

Kooperativní systémy pro složky Integrovaného záchranného systému

Bc. Zdeněk Maňásek

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Zdeněk Maňásek
Osobní číslo:	A23382
Studijní program:	N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management
Specializace:	Bezpečnostní management
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Kooperativní systémy pro složky Integrovaného záchranného systému
Téma práce anglicky:	Cooperative Systems for Integrated Rescue System Bodies

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši kooperativních systémů používaných v oblasti IZS.
2. Popište technologie kooperativních systémů a proveďte jejich srovnání dle nabízených variant na trhu.
3. Analyzujte současné nasazení kooperativních technologií v ČR formou dotazníkového šetření, vyhodnotte získaná data.
4. Seznamte se s vybranou technologií kooperativních systémů v reálném provozu, vyzkoušejte její silná a slabá místa.
5. Na základě předchozího bodu navrhnete optimalizaci této vybrané technologie pro složky IZS.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MENG, Lu. Cooperative Intelligent Transport Systems: Towards High-Level Automated Driving. Institution of Engineering and Technology (The IET), 2019. ISBN 978-1-83953-012-8
2. CROLLA, David; FOSTER, David E.; KOBAYASHI, Toshio a VAUGHAN, Nicholas. Encyclopedia of Automotive Engineering. Online. John Wiley, 2014. ISBN 9780470974025. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118354179>
3. HANUŠKA, Zdeněk; ADAMEC, Vilém; ŠENOVSKÝ, Michail a BREJZOVÁ, Iva. Integrovaný záchranný systém. 2. vydání. SPBI Spektrum. Červená řada. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2022. ISBN 978-80-7385-262-7
4. YARALI, Abdulrahman. Intelligent Connectivity: AI, IoT, and 5G [online]. Hoboken, NJ, USA : Wiley: John Wiley, 2022 [cit. 2022-11-22]. ISBN 9781119685180. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/book/10.1002/9781119685265>
5. AMINI, M. Hadi a Miadreza SHAFIE-KHAH. Cyberphysical smart cities infrastructures: optimal operation and intelligent decision making. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022, 1 online resource. ISBN 1119748321. Dostupné také z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9>
6. SVÍTEK, Miroslav a Michal POSTRÁNECKÝ. Města budoucnosti. Praha: NADATUR, spol., 2018. ISBN 978-80-7270-058-5

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Navrátil, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce: **29. listopadu 2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. května 2025**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 29. listopadu 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval; v případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne 18. 3. 2025

Bc. Zdeněk Maňásek, v.r.
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá technologií kooperativních systémů v dopravě s využitím zejména pro složky integrovaného záchranného systému. Formou rešerše jsou popsány jednotlivé části kooperativních systémů a jejich význam. Práce se zaměřuje primárně na složky integrovaného záchranného systému, přestože okruh využitelnosti technologie by mohl být aplikován na všechny účastníky dopravního provozu. Jsou zde uvedeny i normy a standardy, které jsou požadované pro výrobu, implementaci a provoz uvedených systémů. V práci je popsána i samotná platforma technologie včetně hardwarové a komunikační stránky. Pro analýzu o povědomí mezi dotčenými subjekty byla využita data z dotazníkového šetření. V práci jsou popsána specifika nasazení technologií v reálném provozu. V práci bylo provedeno posouzení uvedené technologie a vypracován návrh na optimalizaci využitelnosti pro Integrovaný záchranný systém na pozemních komunikacích.

Klíčová slova: Kooperativní systémy, Integrovaný záchranný systém, Telemetrie

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the technology of cooperative systems in transport, especially for the integrated rescue system. The individual parts of cooperative systems and their importance are described in the form of a research. The thesis focuses primarily on the components of the integrated rescue system, although the range of applicability of the technology could be applied to all participants in traffic. The norms and standards required for the production, implementation and operation of these systems are also presented. The technology platform itself is also described, including hardware and communication aspects. Data from a questionnaire survey was used to analyse the awareness among the stakeholders. The specifics of the deployment of the technology in real operation are described in the thesis. An assessment of the technology has been made and a proposal for optimizing the usability for the Integrated Road Rescue System has been developed.

Keywords: Cooperative systems, Integrated rescue system, Telemetry

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Milanu Navrátilovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady, připomínky a čas, který mi během zpracování mé diplomové práce věnoval.

Děkuji také mé manželce, dětem a nejbližší rodině, která mě po celou dobu psaní této práce podporovala a vytvářela podmínky, abych byl schopen tuto práci napsat.

Poděkování patří taktéž společnostem Yunex Traffic a Intens, díky kterým jsem se mohl seznámit s technologií C-ITS. Nemalé díky patří i HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště, který mi poskytl cenná data.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I TEORETICKÁ ČÁST	14
1 KOOPERATIVNÍ INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY.....	15
1.1 CHARAKTERISTIKA.....	15
1.1.1 Platforma C-Roads	16
1.1.2 Komunikace V2X.....	17
1.1.3 Komunikace mezi vozidly.....	18
1.1.4 Komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou	19
1.1.5 Komunikace mezi vozidlem a Internetem.....	20
1.1.6 Komunikace vozidla s člověkem nebo chodcem	20
1.1.7 Architektura systému	20
1.2 PŮSOBNOST C-ITS V ČESKÉ REPUBLICE	23
1.2.1 Ministerstvo dopravy	23
1.2.2 Ředitelství silnic a dálnic	25
1.2.3 Centrum dopravního výzkumu.....	26
1.3 EVROPSKÁ ÚROVEŇ C-ITS.....	27
2 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM	29
2.1 ZÁKLADNÍ SLOŽKY	30
2.1.1 Hasičský záchranný sbor České republiky.....	30
2.1.2 Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany	30
2.1.3 Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby	31
2.1.4 Policie České republiky.....	31
2.2 OSTATNÍ SLOŽKY	32
3 ÚČASTNÍCI DOPRAVNÍHO PROVOZU VZHELEDEM K C-ITS.....	33
3.1 MĚSTSKÁ HROMADNÁ DOPRAVA.....	34
3.2 OSOBNÍ DOPRAVA	34
3.3 OSTATNÍ DOPRAVA.....	35
3.4 CHODCI, CYKLISTÉ	36
4 NORMY A STANDARDY C-ITS.....	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
5 TELEMETRIE	41
5.1 OCIT.....	41
5.2 KOMUNIKACE C-ITS	42
5.2.1 ITS-5G.....	42
5.2.2 LTE	43
5.2.3 Bluetooth.....	43
5.2.4 Wi-Fi	44

5.2.5	UWB.....	44
5.2.6	NB-IoT	45
5.2.7	GNSS.....	46
5.3	ZPRÁVY.....	46
5.3.1	CAM.....	46
5.3.2	DENM	47
5.3.3	IVIM.....	47
5.3.4	SPATEM	48
5.3.5	MAPEM	49
5.3.6	SREM, SSEM.....	49
5.3.7	CPM.....	50
5.4	USE CASE	51
5.4.1	Varování před nebezpečnou lokalitou	51
5.4.2	Varování před pracemi na silnici.....	53
5.4.3	Přenos dopravních symbolů a textových zpráv	54
5.4.4	Služby spojené s IZS	54
5.4.5	Sběr dopravních dat.....	55
5.4.6	Varování před prudkým bržděním	56
5.4.7	Služby spojené se SSZ	56
5.5	KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY	58
5.5.1	DATEX II.....	58
5.5.2	DSRC.....	59
5.5.3	Internet Protocol Version 6	60
5.5.4	Basic Transport Protocol	61
5.6	ZABEZPEČENÍ	62
6	TECHNOLOGIE C-ITS	63
6.1	RSU	63
6.1.1	Yunex Traffix	63
6.1.2	Herman	64
6.1.3	Swarco	65
6.1.4	Cohda Wireless.....	65
6.1.5	Kapsch.....	66
6.1.6	Commsignia.....	66
6.2	OBU.....	68
6.2.1	Yunex Traffix	68
6.2.2	Herman	68
6.2.3	Intens	69
6.2.4	Cohda Wireless.....	70
6.2.5	Kapsch.....	70
6.2.6	Commsignia.....	71
6.3	BACK OFFICE	72
6.3.1	Herman	73
6.3.2	Kapsch.....	73
6.3.3	Commsignia.....	74

7	NASAZENÍ C-ITS V ČESKÉ REPUBLICE.....	75
8	TECHOLOGIE C-ITS V PRAXI	79
8.1	PILOTNÍ PROJEKT C-ITS V UHERSKÉM HRADIŠTI.....	79
8.2	POUŽITÁ TECHNOLOGIE V PILOTNÍM PROJEKTU	79
8.2.1	RSU	79
8.2.2	OBU	81
8.3	DETEKČNÍ ZÓNY A SCÉNÁŘE.....	82
8.4	VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT	87
8.5	SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY C-ITS	89
8.5.1	Silné stránky C-ITS	90
8.5.2	Slabé stránky C-ITS	90
9	NÁVRH ROZŠÍŘENÍ PRO IZS NA VYBRANÉM ÚSEKU	91
	ZÁVĚR	95
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	99
	SEZNAM OBRÁZKŮ	110
	SEZNAM TABULEK.....	112
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	113
	SEZNAM PŘÍLOH.....	116

ÚVOD

Svou diplomovou práci jsem nazval „Kooperativní systémy pro složky Integrovaného záchranného systému“, protože vnímám aktuálnost tohoto tématu, jeho využitelnost a postupný rozmach na pozemních komunikacích v následujících letech. S rostoucí hustotou dopravy je prioritizace složek Integrovaného záchranného systému stále více vyžadována, aby byly dopravní toky propustnější a dojezdové časy jednotlivých složek se ideálně zkracovaly.

Popisované odvětví se zatím stále vyvíjí a rozšiřuje. Proto chci ve své práci ukázat využitelnost a potenciál těchto systémů ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy na pozemních komunikacích. Ať se na první pohled jeví upotřebení preference jen pro záchranné složky, tak postupná implementace do ostatních dopravních prostředků by měla uživatelům zlepšit vnímání okolí a zefektivnit jejich reakce na dopravní situace. Popisuji technologii kooperativních systémů v dopravě, díky které mohou účastníci dopravního provozu komunikovat mezi sebou navzájem a současně i s dostupnou dopravní infrastrukturou.

Snažím se ukázat trend v dopravě, kterým směrem se dnes řízení dopravy ubírá. Ve své práci jsem se zaměřil na preferenci v řízení dopravy, jelikož pracuji v Uherském Hradišti v daném sektoru a chtěl bych využít svých znalostí a zkušeností, které bych rád zúročil v tomto akademickém dokumentu.

Celá práce zohledňuje jak teoretickou charakteristiku, tak i praktické využití v reálném provozu. Přesto, že se zaměřuji na složky Integrovaného záchranného systému, tak uvedu i ostatní účastníky dopravního provozu, kteří se mohou s technologií setkat a využít ji. Zaměřuji se i na normy a standardy, které jsou požadovány ve fázích výroby, implementace a v následném provozu tak, aby technologie měla jednotný rámec napříč všemi dodavateli a uživateli. Nedílnou součástí je i popis jednotlivých periferií systému, potřebné telemetrie a zabezpečení přenášejících dat. Pomocí dotazníkového šetření jsem provedl průzkum povědomí a využitelnosti technologie u jednotlivých základních složek Integrovaného záchranného systému na úrovni krajů, včetně vyhodnocení získaných dat. Pro seznámení s technologií v reálném provozu jsem využil osobního zainteresování do pilotního nasazení technologie C-ITS v Uherském Hradišti.

Výstupem této diplomové práce je posouzení zkoumané technologie, návrh možné implementace a optimalizace pro složky Integrovaného záchranného systému.

I. TEORETICKÁ ČÁST

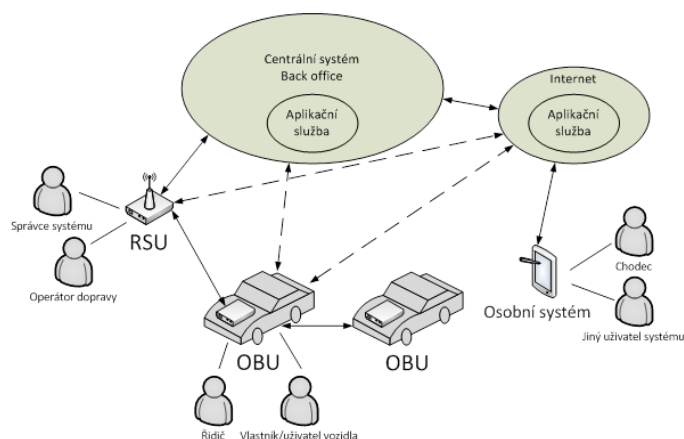
1 KOOPERATIVNÍ INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY

Řízení dopravy a upřednostňování složek IZS (Integrovaný Záchranný Systém) již dnes funguje. Většina účastníků dopravního provozu se snaží preferenci IZS akceptovat, s ohledem na zajištění volného průjezdu v maximální možné míře. Kooperativní systémy jsou jakousi další úrovní o informovanosti účastníků dopravního provozu v okolí jejich dopravního prostředku.

1.1 Charakteristika

Princip C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) spočívá na obousměrné komunikaci mezi všemi dopravními prostředky a dopravní infrastrukturou, díky které je zvyšována bezpečnost a plynulost dopravy na pozemních komunikacích. Nejčastější komunikace je mezi vozidly vzájemně nebo mezi vozidlem a dopravní infrastrukturou. Využívání technologie by mělo mít i pozitivní vliv na životní prostředí. [1]

C-ITS jsou součástí odvětví dopravní telematiky, jejichž cílem je poskytování dopravních informací. „Kooperativní systémy jsou podmnožinou systémů ITS (Intelligent Transport Systems), které komunikují a sdílejí informace mezi stanicemi ITS kvůli vzájemné podpoře a usnadnění procesů za účelem zvýšení bezpečnosti, udržitelnosti, účinnosti a zjednodušení nad rámec jednotlivých samostatných systémů.“ Aby mohla komunikace mezi jednotlivými prvky fungovat, musí být ve vozidle nebo na dopravní infrastruktuře instalována komunikační jednotka. Do vozidla se instaluje palubní jednotka OBU (On-Board Unit) a na dopravní infrastrukturu je instalována RSU (Road Side Unit) jednotka. Blokové schéma (Obrázek 1) uvádí vzájemnou komunikaci C-ITS. [2]



Obrázek 1 Blokové schéma C-ITS

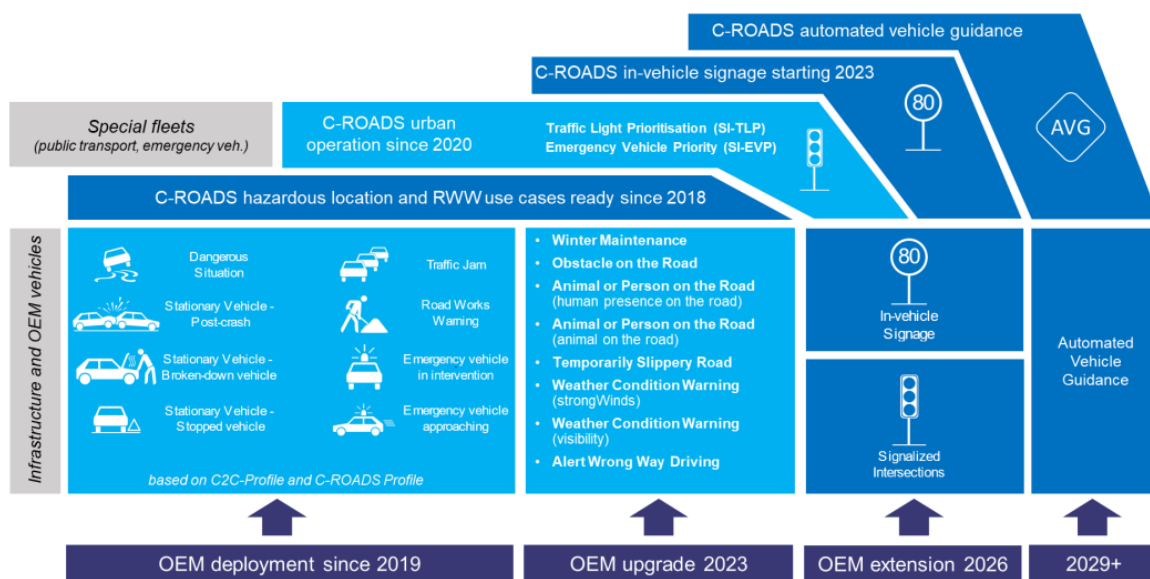
(zdroj: [2])

Distribuované zprávy obsahují informace týkající se dopravních zácp, nebezpečných míst, prací na silnici, pomalých či stojících vozidlech nebo blížícím se vozidlem záchranného systému. Důležitou podmínkou pro poskytování informací a služeb C-ITS je, že informace přenášena přímo do vozidel musí být zobrazována tak, aby nedocházelo k rozptylování uživatele. [3]

Jde o to, aby bylo docíleno bezpečné a inteligentní mobility. Detekování rizik, dříve než by se stala hrozbou, a informování předem než je řidič uvidí, umožňuje předvídanou a bezpečnou jízdu. Dopravní centra dostanou přesné a komplexní informace o dopravní situaci, která se aktuálně děje. Na základě těchto informací lze řídit dopravu a dopravní toky detailněji, efektivněji a rychleji. Cílem je větší bezpečnost na silnicích, méně nehod, redukce dopravních zácp a v neposlední řadě snížení CO₂ (Oxid Uhličitý). [4]

1.1.1 Platforma C-Roads

Platforma C-Roads byla založena v roce 2016. Tato platforma sdružuje evropské státy, úřady a provozovatele silnic v celé Evropě. Jejím cílem je harmonizovat postupy v oblastech při zavádění C-ITS v jednotlivých zemích a současně zohlednit doporučení ze strany evropské platformy C-ITS. C-Roads je uzpůsobena pro propojení všech C-ITS v rámci EU (Evropská Unie) s ohledem na přeshraniční aspekty. Současně provádí i křížové testování mezi různými pilotními projekty. [3]



Obrázek 2 Časová osa implementace C-Roads

(zdroj: [5])

Časová osa implementace C-Roads (Obrázek 2) uvádí, jaké případy již systémy využívají, a které jsou podporované dopravní infrastrukturou. Zároveň osa znázorňuje časový harmonogram pro budoucí rozšiřování použití.

