemních komunikacích. Jestliže řidič bez oprávnění vjede do záchranné uličky hrozí mu pokuta až do výše 2500 korun českých. [43]



Graf 15: Porovnání ceny pokut za omezení průjezdu vozidla IZS a průměrné hrubé mzdy vybraných zemích [44] [45] [46]

Z výsledného grafu lze vyčíst, že Rakouská republika nastavila opravdu vysoké pokuty za neumožnění průjezdu vozidel s právem přednosti v jízdě, které tvoří kolem poloviny hrubé měsíční mzdy. Česká a Slovenská republika mají velmi podobně nastavený systém pokut. Spolková republika Německo má podobnou průměrnou hrubou mzdu jako Rakouská republika, avšak výše pokut je téměř desetina průměrné hrubé mzdy, což odpovídá konceptům pokut v České a Slovenské republice.

5 Analýza navrženého řešení

Při návrhu chytrého řešení přednosti IZS autor práce vycházel hlavně z potřeby zajištění bezpečného pohybu vozidel IZS po pozemních komunikacích a zejména průjezdu křižovatek. Bezpečná jízda a zajištění přednosti IZS bude mít za následek zkrácení dojezdových časů k místu nehody.

Tato úspora času znamená rychlejší zásah složek IZS, znamená větší šanci na přežití účastníků nehod, respektive zmenšování zdravotních následků havárií. Rovněž dojde k omezení druhových škod na majetku. Tyto skutečnosti ve svém důsledku přinášejí i nemalé finanční úspory, které budou rozebrány dále.

5.1 Metodika výpočtu ekonomických ztrát

Pro analýzu navrženého řešení je nezbytné znát výši ekonomických ztrát. Metodiku výpočtu ekonomických ztrát zpracovalo Centrum dopravního výzkumu. Autor práce ji v následující podkapitole shrnul, protože její pochopení je důležité pro analýzu řešení.

Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu. [37]

Dopad dopravních nehod není pouze jen na jejich účastníky, rodinu ale také na celou společnost a státní rozpočet. Je to především formou ztrát na produkci, kdy velmi těžce zraněná osoba, či usmrcená nebude odvádět daně.

Náklady vzniklé při dopravní nehodě rozdělujeme na přímé a nepřímé. [47]



Obrázek 14: Rozdělení nákladů u ekonomických ztrát [47]

- **Přímé náklady**

Přímé náklady je označení pro takový typ nákladů, u kterých lze jednoznačně určit k jakému objektu či subjektu náleží, potažmo který je zodpovědný za jejich vznik. Konkrétně při vzniku dopravní nehody, jsou to náklady, které bezprostředně souvisejí s dopravní nehodou a je možné je přesně vymezit. Mezi přímé náklady patří náklady na zdravotní péči, na hasičskou záchrannou službu, náklady na policii a hmotné škody. [47]

- **Nepřímé náklady**

Nedílnou součástí celkových nákladů z dopravní nehodovosti jsou nepřímé náklady. Jedná se o náklady, které nesouvisejí přímo se vznikem dopravní nehody, vztahují se k pozdějším výdajům vzniklých v důsledku dopravní nehody. Konkrétně se jedná se o administrativní náklady, ztráty na produkci a sociální výdaje. [47]

5.2 Nehody pouze s hmotnou škodou

Při tomto typu nehod nedochází k újmě na zdraví, ale pouze k újmě na majetku. Nedochází tedy k žádným nepřímým nákladům. Není tedy důležité zařizovat žádné ošetření, z tohoto důvodu nevznikají žádné náklady na zdravotní péči. Pokud zjevná škoda⁴ na některém ze zúčastněných vozidel nebo přepravovaných věcech zřejmě nepřesahuje 100 000,- Kč, není nezbytné nehodu oznámit policii, proto nemusí vznikat náklady na policii a na hasičskou záchrannou službu. Ovšem oba orgány řeší spoustu případů i při škodě na 100 000, v tomto případě, na ně musíme brát zřetel a zařadit je do výpočtu. [47]

5.2.1 Přímé náklady

Přímé náklady u nehod s pouze hmotnou škodou jsou náklady na samotné hmotné škody, náklady na policii a náklady na hasičskou záchrannou službu.

- Hmotné škody

V případě, že na místo nehody dorazí dopravní policie, odhadne vzniklou hmotnou škodu. Tento odhad však, není přesný, proto ho musíme přepočítat.

⁴ Zjevná škoda je pouze laický odhad škody.

Pro výpočet je stanoven koeficient „k“, který se vypočítá vzorcem:

$$k = \frac{\text{vyplacené pojistné plnění za rok}}{\text{hmotné škody podle odhadů dopravní policie}}$$

Rovnice 2: Koeficient pojistné ku odhadu škody [48]

Celková výše hmotných škod se vypočítá vynásobením koeficientu „k“ a průměrné výše hmotných škod na jednu nehodu. Hmotné škody vznikají u všech typů nehody. [48]

- Náklady na policii

Náklady na policii zahrnují náklady, které jsou spojené s vyšetřováním a zpracováním dopravních nehod. Tyto náklady jsou vyčísleny pomocí průměrné hodnoty spotřeby času na jednu nehodu. U nehod rozlišujeme jejich závažnost. Jednu dopravní nehodu zpracovávají průměrné čtyři dopravní policisté. V případě smrtelné nehody musí být na místě přítomen statní zástupce. [48]

Náklady policie jsou složeny z: [48]

- Vyšetření a zpracování nehody,
- Náklady na vozidlo.⁵

Administrativní náklady policie jsou složeny z: [48]

- Soudní pitvy,⁶
- Znalecké posudky,
- Tlumočné.

- Náklady na hasičskou záchrannou službu

V České republice jsou náklady na hasičskou záchrannou službu závislé na mnoha faktorech. Výpočet se zakládá na nákladech, které vznikají při výjezdu k dopravní nehodě. Každá částka je vyčíslena k likvidačním pracím, které jsou veškeré úklidové práce a manipulace s havarovanými vozidly. Likvidační práce je veškerá činnost jednotky s provedením

⁵ Náklady na vozidlo se skládají z: ceny vozidla, průměrné spotřeby vozidla, letní a zimní sada pneumatik, servis vozidla, amortizace vozidla.

⁶ V případě usmrcení osoby.

záchranných prací. K záchranným pracím patří vyproštění osob, předlékařská zdravotní pomoc, zamezení úniků nebezpečných látek. [48]

5.3 Lehké zranění

Pojmem „lehké zranění“ se rozumí zranění, při kterém nedojde k úmrtí osob ani k vážnému zranění. Osoba je pouze lehce raněná např. podlitiny, vymknutí, odřeniny. Závažnost zranění určuje lékař. [47]

5.3.1 Přímé náklady

Náklady na hmotné škody a policii jsou stejné jako v případě nehody s pouze hmotnou škodou. Náklady na HZS se počítají stejným způsobem jen s rozdílem, že procento k výjezdu HZS k nehodě s lehkým zraněním bylo 45 %. V přímých nákladech počítáme i s náklady na zdravotní péči. Při lehkém zranění nám však již vznikají i nepřímé náklady. [48]

- Náklady na zdravotní péči

Tyto náklady vznikají, pokud je při nehodě zraněn některý z účastníků, do výpočtu se zahrnují náklady, které vznikají poskytováním odborné pomoci. Zahrnují: [48]

- Rychlou zdravotnickou pomoc na místě nehody včetně převozu do nemocnice

Jedná se o náklady, které vznikají při poskytnutí odborné přednemocniční neodkladné péče. Tyto náklady zahrnují mzdy, pohonné hmoty a další náklady spojené s provozem sanitního vozidla, léky a zdravotnický materiál, odpisy, režié a opravy, dispečink, ostatní náklady.

- Ústavní nemocniční péči

Tyto náklady vznikají při poskytování odborné zdravotnické péče. Jedná se hlavně o náklady na mzdy zdravotnického personálu, energie ústavního nemocničního zařízení, odborné zdravotnické vybavení, léky, zdravotnický materiál a jiné.

- Pohospitalizační péči jako rehabilitaci a ambulantní lékařskou péči

Pohospitalizační péče a rehabilitace jsou doplňkové a kontrolní funkce léčení. Zranění s pracovní neschopností do 9 týdnů považujeme za lehké zranění. Pro výpočet nákladů je nezbytné zjistit průměrnou dobu hospitalizace. Jedná se o náklady:

- Rychlá zdravotnická pomoc
- Ústavní nemocniční péče
- Rehabilitace a ambulantní lékařská péče

5.3.2 Nepřímé náklady

Při nehodách s lehkým zraněním vznikají i nepřímé náklady, nesouvisejí přímo se vznikem dopravní nehody. Mezi tyto náklady patří: [48]

- Administrativní náklady

Náklady institucí, které vznikají při zpracování následků dopravních nehod.

- Soudy

Hlavní položkou nákladů jsou mzdové náklady pracovníků soudu. Další náklady jsou spojené s vyšetřováním přestupku, v některých případech i trestného činu, vznikajících při dopravní nehodě.

V poslední řadě vznikají i náklady na svědectví, do které se započítává úhrada čistě ušlé mzdy a cestovné.

- Pojišťovny

Pojišťovny hodně údajů považují za obchodní tajemství, proto není jednoduché stanovit administrativní náklady. Jednoduše je vyjádříme jako násobek průměrné hmotné škody na 1 nehodu a procenta vzniklých škod.

- Ztráty na produkci

Ztráty na produkci tvoří z ekonomického hlediska nejvyšší náklady. Ve výpočtech je důležité znát HDP, průměrný počet let předpokládané produktivní činnosti osob, počet a závažnost zranění osob. Při lehkém zranění bereme v potaz pouze pracovní neschopnost, která trvá v průměru 62 dní.

- Sociální výdaje

Sociálními výdaji poskytuje stát finanční podporu účastníkům dopravních nehod a osobám jim blízkým. Patří mezi ně dávky nemocenského pojištění, vdovské a vdovecké důchody, sirotčí důchody invalidní důchody. Při nehodách s pouze lehkými zraněními bereme v potaz pouze dávky nemocenského pojištění.