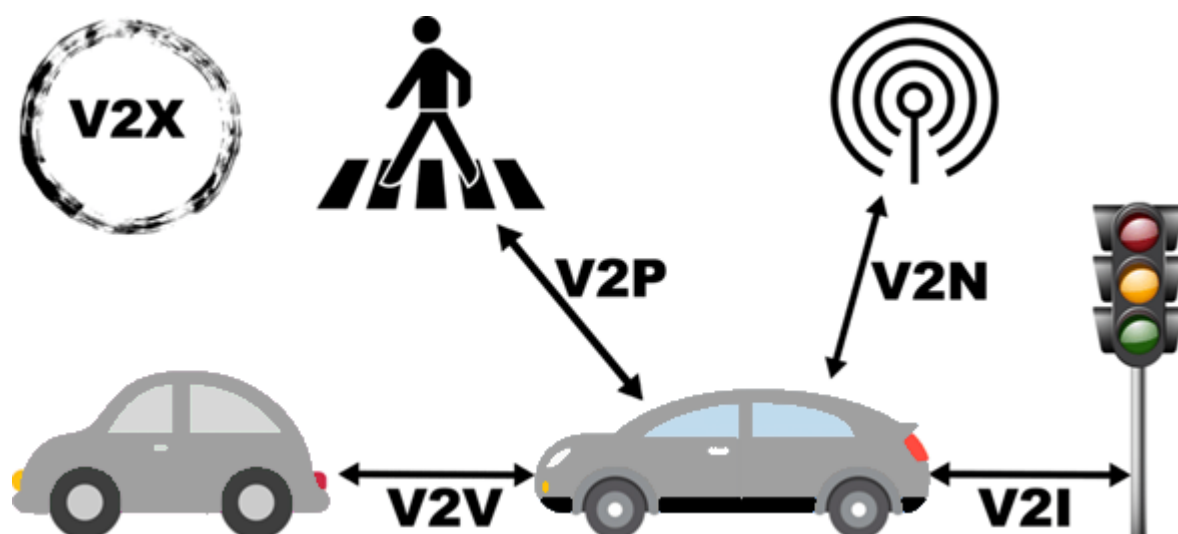
Klíčové aspekty C-Roads:

- **Cíl** – Hlavním cílem C-Roads je vytvořit harmonizovanou a interoperabilní platformu pro vzájemnou komunikaci vozidel a infrastruktury, což umožňuje sdílení informací v reálném čase. To přispívá k vyšší bezpečnosti na silnicích, zlepšení plynulosti dopravy a snížení ekologického zatížení. Prostředí C-ITS je vytvořené pro celou Evropu. [6]
- **Standardizace** – Iniciativa C-Roads se primárně zaměřuje na vytváření standardizovaných protokolů a specifikací, které zajišťují interoperabilitu různých systémů a zařízení. To umožňuje různým výrobcům a poskytovatelům služeb spolupracovat a integrovat své technologie pro úspěšnou implementaci C-ITS. [7]
- **Spolupráce** – C-Roads zahrnuje širokou škálu partnerů, včetně vládních orgánů, automobilového průmyslu, technologických firem a výzkumných institucí, které spolupracují na vývoji a implementaci systémů C-ITS. Projekty C-Roads probíhají v několika evropských zemích, což umožňuje testování a validaci technologií v různých podmínkách. [6]
- **Projekty a testování** – V rámci C-Roads probíhá několik projektů po celé Evropě, které se zaměřují na testování a ověřování aplikací C-ITS. Tyto projekty zahrnují například systém varování před nebezpečím, optimalizaci dopravy a další inovativní aplikace. [7]
- **Budoucnost dopravy** – C-Roads hraje klíčovou roli v transformaci evropské mobility, přičemž podporuje přechod k inteligentní, propojené a udržitelné dopravě. Očekává se, že s rostoucím počtem propojených vozidel a infrastruktur bude C-Roads zásadní pro rozvoj chytrých měst a autonomního řízení. [7]

1.1.2 Komunikace V2X

Komunikace V2X (Vehicle To Everything) je bezdrátový propoj (Obrázek 3) mezi vozidlem a jakoukoliv jinou entitou, která je součástí dopravní infrastruktury nebo účastníkem

dopravního provozu. Vozidlo tak může komunikovat s jiným vozidlem, cyklistou, chodcem, dopravní infrastrukturou, dalším dopravním zařízením nebo sítí. [8]



Obrázek 3 Typy propojení komunikace V2X

(zdroj: upraveno z [9])

1.1.3 Komunikace mezi vozidly

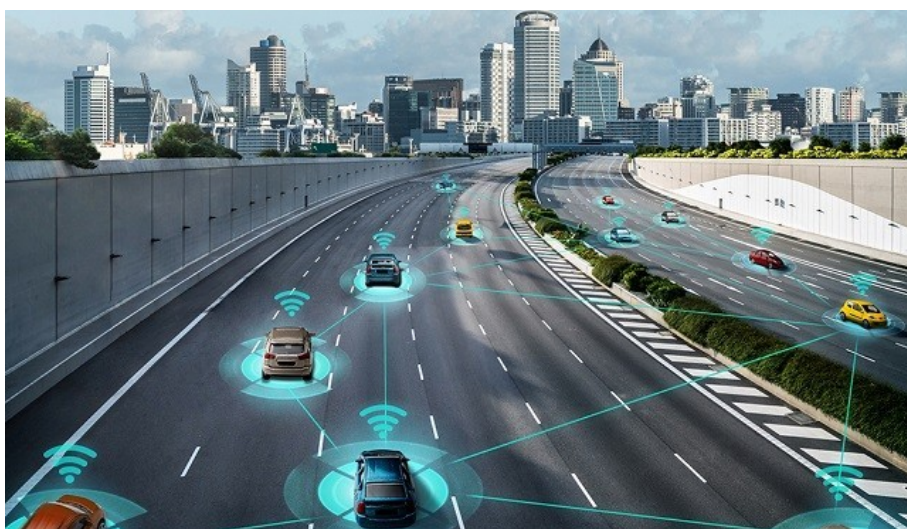
„Komunikace typu V2V (Vehicle To Vehicle) slouží k předávání informací přímo mezi jednotlivými vozidly. Každé vozidlo je zároveň vysílač i přijímač a kdykoliv, když přijme relevantní zprávu ji ihned rozešle všem vozidlům v dosahu. K hlavním aplikacím V2V kooperativních systémů patří upozornění na dopravní kolony, na pomalu jedoucí vozidla (např. vozidla údržby) nebo stojící vozidla (např. vozidla stojící kvůli technické závadě) a dále upozornění na přibližující se vozidlo IZS jedoucí k zásahu.“ [10]

Cílem této komunikace je zvýšit bezpečnost na silnicích, optimalizovat dopravu a zlepšit celkovou efektivitu vozidel. Tato technologie má potenciál významně změnit způsob, jakým vozidla komunikují a jakým způsobem se pohybují v dopravním prostoru. [11]

Klíčové aspekty V2V komunikace:

- **Bezpečnost** – V2V technologie umožňuje vozidlům sdílet informace o své poloze, rychlosti a směru pohybu. To pomáhá předcházet nehodám, například tím, že vozidlo varuje řidiče o blížící se kolizi nebo o nebezpečných situacích na silnici. [11]

- **Optimalizace dopravy** – V2V komunikace může také přispět k lepšímu řízení dopravního toku. Vozidla mohou sdílet informace o dopravních zácpách, nehodách a dalších událostech, což umožňuje jiným vozidlům lépe plánovat svou trasu. [11]
- **Technologie a standardy** – V2V komunikace se spoléhá na technologie jako jsou DSRC (Dedicated Short Range Communications) nebo C-V2X (Cellular Vehicle To Everything). Tyto technologie umožňují rychlou a spolehlivou komunikaci mezi vozidly. [11]
- **Integrace s dalšími systémy** – V2V komunikace může být integrována s dalšími systémy, jako je V2I (Vehicle To Infrastructure), což umožňuje interakci vozidel s dopravními signály a infrastrukturou. [11]
- **Budoucnost** – S rozvojem autonomního řízení a chytrých měst se očekává, že V2V komunikace bude hrát klíčovou roli v budoucnosti dopravy, přičemž přispěje k bezpečnějším a efektivnějším silnicím. [11]



Obrázek 4 Výměna dat mezi vozidly pomocí V2V komunikace

(zdroj: [12])

1.1.4 Komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou

Komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou neboli V2I je nejčastěji využívána pro informování řidičů o dopravních situacích, pracích na vozovce nebo o nepříznivých povětrnostních vlivech. Může se taktéž jednat o informacích o dopravním značení nebo ze světelných signalizačních zařízení. [10]

Samotné vozidlo může být považováno za inteligentní senzor, který poskytuje a odesílá data s aktuálními informacemi o dopravních situacích. Naopak infrastruktura může odesílat řídicí data a následně i ovládat vozidlo, čímž se z něj stává akční člen. [13]

1.1.5 Komunikace mezi vozidlem a Internetem

Komunikace V2N (Vehicle To Network) zprostředkovává přímý přenos dat mezi vozidly a Internetem. V2N je založen na hotspotech a mobilních technologiích. Hlavním cílem tohoto typu komunikace je usnadnění přístupu k Internetu. Nejnovější mobilní technologií, kterou lze pro účely V2N využít, je 5G. Díky vyšší rychlosti, kterou poskytuje tato generace technologického standardu pro širokopásmové mobilní systémy, lze usnadnit přístup k Internetu. [14]

1.1.6 Komunikace vozidla s člověkem nebo chodcem

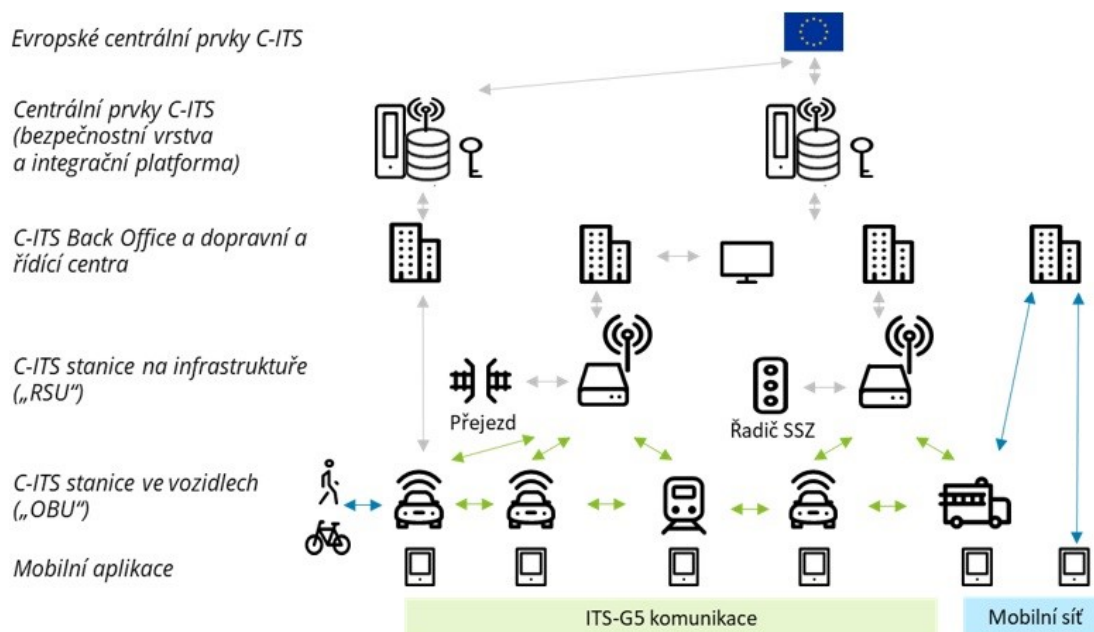
Typ komunikace V2H (Vehicle To Human) nebo V2P (Vehicle To Pedestrian) umožňuje výměnu informací a dat mezi vozidly a lidmi nebo chodci. Systémy V2P shromažďují a analyzují data o chování chodců a vozidel v reálném čase. Tato data lze využít k optimalizaci provozních strategií a zlepšení celkové bezpečnosti. Díky lepší interakci s vozidly se zvyšuje komfort a bezpečnost chodců. [14]

1.1.7 Architektura systému

Architektura celého systému se skládá s jednotlivých vrstev, které jsou hierarchicky postavené a provázané mezi sebou. Kompletní systém je složen z následujících komponent:

- „centrální prvky C-ITS,
- *centrální C-ITS stanice a dopravní a řídicí centra,*
- *C-ITS stanice,*
- *mobilní aplikace,*
- *komunikační síť.“* [15]

Na následujícím obrázku (obrázek 5) je hierarchicky znázorněna architektura kooperativních inteligentních transportních systémů.



Obrázek 5 Architektura C-ITS

(zdroj: [15])

Centrální prvky C-ITS jsou na nejvyšší úrovni celého systému. Jedná se o evropské a centrální prvky jednotlivých států. Jsou složeny z:

- Bezpečnostní vrstva – „je centrálním prvkem C-ITS, který umožňuje zabezpečenou (důvěryhodnou a spolehlivou) komunikaci v rámci C-ITS. Bezpečnostní vrstvu tvoří kořenová certifikační autorita a její podřízené prvky – registrační autorita a autorizační autorita. Kořenová certifikační autorita garantuje důvěryhodnost bezpečnostní vrstvy a k ní napojeným C-ITS systémům, zajišťuje management certifikátů. Prostřednictvím registrační autority probíhá registrace C-ITS systému Napojeného subjektu. Autorizační autorita zprostředkovává C-ITS systémům napojeným k Centrálním prvkům C-ITS potřebné autorizační certifikáty v průběhu provozu.“ [16]
- Integrační platforma – se stará o datové propojení mezi stanicemi. Zaručuje přenos zpráv a distribuci na všech úrovních systému [15]. „Komunikace mezi prvky je nastavena jednotně definovaným protokolem, při kterém je zachován specifický formát C-ITS zpráv. Mezi každým C-ITS Back Office a Integrační platformou je vytvořen tzv. interface kontrakt (nejedná se o právní formu dohody), kde je popsáno rozhraní, mapované hodnoty, řešení chybových stavů, sekvence volání, časování, počáteční a koncové podmínky a případné další věci důležité pro správnou komunikaci.“ [17]

Centrální C-ITS stanice je taktéž nazývána C-ITS Back Office. V této části systému se generují dopravní události, které se transformují na zprávy a odesílají přes infrastrukturu do všech dostupných jednotek. Směr zpráv může být i opačný od koncových jednotek směrem k Back Office. [15]

C-ITS stanice jsou koncové jednotky, které přijímají či vytvářejí a odesílají zprávy. Tyto zařízení se dělí dle umístění na:

- **RSU (Road Side Unit)** – tato komunikační jednotka je klíčové zařízení v rámci C-ITS. Instaluje se podél silnic na infrastrukturu světelných signalizačních zařízení. RSU funguje jako komunikační uzel, jehož hlavním úkolem je komunikace s vozidly a dalšími dopravními prvky prostřednictvím bezdrátových technologií. Může například přenášet informace o aktuální dopravní situaci, stavech semaforů, počasí, uzavírkách nebo varování před nebezpečím na cestě. [18]
- **OBU (On-Board Unit)** – jednotka instalovaná ve vozidle, díky které je možné předávání zpráv mezi ostatními OBU jednotkami nebo jinými koncovými jednotkami RSU, případně přímo s Back Office. OBU jednotka zpracovává data ze systémů vozidla (rychlost, poloha) a rozesílá je na ostatní stanice. Současně sbírá data zvenčí a zobrazuje je na displej, čímž informuje řidiče o aktuálním dění na silnici. V současné době je vizualizace dat na externím zařízení. Vize automobilového průmyslu je taková, že by se informace zobrazovaly přímo na displeji implementovaných ve vozidlech. [18]
- **RVU (Road Vehicle Unit)** – je jiným typem koncové jednotky, který slouží zejména pro vozidla či techniku údržby správce komunikací. I RVU dokáže komunikovat s jinými stanicemi (RSU, OBU, RVU) a Back Office. Odesílané zprávy nesou informace o stavu vozovek, pracích na silnicích, monitorování provozu a jiných situacích v provozu na pozemních komunikacích. [18]

Mobilní aplikace je další úrovní, jak přijímat C-ITS zprávy, aniž by byla aplikace součástí C-ITS stanice. Komunikace probíhá výhradně přes mobilní síť, jelikož nelze využít standard ITS-5G (ITS Operating In The 5 GHz Frequency Band) operující v pásmu 5 GHz pro generování a příjem C-ITS zpráv. „*Mobilní aplikace mohou být napojené na centrální prvky C-ITS, NDIC a dopravní a řídicí centra.*“ [15]

1.2 Působnost C-ITS v České republice

Zavádění kooperativních systémů v České republice vychází z evropského projektu C-Roads. Hlavním cílem je zvýšení bezpečnosti a zefektivnění plynulosti silničního provozu díky komunikaci mezi vozidly a infrastrukturou.

C-ITS pro Českou republiku zastřešuje MD (Ministerstvo Dopravy). Další zainteresované strany do uvedené problematiky jsou ŘSD (Ředitelství Silnic a Dálnic) a CDV (Centrum Dopravního Výzkumu).

1.2.1 Ministerstvo dopravy

Pod hlavičkou Ministerstva dopravy vyšly dva strategické dokumenty, které nesou vize a cíle použitých technologií pro zvýšení bezpečnosti v dopravě.

První dokument je „*Dopravní politika České republiky pro období 2021 – 2027 s výhledem do roku 2050*“. V tomto dokumentu je C-ITS několikrát zmíněno v souvislosti z bezpečností v dopravě. Je zde uvedeno, že systémy přímo nezasahují do řízení vozidla, ale reakce závisí na rozhodnutí řidiče, díky včasnému informování o situaci kolem něj. Varovné zprávy, které jsou distribuovány přes OBU jednotku, mohou řidiči pomoci v rozhodování ještě před tím, než se vizuálně se samotnou situací setká. Řidič tak může zavčas vyhodnotit rizika a reagovat s předstihem na nečekané situace i za nepříznivého počasí. Dokument uvádí opatření implementovat technologie jako prevence proti nehodám. [19]

Dokument taktéž uvádí i několik strategických cílů, kdy jedním z nich je i edukace samotného lidského jedince. „*Veřejnost má být informována a vzdělávána o přínosech využití a správném použití systémů ITS a C-ITS v reálném životě. Informování a vzdělávání veřejnosti ale musí být zajišťováno takovým způsobem, aby očekávání občanů od těchto nových, a zvláště průlomových, technologií bylo realistické a občané si byli vědomi nejen předností, ale i určitých rizik spojených s těmito technologiemi, které se neustále vyvíjejí.*“ [19]

Dopravní politika uvádí přínosy inteligentních dopravních systémů:

- **Energetická udržitelnost** – Při použití inteligentních systémů by měl být provoz vozidel plynulejší, bez prudkých brždění a následných potřeb zrychlení, což má pozitivní vliv na snižování spotřeby pohonných hmot a jiných alternativních energií pro provoz vozidel. [19]

- **Optimalizace využití druhů dopravy** – Pokud koncový uživatel obdrží potřebný dostatek dat, může s nimi pracovat a vyhodnocovat. Následně se rozhodne, jaký dopravní prostředek je pro něj nejvýhodnější a adekvátní v závislosti dle aktuálních situací na trase. [19]
- **Specifický přístup podle typů území/regionů** – Rozdílné využití systémů bude ve velkých městech, kde se musí vybudovat robustní infrastruktura pro automobilový provoz a městskou hromadnou dopravu. Naopak ve venkovských oblastech se použítá technologie bude koncipovat dle specifických potřeb v daném území. [19]

V jiném dokumentu s názvem „*Strategie rozvoje inteligentních dopravních systémů 2021 - 2027 s výhledem do roku 2050*“ jsou uvedena různá opatření a cíle jak implementovat inteligentní dopravní systémy do provozu. Dokument popisuje, že je důležité propojení Správců a vlastníků dopravní infrastruktury s veřejnou správou, projekčními kanceláři, stavebními společnostmi, výrobci technologií a s výrobcí automobilů. Tato kooperace povede k postupnému rozšiřování technologií přímo v terénu a nezůstane jen jako vize na papíru. [20]

Jednou z hlavních myšlenek strategie je zabezpečení nechráněných účastníků dopravního provozu. „*Na požadavky zranitelných účastníků silničního provozu je třeba nahlížet i v kontextu ochrany nechráněných účastníků silničního provozu a také v souvislosti s přístupností staveb a vnějšího prostředí, což je pro zachování mobility bez bariér v neznámém prostředí (přístupném veřejnosti) nepostradatelné. V porovnání s ostatními účastníky silničního provozu jsou v případě nehod tyto účastníci velmi zranitelní. Na základě požadavků jednotlivých uživatelů se různé potřeby zranitelných účastníků pro usnadnění pohybu osob se ztíženou pohyblivostí (osoby na vozíku, senioři, osoby s kočárky), se ztíženou orientací (slabozrací a nevidomí, osoby s postižením sluchu). Jakékoli informace, které mají být dostupné těmto uživatelům, musí být poskytovány tak, aby je mohli přijímat v plném rozsahu.*“ [20]

Strategický dokument uvádí trendy, které jsou důležité z pohledu inteligentních dopravních systémů:

- **Bezpečnost** – Doprava musí být zajištěna bezpečně, což zahrnuje prevenci dopravních nehod a kolizních situací, které lze předvídat. Údržbu dopravní infrastruktury v takovém stavu, aby nedocházelo k poškození vozidel během

jízdy. Dále je třeba navrhnout a implementovat dopravní systém tak, aby byl odolný vůči mimořádným událostem a katastrofám, čímž se zabezpečuje dlouhodobá priorita bezpečnosti dopravy, což zahrnuje i ochranu účastníků provozu před trestnou činností, včetně hrozeb v kyberprostoru. [20]

- **Odolnost** – Systém musí být koncipován tak, aby fungoval i v krizových situacích a při jiných mimořádných událostech. Případně v době výpadku musí být zabezpečeno, že řízení dopravy a informování bude řešeno adekvátním procesem. [20]
- **Udržitelná mobilita** – Udržitelná mobilita se zaměřuje na vytváření dopravních systémů, které splňují potřeby současnosti, aniž by ohrožovaly schopnost budoucích generací uspokojit své vlastní potřeby. Tento koncept zahrnuje širokou škálu přístupů a řešení, která mají za cíl minimalizovat negativní dopady dopravy na životní prostředí, zdraví a kvalitu života. [20]
- **Jednotný evropský dopravní prostor** – Společným evropským cílem je nastavení technických předpisů a pravidel vedoucí ke zkvalitňování dopravy ve všech členských státech EU. Vše by mělo korespondovat s nastavenými normami díky harmonizovaným systémům u jakéhokoliv dopravního prostředku. [20]

1.2.2 Ředitelství silnic a dálnic

ŘSD se přímo podílí na implementaci prvků C-ITS na dálniční a silniční dopravní síti. Současně se skrze ŘSD lze registrovat k centrálním prvkům, jelikož je pověřen provozovat centrální prvky C-ITS pro ČR (Česká Republika). [17]

S budováním systémů začalo ŘSD již v roce 2018 na vybraných úsecích dálniční sítě. Aktuální stav C-ITS na dálnicích v ČR je vidět na mapě (obrázek 6). [21]

Seznam úseků na dálnicích s technologií C-ITS:

- dálnice D1 179 - 210 km,
- dálnice D5 6 - 93 km,
- dálnice D11 0 - 90 km. [21]



Obrázek 6 Stávající rozsah a plánovaný rozvoj C-ITS na silniční a dálniční síti v ČR

(zdroj: [21])

V rámci transevropské dopravní sítě je cílem rozšířit pokrytí na úsecích:

- dálnice D0 58 - 63 km,
- dálnice D1 ve čtyřech úsecích: 0 - 10 km, 21 - 179 km, 210 - 272 km a 282 - 376 km,
- dálnice D2 0–61 km,
- dálnice D5 93–144 km,
- dálnice D8 0–92 km,
- dálnice D10 0–71 km,
- dálnice D11 90–113 km. [22]

1.2.3 Centrum dopravního výzkumu

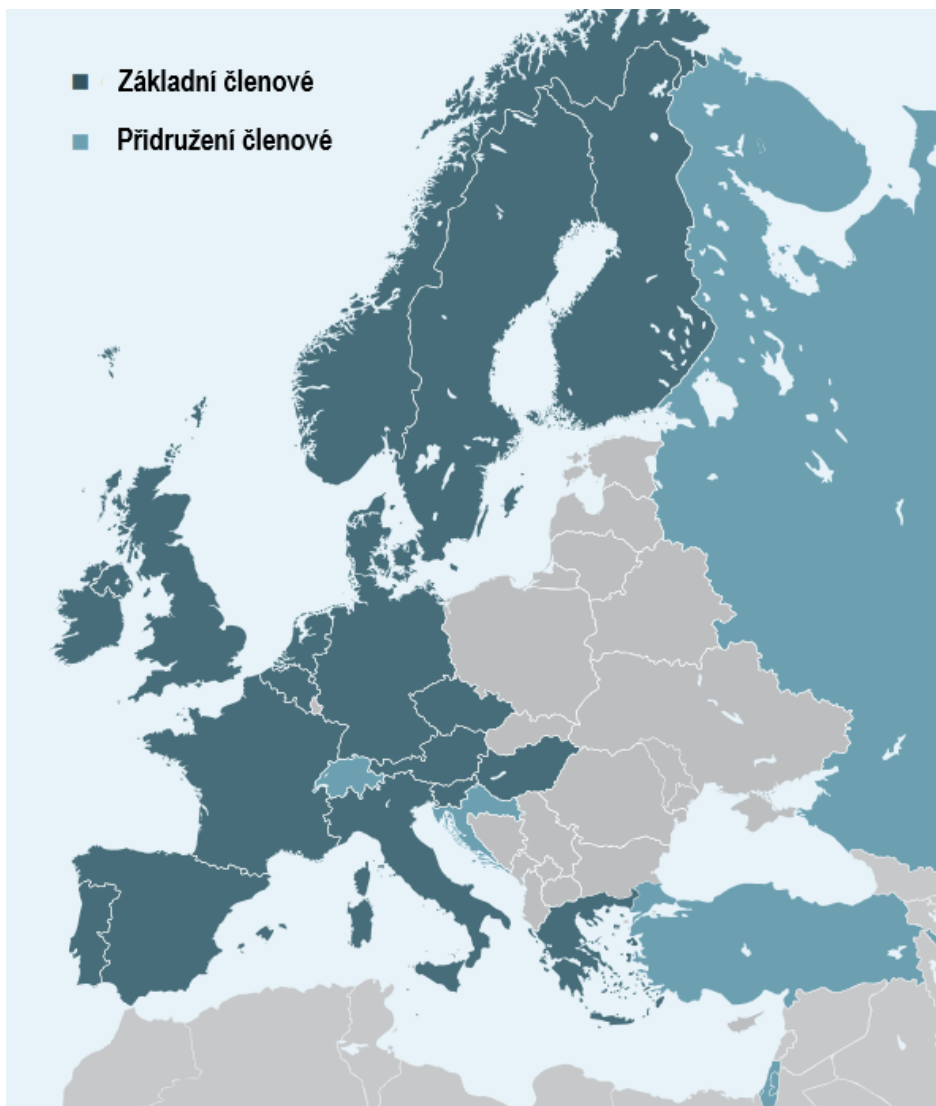
Pracovníci v CDV působí v oblasti vývoje ITS, kdy pozorují aktuální trendy oboru dopravní telematiky a snaží se je předávat odborné veřejnosti skrze semináře a konference. „*Hlavním cílem telematiky je zvyšování kvality a komfortu dopravy, zajištění mobility, zvyšování bezpečnosti v dopravě, zlepšení služeb a informovanosti cestujících, podílení se na snižování důsledků negativních dopadů dopravy na životní prostředí, zvláště v dopravě silniční a v neposlední řadě zvýšení hospodárnosti a efektivnosti dopravních procesů.*“ [23]

1.3 Evropská úroveň C-ITS

Myšlenka harmonizovaného přístupu k platformě C-Roads vznikla na základě poznatků získaných v rámci všech předchozích iniciativ. Na technické úrovni však projekty a iniciativy týkající se evropských koridorů neučinily poslední krok ke koordinovanému celoevropskému přístupu, který však byl nezbytný k zajištění toho, aby všechny národní snahy rostly společně a v harmonizaci. K zajištění této přeshraniční harmonizace C-ITS byla v roce 2016 realizována platforma C-Roads. Její zřetelné oddělení mezi platformou a pilotními aktivitami nyní poskytuje flexibilitu národním aktivitám v oblasti zavádění systémů a zároveň zajišťuje, aby všechny zapadaly do celoevropské perspektivy. [24]

Proto Evropská komise dne 30. listopadu 2016 přijala Evropskou strategii pro C-ITS, milníkovou iniciativu směrem ke kooperativní, propojené a automatizované mobilitě. Cílem strategie C-ITS je usnadnit sbližování investic a regulačních rámců v celé EU, aby bylo možné od roku 2019 zavést vyspělé služby C-ITS. To zahrnovalo přijetí odpovídajícího právního rámce na úrovni EU do roku 2018, který zajistil právní jistotu pro veřejné a soukromé investory, dostupnost finančních prostředků EU pro projekty, pokračování procesu platformy C-ITS a také mezinárodní spolupráci s dalšími hlavními regiony světa, o všech aspektech souvisejících s kooperativními, propojenými a automatizovanými vozidly. [25]