5.4 Těžké zranění

Těžké zranění je zranění, při kterém nedojde k usmrcení osoby a zároveň je zranění ve větším rozsahu než při lehkém zranění. [47]

5.4.1 Přímé náklady

Hmotné náklady se počítají stejně jako s lehkým raněním. Náklady na policii, HZS a na zdravotní péči počítáme stejným způsobem, jako v případě lehkého zranění. Procento výjezdu HZS k nehodě s těžkým zraněním je 90 %. Při zdravotní péči se počítá s tím, že zraněná osoba bude delší dobu v nemocnici, docházet více na rehabilitace a častěji chodit na kontroly. [48]

5.4.2 Nepřímé náklady

Administrativní náklady jsou stejné jako v případě lehkého zranění.

- Ztráta na produkci při těžkém zranění

V případě těžkého zranění postižená osoba nevykonává po určitou dobu produktivní činnost. Předpokladem je, že 25 % zraněných osob, bude mít trvale sníženou pracovní výkonost o 40 %. [48]

- Sociální výdaje

Na rozdíl na nehody s lehkým zraněním je zde nutno i připočíst náklady na proplácení invalidních důchodů. [48]

5.5 Smrtelné zranění

Smrtelná zranění jsou zranění, při kterých dojde k usmrcení osoby buď přímo na místě nehody, nebo při převozu zraněného do nemocnice anebo do 30 dnů po dopravní nehodě. [47]

5.5.1 Přímé náklady

Hmotné náklady se počítají stejně jako s lehkým raněním. Náklady na policii a HZS počítáme stejným způsobem, jako v případě lehkého zranění. HZS jezdí ke každé smrtelné dopravní nehodě. [48]

Při usmrcení osoby vznikají náklady na zdravotní péči následující: [48]

- Rychlá zdravotní pomoc
- Zdravotní pitva⁷
- Ústavní nemocniční péče⁸

5.5.2 Nepřímé náklady

Administrativní náklady jsou stejné jako v případech lehkého či těžkého zranění.

- Ztráta na produkci při usmrcení osoby

Největší náklady ze všech tvoří ztráta na produkci při usmrcení osoby. Stát přichází o peníze z produkce usmrceného jedince. Ve výpočtu tedy počítáme pouze o kolik HDP na obyvatele za průměrnou produktivní činnost přijdeme. [48]

- Sociální výdaje

Na rozdíl od nehody s lehkým či těžkým zraněním nevzniká žádný náklad na invalidní důchod či dávky nemocenského pojištění. V tomto případě jdou peníze rodině pozůstalého. Jedná se o náklady: [48]

- Dávky nemocenského pojištění
- Vdovské a vdovecké důchody
- Sirotčí důchod

5.6 Celkové ekonomické ztráty z dopravních nehod za rok 2018

Celkové ekonomické ztráty z dopravních nehod se zjišťují z důvodu přehledu státu o tom, kolik dopravní nehody stojí. Rovněž také poskytují důležité údaje do dopravních analýz, které mají za úkol vyhodnotit efektivnost daných bezpečnostních opatření. [47]

„Realizací skutečně efektivních opatření, jako mohou být úprava křižovatky, instalace svodidel apod., dojde nejen k úspoře finančních prostředků, ale také ke zvýšení bezpečnosti, snížení počtu a závažnosti dopravních nehod a naplnění cíle Národní strategie bezpečnosti silničního provozu.“ (Veronika Valentová, CDV, 2019)

⁷ Zdravotní pitva je prováděna v některých případech, pokud není nařízena soudní pitva

⁸ V případě že zraněná osoba nezemře přímo na místě nehody či při převozu

Tabulka 3: Ekonomické ztráty z dopravních nehod za rok 2018 [47]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	658	22 534 000	14 827 372 000
Těžké zranění	2 395	5 983 000	14 329 285 000
Lehké zranění	25 195	739 700	18 636 741 500
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Celkové ztráty za rok 2018 v Kč			80 098 073 500

Celkové ztráty za rok 2018 činily 80,1 miliardy Kč což bylo 1,5 % HDP.

Vzniklé ztráty platí převážně ministerstva, a to konkrétně: [47]

- Ministerstvo zdravotnictví-náklady na zdravotní péči
- Ministerstvo vnitra-náklady na policii a HZS
- Ministerstvo spravedlnosti-administrativní náklady
- Ministerstvo práce a sociálních věcí-sociální výdaje
- Ministerstvo dopravy-škody způsobené na komunikaci

Cena za úmrtí člověka se za rok 2018 vyčíslila na 22 534 000 Kč. [47]

5.7 Vyčíslení úspory při použití systémů k přednosti

5.7.1 Systém ecall

Vozidlo, které bezprostředně po vzniku nehody informuje složky IZS a oznámí svoji polohu má šanci, že se k němu záchranáři dostanou až o 20 % rychleji. Ecall je systém, který již auta vyrobené po dubnu 2018 mají povinně zabudovaný. Z celkového počtu aut je jich však zlomek. 20% časová úspora předpokládá, že by systémem Ecall byly vybaveny všechny automobily. [9]

Tabulka 4: Snížení smrtelných úrazů a omezení následků zranění při včasném informovaní záchranných složek [9]

Závažnost nehod	Snížení počtu smrtelných úrazů	5-15 %
	Omezení následků vážných zranění při nehodách	10-15 %

Jak uvádějí Matoušková, Moravčík a Rak, *tak včasná informace o dopravní nehodě a vysílání přesné GPS souřadnice místa nehody mohou snížit počet smrtelných úrazů až o 15 % a omezit následky vážných zranění rovněž až o 15 %.*

- Optimistický pohled:

Při optimistickém pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 15 % a z 15 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké.

Tabulka 5: Ekonomické ztráty z dopravních nehod za rok 2018 [47]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	658	22 534 000	14 827 372 000
Těžké zranění	2 395	5 983 000	14 329 285 000
Lehké zranění	25 195	739 700	18 636 741 500
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Celkové ztráty za rok 2018 v Kč			80 098 073 500

Tabulka 6: Optimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 15 % a snížení těžkých zranění o 15 % za použití systému včasného informování záchranných složek [47] [autor]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	589	22 534 000	13 272 526 000
Těžké zranění	2 105	5 983 000	12 594 215 000
Lehké zranění	25 554	739 700	18 902 293 800
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Optimistický pohled na ztráty při včasném informování IZS za rok 2018			77 073 709 800

Pro výpočet expert odhadnul, že 30 % usmrcených osob zemře okamžitě, bez ohledu na příjezdu pomoci. Do následujícího výpočtu tedy těchto 30 % nezapočítáváme.

Výpočet usmrcených osob se provádí odečtením počtu lidí, kteří by díky včasnému zásahu byli zachráněni.

Počet těžkých zranění se vypočítá rovněž odečtením počtu lidí, kteří by po včasném zásahu měli mírnější následky. Po odečtení těchto lidí, je nutné k těžkým zraněním připočíst počet zachráněných osob před úmrtím, protože očekáváme, že pokud jim hrozilo nebezpečí usmrcení, budou mít jen těžká zranění.

Počet lidí, kteří po včasném zásahu mají mírnější následky připočteme k lehkém zranění a tím máme výsledný počet.

Hmotná škoda zůstává stejná bez ohledu na to, jak včasný zásah bude. Předpokládá se, že pomocí získaných aktuálních informací (např: namrzlá vozovka, práce na silnici) se sníží počet dopravních nehod. Tento údaj bohužel nelze odhadnout, proto počítáme, že je hmotná škoda ve všech případech stejná.

V případě optimistickém pohledu na systém okamžitého upozornění záchranářů na vážnou nehodu by se náklady na ekonomické ztráty snížili o **3 024 363 700** Kč za rok a zachránilo by se **69** lidských životů.

- Neutrální pohled:

Při neutrálním pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 10 % a z 13 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké.

Tabulka 7: Neutrální pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 10 % a snížení těžkých zranění o 13 % za použití systému včasného informování záchranářů složek [47] [autor]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	612	22 534 000	13 790 808 000
Těžké zranění	2 130	5 983 000	12 743 790 000
Lehké zranění	25 506	739 700	18 866 788 200
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Neutrální pohled na ztráty při včasném informování IZS za rok 2018			77 706 061 200

V případě neutrálním pohledu na systém okamžitého upozornění záchranářů na vážnou nehodu by se náklady na ekonomické ztráty snížily o **2 392 012 300** Kč za rok a zachránilo by se **46** lidských životů.

- Pesimistický pohled:

Při pesimistickém pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 5 % a z 10 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké.

Tabulka 8: Pesimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 5 % a snížení těžkých zranění o 10 % za použití systému včasného informování záchranných složek [47] [autor]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	635	22 534 000	14 309 090 000
Těžké zranění	2 178	5 983 000	13 030 974 000
Lehké zranění	25 435	739 700	18 814 269 500
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Pesimistický pohled na ztráty při včasném informování IZS			78 459 008 500

V případě pesimistického pohledu na systém okamžitého upozornění záchranářů na vážnou nehodu by se náklady na ekonomické ztráty snížily o **1 639 065 000 Kč** za rok a zachránilo by se **23 lidských životů**.

5.7.2 Systém absolutní přednosti na křižovatkách a umožnění průjezdu vozidla IZS

„Záchranářská ulička významně zkracuje dobu příjezdu záchranářů na místo nehody. Vytvořený koridor napomáhá snížit dobu dojezdu potřebné pomoci na místo neštěstí až o 4 minuty, šance vážně zraněných na přežití se zvyšuje až o 40 procent. Ovšem záchranáři mohou spěchat i k někomu, kdo je v nouzi někde jinde.“ (Roman Budský 2018)

Z dvanácté otázky z dotazníku pro všechny řidiče (graf č. 7) vyplývá, že pokud by řidiči byli informováni pomocí navigace či mobilního telefonu o příjezdu vozidla IZS, dokázali by lépe zareagovat a umožnit průjezd vozidla. Toto se vztahuje jak na vytvoření záchranné uličky, tak o umožnění průjezdu ve městech.

Řidiči vozidel IZS potvrdili, že pokud mají zajištěný signál volno je jejich průjezd křižovatkou rychlejší a bezpečnější. Pokud je místo neštěstí v delší vzdálenosti ve městě je zkrácení doby příjezdu reálné. [14]

Hodnota zmírnění těžkých zranění se vypočítala z logiky hodnot systému Ecall.

- Optimistický pohled:

Při optimistickém pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 40 % a z 40 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké. Hodnota procent u těžkých zranění vychází z logiky principu včasného upozornění na nehodu.

Tabulka 9: Optimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 40 % a snížení těžkých zranění o 40 % za použití systému včasnému umožněnému průjezdu záchranných složek

[47] [autor]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	474	22 534 000	10 681 116 000
Těžké zranění	1 621	5 983 000	9 698 443 000
Lehké zranění	26 153	739 700	19 345 374 100
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Optimistický pohled na ztráty při včasnému umožněnému průjezdu IZS			72 029 608 100

V případě optimistického pohledu na systém včasného umožněného průjezdu IZS k vážné nehodě by se náklady na ekonomické ztráty snížily o **8 068 465 400** Kč za rok a zachránilo by se **184** lidských životů.

- Neutrální pohled:

Při neutrálním pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 25 % a z 30 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké.

Tabulka 10: Neutrální pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 25 % a snížení těžkých zranění o 30 % za použití systému včasnému umožněnému průjezdu záchranných složek

[47] [autor]

Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	543	22 534 000	12 235 962 000
Těžké zranění	1 791	5 983 000	10 715 553 000
Lehké zranění	25 914	739 700	19 168 585 800
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Neutrální pohled na ztráty při včasnému umožněnému průjezdu IZS			74 424 775 800

V případě neutrálního pohledu na systém včasného umožněného průjezdu IZS k vážné nehodě by se náklady na ekonomické ztráty snížily o **5 673 297 700** Kč za rok a zachránilo by se **115** lidských životů.

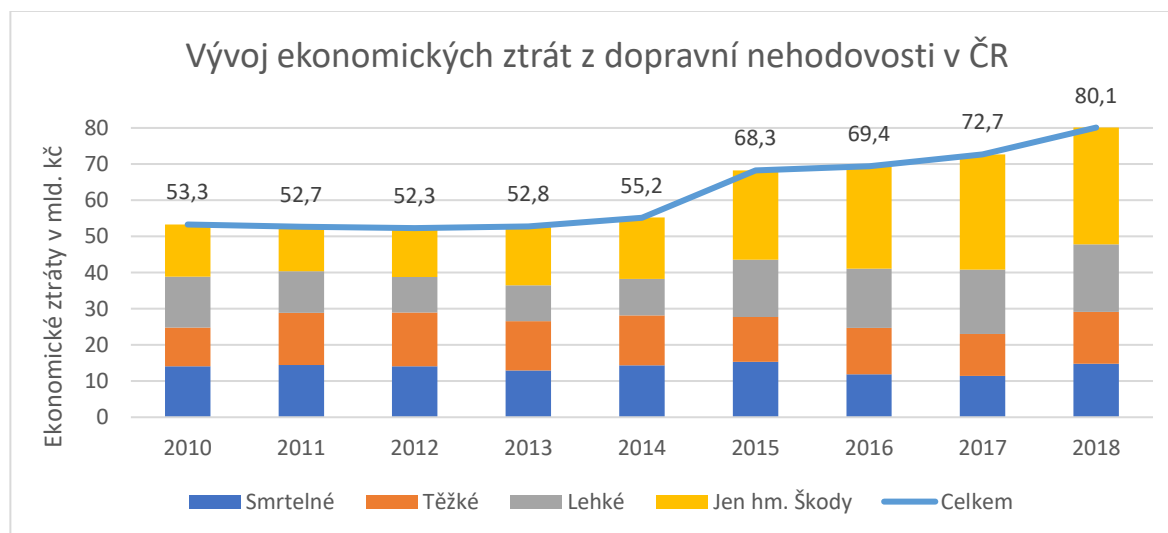
- Pesimistický pohled

Při pesimistickém pohledu bereme v potaz, že se nám podaří snížit úmrtnost o 10 % a z 15 % těžkých zranění včasným příjezdem udělat zranění lehké.

Tabulka 11: Pesimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 10 % a snížení těžkých zranění o 15 % za použití systému včasnému umožněnému průjezdu záchranných složek [47] [autor]

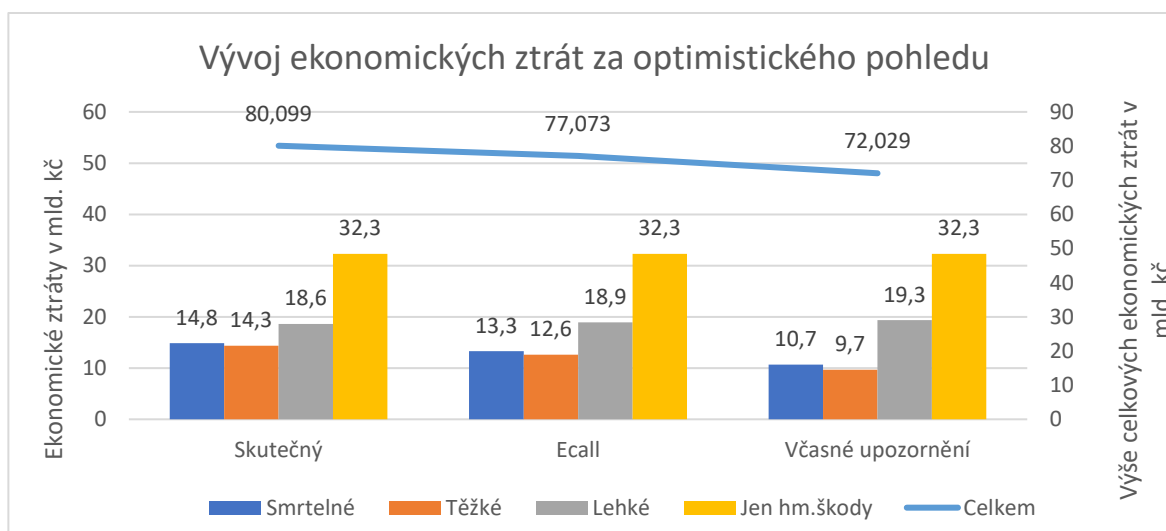
Výše ztrát	Počet nehod	Ztráta na osobu [Kč]	Celkové ztráty [Kč]
Úmrtí	612	22 534 000	13 790 808 000
Těžké zranění	2 082	5 983 000	12 456 606 000
Lehké zranění	25 554	739 700	18 902 293 800
Hmotná škoda	82 875	389 800	32 304 675 000
Pesimistický pohled na ztráty při včasné umožnění průjezdu IZS			77 454 382 800

V případě pesimistického pohledu na systém včasného umožnění průjezdu IZS k vážné nehodě by se náklady na ekonomické ztráty snížily o **2 643 690 700 Kč** za rok a zachránilo by se **46 lidských životů**.



Graf 16: Vývoj ekonomických ztrát z dopravních nehod na roku 2010 do roku 2018 [47]

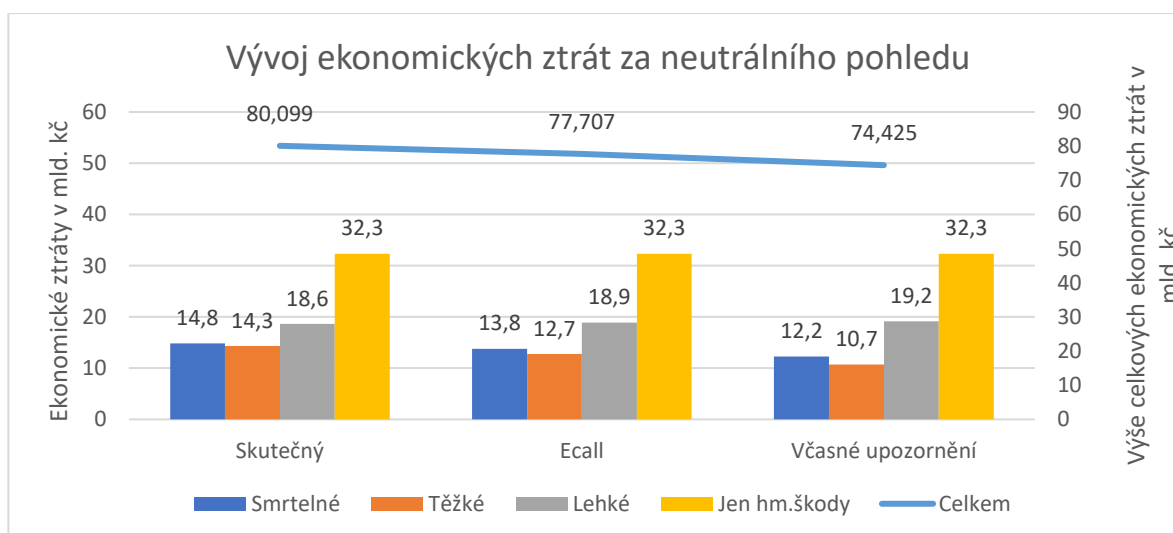
Z grafu lze vyčíst, že vývoj ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti roste. Je to hlavně způsobeno zvyšujícím se počtem a častějším používáním vozidel na pozemních komunikacích. Z toho vyplývá větší množství dopravních nehod.



Graf 17: Srovnání optimistického pohledu na ekonomické ztráty při využití systému [autor] [47]

Z grafu lze vyčíst, že při rozšíření systému na okamžité upozornění záchranářů na vzniklou vážnou dopravní nehodu, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **77,073** mld. Kč. To je úspora **3,026** mld. Kč.

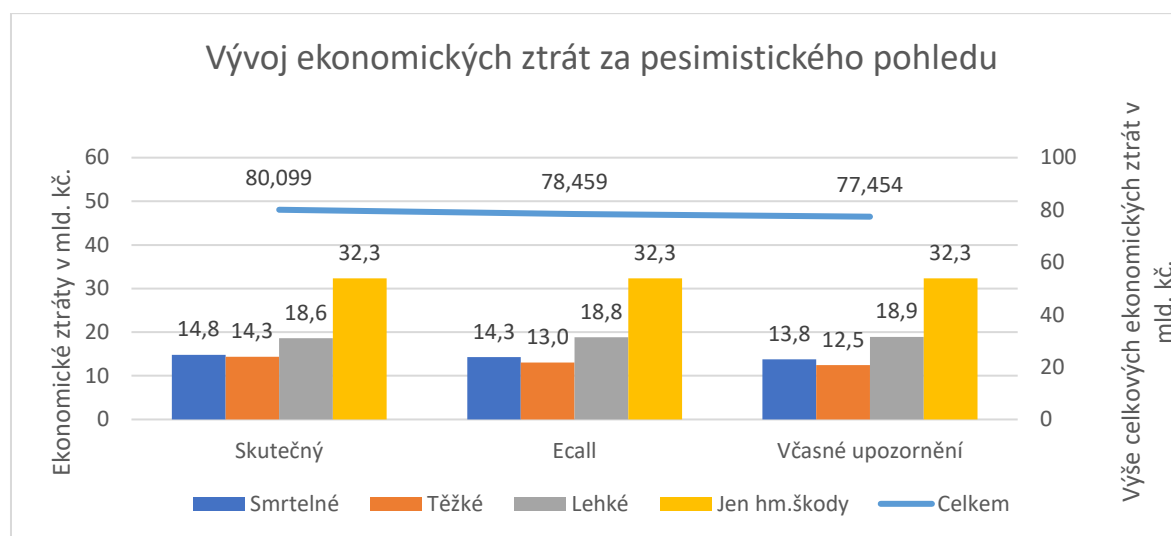
V případě zavedení systému včasného umožnění průjezdu záchranářských složek k dopravní nehodě, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **72,029** mld. Kč. To je úspora **8,07** mld. Kč.