Všichni členové C-Roads jsou rozděleni do dvou skupin. Hlavní členové aktivně spolupracují v rámci projektu „*The Connecting Europe Facility*“. Jejich cílem je dosáhnout interoperabilní a bezproblémové přeshraniční služby C-ITS pro evropské cestující, a to propojením pilotních projektů nasazení C-ITS v členských státech EU. Spolupráce zahrnuje společný vývoj, sdílení a zveřejňování společných technických specifikací a ověřování jejich interoperability prostřednictvím testování na různých místech. Na základě harmonizovaných komunikačních profilů provádějí systémové testy, které dle ETSI (European Telecommunications Standards Institute) zahrnují dvě hlavní technologie ITS-G5 a mobilní sítě, přičemž každá z nich může být použita jako samostatná nebo kombinovaná v hybridním komunikačním mixu. Přidružení členové jsou naopak zástupci států, kteří sice spolupracují na platformě C-Roads a pilotních projektech C-ITS, ale nemají hlasovací právo. Mají nicméně komplexní přístup ke shromážděným poznatkům a uznávají obecné zásady platformy C-Roads. Tím se zavazují k dodržování specifikací C-Roads při vlastním pilotních projektech C-ITS. Následující mapová vizualizace (obrázek 7) ukazuje rozdělení členů platformy C-Roads. [24]



Obrázek 7 Rozdělení členů platformy C-Roads

(zdroj: upraveno z [24])

Důležitým prvkem platformy na úrovni EU je i strategie zabezpečení. Tato strategie uvádí, že bude komise C-ITS spolupracovat se všemi příslušnými zúčastněnými stranami v oblasti C-ITS na řízení vývoje společné bezpečnostní a certifikační politiky a dalších doprovodných dokumentů potřebných pro zavedení a provoz C-ITS v Evropě. Na základě toho se komise rozhodla realizovat pilotní projekt společné celoevropské kyberbezpečnostní infrastruktury a procesů, které jsou nezbytné pro bezpečnou a důvěryhodnou komunikaci mezi vozidly a infrastrukturou při sdílení zpráv souvisejících s bezpečností na silnicích a řízením dopravy, v souladu s vydanými pokyny pro certifikaci a bezpečnostní politiku. [25]

2 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM

Integrovaný záchranný systém představuje koordinovaný postup složek a orgánů, jejichž hlavním úkolem je zajišťovat bezpečnost obyvatelstva a poskytovat účinnou pomoc v případě mimořádných událostí, krizových stavů nebo katastrof. Tento systém zahrnuje základní složky, jako jsou hasiči, policie, zdravotnická záchranná služba a ostatní složky, které společně řeší záchranné a likvidační práce. [26]

IZS vychází ze zákona „Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému

a o změně některých zákonů“. Zákon stanovuje jejich působnost, pravomoci a vzájemnou spolupráci v krizových situacích. Definuje rovněž práva a povinnosti jednotlivců i organizací při přípravě na mimořádné události, záchranně a ochraně obyvatelstva během krizových stavů, jako jsou stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu a válečný stav. [26]

„K provádění záchranných a likvidačních prací je třeba mít:

- *síly a prostředky, kterými se rozumí zdroje lidských sil, pracovních nástrojů, technického vybavení apod.,*
- *kompetence, kterými se rozumí oprávnění k provádění různých činností k realizaci záchranných a likvidačních prací daná zákony, kterými se řídí jednotlivé složky IZS nebo dané zákonem o IZS.“ [27]*

Jakékoliv záchranné a likvidační práce jsou vždy řešeny na třech úrovních řízení:

- **Taktická** – Velitel zásahu na místě události koordinuje činnost složek IZS a vyhláší stupeň poplachu. Má právo omezit přístup osob, nařídí evakuaci, vyžádat si doklady totožnosti, přikázat odstranění překážek a vyzvat k osobní nebo věcné pomoci. Může také zřídit štáb složený z vedoucích složek IZS a dalších spolupracujících subjektů. K efektivnímu řízení zásahu rozděluje místo na sektory a úseky a určuje jejich velitele, kteří mají na starosti přidělování prostředků a úkolů. [28]
- **Operační** – Tato úroveň řízení je řešena přes OPIS (Operační a Informační Středisko). Stěžejní činnosti této úrovně řízení spadají na OPIS Hasičského záchranného sboru. V případě požadavku ze strany velitele zásahu, může OPIS povolat zástupce ostatních složek IZS. OPIS je současně i zřizovatelem a provozovatelem linek tísňového volání. [28]

- **Strategická** – Do koordinačních činností je vtažen starosta obce s rozšířenou působností, hejtman a ministerstvo vnitra. Pro efektivní průběh zásahů se řídí havarijními plány kraje a vnějšími havarijními plány. Zapojení dalších sil a zdrojů dle poplachového plánu IZS může zahrnovat i zahraniční pomoc, pokud je událost označena jako nejvyšší stupeň poplachu. [28]

2.1 Základní složky

Mezi základní složky IZS se řadí Hasičský záchranný sbor České republiky, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie České republiky. [26]

2.1.1 Hasičský záchranný sbor České republiky

HZS ČR (Hasičský Záchraný Sbor České Republiky) „*je jednotný bezpečnostní sbor, jehož základním úkolem je chránit životy a zdraví obyvatel, životní prostředí, zvířata a majetek před požáry a jinými mimořádnými událostmi*“) a *krizovými situacemi*“. HZS ČR stanovuje „*Zákon č. 320/2015 Sb. Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru)*“. [29]

Jeho primárním úkolem je plnit a organizovat:

- úkoly požární ochrany,
- chránit obyvatelstvo,
- podílet se na civilním nouzové plánování,
- úkoly IZS, krizového řízení,
- a dalších úkolů. [28]

2.1.2 Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany

Jednotky požární ochrany se řídí zákonem „*Zákon č. 133/1985 Sb. Zákon České národní rady o požární ochraně*“. Tento zákon udává jak chránit život a zdraví občanů, poskytnout pomoc při mimořádných událostech a živelných pohromách. [30]

Jakákoliv činnost při plnění událostí plynoucí z povinností při zásahu se rozumí jako výkon občanské povinnosti. [27]

2.1.3 Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby

Zřízení a působnost ZZS (Zdravotnická Záchraná Služba) je stanoveno zákonem „*Zákon č. 374/2011 Sb. Zákon o zdravotnické záchranné službě*“ [31]. ZZS poskytuje primárně přednemocniční neodkladnou péči na vyžádání [28].

Činnosti ZZS:

- nepřetržité přijímání tísňových hovorů na číslo 155 a výzev z dalších složek IZS,
- vyhodnocení naléhavosti a rozhodnutí o řešení dle zdravotního stavu pacienta, včetně řízení výjezdových skupin,
- organizace a koordinace péče na místě události, spolupráce s velitelem zásahu IZS,
- spolupráce s nemocnicemi poskytujícími akutní péči,
- poskytování instrukcí pro první pomoc do příjezdu výjezdové skupiny,
- vyšetření a poskytování neodkladné péče k záchraně života přímo na místě události,
- nepřetržité monitorování pacienta během přepravy k poskytovateli akutní péče,
- letecká přeprava pacienta, pokud hrozí nebezpečí z prodlení,
- letecká přeprava tkání a orgánů k transplantaci při ohrožení času,
- třídění zraněných osob při hromadných nehodách nebo krizích dle urgentní medicíny. [31]

2.1.4 Policie České republiky

PČR (Policie České Republiky) je „*jednotný ozbrojený bezpečnostní sbor*“, který vyháží ze zákona „*Zákon č. 273/2008 Sb. Zákon o Policii České republiky*“ [32].

Jejich úkolem je:

- „*chránit bezpečnost osob a majetku a veřejný pořádek,*
- *předcházet trestné činnosti,*
- *plnit úkoly podle trestního řádu a další úkoly na úseku vnitřního pořádku a bezpečnosti svěřené jí zákony*“. [32]

PČR se účastní během mimořádných událostí a krizových stavů na činnostech záchranných a likvidačních prací:

- pokud mají vybavení a výcvik,
- v případě záchrany života, zdraví nebo majetku,
- s pověřením policejního prezidenta. [28]

2.2 Ostatní složky

Pokud se základní složky IZS dostanou do stavu, kdy už nebudou schopny pracovat pomocí svých sil a své techniky a poskytovat adekvátní pomoc, vyžádají se prostředky a zvláštní síly v rámci konkrétních složek ze seznamu ostatních s ohledem na danou situaci. [27]

V seznamu ostatních složek IZS se nacházejí:

- „vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil,
- ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory,
- ostatní záchranné sbory,
- orgány ochrany veřejného zdraví,
- havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby,
- zařízení civilní ochrany,
- neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím.“ [26]

„Ostatní složky integrovaného záchranného systému poskytují při záchranných a likvidačních pracích plánovanou pomoc na vyžádání.“ [26]

Jelikož IZS je zřízen, aby primárně chránil život zdraví a majetek, tak je nutné, aby jeho složky byly včas u jakékoliv události, která podléhá jejich kompetenci. Většina stanic či základen je v intravilánu obcí a měst, což komplikuje výjezdy jednotlivých posádek s nutností projet ulicemi i křižovatkami, zaplněnými jinými dopravními prostředky a ostatními účastníky dopravního provozu. Z tohoto důvodu je nezbytné hledat řešení, která usnadní plynulejší průjezd těmito složkám a zároveň informují okolní účastníky dopravy o blížícím se nebo přítomném vozidle.

3 ÚČASTNÍCI DOPRAVNÍHO PROVOZU VZHELEDEM K C-ITS

Účastníci dopravního provozu, zahrnující autobusy, osobní i nákladní vozidla, technické služby, chodce a cyklisty, hrají zásadní roli v implementaci kooperativních systémů. C-ITS využívá moderní technologie pro vzájemnou komunikaci V2X s cílem zlepšit bezpečnost, efektivitu a plynulost dopravy. Spolupráce mezi různými účastníky, např. sdílení dat v reálném čase o dopravní situaci nebo o pohybu vozidel na křižovatkách, umožňuje rychlejší reakci na dopravní události a snižuje riziko nehod. V kontextu městské dopravy to přináší výhody, jako je prioritizace vozidel MHD (Městská Hromadná Doprava) nebo plynulejší provoz, což významně přispívá k udržitelnější a bezpečnější mobilitě ve městech.

V rámci průzkumu trhu jsem oslovil vybrané automobilky působící v ČR a položil jsem jim dotazy týkající se jednotek OBU. Mezi oslovené patřily Škoda Auto a.s., Hyundai Motor Manufacturing Czech s.r.o., Toyota Motor Manufacturing Czech Republic s.r.o., Iveco Czech Republic, a. s. a TATRA TRUCKS a.s.

Seznam otázek:

1. Podporuje váš koncern nastupující technologii C-ITS?
2. U jakých typů automobilů z vašeho koncernu jsou v současné době implementovány jednotky OBU?
3. Od jakého roku jste začali s implementací OBU do těchto vozidel?
4. Plánujete implementaci technologie i do jiných typů vozidel?
5. Od kterého roku nebo v jakém časovém horizontu by mělo k implementaci OBU do dalších vozidel dojít?

Z oslovených výrobců vozidel se mi nazpět ozvali pouze ze Škody Auto a.s. a Hyundai Motor Manufacturing Czech s.r.o. Pro jakoukoliv možnost získání informací ze Škody Auto jsem se musel zaregistrovat a projít procesem schválení pro následné konzultace s možností získání interních dat. Zástupce této automobilky nakonec neprojevil zájem na konzultacích v daném okruhu otázek na technologii C-ITS. Druhá oslovená automobilka Hyundai Motor mi rovnou informace prověřila a sdělila, že výrobní závod v ČR zatím tyto technologie neimplementuje. Jelikož nemají přístup do vývojových center v mateřské společnosti, tak nedokáží přesnější informace předat. Na základě výše uvedeného jsem vyhledal potřebné podklady pro svou práci a využil volně dostupné informace týkající se jednotek OBU v osobních vozidlech.

3.1 Městská hromadná doprava

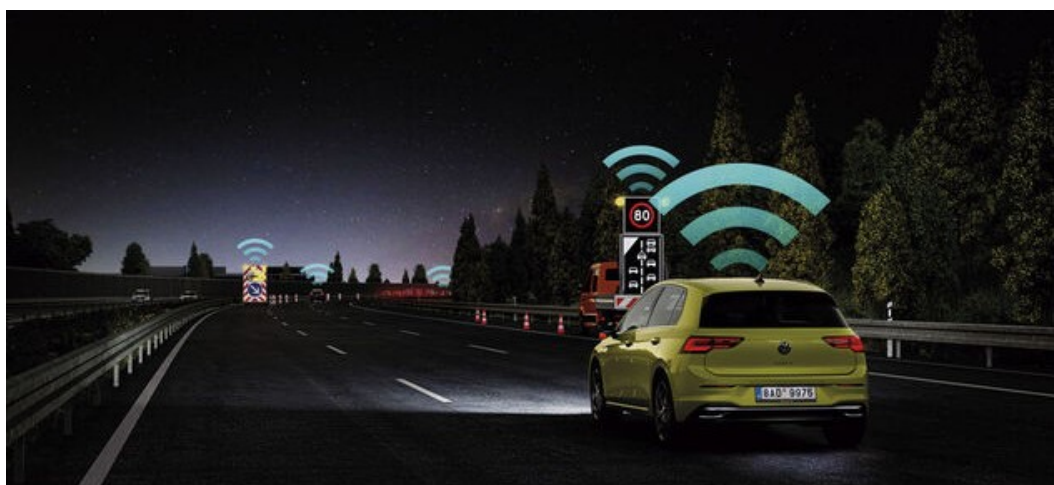
MHD má jeden z podstatných podílů na intenzitě dopravy ve městech. Vzhledem k tomu, že se jedná o občanskou obslužnost a primární trasy vedou skrze řízené křižovatky, nabízí se v dnešní době, kdy počet dopravních prostředků neustále roste, také možnost jejich vzájemné kooperace.

C-ITS zlepšují veřejnou dopravu tím, že využívají data v reálném čase ke koordinaci provozu a zvyšují bezpečnost, efektivitu a dopad na životní prostředí. Ve městech se C-ITS integrují se semaforey, autobusy a tramvaji, upřednostňují veřejnou dopravu, aby se snížily dopravní zácpy a zpoždění, a podporují přesnější předpovědi příjezdů. Technologie V2I, jako je komunikace mezi vozidly a infrastrukturou, optimalizují dopravní signály, když se autobusy blíží ke křižovatkám, čímž snižují počet zbytečných zastávek a zlepšují plynulost dopravy. Při testování bylo odhaleno, že služby C-ITS mají výhody pro veřejnou dopravu, jako je plynulejší cestování a lepší integrace s ostatními druhy dopravy. [33]

3.2 Osobní doprava

V provozu je většina vozidel, které nedisponují C-ITS technologií. Mnozí řidiči si ani neuvědomují, že existuje technologie, která by jim mohla poskytovat aktuální informace o dění v jejich okolí. S postupnou osvětou budou automobilky implementovat technologii C-ITS do svých vozidel a jejich uživatelé budou moc postupně využívat C-ITS v provozu.

Jedním z prvních průkopníků v implementaci je společnost Volkswagen, která začala nabízet technologii ve vozidlech typu Golf 8. generace již v roce 2020. [34]



Obrázek 8 Komunikační systém car-to-x společnosti Volkswagen

(zdroj: [35])

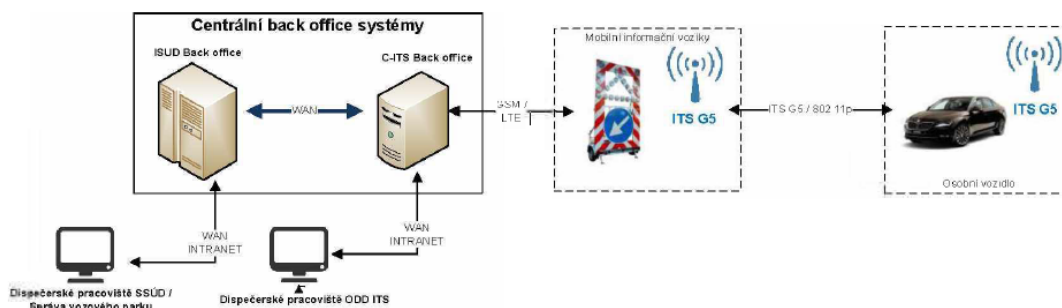
V2X je nyní standardně instalován ve všech novějších modelech Volvo, stejně jako ve Volkswagen Golfu 8 a Tiguanu 3 až do modelového roku 2024 včetně. Technologie C-ITS je také ve vozidlech Volkswagen ID.7. V2X je za příplatek k dispozici u značek Audi, BMW, Mercedes, Cupra a také v mnoha modelech Volkswagen. V2X je součástí systému Park Assist Pro ve vozidlech s takzvanou platformou MQB (Modularer Querbaukasten) Volkswagen Golf 8, Tiguan 3, Tayron a Passat B9. V závislosti na výbavovém stupni konkrétního typu vozidla je buď součástí standardní výbavy, nebo si ji lze objednat prostřednictvím volitelného komfortního balíčku. Očekává se, že ostatní výrobci automobilů budou první průkopníky následovat. [36]

Nasazení u všech nových vozidel napříč výrobci a modely by bylo obrovským přínosem zejména pro bezpečnost silničního provozu, ale i pro jeho plynulost.

3.3 Ostatní doprava

Technické služby na úrovni obce, kraje nebo ŘSD mohou využívat RVU jednotky buď na vozidlech, nebo jiné technice, kterou využívají pro správu a údržbu komunikací. Tyto jednotky budou odesílat data o svém stavu ostatním jednotkám v okolí, které se budou blížit.

Mezi první aktéry v ČR využívající RVU jednotky je ŘSD, které mimo jiné v roce 2023 podepsalo rámcovou dohodu, týkající se výpravek silnic, ve které byl požadavek, aby vozíky údržby byly vybaveny jednotkami RVU. V příloze této dohody je technická specifikace jednotek, které budou distribuovat služby C-ITS. Další uvedené požadavky jsou funkční a technické a jsou nastaveny na komunikaci v rámci C-ITS. Jednotlivé funkcionality musí být provázané i na fleetové systémy, kterými disponuje ŘSD. [37]



Obrázek 9 Základní schéma datové výměny kooperativního a fleetového systému

(Zdroj: [37])

Monitorovaná data z vozíku:

- *„ID jednotky*
- *Typ vozidla - nastaven vozík (pokud možno jaký typ)*
- *Datum a čas vzniku záznamu*
- *Geografická poloha*
- *Počet GPS satelitů*
- *Kvalita GSM signálu*
- *Aktuální rychlost z GPS*
- *Napětí akumulátoru*
- *Registrační značka vozíku*
- *Stav odklopení rampy*
- *Stav výstražných „žlutých“ světel*
- *Stav světelné šipky*
- *Stav plechové šipky*
- *Zobrazený symbol / text“ [37]*

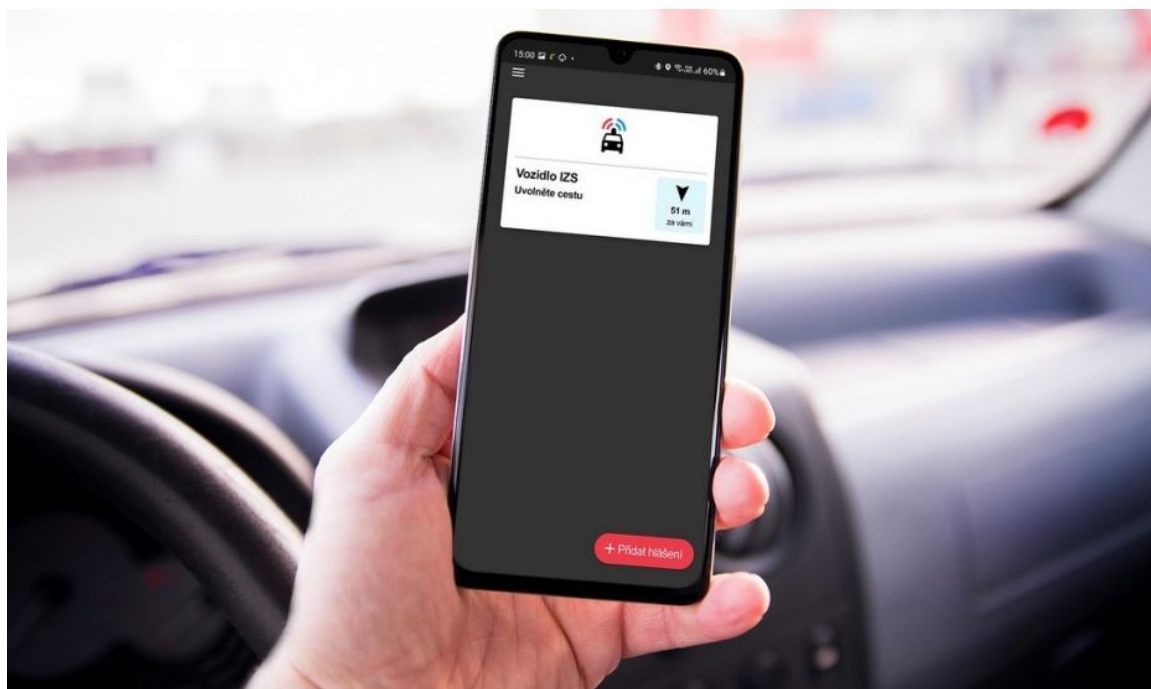
Čím více jednotek RVU bude implementováno na technice údržby a bude nasazeno přímo v provozu, tím lépe budou ostatní řidiči informováni o situacích na silnici v reálném čase, na což mohou operativněji reagovat, předcházet tím kolizním a riskantním situacím a přizpůsobovat rychlost či trasu své cesty.

3.4 Chodci, cyklisté

Cyklisté a chodci budou pomocí svých mobilních zařízení komunikovat s vozidly, dopravní infrastrukturou a dalšími chodci nebo cyklisty, prostřednictvím svých zařízení založených na internetu věcí. [14]

Snažil jsem se dohledat dostupnou aplikaci pro chodce či cyklisty. V ČR v současné době není k dispozici žádná otevřená mobilní platforma, která by plně aplikovala C-ITS služby a podporovala standardy dle C-Roads, pro uvedenou skupinu účastníků dopravního provozu.

Jediná mobilní aplikace v ČR je „C-Roads“, která prochází vývojem a pilotním testováním, ale je aktuálně uzavřena pro veřejnost [38]. Vývoj této aplikace zadala společnost O2 Czech Republic. Aplikace by měla být plnohodnotnou mobilní náhradou OBU jednotek pro chodce a cyklisty, ale budou ji moci využít i řidiči ve svých vozidlech. Uvedená aplikace bude upozorňovat na blížící se nebezpečí v podobě přijíždějících vozidel IZS, změn signálů na semaforech nebo jiných situací na silnici. Aplikace by měla zohledňovat i ostatní chodce a cyklisty, kteří ji budou disponovat aktuálně využívat. Komunikace s ostatními prvky C-ITS bude probíhat výhradně přes mobilní sítě LTE a 5G. Tím by měla být zajištěna spolehlivá a rychlá výměna informací o aktuální dopravní situaci a případných nebezpečích. Po dokončení by měla být pro účastníky dopravního provozu aplikace zcela zdarma. [39]



Obrázek 10 Mobilní aplikace C-Roads

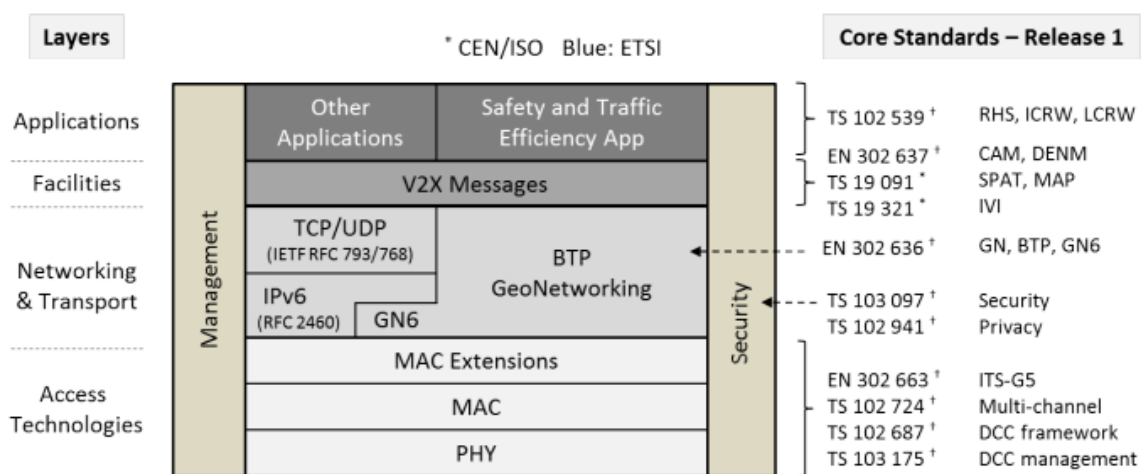
(zdroj: [40])

Pokoušel jsem se oslovit vývojový tým skrze nabízenou emailovou adresu, že bych se rád připojil k veřejnému testování, ale bez odezvy. Současně jsem se pokoušel přihlásit i do pilotního projektu „C-ITS Pilot Participant Platform“ pro testování mobilní aplikace v Irsku [41]. I přes potřebný proces registrace a kladné schválení, se mi nakonec nepodařilo aplikaci stáhnout, protože není dostupná pro ČR. Jiná dostupná evropská aplikace s názvem „Coopits“ vychází z francouzské iniciativy, která si dává za cíl informování účastníků dopravního provozu [42].

4 NORMY A STANDARDY C-ITS

Iniciativa C-Roads si zakládá na harmonizaci technologie C-ITS pro všechny členské země EU. Z tohoto titulu je nutné při vývoji a implementaci dodržet nastavené normy, standardy, speciální požadavky, Evropské specifikace podmínky provozovatele centrálních prvků C-ITS [43].

Na následujícím obrázku (Obrázek 11) jsou uvedeny základní standardy a normy pro jednotlivé vrstvy OSI (Open Systems Interconnection) podléhající C-ITS. V příloze P I jsou pak uvedeny všechny harmonizační dokumenty související se C-ITS.



Obrázek 11 Základní standardy a normy C-ITS

(zdroj: [44])

Všechny uvedené normy a standardy jsou nastaveny proto, aby byla zajištěna funkčnost a bezpečnost celého systému, potažmo bezpečnost všech účastníků dopravního provozu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části diplomové práce se budu zabývat nejen popisem technologie samotné, ale prověřím a zhodnotím její použití v praxi. Současně provedu průzkum pomocí dotazníkového šetření, zda uvedenou technologii znají a případně využívají základní složky IZS v ČR na úrovni krajů.

V rámci dotazníkového šetření a jeho vyhodnocení očekávám nízké povědomí u základních složek IZS, jelikož jde o nastupující technologii se zatím nízkou osvětou v této oblasti.

Tím, že budu součástí pilotního nasazení technologie C-ITS v Uherském Hradišti, bych se chtěl pokusit získat data od HZS ČR, který bude součástí pilotního testování. Potencionální získaná data bych rád podrobil komparaci a vyhodnocení. Můj předpoklad je, že by se dala z dat posoudit efektivita technologie C-ITS oproti jiné preferenci a jízdy bez preference skrze křižovatky řízené světelným signalizačním zařízením. Chtěl bych zjistit i další benefity pro složky IZS při použití technologie C-ITS.

5 TELEMETRIE

Telemetrie je automatizovaný proces sběru a přenosu dat. Data jsou měřena a přenášena z nepřístupných nebo vzdálených míst na centrální stanice, kde jsou data monitorována, zobrazována a zaznamenávána. Telemetrie se používá v mnoha oblastech od vědeckých výzkumů přes kosmonautiku, medicínu, monitorování průmyslových systémů až po dopravu a jiná různé odvětví, kde je potřeba pracovat s daty v reálném čase. Telemetrie zahrnuje zařízení, jako jsou senzory, přenosová média a zpracování signálů. Původně se používaly kabely, ale dnes je běžně využíváno rádiové spojení. [45]

5.1 OCIT

OCIT (Open Communication Interface For Road Traffic Control Systems) je standard zaměřený na interoperabilitu v rámci inteligentních dopravních systémů. OCIT byl vyvinut s cílem zajistit bezproblémovou komunikaci mezi technologiemi řízení silničního provozu, potažmo správy dopravy. Zahrnuje specifikace pro výměnu dat, systémovou integraci a kompatibilitu zařízení v oblasti řízení dopravní signalizace a dalších aplikací. Podporuje modulární konstrukci a standardizované protokoly nezbytné pro monitorování a řízení dopravy v reálném čase s ohledem na snadné rozšiřování systémů od různých dodavatelů. OCIT nedefinuje standardy v rámci jednotlivých komponent a jejich vlastností, jako jsou databáze, uživatelská rozhraní a prostředí. Rozhraní OCIT tak může být použito v infrastruktuře, která disponuje systémovým prostředím, vycházející z technické architektury systému OCIT. [46]

Definované oblasti:

OCIT-C – rozhraní mezi centrálními složkami a systémy,

OCIT-Outstations – rozhraní mezi centrálními zařízeními a zařízeními v terénu,

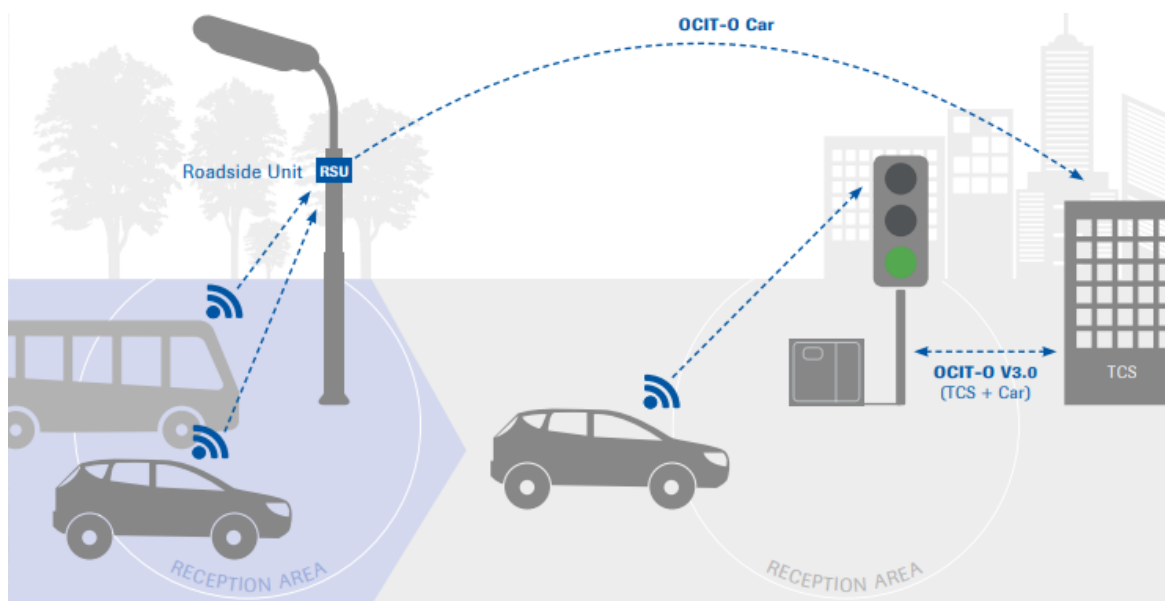
OCIT-O – definice k technologii přenosu dat,

OCIT-O Car – rozhraní mezi silniční jednotkou a řídicím centrem,

OCIT-LED – je elektrické rozhraní mezi řadičem a moduly signálních hlav. [46]

Nový prvek pro komunikaci s ostatními koncovými jednotkami C-ITS, který zavádí OCIT-O V3.0, lze provozovat nezávisle na řídicím systému. RSU lze propojit s dopravním systémem pomocí OCIT-O Car. Pro OCIT-O V3.0 jsou nabízeny klíčové funkce podporující

OCIT-O-Car. Licence pro OCIT-O i OCIT-O Car je provozovatelům nabízena zdarma a v případě OCIT-O Car také pro výrobce. [47]



Obrázek 12 Propojení OCIT-O V3.0 s RSU

(zdroj: [47])

5.2 Komunikace C-ITS

Pro vzájemnou výměnu zpráv mezi stanicemi a centrálními prvky C-ITS je definováno několik komunikačních kanálů, které musí být v souladu s harmonizačními dokumenty.