Graf 18: Srovnání neutrálního pohledu na ekonomické ztráty při využití systémů [autor] [47]

Z grafu lze vyčíst, že při rozšíření systému na okamžité upozornění záchranářů na vzniklou vážnou dopravní nehodu, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **77,707** mld. Kč. To je úspora **2,392** mld. Kč.

V případě zavedení systému včasného umožnění průjezdu záchranných složek k dopravní nehodě, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **74,425** mld. Kč. To je úspora **5,764** mld. Kč.



Graf 19: Srovnání pesimistického pohledu na ekonomické ztráty při využití systémů [autor] [47]

Z grafu lze vyčíst, že při rozšíření systému na okamžité upozornění záchranářů na vzniklou vážnou dopravní nehodu, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **78,459** mld. Kč. To je úspora **1,64** mld. Kč.

V případě zavedení systému včasného umožnění průjezdu záchranných složek k dopravní nehodě, náklady na ekonomické ztráty se sníží na **77,454** mld. Kč. To je úspora **2,645** mld. Kč.

5.8 Kalkulace nákladů na plošné zavedení systémů

Kalkulace nákladů na zavedení systému je provedena na celém území České republiky. Celkové náklady se skládají z celkové ceny komunikačních jednotek OBU, kterými je nezbytné vybavit všechna vozidla a z celkové ceny úpravy křižovatek, na které je tento systém vhodné aplikovat.

Tabulka 12: Kalkulace nákladů na vybavení vozidel OBU

Celkový počet registrovaných vozidel v roce 2018	Odhad ceny komunikační jednotky do vozidla při sériové výrobě [Kč]	Celkové náklady na komunikační jednotky [Kč]
5 802 521 [49]	60000	348 151 260 000

Pro dosažení nejlepších výsledků (optimistický pohled) je důležité, aby každé registrované vozidlo bylo schopno komunikovat s ostatními vozidly a samotnou infrastrukturou. Vybavení všech vozidel v roce 2018 komunikační jednotkou OBU by stálo **348 151 260 000 Kč**.

Česká republika si samozřejmě nemůže dovolit investovat do vybavení všech vozidel komunikačními jednotkami. Nejprve musí být tyto jednotky instalovány do vozidel IZS a nově vyrobených vozidel.

Systém chytré přednosti vozidel IZS je nezbytné zavádět ve městech s největší intenzitou provozu, protože v těchto městech tento systém ušetří na křižovatkách nejvíce času pomocí bezpečnějšího a rychlejšího průjezdu vozidel IZS. Intenzita provozu je obvykle nejvyšší ve městech, kde žije nejvíce obyvatel. Z tohoto důvodu byl odhadnut počet světelných křižovatek vhodných pro implementaci systému ve čtyřech největší a zároveň nejlidnatějších městech České republiky. Za ostatní města považujeme všechna města, která mají na svém území provozuschopnou nemocnici.

Tabulka 13: Kalkulace nákladů na vybavení vybraných křižovatek RSU

Název města	Odhad počtu světelných křižovatek vhodných k aplikaci systému	Celkové náklady na vybavení světelných křižovatek komunikační jednotkou [Kč]
Praha	120	42 000 000
Brno	60	21 000 000
Ostrava	50	17 500 000
Plzeň	20	7 000 000
Ostatní	250	87 500 000
Celkem	500	175 000 000

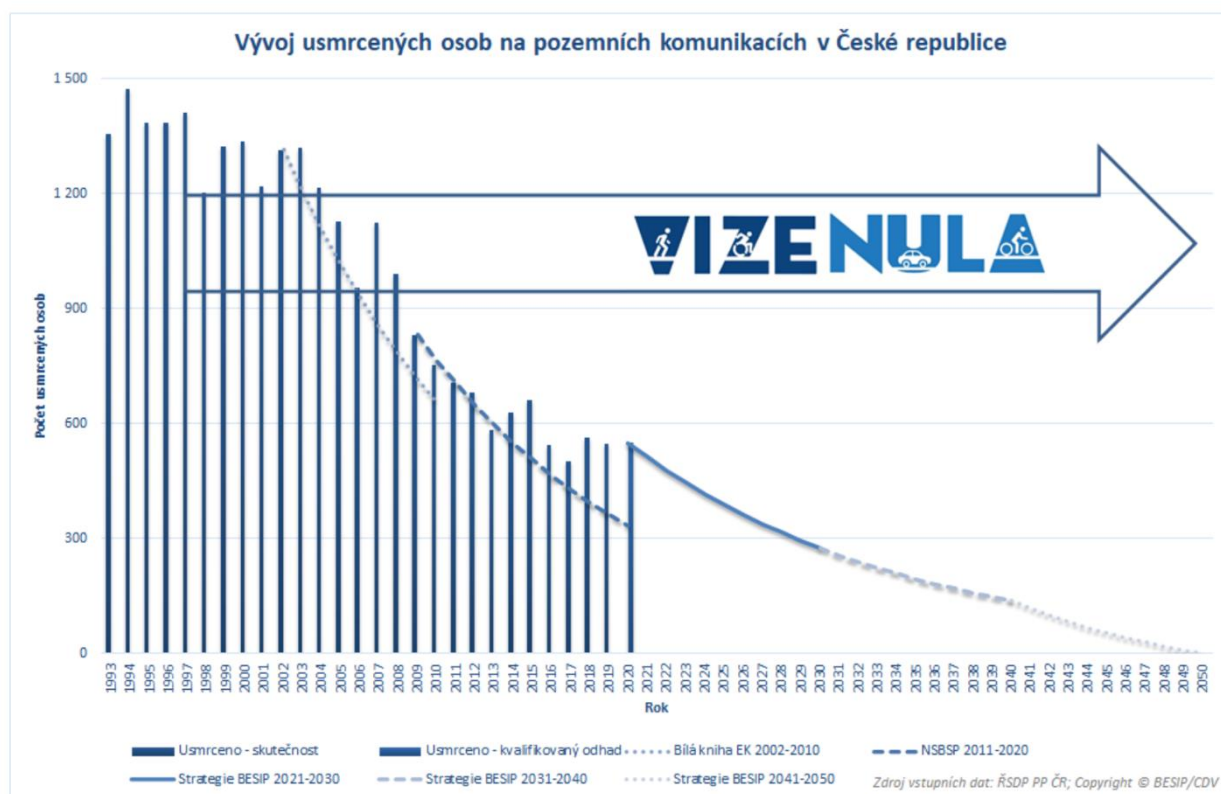
Komunikační jednotkou RSU je zapotřebí vybavit 500 křižovatek. Celkové náklady by činily **175 000 000 Kč**. Ovšem cena je vykalkulována na jednoduché čtyřramenné křižovatky s pouze jedním jízdním pruhem bez tramvajových pásů. Křižovatka by uměla pouze zajistit přednost vozidlu IZS. Na obtížnějších křižovatkách by se cena zvýšila.

Pokud by však Česká republika v roce 2018 tuto obrovskou investici uskutečnila a optimistický pohled by se každý rok naplnil (snížení ekonomických ztrát o 8 068 465 400 Kč) návratnost

této investice by trvala **43** let. Nesmíme však zapomínat, že systém má mnoho dalších využití a může snížit další ekonomické ztráty, například v případě požáru. Implementaci systému musíme považovat za rozvoj města a zaměření se na koncept inteligentního města.