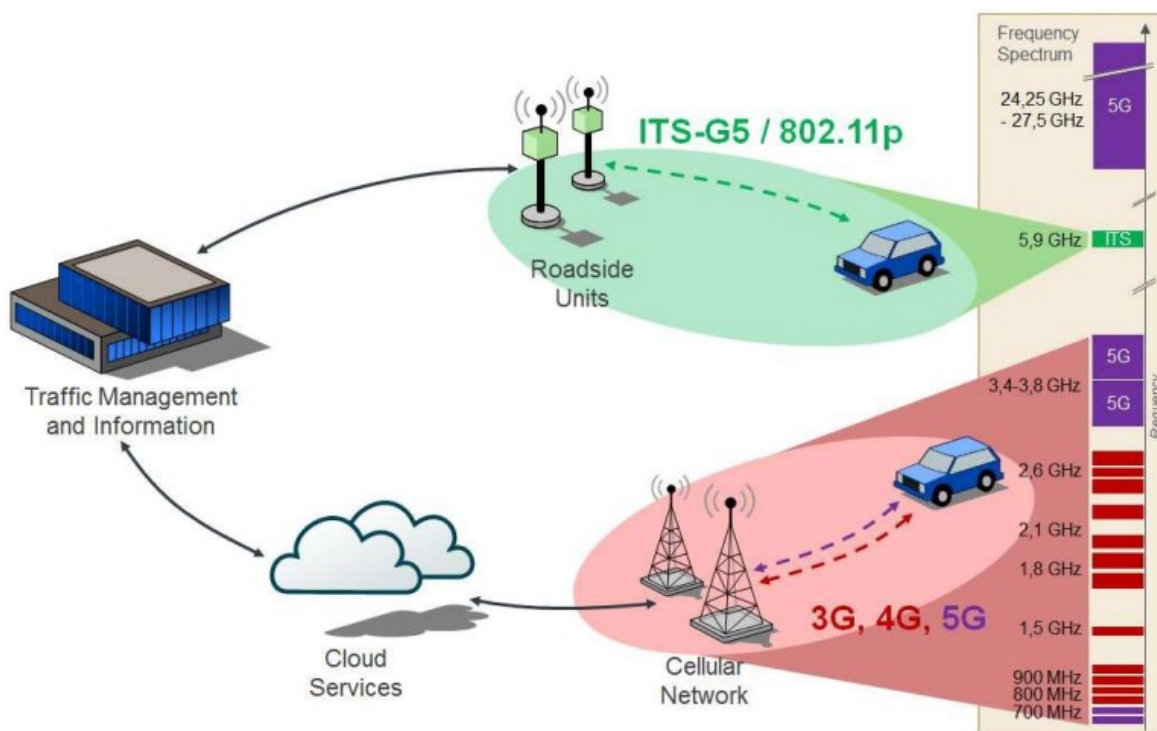
5.2.1 ITS-5G

Pro komunikaci na krátké vzdálenosti je využito technologie IEEE802.11p/ETSI ITS-G5, která je uváděna pod zkratkou ITS-5G. Pro bezpečnější evropské silnice stanovila Evropská komise v roce 2008 kmitočtové pásmo 30 MHz v rozsahu 5 875 - 5 905 MHz. Toto pásmo, které se zkráceně uvádí 5,9 GHz, je vymezeno primárně pro C-ITS aplikace. 2013 byl rok, kdy byly vydány kompletní testovací normy k frekvenčnímu spektru. Následoval milníkový rok 2016, kdy Evropská komise zveřejnila strategii C-ITS o automatizované mobilitě, jehož součástí bylo vyjádření: „Komise zachová označení spektra používaného ITS-G5 pro služby ITS související s bezpečností a podpoří opatření na ochranu tohoto kmitočtového pásma před škodlivými vlivy na evropské i mezinárodní úrovni (Mezinárodní telekomunikační unie OSN a Evropská konference poštovních a telekomunikačních správ).“ [48]

Tento typ komunikace je základ pro výměnu zpráv mezi vozidly samotnými mezi sebou a současně i s dopravní infrastrukturou nebo jinými stanicemi C-ITS v silničním provozu.

5.2.2 LTE

Jiný komunikační kanál obsažen v stanicích C-ITS, který disponuje dlouhým dosahem, je mobilní komunikace LTE, do které spadají sítě ve standardech 3G a 4G. Tato komunikace dosahuje vzdálenosti 1000 m s datovým tokem 200 kbps - 1 Mbps [48]. Spojením ITS-5G pro krátkou vzdálenost s mobilní komunikací 3G a 4G pro dlouhou vzdálenost vznikla hybridní komunikační technologie za účelem interoperability služeb C-ITS. [49]



Obrázek 13 Rozdělení frekvenčních pásem pro služby C-ITS

(zdroj: [49])

5.2.3 Bluetooth

Tento typ komunikace je využíván tam, kde je potřeba propojení vozidla s nejbližším okolím, jako je mobilní telefon nebo PDA (Personal Digital Assistant) [50]. Při experimentech bylo pozorováno, že lze data přenášet i v rychlostech 130 km/h. Pomocí této komunikační technologie se dají přenášet obvyklé zprávy mezi mobilními stanicemi a RSU jednotkami. Tato komunikační architektura je založena na tzv. nízkoenergetické spotřebě a využívá se především v těch zařízeních, kde nejsou integrovány jiné komunikační moduly, ale je kladen požadavek na jejich kompatibilitu s technologiemi C-ITS. [51]

Zde se dosah datové komunikace pohybuje kolem 50 m na frekvenci 2,4 GHz s datovým tokem 1 Mbps. [48]

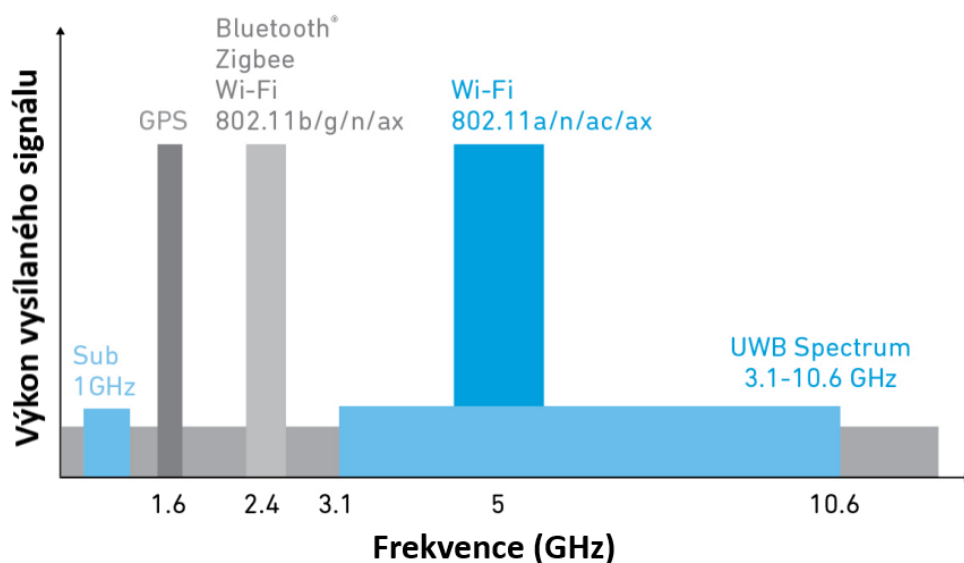
5.2.4 Wi-Fi

Komunikační technologie Wi-Fi (Wireless Fidelity) je základem pro další specifické technologie u inteligentních dopravních systémů. Technologie DSRC (Dedicated Short-Range Communications) na frekvenci 5,9 GHz je odvozená od Wi-Fi a byla vyvinuta k uspokojení specifických požadavků na bezpečné, nízkolatenční a bezdrátové mobilní datové komunikace. Je navržena tak, aby podporovala bezpečnostně kritické aplikace prostřednictvím nepřetržitého, vysokorychlostního, důvěryhodného a ověřitelného bezdrátového přenosu dat mezi pohybujícími se vozidly a mezi vozidly a silniční infrastrukturou. [3]

Komunikační dosah sítě Wi-Fi je udáván do vzdálenosti 1000 m s datovým tokem 150 kbps - 78 Mbps. [48]

5.2.5 UWB

Radiová komunikace UWB (Ultra-Wideband) umožňuje přenos informací na širokém rozsahu frekvencí, často od několika stovek MHz až po několik GHz, což ji činí velmi rychlou a schopnou přenášet velké objemy dat na krátké vzdálenosti. Na přenos dat potřebuje nízký vysílací výkon, jehož výhodou je především úspora spotřebované energie. Technologie UWB se postupně dostává do mobilních zařízení, což může být další krok k využívání těchto komunikačních prostředků pro C-ITS. [52]



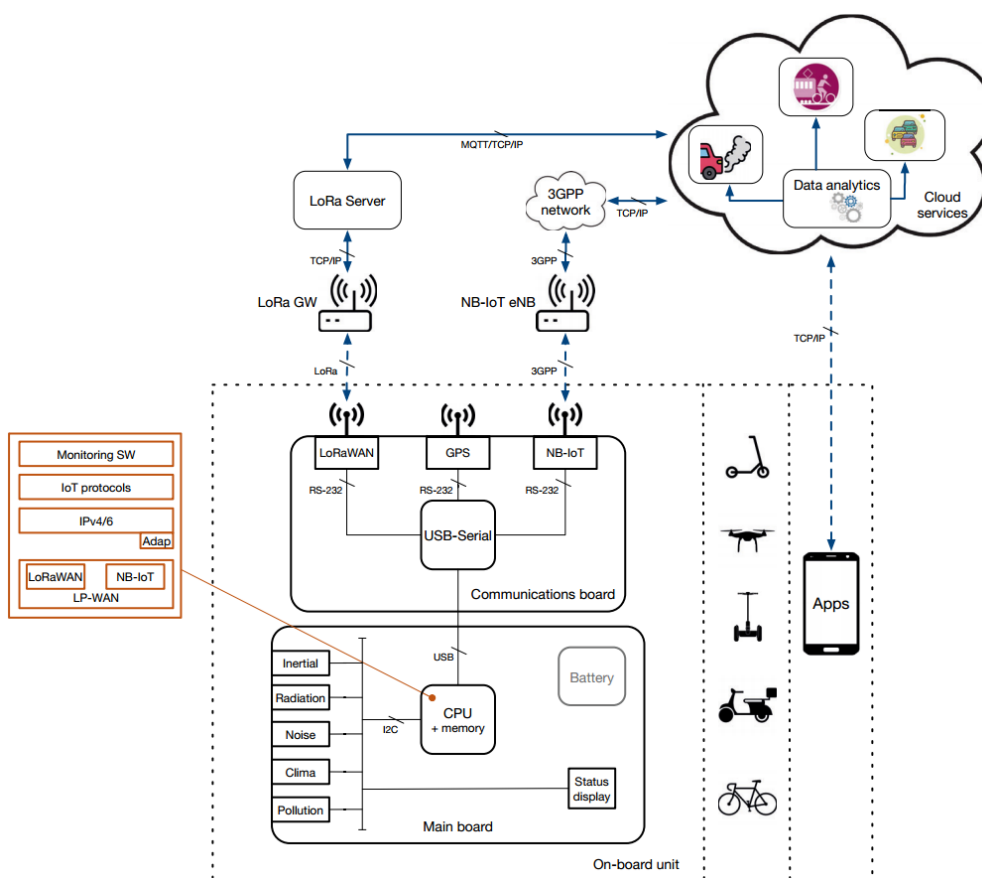
Obrázek 14 Porovnání frekvenčních rozsahů UWB s ostatními komunikačními sítěmi

(zdroj: upraveno z [53])

5.2.6 NB-IoT

Úzkopásmový typ komunikace NB-IoT (Narrowband - Internet Of Things) je špičková bezdrátová technologie určená k efektivnímu připojení zařízení v zavedených mobilních sítích do internetu věcí. Je určena zejména pro aplikace vyžadující nízké přenosové rychlosti, široké pokrytí a dlouhou výdrž baterie, takže je ideální inteligentní měřič pro sledování majetku a monitorování životního prostředí. NB-IoT pracuje v úzkém frekvenčním pásmu 180 kHz o datovém toku 250 kbps a poskytuje spolehlivou komunikaci i v náročných prostředích, jako jsou podzemní prostory nebo vnitřní prostory budov [48]. Díky využití stávající mobilní infrastruktury nabízí nákladově efektivní nasazení při zachování vysoké škálovatelnosti a bezpečnosti. Jako součást ekosystému 5G hraje NB-IoT klíčovou roli v rozvoji řešení internetu věcí a umožňuje řadě průmyslových odvětví zavádět inovativní technologie, které zvyšují provozní efektivitu. [54]

NB-IoT má využití v mobilních OBU jednotkách, které umožňují spolehlivé a efektivní připojení ostatních účastníků dopravního provozu, jako jsou chodci a cyklisté. [55]



Obrázek 15 Celková architektura řešení pro osobní mobilní zařízení s NB-IoT

(Zdroj: [55])

5.2.7 GNSS

Navigační systémy GNSS (Global Navigation Satellite Systems) mají klíčovou roli v C-ITS, jejichž cílem je zlepšit bezpečnost, efektivitu a udržitelnost dopravy prostřednictvím lepší komunikace a koordinace mezi vozidly, infrastrukturou a ostatními účastníky dopravního provozu. GNSS poskytuje přesné polohové, navigační a časové informace, které jsou důležité pro různé aplikace C-ITS, jako je komunikace mezi vozidly. Integrací GNSS a C-ITS je docíleno sdílení přesných údajů o poloze s okolními objekty, což může mít vliv na řízení dopravy a plynulost provozu. [56]

5.3 Zprávy

C-ITS zprávy obsahují různorodé informace pro vozidla, dopravní infrastrukturu a ostatní účastníky dopravního provozu. Každý specifický typ zprávy má jedinečný formát a je určen pro různé situace.

5.3.1 CAM

Kooperativní zpráva CAM (Cooperative Awareness Message) je periodická zpráva vysílaná vozidly, nebo dopravní infrastrukturou v síti ITS-5G. Tyto zprávy poskytují dynamické informace o stavu odesílatele a jeho okolí a umožňují kooperativní informovanost mezi stanicemi ITS. CAM zprávy hrají hlavní roli v rámci bezpečnosti silničního provozu, jeho efektivity a povědomí o dané jednotce, která zprávu vysílá. Principem je sdílení informací v reálném čase pro informování okolí o existenci C-ITS stanice. Zlepšují vozidlům a infrastruktuře předvídat různé scénáře, rozhodovat a reagovat na ně v reálném čase. Komunikační systém CAM funguje na principu decentralizovaného vysílání pomocí protokolu ITS-G5 ve frekvenčním pásmu 5,9 GHz a nespolehá na centralizovanou infrastrukturu, jako jsou mobilní sítě. [57]

CAM zprávy jsou generovány dynamicky v minimální periodě 100 ms, avšak nesmí přesáhnout čas 1 000 ms. Interval generování se přizpůsobuje rychlosti C-ITS stanice, kdy reaguje na zrychlení, zpomalení či stání. Dosah vysílaných zpráv je v rozmezí 300 - 500 m v závislosti na viditelnosti mezi jednotlivými C-ITS stanicemi a současně na podmínkách okolního prostředí. [57][58]

Každá zpráva obsahuje polohu, rychlost, směr a fyzikální vlastnosti dané stanice [58]. Součástí CAM zprávy je i informace, zda se jedná například o vozidlo, chodce nebo dopravní infrastrukturu. [57]

5.3.2 DENM

Oznamovací zprávy DENM (Decentralized Event Notification Messages) jsou řízené událostmi a vysílané ve vozidlových komunikačních systémech. Na rozdíl od pravidelných zpráv CAM jsou zprávy DENM generovány za účelem upozornění blízkých stanic C-ITS na konkrétní události nebo nebezpečí, jako jsou nehody, práce na silnici nebo nebezpečné povětrnostní podmínky. Umožňují vozidlům a infrastruktuře přijmout včasná opatření ke zmírnění rizik. Tyto zprávy jsou sdíleny s blízkými stanicemi C-ITS v rámci určité zeměpisné oblasti, označované jako „oblast události“. Zprávy DENM mohou být aktualizovány nebo zrušeny podle toho, jak se událost vyvíjí nebo řeší. Základním principem je zvýšit situační povědomí cíleným způsobem, vyhnout se zbytečnému zahlcení zprávami a zároveň zajistit včasné šíření kritických informací. [58][59]

Na rozdíl od CAM, které jsou periodické, jsou DENM řízeny událostmi a šíří se pouze v případě potřeby. Životnost DENM se řídí parametry, které udávají, jak dlouho má zpráva zůstat platná. DENM je zrušena, jakmile je událost vyřešena a pomine nebezpečí. Hlavním cílem DENM je zvýšit bezpečnost a efektivitu provozu tím, že zajistí, aby příslušné strany byly okamžitě informovány o potenciálně nebezpečných situacích. [59]

Použití DENM:

- varování před nebezpečím na silnici – spadlé stromy, překážky na silnici,
- upozornění na nehody – havarovaná vozidla, trosky,
- upozornění na počasí – mlha, déšť, sněžení, náledí na silnici,
- řízení dopravy – uzavírky silnic, dopravní zácpy, mimořádné události. [59]

5.3.3 IVIM

Informační zprávy IVIM (Infrastructure To Vehicle Information Message) jsou zasílány prvky infrastruktury RSU, nebo jiné stanice C-ITS. Poskytuje statické nebo dynamické informace o silničním prostředí. Hlavním účelem IVIM je umožnit řidičům přizpůsobit své chování převládajícím dopravním předpisům a podmínkám na silnicích. Zprávy jsou vysílány pravidelně nebo dle potřeby skrze ITS-5G. Vozidla, která disponují automatizovanými systémy, mohou reagovat a upravit svou rychlost nebo polohu v jízdním pruhu. Mezi informativní zprávy patří dočasné snížení rychlosti, uzavírky, omezení na silnici, upozornění na zóny nebo přechody pro chodce. [60]

Principy IVIM:

- vysílání relevantních informací infrastruktury, aby informovaly vozidla v určité zeměpisné oblasti,
- zpráva může obsahovat jak pevné údaje (např. rychlostní omezení), tak časově dynamické údaje (např. dočasná dopravní omezení),
- struktura zprávy je standardizována, aby byla zajištěna interoperabilita s různými výrobci a systémy,
- zlepšení kooperativní informovanosti vozidel, které nemohou zjistit pomocí svých vlastních senzorů. [60]

5.3.4 SPATEM

Zpráva SPATEM (Signal Phase and Timing Extended Message), je určená ke sdělování informací o provozním stavu světelné signalizace. Tato zpráva hraje klíčovou roli při zvyšování bezpečnosti, plynulosti a efektivity provozu tím, že umožňuje vozidlům a účastníkům silničního provozu předvídat změny signálu. Zprávy jsou odesílány z radičů světelných signalizačních zařízení přes RSU do vozidel a ostatních stanic C-ITS, které disponují OBU jednotkou v příslušném dosahu RSU. Užitečnost SPATEM je zejména při optimalizaci rychlosti vozidel před křižovatkami za účelem zvyšování bezpečnosti, snižování emisí a efektivity průjezdu skrze křižovatku. [60]

Periodicita vysílání je obvykle každou sekundu pomocí ITS-5G sítě. Dosah šířené zprávy je od samotné RSU umístěné na infrastruktuře křižovatky až do vzdálenosti několika set metrů. Zprávy SPATEM jsou dynamicky aktualizovány, aby odrážely změny stavů signálů v reálném čase. Pokud řídicí jednotka signálu zjistí poruchu nebo neočekávané chování, lze to rovněž sdělit prostřednictvím SPATEM. [60]

Principy SPATEM:

- sdílení provozních stavů světlené signalizace v reálném čase,
- prediktivní informovanost pro vozidla o zbývajícím čase pro každou fázi signálu,
- zprávy jsou vysílány do definované geografické oblasti v blízkosti křižovatky, což zajišťuje relevanci a minimalizuje přetížení sítě. [60]

5.3.5 MAPEM

Rozšířená zpráva MAPEM (MAP Extended Message) se používá pro okolní stanice C-ITS k popisu geometrického a topologického uspořádání silniční infrastruktury. MAPEM poskytuje podrobné informace o struktuře a uspořádání silniční sítě, včetně křižovatek, jízdních pruhů a silničních spojení. Tato zpráva pomáhá vozidlům pochopit fyzické a logické uspořádání vozovek. Díky těmto informacím mohou už řidiči nebo autonomní vozidla vhodně reagovat na dopravní situace. Zprávy jsou z RSU vysílány pravidelně pomocí sítě ITS-5G. MAPEM zpráva poskytuje statické informace, ale může se dynamicky aktualizovat v závislosti na změnách. [60]

Principy MAPEM:

- poskytování přesné geometrie a topologie silniční sítě,
- poskytování informací o oblastech s vysokou složitostí, jako jsou křižovatky, spojovací pruhy či kruhové objezdy,
- výchozí bod pro další sdílení zpráv, které kooperují s MAPEM. [60]

Struktura zprávy MAPEM:

- geometrie křižovatky – zeměpisná šířka, zeměpisná délka, nadmořská výška, referenční body,
- popis jízdních pruhů – odbočovací, jízdní, atributy (šířka, vzory značení, omezení použití),
- manévry – sloučení jízdních pruhů. [60]

Použití MAPEM zpráv zvyšuje bezpečnou navigaci ve složitých dopravních situacích.

5.3.6 SREM, SSEM

Pro vyžádání určité služby od dopravní infrastruktury slouží zprávy SREM (Signal Request Extended Message) a SSEM (Signal Request Status Extended Message). SREM vyšle požadavek na konkrétní službu směrem k infrastruktuře a SSEM v rámci odpovědi uvede dostupnost služby, parametry nebo stav provedení. Jde o oboustrannou komunikaci, která umožňuje vozidlům a dopravní infrastruktuře efektivně kooperovat. Struktura zpráv je definována, aby zajistila kompatibilitu s různými stanicemi C-ITS. Obě zprávy mohou být nositeli informací v daném kontextu požadavku, jako jsou typ vozidla či provozní parametry. [60]

Zpráva SREM obsahuje:

- identifikační údaje žádající stanice C-ITS,
- typ požadované služby,
- poloha vozidla,
- odhadovaný čas příjezdu,
- specifické preference služby. [60]

Zpráva SSEM obsahuje:

- potvrzení požadavku (přijetí, odmítnutí, podmíněné přijetí),
- podrobnosti o službě (dostupnost, provozní pokyny),
- specifické údaje o službě (přístupové kódy, potvrzení rezervace). [60]

V praxi to může vypadat následovně. Vozidlo IZS odešle SREM zprávu o preferenci při průjezdu křižovatkou. Následně se mu vrátí SSEM zpráva s informací, zda byl požadavek potvrzen nebo zamítnut na základě dopravních podmínek.

5.3.7 CPM

Zpráva kolektivního vnímání CPM (Collective Perception Message) umožňuje stanicím C-ITS (vozidlům, dopravní infrastruktuře) sdílet data o objektech, které detekují v jejich blízkosti, jako jsou chodci, cyklisté nebo stacionární překážky. Toto sdílené vnímání pomáhá ostatním C-ITS stanicím vybudovat komplexní, kolektivní porozumění místnímu prostředí a rozšířit jejich povědomí za hranice jejich vlastních senzorů. CPM je vysíláno periodicky, popřípadě je spouštěno specifickými událostmi. [61]

Principy CPM:

- zlepšení vnímání mimo zorný úhel – sdílením dat ze senzorů CPM rozšiřuje situační povědomí vozidla o oblasti blokové překážkami nebo mimo dosah senzorů vozidla samotného,
- sloučení dat senzoru – agreguje informace z více stanic C-ITS a poskytuje tak přesnější model prostředí,
- efektivní komunikace – odesílání selektivně a dynamicky na základě aktualizací senzorů a změn prostředí, čímž se minimalizují zbytečné přenosy,

- standardizovaná datová struktura – používá se standardizovaný formát pro zajištění interoperability mezi stanicemi C-ITS od různých výrobců. [61]

Sdílení dat ze senzorů probíhá prostřednictvím CPM, které agregují data z palubních senzorů vysílajících stanic C-ITS, jako jsou kamery, radary nebo lidary. Tato agregovaná data, zahrnující informace o objektech, vzdálenostech či 3D mapách, jsou formátována a dále sdílena v reálném čase s blízkými stanicemi C-ITS. CPM lze kombinovat s CAM a DENM pro vytvoření komplexního obrazu o dopravní situaci, přičemž jejich využití zahrnuje zlepšení povědomí o neviditelných nebezpečích. [61]

5.4 Use Case

Pojem Use Case definuje případ použití v kontextu s C-ITS technologiemi. Jde o postupy pro provádění kroků v konkrétních situacích. Jednotlivé Use Case jsou popisující scénáře nebo příklady, jak se používají technologie k dosažení daných cílů, jako jsou zvyšování bezpečnosti silničního provozu, efektivita průjezdu křižovatkami, varování před nebezpečnou lokalitou nebo pracemi na silnici, či jinými službami C-ITS.

5.4.1 Varování před nebezpečnou lokalitou

S ohledem na významný potenciál této skupiny služeb pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu jsou dále konkrétní služby popisovány jako podúroveň tohoto Use Case. Protože v praxi jde o různé situace s odlišnými účastníky, liší se také procesy související s poskytováním těchto služeb, což ovlivňuje i způsob, jakým jsou informace prezentovány jednotlivým uživatelům. [62]

Varování před stojícím vozidlem – Tato služba se zaměřuje na vozidla, která jsou pro ostatní účastníky dopravního provozu nebezpečnou překážkou tím, že zastaví na silnici. Služba se nejen zaměřuje na záměrně odstavená vozidla u krajnice či v odstavném pruhu, ale taktéž na vozidla, která mohou mít poruchu. Informování o vniklé situaci je ostatním řidičům zasíláno pomocí výstražné zprávy DENM. Další podrobnosti, jako je poloha vozidla v jízdních pruzích nebo důvod zastavení, lze konfigurovat prostřednictvím zařízení HMI (Human Machine Interface). Poskytované informace jsou však vždy omezeny dle možností samotného vozidla, které informace dává. Souřadnice místa události jsou pořizovány skrze GNSS přijímače integrovaného do C-ITS jednotky. Výstražná hlášení pocházejí především z palubní jednotky instalované ve stojícím vozidle. Další varianty jak informovat okolí je vytvořit zprávy v Back Office nebo v RSU jednotce. [63]

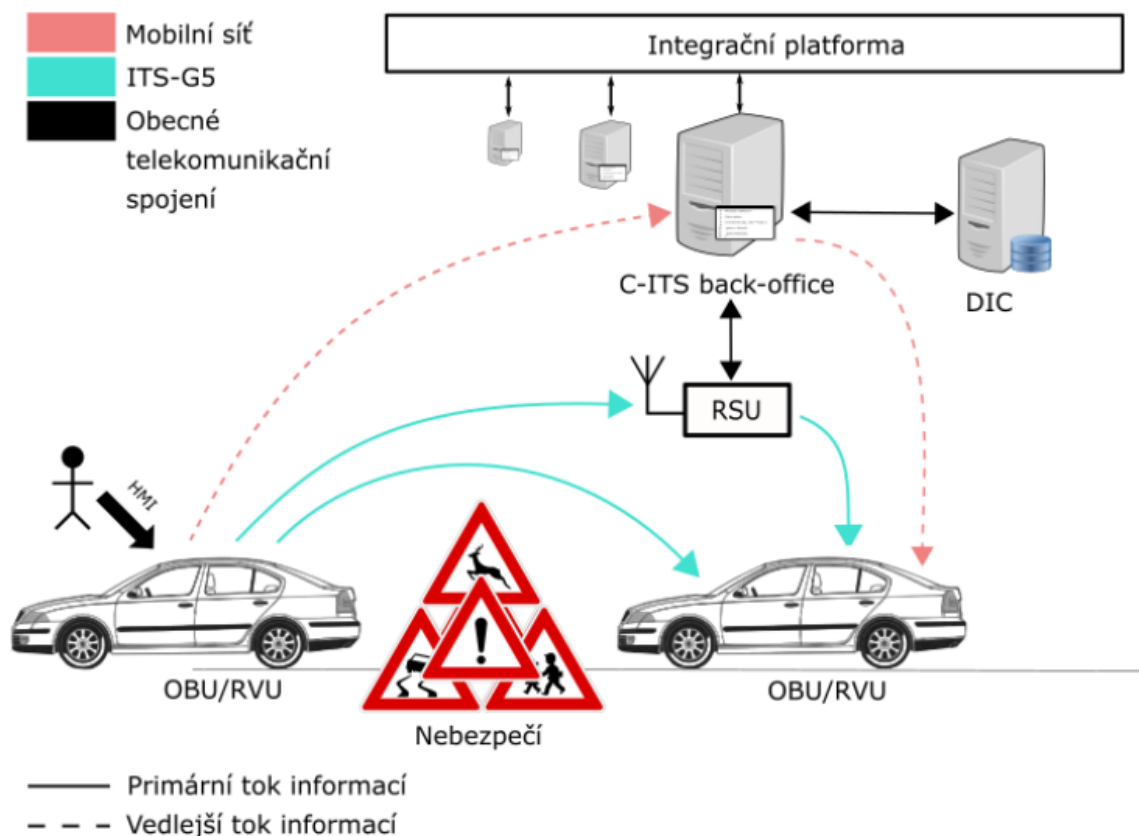
Varování před dopravní kongescí – Cílem služby je nabízet informace nebo varování o dopravních zácpách, i se základním přehledem jejich charakteristik. Řidiči mohou dostávat aktuální informace o délce kolony, ale i o jejím průběhu, jak se mění v čase. Dále mohou být řidiči upozorněni, když se blíží konec kolony. Poskytnuté informace slouží řidičům k jejich reakci na vzniklou situaci, kdy se mohou přizpůsobit změnou trasy nebo přizpůsobit svou rychlost, aby nedošlo ke kolizi při dojíždění do dopravní kolony. [63]

Varování před nebezpečím na vozovce – Tato služba upozorňuje řidiče na lokality, které jsou z různých důvodů nebezpečné. Informování řidičů o těchto rizikových faktorech jim umožní přizpůsobit své chování při řízení, jako je snížení rychlosti, změna jízdního pruhu nebo zvolení alternativní trasy. Varovná hlášení jsou obvykle vydávána centrálním systémem Back Office, i když v ojedinělých případech může varování generovat C-ITS stanice přímo na silnici. [63]

Příklady událostí:

- „*dopravní nehoda,*
- *špatný technický stav komunikace,*
- *překážka na vozovce,*
- *zvíře na vozovce,*
- *člověk ve vozovce,*
- *nebezpečný směrový oblouk,*
- *nebezpečí smyku (snížená adheze vozovky) – náledí, mokrá vozovka,*
- *boční vítr,*
- *špatná viditelnost,*
- *dešťové nebo sněhové srážky.*“ [63]

Varování před pomalu jedoucím vozidlem – Tato služba se zaměřuje na výrazně pomalejší vozidla jedoucí mimo obec. Sekundárními informacemi mohou být polohy vozidel nebo důvod jejich aktuální rychlosti. DENM zprávy jsou rozesílány přímo OBU jednotkou z pomalu pohybujícího se vozidla. Množství poskytovaných informací je opět limitováno vozidlem. Pro vozidla údržby a jim podobné je již tato služba harmonizována na úrovni EU. [63]



Obrázek 16 Schéma služby „Varování před nebezpečnou lokalitou“

(zdroj: [62])

5.4.2 Varování před pracemi na silnici

Souhrn služeb spadající do této kategorie má za účel informovat řidiče o pracích na silniční síti, které probíhají ve směru jeho jízdy. Rozdělení služeb se dělí na přímé práce na silnicích nebo na služby spojených s dopravním omezením na komunikaci. Zpráva je distribuována v dostatečném předstihu, aby na ni mohl řidič reagovat a přizpůsobit se, ještě než samotnou situaci spatří. Takto nastavený systém minimalizuje rizika spojená se vznikem nehod, což má za následek zvyšování bezpečnosti pracovníků údržby a jejich techniky při provádění úkolů. [62]