5.9 Vize nula

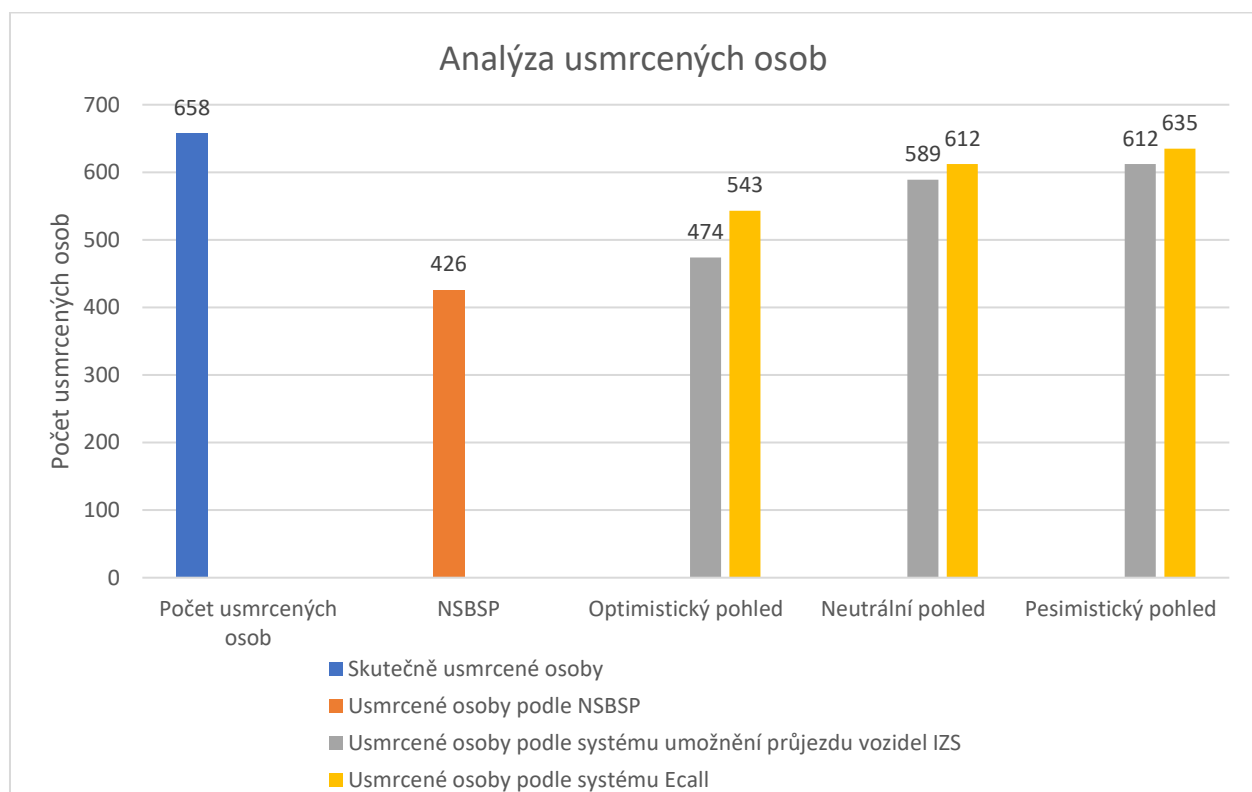
Národní strategie bezpečnosti silničního provozu (NSBSP) na období 2011–2020 “je materiál připravený ministerstvem dopravy. Tento materiál stanoví cíle, základní principy a návrhy konkrétních opatření k zásadnímu snížení dopravních nehod v České republice. Primárním cílem je do roku 2020 snížit počet usmrcených osob v silničním provozu na evropský průměr a oproti roku 2009 snížit počet vážných zranění o 40 %. Strategie je zaměřena na širokou škálu subjektů, které mohou svou činností bezpečnost silničního provozu ovlivnit. Způsob, jak toho dosáhnout, je najít společné charakteristiky zúčastněných stran a poté definovat jejich míru účasti na plnění strategických úkolů adresná specifikace jejich činností v souvisejících akčních plánech. [50]



Obrázek 15: Vývoj usmrcených osob na pozemních komunikacích v ČR [47]

Celkovým cílem Vize 0 je, aby v roce 2050 nebyla žádná usmrcená nebo těžce raněná osoba na českých silnicích. Vize 0 je změna filozofie náhledu na dopravní bezpečnost, která za každou nehodou nevidí selhání jednotlivce, ale celého dopravního systému. Proto musí být každá

dopravní nehoda, která způsobí smrt nebo vážné zranění, považována za mimořádnou událost a mělo by se na ni řádně reagovat. Víze nula znamená změnu v chápání odpovědnosti. Za nehodu neodpovídají pouze účastníci silničního provozu, ale také společná odpovědnost těch, kteří se podílejí na nastavování parametrů dopravního systému - projektanti dopravního systému, správci silnic, výrobci automobilů, policie, záchranné služby, politici, zákonodárné sbory, správní nebo soudní agentury a další subjekty, které ovlivňují chování dopravního prostoru prostřednictvím aktivit, jako jsou média, učitelé, rodiče atd. Tato strategická vize, je akceptována většinou evropských států a byla rovněž přijata jako oficiální přístup v USA. [50]



Graf 20: Analýza usmrcených osob v roce 2018 [47] [50][autor]

Z grafu lze vyčíst, že v roce 2018 zemřelo na českých silnicích 658 lidí. To je o 232 lidí více, než plánovala národní strategie bezpečnosti silničního provozu. Je tedy evidentní, že plnění určené strategie se nedaří a z tohoto důvodu je nezbytné zavádět chytré systémy, díky kterým by se počet usmrcených lidí při dopravních nehodách snižoval. Při optimistickém pohledu systému umožnění průjezdu vozidel IZS by se počet usmrcených osob přibližoval NSBSP. Další pohledy se k cílům strategie nepřibližují. Je tedy nezbytné cílit i na další subjekty, které mají ve svých silách ovlivnit aktuální situaci na pozemních komunikacích. Nesmíme ovšem zapomenout, že každý lidský život má nejvyšší hodnotou a jakékoliv snížení úmrtnosti je obrovský úspěch. Etika a odpovědnost musí být pro nás samozřejmostí a musíme udělat vše, co je v našich silách, abychom Víze 0 docílili.

6 Závěr

Z uvedené práce a provedeného průzkumu vyplývá, že stávající situace v zajištění přednosti v jízdě vozidel záchranných složek je neuspokojivá. A to jak pro pracovníky IZS, tak i pro běžné uživatele veřejných komunikací. Z tohoto důvodu všechny prostředky, které vedou ke zlepšení této situace jsou dobré. Řidiči si nejsou jisti svojí reakcí na blížící se vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením. Je nezbytné připravit řidiče na tyto situace již v autoškole, jak po teoretické, tak i po praktické stránce.

Důležité je pokračovat v osvětové činnosti prostřednictvím sdělovacích prostředků (TV, internet), tak i různých spolků a organizací (BESIP atd.), ale také na sociálních sítích, na kterých může mít osvětová kampaň největší dosah. Osvětové dopravní kampaně je nezbytné cílit na kategorie všeho věku a na všechny účastníky silničního provozu. Již dětem je důležité vysvětlit, jak se chovat v blízkosti a na pozemních komunikacích. Je tedy vhodné zaměřit se na dopravní výchovu a pokusit se ji zlepšit.

Dalším krokem je zlepšování infrastruktury včetně zavádění zcela nových technologií (viz údaje v této práci) i využívání stávajících, jako je například systém eCall. V souběhu s tímto musí docházet k vybavování nových automobilů moderními technologiemi, které s novou infrastrukturou dovedou spolupracovat. Evropská unie zavedla povinnost výrobcům, aby nová vozidla byla vybavena technologií automatizovaného tísňového volání eCall. Tento krok je správný a Evropská unie by měla výrobcům zavést povinnost vybavit nové automobily i komunikační jednotkou. Sériové zavádění komunikačních jednotek by jejich cenu rapidně snížilo.

Hlavní důvod zavádění těchto systémů je, že prokazatelně dokážou snížit dojezdový čas pro vozidla IZS k mimořádným událostem. Tyto modernizace představují velké náklady, ale vypracovaná analýza uvedená v této práci ukazuje, že nepůjde o vyhozené peníze, ale o dobrou investici s velice rychlou návratností. Při optimistickém pohledu systému včasného upozornění řidičů IZS vyšlo snížení dopadů na ekonomické ztráty o **8,07** mld. Kč. Optimistický pohled počítá s tím, že všechna vozidla dokážou spolupracovat, využívat navržené systémy a dokážou komunikovat mezi sebou.

Ministerstvo dopravy schválilo strategii, která má za cíl, aby v roce 2050 nezemřel, ani nebyl těžce zraněn žádný člověk na pozemní komunikaci. Podle strategie mohlo v roce 2018 zahynout na pozemních komunikacích maximálně 426 osob. Ve skutečnosti zahynulo 658 osob. Je tedy evidentní, že se nám strategii nedaří naplňovat a z tohoto důvodu je důležité zavést navrhované systémy v této práci. Musíme udělat vše co je v našich silách, abychom vysněného cíle strategie docílili a na pozemních komunikacích neumírali žádní lidé.

Použité zdroje

- [1] Czech space portal. *Czech space portal* [online]. [cit. 2020-4-18]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/>
- [2] Kroča. *TPSD Inteligentní dopravní systémy* [online]. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.tpsd-ertrac.cz/file/kroca-inteligentni-dopravni-systemy-its/>
- [3] Garmin. *What is GPS?* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.garmin.com/cs-CZ/AboutGPS/>
- [4] MCGRATH, ME. *Autonomous vehicles: opportunities, strategies, and disruptions*. 2018. Místo vydání není známé: Independently published, 2018. ISBN 978-1980313854.
- [5] Blog Master. *5G síť přichází* [online]. [cit. 2020-5-26]. Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/5G-site-prichazi/>
- [6] Český telekomunikační úřad. *5G síť* [online]. [cit. 2020-5-26]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/5g>
- [7] Geospatial. *World What are HD Maps* [online]. [cit. 2020-5-2]. Dostupné z: <https://www.geospatialworld.net/article/hd-maps-autonomous-vehicles/>
- [8] JIA, Dongyao a Dong NGODUY. Enhanced cooperative car-following traffic model with the combination of V2V and V2I communication. *Transportation Research Part B: Methodological* [online]. 2016, **90**, 172-191 [cit. 2020-07-30]. ISSN 01912615. Dostupné z: doi:10.1016/j.trb.2016.03.008
- [9] MATOUŠKOVÁ, Ingrid, Ľubomír MORAVČÍK a Roman RAK. *ECall - inteligentný dopravný systém: (aspekty právne, technické, informačné a psychologické)*. Bratislava: Magnet Press Slovakia s.r.o, 2015. ISBN 978-80-89169-31-3.
- [10] VILÁŠEK, Josef, Miloš FIALA a David VONDRÁŠEK. *Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. století*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2477-8.
- [11] ELTODO. *Preference veřejné dopravy* [online]. [cit. 2020-9-12]. Dostupné z: <https://www.eltodo.cz/produkty-a-sluzby/dopravni-systemy/preference-verejne-dopravy/>

- [12] KOTT. *Osobní rozhovor o preferenci IZS z pohledu experta policie* [Osobní rozhovor]. Praha [cit. 2020-7-10]. Dostupné z: Příloha 3
- [13] VESELÝ. *Osobní rozhovor o preferenci IZS z pohledu experta záchranné služby* [Osobní rozhovor]. Praha [cit. 2020-6-24]. Dostupné z: Příloha 3
- [14] KŇÁKAL. *Osobní rozhovor o preferenci IZS z pohledu projektanta dopravního inženýrství* [Osobní rozhovor]. Praha [cit. 2020-9-15]. Dostupné z: Příloha 3
- [15] ŠTEFAN. *Osobní rozhovor o preferenci IZS z pohledu dopravního inženýra* [Osobní rozhovor]. Praha [cit. 2020-9-15]. Dostupné z: Příloha 3
- [16] Chytrý region. *Chytrý region Královéhradecký kraj* [online]. [cit. 2020-4-11]. Dostupné z: <https://www.chytryregion.cz/cs/doprava>
- [17] Nehoda.eu. *Reakční doba řidiče, analýza silničních nehod* [online]. [cit. 2020-4-11]. Dostupné z: <http://www.nehoda.eu/?p=167>
- [18] Ministerstvo dopravy. *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: technické podmínky TP* [online]. [cit. 2020-5-14]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_81.pdf
- [19] Policie České republiky. *Počet policejních vozidel k 31. 12. 2015* [online]. [cit. 2020-7-14]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/pocet-policejnich-vozidel-k-31-12-2015.aspx>
- [20] DSRC V2X. *V2X On-Road* [online]. [cit. 2020-7-14]. Dostupné z: <https://www.dsrc-v2x.com/en/>
- [21] C-Roads. *C-Roads Czech Republic* [online]. [cit. 2020-6-13]. Dostupné z: https://c-roads.cz/croads/wp-content/uploads/2019/11/C-Roads_CZ_UC_katalog_v1.52.pdf
- [22] ŠVORC. *Osobní rozhovor o preferenci IZS z pohledu dopravního inženýra* [Osobní rozhovor]. Praha [cit. 2020-9-15]. Dostupné z: Příloha 3
- [23] C-ROADS. *C-Roads Czech Republic* [online]. [cit. 2020-6-13]. Dostupné z: https://c-roads.cz/croads/wp-content/uploads/2019/11/C-Roads_CZ_UC_katalog_v1.52.pdf
- [24] Danlaw. *RouteLink DSRC Roadside Unit Achieves OmniAir Certification* [online]. [cit. 2020-7-11]. Dostupné z: <https://www.danlawinc.com/danlaw-routelink-dsrc-roadside-unit-achieves-omniair-certification/>

- [25] Správa veřejného statku města Plzně. *Vozidlové detektory* [online]. [cit. 2020-5-2]. Dostupné z: <http://www.svsmp.cz/svetelna-signalizace/vozidlove-detektory-typy-rozdeleni-funkce.aspx>
- [26] SAMEK. Aktuálně.cz: Záchranka vyjíždí k blbostem, jde o peníze, lidi to ničí, je to absurdní, říká Samek. *Rozhovor pana Veselovského se záchranářem Samkem* [video online]. [cit. 2020-9-20]. Dostupné z: <https://video.aktualne.cz/dvtv/zachranka-vyjizdi-k-blbostem-jde-o-penize-lidi-to-nici-je-to/r~6671f32a45c011e9ae850cc47ab5f122/>
- [27] Správným směrem. *Řidiči často neví, jak uhybat sanitkám* [online]. [cit. 2020-7-28]. Dostupné z: <http://spravnym-smerem.cz/reportaze/vysocina/ridici-casto-nevi-jak-uhybat-sanitkam>
- [28] SCHUMACHER, Henrik, Christian PRIEMER a Eric SLOTTKE. A simulation study of traffic efficiency improvement based on Car-to-X communication. In: *Proceedings of the sixth ACM international workshop on VehiculAr InterNETworking - VANET '09* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2009, s. 13- [cit. 2020-8-10]. ISBN 9781605587370. Dostupné z: doi:10.1145/1614269.1614274
- [29] PreferenceVHD. *Problematika počátku a ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy* [online]. [cit. 2020-5-6]. Dostupné z: <http://preferencevhd.info/index.php/2015/07/12/problematika-pocatku-a-ukonceni-vyhrazeneho-jizdniho-pruhu-pro-autobusy/>
- [30] Zákony pro lidi. *13/1997 Sb. Zákon o pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2020-6-2]. Dostupné z: [Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13](https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13)
- [31] UNMZ. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* [online]. [cit. 2020-6-2]. Dostupné z: <https://www.unmz.cz/caste-dotazy/casto-kladene-otazky-technicka-normalizace/>
- [32] European Data Protection Supervisor. *Connected Cars* [online]. [cit. 2020-7-12]. Dostupné z: https://edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/techdispatch/techdispatch-3-connected-cars_en
- [33] StandardLand. *Aspekty ochrany dat systémů ITS* [online]. [cit. 2020-7-10]. Dostupné z: <https://www.standardland.cz/its-aspekty-ochrany-dat-systemu-its/t833?appgroups=6>

- [34] HERMAN, Ivo. *Preference pomocí V2X* [online]. [cit. 2020-7-12]. Dostupné z: <https://www.herman.cz/produkty/isrd/komunikace-v2x/v2x-pro-verejnou-dopravu/preference-pomoci-v2x-2/>
- [35] Venafi. *How PKI* [online]. [cit. 2020-8-10]. Dostupné z: <https://www.venafi.com/education-center/pki/how-does-pki-work>
- [36] Thales Group. *Secure V2X communication is key for autonomous cars* [online]. [cit. 2020-7-14]. Dostupné z: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/industries/automotive/use-cases/v2x>
- [37] *Zákony pro lidi. 361/2000 Sb. Zákon o provozu na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2020-6-2]. Dostupné z: [Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361](https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361)
- [38] SCHRÖTER, Zdeněk. *Autoškola? Pohodlně!: 2020*. Dvacáté čtvrté aktualizované vydání. Plzeň: Zdeněk Schröter, 2020. ISBN 978-80-87803-16-5.
- [39] Skauticiztatobit. *Dopravní značky* [online]. [cit. 2020-5-23]. Dostupné z: <https://skauticiztatobit.dobrodruh.net/rubriky/skautska-praxe/dopravni-znacky>
- [40] Naucseridit. *Křižovatky řízené policistou* [online]. [cit. 2020-5-26]. Dostupné z: <https://www.naucseridit.cz/reseni-krizovatek/krizovatky-rizene-policistou/>
- [41] Policie České republiky. *Vozidla s právem přednostní jízdy* [online]. [cit. 2020-7-22]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/vozidla-s-pravem-prednostni-jizdy.aspx>
- [42] Autoweb. *Vozidla s právem přednostní jízdy* [online]. [cit. 2020-7-28]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/vozidla-s-pravem-prednostni-jizdy/>
- [43] Policie České republiky. *Záchranářská ulička a pravidlo střídavé jízdy* [online]. [cit. 2020-7-22]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/zachranarska-ulicka-a-pravidlo-stridave-jizdy-pravidlo-zipu.aspx>
- [44] Zdravotnická záchranná služba Středočeského kraje. *Záchranářská ulička* [online]. [cit. 2020-7-22]. Dostupné z: <https://www.uszssk.cz/zachranarska-ulicka-nove-od-1-rijna-v-cr/>
- [45] Autoviny. *Sadzobník pokút 2020* [online]. [cit. 2020-6-24]. Dostupné z: <https://www.autoviny.sk/reportaze/120604/sadzobnik-pokut-2020-toto-su-najvyssie-pokuty-za-bezne-priestupky-za-volantom>

- [46] Finance. *Daně, banky, kalkulačky, spoření, kurzy měn* [online]. [cit. 2020-6-24]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/519126-prumerna-mzda-2019-cr-eu-nemecko-rakousko/>
- [47] Centrum dopravního výzkumu. *Celkové ztráty z dopravních nehod na pozemních komunikacích v roce 2018 překročily 80 mld. Kč* [online]. [cit. 2020-8-10]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/celkove-ztraty-z-dopravnich-nehod-na-pozemnich-komunikacich-v-roce-2018-prekrocily-80-mld-kc/>
- [48] Ministerstvo dopravy. *CDV Metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2020-3-7]. Dostupné z: http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/langr/uaemka/metodika-vypoctu-ztrat/at_download/file
- [49] SDA: *Svaz dovozců automobilů* [online]. [cit. 2020-9-28].
- [50] NSBSP: Národní strategie bezpečnosti. *Observatoř bezpečnosti silničního provozu* [online]. [cit. 2020-9-28]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/nsbsp/post/aktualni-strategie>

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Princip fungování systému eCall [9]	14
Obrázek 2: Komunikační jednotka ve vozidle [20]	32
Obrázek 3: Komunikační jednotka na křižovatce [20]	32
Obrázek 4: Schéma systému absolutní přednosti vozidla IZS na křižovatce [23].....	34
Obrázek 5: Komunikace OBU a RSU [24]	35
Obrázek 6: <i>Obsah zprávy CAM</i> [23]	35
Obrázek 7: <i>Schéma upozornění řidičů na vozidlo IZS</i> [23]	40
Obrázek 8: Upozornění o příjezdu a směru vozidla IZS [23].....	41
Obrázek 9: Příklad komunikace vozidla s ostatními vozidly a infrastrukturou [8].....	41
Obrázek 10: Začátek vyhrazeného pruhu pro autobusy a vozidla IZS [29]	43
Obrázek 11: Zabezpečení komunikace vozidla s X pomocí public key [36]	48
Obrázek 12: Značky upravující přednost v jízdě [39]	49
Obrázek 13: Pokyny policisty při řízení křižovatky [40]	50
Obrázek 14: Rozdělení nákladů u ekonomických ztrát [47]	53
Obrázek 15: Vývoj usmrcených osob na pozemních komunikacích v ČR [47]	69

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Kalkulace prvků chytré preference [15]	31
Tabulka 2: Kalkulace nákladů detektorů [25]	36
Tabulka 3: Ekonomické ztráty z dopravních nehod za rok 2018 [47]	60
Tabulka 4: Snížení smrtelných úrazů a omezení následků zranění při včasném informování záchranných složek [9]	60
Tabulka 5: Ekonomické ztráty z dopravních nehod za rok 2018 [47]	61
Tabulka 6: Optimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 15 % a snížení těžkých zranění o 15 % za použití systému včasného informování záchranných složek [47] [autor]	61
Tabulka 7: Neutrální pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 10 % a snížení těžkých zranění o 13 % za použití systému včasného informování záchranných složek [47] [autor]	62
Tabulka 8: Pesimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 5 % a snížení těžkých zranění o 10 % za použití systému včasného informování záchranných složek [47] [autor]	63
Tabulka 9: Optimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 40 % a snížení těžkých zranění o 40 % za použití systému včasněmu umožněnému průjezdu záchranných složek [47] [autor]	64
Tabulka 10: Neutrální pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 25 % a snížení těžkých zranění o 30 % za použití systému včasněmu umožněnému průjezdu záchranných složek [47] [autor]	64
Tabulka 11: Pesimistický pohled na zmírnění ekonomických ztrát při snížení úmrtnosti o 10 % a snížení těžkých zranění o 15 % za použití systému včasněmu umožněnému průjezdu záchranných složek [47] [autor]	65
Tabulka 12: Kalkulace nákladů na vybavení vozidel OBU	67
Tabulka 13: Kalkulace nákladů na vybavení vybraných křižovatek RSU	68

Seznam grafů:

Graf 1: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.6 [autor]	20
Graf 2: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.7 [autor]	21
Graf 3: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.8 [autor]	21
Graf 4: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.9 [autor]	22
Graf 5: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.10 [autor].....	22
Graf 6: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.11 [autor].....	23
Graf 7: Dotazník řidičům vyhodnocení otázky č.12 [autor]	23
Graf 8: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.1 [autor].....	24
Graf 9: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.2 [autor].....	25
Graf 10: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.3 [autor].....	25
Graf 11: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.4 [autor].....	26
Graf 12: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.5 [autor].....	26
Graf 13: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.6 [autor].....	27
Graf 14: Dotazník řidičům IZS vyhodnocení otázky č.7 [autor].....	27
Graf 15: Porovnání ceny pokut za omezení průjezdu vozidla IZS a průměrné hrubé mzdy vybraných zemích [44] [45] [46].....	52
Graf 16: Vývoj ekonomických ztrát z dopravních nehod na roku 2010 do roku 2018 [47]	65
Graf 17: Srovnání optimistického pohledu na ekonomické ztráty při využití systému [autor] [47]	66
Graf 18: Srovnání neutrálního pohledu na ekonomické ztráty při využití systémů [autor] [47]	66
Graf 19: Srovnání pesimistického pohledu na ekonomické ztráty při využití systémů [autor] [47]	67
Graf 20: Analýza usmrcených osob v roce 2018 [47] [49][autor].....	70

Seznam příloh:

1. Dotazník určený pro řidiče

1. Vaše pohlaví?
 - Muž
 - Žena
2. Využíváte vozidlo k výkonu povolání?
 - Ano
 - Ne
3. Jakou skupinu řidičského oprávnění vlastníte? (Můžete vybrat více možností)
 - A
 - B
 - C
 - D
4. Kolik let vlastníte řidičské oprávnění?
 - 0-2
 - 2-5
 - 5-10
 - Více než 10
5. Jak často řídíte motorové vozidlo?
 - Každý den
 - Jednou za týden
 - Jednou za měsíc
 - Méně než jednou za měsíc
6. Myslíte si, že příjezd vozidel IZS signalizovaný zvukovým a světelným výstražným zařízením je dostatečný? (například i při poslechu rádia ve vozidle)
 - Ano
 - Ne
7. Po zaregistrování zvukového výstražného zařízení (ne světelného) IZS, jste si jistí směrem jízdy tohoto vozidla?
 - Ano
 - Ne
8. Znervózníte při zaregistrování blížícího se vozidla s výstražnými zvukovými a světelnými signály?
 - Ano
 - Ne

9. Jste si jistí, že po zaregistrování blížícího se vozidla IZS s výstražnými zvukovými a světelnými signály, umíte včas a bezpečně umožnit průjezd vozidla v každé situaci?
- Ano
 - Ne
10. Vjeli byste do křižovatky, přestože na světelném signalizačním zařízení svítí červená barva (povel „Stůj“) v případě, že za Vámi jede vozidlo IZS se zapnutými výstražnými zařízeními?
- Ano
 - Ne
11. Myslíte si, že Vás autoškola správně připravila na situace, kdy musíte správně zareagovat abyste umožnili průjezd vozidla IZS? (Vytvoření záchrané uličky, správné uhýbání, vjetí do křižovatky na červenou).
- Ano
 - Ne
12. V případě, že byste byli včas informováni o příjezdu a směru jízdy a vzdálenosti vozidla IZS pomocí inteligentního zařízení (telefon, navigační zařízení), byla by vaše reakce klidnější a bezpečnější?
- Ano
 - Ne

2. Dotazník určený pro řidiče Integrovaného záchranného systému

1. U jaké složky IZS pracujete?
 - Hasičský záchranný sbor
 - Záchranná služba
 - Policie
 - Jiné
2. Kolik let pracujete jako řidič u IZS?
 - 0-2
 - 2-5
 - Více než 5
3. Myslíte si, že ostatní účastníci silničního provozu dostatečně včas zaregistrují váš příjezd?
 - Ano
 - Ne
4. Umějí ostatní účastníci silničního provozu včas zareagovat a umožnit váš plynulý průjezd?
 - Ano
 - Ne
5. Myslíte si, že pokud by ostatní účastníci silničního provozu byli informováni s předstihem a se směrem příjezdu, tak by se zlepšil váš průjezd?
 - Ano
 - Ne
6. Za předpokladu, že při průjezdu křižovatkou na semaforu bude zajištěná zelená ve směru vaší jízdy, bude průjezd křižovatkou rychlejší a bezpečnější, než při běžném řízení semaforu?
 - Ano
 - Ne
7. Dokážete vyjádřit v procentech, v jaké míře musíte výrazně zpomalit nebo zastavit vozidlo, z důvodu nesprávného chování ostatních účastníků silničního provozu?
 - 0-20%
 - 20-40%
 - 40-70%
 - 70 % a více

3. Osobní rozhovor s experty zabývající se problematikou

Odhad ceny, zavedení chytrých systémů (především car to x infrasture commucation), které by zajistily absolutní přednost průměrné křižovatce vozidlům IZS

Do této částky je třeba započítat:

- *Provedení programových úprav v SSZ* *min. 70 000*
- *RSU – HW a SW* *250 000*
- *Fyzická instalace zařízení na místě* *min 30 000*
- *Případné připojení na Back Office (není započtena cena B.O.pouze úpravy)*
 - *30 000*
- *OBU – HW a SW* *200 – 250 tis*

(Ing. Štefan)

Odhad zkrácení doby průjezdu křižovatkou vozidla IZS při využití systému zajištění absolutní preference.

Záleží na konkrétních podmínkách, vzhledem k faktu, že vozidlo IZS nestojí s ostatními vozidly jako například MHD, ale stále jede, dá se předpokládat pouze zrychlení tohoto pohybu, i samotného průjezdu křižovatkou (řidič vozidla s právem přednosti v jízdě nemusí tolik kontrolovat ostatní směry, má-li volno). Stejně tak při odbočení vozidla s právem přednosti jízdy toto může být jednodušší. V situaci SSZ s více řadícími pruhy v omezením prostoru by zkrácení doby průjezdu SSZ mohlo být kolem 10- 20 sekund. V případech širokých křižovatek s minimem řadících pruhů odhaduji 5- 10 sekund. (Ing. Kňákal)

Záleží na místních podmínkách. V případě křižovatky Heršpická – Jihlavská (Brno) ve směru na Bohunic, kdy vozidla před SSZ mají jen velmi malé možnosti pro uvolnění cesty, se projeví uvolnění celého směru v dostatečném předstihu a záchranné vozidlo nemusí objíždět kolonu. Dopravní experti ze společnosti Bkom odhadují tuto dobu na 10-15 sekund, opět v dopravní špičce. (Ing. Štefan)

Legislativa-je možné, aby dle legislativy tento systém absolutní přednosti na křižovatce fungoval? Pokud ano, jaké zákony jsou pro správnou korektnost systému nejdůležitější?

Činnost systému je regulována řadou normativů (ETSI – normy) a doporučení, týkajících se architektury systému, měření komunikativnosti (% odbavených požadavků), pravidel pro tvorbu nových use cases. (Ing. Štefan)

Podmínky pro přesné fungování tohoto systému obsahuje zákon č. 361/2000 Sb, ve znění pozdějších předpis, ve kterém je právo přednosti v jízdě přesně definováno. (Ing. Kott)

Popřípadě bylo by vhodné přidat/zrušit/upravit nějaký zákon pro lepší implementaci či fungování systému?

Nemyslím si, že by aktuálně bylo potřeba. (Ing. Kňákal)

Něco je v TP 182 – rok 2006, ale staré, obecné. (Ing. Švorc)

Je důležité zavést systém absolutní přednosti vozidel IZS na všechny křižovatky? Nebyly by větší škody, pokud by systém byl jen na největších křižovatkách a řidiči IZS museli reagovat rozdílně na každé křižovatce?

Je vhodnější mít jednotný systém, nicméně řidič vozidla IZS se musí vždy plně věnovat dopravní situaci a mít na kontrolou. Zvýšené riziko mimořádných událostí v postupném zavádění bych neviděl, spíše bude omezený potenciál zkrácení dojezdových dob. (Ing. Kňákal)

*Je **nutné** pamatovat, že KAŽDÁ preference jde proti algoritmům optimalizace dopravy (ve smyslu zvýšení propustnosti vozidel). Dopravní experti ve společnosti Bkom (Ing. Pernica) na základě provedených zkoušek odhadují, že při dopravní špičce se po prioritním průjezdu záchranného vozidla křižovatkou vybavenou tímto zařízením vrací situace do normálu až 15 minut. (Ing. Štefan)*

Důležité je vytypovat silně zatížené křižovatky. Řidiči vozidel IZS dokážou vyhodnotit co dovolí provoz v následujícím úseku jízdy. Ne všichni ostatní účastníci silničního provozu jsou na tento způsob řízení dopravy v některých autoškolách ještě připravováni. (Ing. Veselý)

Na zavedení jednotného systému nelze nahlížet paušálně. Vhodné je např. použití na hlavních tazích s křižovatkami vybavenými SSZ, které směřují k nemocnicím. V jiných případech se jeví vhodnější způsob dálkového přepínání SSZ již výše uvedeným způsobem vybavení radičů a definovaných vozidel příslušným ovládacím zařízením. (Ing. Kott)

Existují zákony, které nařizují zavádění komunikačních jednotek novým automobilům?

Evropský předpis vydání EHK na nějakého roku, jednotky pro komunikaci s infrastrukturou, má golf. (Ing. Švorc)

Bylo by vhodné, aby dle zákona byly všechny vozidla dovybaveny komunikační jednotkou?

Obávám se, že by systém mohl být zahlcen množstvím signálů a požadavků na komunikaci. Komunikace RVU – RSU je podobná Ethernetu – používá náhodný přístup - a některé požadavky by nemusely být při velkém provozu odbaveny – ale to píší k dnešnímu stavu techniky.

Pro preferenci pomocí infrastruktury to není potřebné, zasahovat do již homologovaných vozidel z tohoto pohledu nepovažuji za vhodné. (Ing. Kňákal)

Je nějaké nařízení, norma např: na EU, kolik chytrých křižovatek s preferencí musíme zavést?

Nevím, nejsem si jistý. (Ing. Švorc)

Je nějakým způsobem zajištěn případ, pokud na jednu křižovatku dorazí více vozidel IZS, které vyžadují přednost či vozidlo MHD?

SSZ může zahrnovat více preferenčních schémat, která mohou mít přiřazenou prioritu. Navíc z dohledové ústředny lze nastavit jejich preferenci. (Ing. Kňákal)

V dnešní době jsou při souběhu více událostí tyto události odbavovány metodou FIFO. RSU při detekci zájmového vozidla posílá na radič SSZ požadavek pro ukončení aktuálního signálního plánu (nebo fázového přechodu) a navolení prioritní fáze v určitém směru, kdy tento směr má zelenou a všechny ostatní červenou. Už při této volbě vznikají nežádoucí stavy, protože není respektována tabulka mezičasů. A ukončit předčasně (v následném příjezdu vozidla s vyšší prioritou) tuto již nastartovanou prioritní fázi a nastartovat jinou, to už by byl neřízený chaos. (Ing. Štefan)

Návrat do normálu trvá cca 2 cykly, při častých preferencích může dojít k zablokování celé oblasti. (Ing. Švorc)

Myslíte si, že řidiči dokážou včas reagovat na přijíždějící vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením?

Návyky se řidiči stále učí a zdokonalují se. Nelze však vyloučit, že se vždy najde někdo, kdo buď z neznalosti, obavy, příp. i úmyslného zneužití záchranné uličky ztíží plynulý průjezd

vozidla IZS. V každém případě však musí být řidiči vozidel IZS ve střehu, plně soustředění a předvídat nepředvídané reakce některých řidičů. Podstatnými problematickými účastníky silničního provozu nejsou jen řidiči motorových a nemotorových vozidel, ale i chodci. Např. jízda na koloběžkách, sluchátka na uších, děti o prázdninách... (Ing. Veselý)

Reakce řidiče na přijíždějící vozidlo IZS se zapnutým výstražným zařízením může být ovlivněna různými faktory. Zde je uveden výčet některých. Mentalita řidiče, rozptýlení pozornosti při telefonování i s hands free za jízdy, které je již v některých zemích také zakázáno, umět správně vyhodnocovat podněty z pohledů do zpětného zrcátka, chybné reakce náhlého tvrdého zabrzdění na nevhodném místě, umět včas a vhodným a zřetelným způsobem informovat blížícího se řidiče vozidla IZS, uhnout, dát znamení. Část řidičů nemá vžitě znalosti, neumějí se chovat v silničním provozu, zmatkují, nevěnují se řízení (viz telefonování, hlasitý poslech hudby, sluchátka na uších při řízení...). Policie v převážné většině případů nemůže v případě jízdy se zapnutým výstražným zařízením řešit na místě přestupky. Prioritu má včasný zásah. (Ing. Kott)

Pokud by řidiči byli informováni dostatečně dopředu, pomocí upozorňovací zprávy do aplikace na mobilní telefon, či přímo na palubní počítač vozidla, zlepšila by se reakce řidičů?

Pouze v případě, že budou mít ve vozidle aktivní mobil s handsfree nebo infotainment, potom ano. (Ing. Veselý)

Tato myšlenka může bezpečně fungovat pouze s autonomním řízením. Musí fungovat ne v závislosti na vůli řidiče, ale aby dostalo signál vozidlo a samo na něj reagovalo. (Ing. Kott)

Pokud by řidiči vozidel IZS měli zajištěnou zelenou na semaforu ve směru jízdy, a ostatní směry by měly červenou, zlepšila by se bezpečnost a doba průjezdu křižovatky? Kvitovali by tento systém řidiči?

Hodně záleží také na hustotě provozu v oblasti na trase. Musí být zajištěna dokonalá koordinace v preferovaném tahu včetně v dostatečném předstihu i na následujících nejbližších křižovatkách se SSZ. Koordinaci nesmí narušit mezi křižovatkové nesignalizované křižovatky. (Ing. Veselý)

Ano, jednoznačně. Je to nejbezpečnější, plynulé, nejefektivnější a osvědčené zajištění bezpečného průjezdu vozidla křižovatkou. Technické vybavení řidičů SSZ a vybavení vyspecifikovaných vozidel IZS je již známé. Tato preference by měla sloužit pouze pro vozidla

IZS vybavená červeno – modrými majáky. Pilotní projekt na firmy SWARKO se zkouší v Praze 4 na křižovatce ulic Opatovská – Chilská, v blízkosti střediska záchranné služby. (Ing. Kott)

Pokud někdo brání v průjezdu vozidla IZS (např: nevytvoří záchranou uličku) jaký mu hrozí postih?

Je současný postih dostačující? Nebylo by vhodné odebrání řidičského oprávnění na určitou dobu, či povinné kurzy v autoškole?

Pokud se jedná o úmyslný přestupek, jako např. zneužití projetí záchranářské uličky, řeší se přestupek obecně buď pokutou do 2 000,-Kč na místě nebo správním postihem (kde může být vyšší sankce). Jiné skutky (uvedené v první otázce, jako příklady chybné reakce řidičů, se jako závažné porušení pravidel silničního provozu těžko dokazují. Jsou to skutky, které nejsou tak rozšířené, proto rozšíření stávajících sankcí je nadbytečné.

Při zavádění povinnosti a způsobu vytvoření záchrané uličky pro vozidla IZS s právem přednosti v jízdě proběhla v rámci BESIP v médiích informační kampaň. V osnovách autoškol by toto téma mělo být samozřejmě vyučováno. V informačních médiích by bylo vhodné m.j. na toto téma kampaň opakovat. (Ing. Kott)

Rozhoduje opravdu každá vteřina příjezdu IZS k dopravní nehodě?

Určitě ano, ale ne absolutně pro všechna vozidla IZS. Ve většině případů je potřeba prvotní zásah u dopravních nehod hasičů. Jedná se o vyproštění zraněných osob, umožnění přístupu ev. příjezdu lékařské první pomoci do obtížně přístupných míst nehody, uhašení požáru pro možný přístup k ohroženým a zraněným osobám, ...Ne vždy mohou lékaři záchranáři i policisté ke zraněným nebo na místo nehody dříve, než hasiči provedou v předešlé větě nezbytné úkony. Již cestou k nehodě zhodnotí záchranáři výzvu, o co se jedná v místě požadovaného zásahu. M.j. záleží i na dispečerském stanovišti, jakou trasou vozidlo rychlé záchranné služby navádí.

Zdravotní záchranná služba dokáže kvalitně zjistit stav pacienta, zajistit první pomoc, nahlásit stav na dispečink záchranné služby a z jeho pokynů následný nejrychlejší možný převoz pacienta do určené nejbližší nemocnice. (Ing. Veselý)

Je pravda, že záchranáři mají omezenou rychlost k mimořádné události dle typu závažnosti?

Pro vozidla záchranné zdravotní služby platilo dříve v Praze nařízení o omezení nepřekročit rychlost v obci o 20 km/h a na dálnici o 30 km/h nad stanovený limit. Dnes již toto nařízení o omezení maximální rychlosti neplatí. To znamená, že při použití výstražného zařízení žádná omezení rychlosti neplatí, až na dvě výjimky. Pokud se převáží malé dítě, které nelze připoutat na lůžku v sanitce, je povolena max. rychlost 40 km/h. Druhým případem, kdy se při převozu pacienta nepoužije světelné nebo i zvukové výstražné znamení je situace, kdy je např. pacient psychicky nemocný a je potřeba ho převést např. do psychiatrické léčebny tak, aby o tom nevěděl z důvodu utrpění většího stresu. (Ing. Veselý)

Používají při každém výjezdu záchranáři světelné výstražné zařízení?

Světelné výstražné znamení musí použít záchranáři vždy pokud jedou k pacientovi, k zásahu a když vezou pacienta do nemocnice. Zvukové výstražné znamení použijí podle hustoty provozu. Při návratu na základnu nebo pokud jedou i bez pacienta nesmí světelné ani zvukové výstražné zařízení záchranáři použít. (Ing. Veselý)

Pokud ano. Nebylo by vhodnější, aby záchranáři k případům, kde není nikdo ohrožen na životě, ani by pozdější příjezd nezpůsobil zhoršení zdravotního stavu, jezdili bez výstražných zařízení?

(Horší plynulost dopravy, více zmatků na silnici, v budoucnu problémy s automatickými systémy chytré přednosti, které se aktivují pouze pomocí světelného výstražného zařízení.)

V případě, že vozidlo IZS nepoužije zvláštní světelné a zvukové výstražné znamení, neměl by se automaticky aktivovat systém chytré přednosti, pak se takové vozidlo chová v silničním provozu jako každé jiné vozidlo s povinnostmi danými zákonem o provozu vozidel na pozemních komunikacích (navíc pro vozidla zdravotní záchranné služby platí výše uvedená pravidla).

Nejvyšší povolenou rychlost v obci, mimo obec, na dálnici nebo rychlost stanovenou místní nebo přechodnou úpravou provozu na pozemních komunikacích neplatí pro vozidla IZS jen v případě, je-li to nezbytně nutné k plnění stanovených úkolů.

Řidič vozidla, který při plnění úkolů souvisejících s výkonem zvláštních povinností užívá zvláštního výstražného světla modré barvy, příp. doplněného o zvláštní zvukové výstražné znamení, tj. vozidlo s právem přednosti v jízdě, není povinen dodržovat vyjmenované § ze zákona č. 361/2000 Sb., je však povinen dbát potřebné opatrnosti, aby neohrozil bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

Vozidlo s právem přednosti jízdy tak nemusí se zvláštním výstražným světlem modré barvy vždy současně užívat zvláštní zvukové výstražné znamení. Oprávnění nerespektovat výslovně uvedená ustanovení zákona nezbavují řidiče povinnost neohrozit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. O použití výstražného světelného znamení modré nebo červené barvy, doplněného o zvukové výstražné znamení rozhoduje řidič ostatních vozidel IZS podle hustoty provozu a závažnosti stanoveného úkolu, ale pouze vždy se souhlasem operačního střediska. Použití zvláštního výstražného zvukového znamení je vždy povinen zaznamenat do záznamu o jízdě vozidla. (Ing. Veselý)