Kategorie služeb:

- **obecné varování před pracemi na silnici** – informace o obecné události,
- **uzavřený jízdní pruh** – informace sdělující konkrétní druh práce na silnici a případné omezení rychlosti v daném úseku či uzavření některých jízdních pruhů,

- **uzavřená komunikace** – zpráva nesoucí informaci o uzavřené komunikace ve směru jízdy z důvodu oprav,
- **zimní údržba** – informace o existenci techniky zimní údržby s polohou, kde se aktuálně technika nachází,
- **varování před blížícím se vozidlem údržby** – informace o vozidlech, které nespádají pod IZS a nejsou vybaveny světelnými majáky pro preferenci v dopravě,
- **varování před místem zásahu vozidla údržby** – zpráva nesoucí informaci o místě, kde aktuálně zasahuje údržba. [64]

5.4.3 Přenos dopravních symbolů a textových zpráv

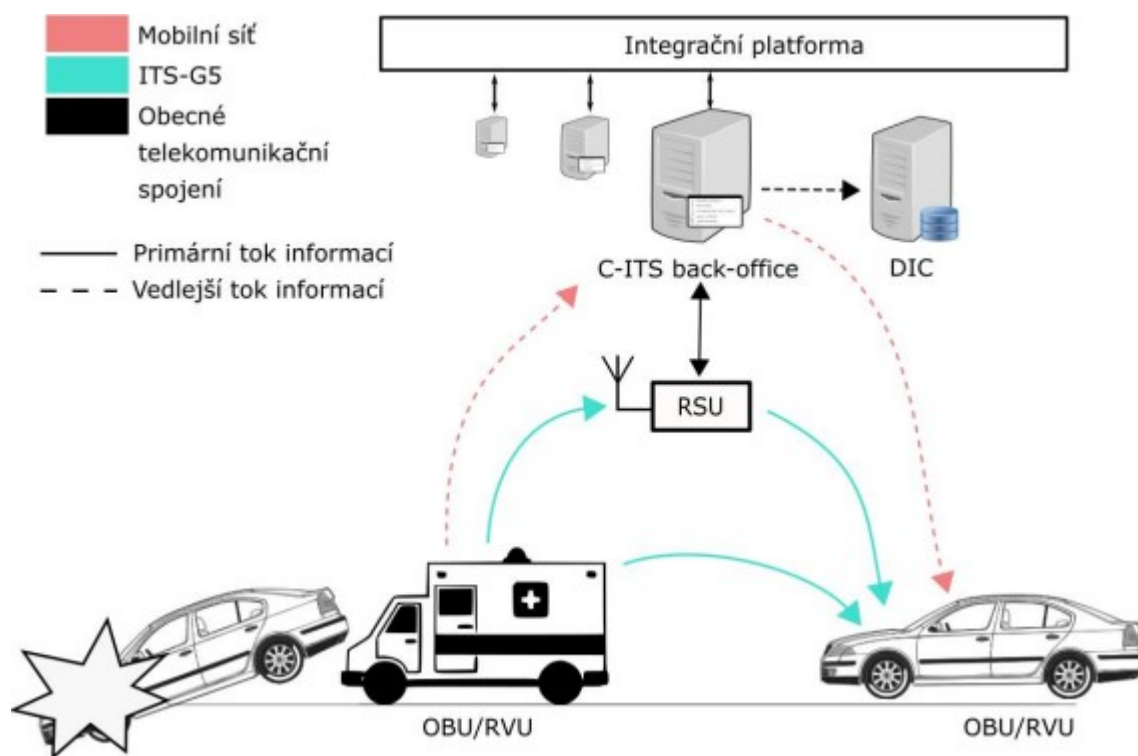
Základní myšlenkou této služby je informování řidičů a zviditelnění dopravného značení, které by měl zobrazované uvnitř vozidla. „*Obsahem zpráv tedy jsou zejména výstražné, zákazové a příkazové dopravní značky doplněné textovým popisem. Systém však umožňuje přenášet i informace z klasických statických dopravních značek a umožňuje navíc jednoduše vytvářet „virtuální“ portály a přenášet tak libovolné dopravní informace v místech vytvoření portálu, vč. čistě textových informací (např. dojezdové doby).*“ Dopravní portály vizualizují pouze aktuální statické údaje o událostech. Naopak tato služba C-ITS dokáže dynamicky reagovat na aktuální změny a zasílat zprávy dle změny polohy vozidla směrem k události. Pomocí zpráv IVIM jsou řidiči informováni o stavu před nimi, pokud jsou v dosahu signálu vysílající nejbližší C-ITS stanice. [65]

5.4.4 Služby spojené s IZS

Služby spojené s IZS dělíme primárně na dvě kategorie. Především jde o „*Varování před blížícím se vozidlem IZS*“ a „*Varování před místem zásahu vozidla IZS*“. Další kategorie související s IZS, preference vozidel IZS, bude blíže popsána v kapitole 5.4.7.

Varování před blížícím se vozidlem IZS – V případě, že se blíží vozidlo IZS, je zasílána zpráva s touto službou. Zpráva je generována a odesílána OBU jednotkou umístěnou ve vozidle IZS. V případě, že řidiči zachytí DEMN zprávu s informací o vozidle IZS, mohou reagovat uvolněním profilu komunikace. Informace o blížícím se vozidle IZS může být obdržena i zprávou CAM, která je neustále vysílána během doby trvání jízdy vozidla IZS. Řidiči jsou tudíž informováni o vzdálenosti a směru jízdy vozidla IZS. [66]

Varování před místem zásahu vozidla IZS – V případě, že záchranné složky operují v místě události, mohou být řidiči o uvedené skutečnosti informováni pomocí této služby. Zásahující vozidlo v místě události neustále vysílá varovné zprávy přes OBU jednotku. Podmínkou je, že musí mít aktivní majáky a musí stát v místě zásahu delší dobu, než je minimální definovaná. Pokud se v blízkost zásahu nachází RSU jednotka, může být využita k šíření varovných zpráv o zásahu IZS. [66]



Obrázek 17 Schéma služby „Varování před místem zásahu IZS“

(zdroj: [62])

5.4.5 Sběr dopravních dat

Tato služba napomáhá správci komunikací monitorovat dopravní situaci a poskytovat důležitá data. Sběr dat probíhá skrze RSU jednotky, umístěné na dopravní infrastruktuře z OBU jednotek vozidel která jsou v dosahu. Následně jsou nasbíraná a anonymizovaná data exportována do Back Office, který je dále distribuuje do vyšších úrovní C-ITS prvků. Jednotlivé RSU mohou být nakonfigurovány na více „virtuálních detekčních zón“, které monitorují dopravní situaci v jednom či více směřů jízdy vozidel. Sběr dat a následné zpracování je rozděleno na krátkodobé a dlouhodobé. [67]

Krátkodobý sběr dat je využíván pro aktuální řízení dopravy v daném místě, dlouhodobý v rámci hodin je vyhodnocován z hlediska statistiky dopravy. Nasbíraná data

obsahují informace z již instalovaných detektorů, jako jsou kategorie vozidla, intenzita dopravy nebo rychlost vozidel. Navíc jsou ještě do Back Office odesílána data z OBU jednotek (čas, poloha, rychlost a směr vozidla). Dva scénáře, které se sledují, jsou „Sběr vozidlových dat“ a „Sběr dat z událostí“. [67]

5.4.6 Varování před prudkým brzděním

V případě, že dojde ze strany řidiče k prudkému brzdění, měli by být o tomto stavu informováni řidiči v jeho okolí. Tato služba je z hlediska bezpečnosti vhodná při špatné viditelnosti, kdy řidiči jedoucí za brzdícím vozidlem nemohou včas zpozorovat brzdová světla a včas reagovat. Taková situace může nastat v mlze nebo v případě dalšího vozidla v zorném poli řidiče. OBU jednotka z vozidla, které prudce brzdí, zasílá DENM zprávy s výstražnou zprávou do okolních vozidel. Tato informace může být distribuována i do Back Office a dále sdílena. [68]

5.4.7 Služby spojené se SSZ

Tato část obsahuje soubor služeb, které souvisí se SSZ (Světelné Signalizační Zařízení). Hlavní podmínkou je kooperace s dopravní infrastrukturou přes RSU.

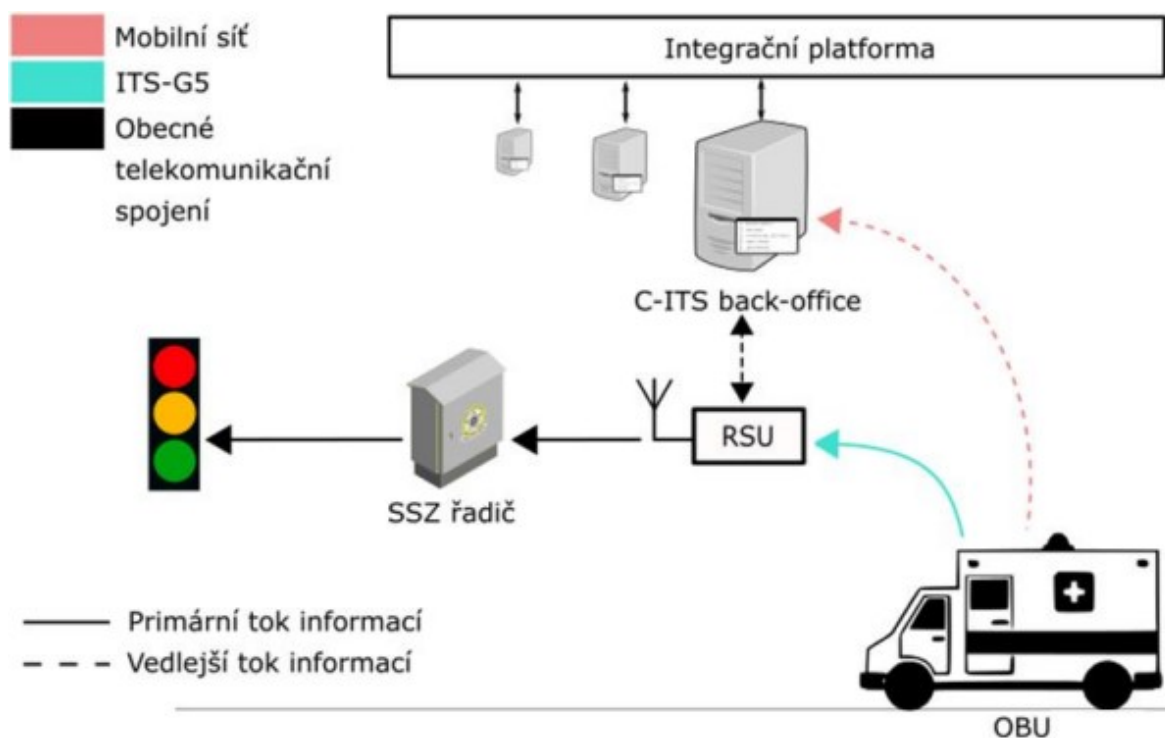
Preference vybraných vozidel na SSZ – Některá vozidla s potřebou projetí řízenou křižovatkou bez zastavení nebo s minimálním zdržením, využívají preferenční služby. Jde především o vozidla IZS. Dále může být preference poskytnuta i vozidlům MHD nebo technických služeb. Preference je žádána z OBU jednotky do RSU pomocí zprávy, která obsahuje identifikace křižovatky, polohu, typ vozidla a rameno křižovatky příjezdu vozidla. Řadič SSZ vyhodnotí požadavek a odesílá zprávu zpět do OBU s informací, zda je vyřízení kladné či záporné. *„Způsob prioritizace může být pro jednotlivé typy vozidel rozdílný. Oproti vozidlům MHD, která dostávají tzv. podmíněnou preferenci, tak může být např. vozidlům IZS udělena tzv. absolutní preference, tzn. přechod do požadovaného stavu začíná okamžitě po přijetí požadavku.“* Pro preferenci je vysílána SREM zpráva OBU jednotkou. Pomocí SPATEM případně MAPEM zpráv je upraven signální plán. Následně OBU jednotka obdrží SSEM zprávu o výsledku požadavku. [62]

Informace o stavu SSZ – Informace o světelných signálech na jednotlivých návěstidlech v daném směru jízdy vozidla jsou poskytována z řadiče skrze RSU. Řidiči dostávají v dostatečném čase dopředu informaci o stavu, která je do OBU přenášena

zprávami SPATEM a MAPEM. Zprávy jsou generovány automaticky, zároveň se periodicky mění jejich sdělení v závislosti na daném světleném signálu v jejich směru. [62]

Varování před jízdou na červenou – V případě, že vozidlo projíždějící křižovatkou se SSZ neakceptuje signál „Stůj“, ať až vizuálně či skrze OBU jednotku, dokáže OBU jednotka řidiče upozornit na tento signál varovnou zprávou či zvukovým signálem. Vyhodnocení předpokládané jízdy na červenou je pomocí obdržených periodických zpráv SPATEM a MAPEM. V případě, že i přes tyto výstražné ukazatele vozidlo nezastavuje, začne OBU jednotka vysílat do okolí varovné zprávy DENM, aby informovala okolní vozidla v ostatních ramenech křižovatky, která by mohla potencionálně kolidovat s jedoucím vozidlem, projíždějícím křižovatkou na červenou. Zprávu by měli obdržet i ostatní účastníci dopravního provozu, jako jsou cyklisté a chodci, kteří by chtěli vstupovat do vozovky na přechod pro chodce. Generování varovné zprávy do okolí křižovatky může distribuovat i RSU pomocí CAM zprávy. [62]

Doporučení rychlosti pro plynulý průjezd křižovatkou – Na základě aktuální rychlosti a polohy vozidla před křižovatkou jde pomocí získaných informací od RSU vypočítat ideální rychlost, aby vozidlo projelo křižovatkou na zelenou. [62]



Obrázek 18 Schéma služby „Preference vybraných vozidel na SSZ - IZS“

(zdroj: [62])

5.5 Komunikační protokoly

Komunikační protokoly jsou u C-ITS nezbytné pro zajištění efektivního přenosu dat a jejich zabezpečení. Protokoly tvoří základ pro funkční, bezpečné a interoperabilní komunikace, které přispívají ke zlepšení bezpečnosti, plynulosti provozu a efektivní správě dopravy.

5.5.1 DATEX II

Cílem spolupráce mezi společnostmi C-Roads a DATEX II je harmonizace C-ITS služeb v Evropě prostřednictvím integrace standardů výměny dat DATEX II. Cílem tohoto partnerství je sladit technické požadavky na účinnou výměnu dat mezi provozovateli silnic a systémy C-ITS za předpokladu efektivnější komunikace mezi vozidly a infrastrukturou. Obě iniciativy využívají své odborné znalosti ke zvýšení bezpečnosti, efektivity a udržitelnosti evropské silniční dopravy za podpory zúčastněných stran a Evropské komise. [69]

DATEX II je standard navržený pro výměnu dopravních dat mezi jednotlivými stanicemi C-ITS a informačními centry. DATEX II nabízí komplexní informační služby a současně poskytuje provozovatelům silniční sítě a poskytovatelům dopravních dat dokumentaci, model UML (Unified Modeling Language) a nástroje XML (Extensible Markup Language), aby mohly být prováděny požadované výměny dat jednotným způsobem. [70]

Mezi základní prvky vyměňovaných dat patří silniční a dopravní události, akce operátora, dopady, naměřená nebo zpracovaná data, zprávy zobrazené na VMS (Variable Message Signs) či servisní informace. [71]

Silniční a dopravní události:

- „*abnormální provoz (dlouhé fronty, stop and go vlny),*
- *nehody,*
- *veřejné události,*
- *jízdní podmínky související s počasím (sníh, led),*
- *překážky (zvířata, vozidla, spadlé stromy, kameny a jiné),*
- *incidenty (ventilace tunelu nefunguje, nouzový telefon nefunguje a jiné).“ [71]*

Akce operátora:

- „správa sítě (uzavírka silnice, náhradní provoz),
- práce na vozovce (úprava povrchu, solení, sekání trávy),
- silniční asistence (oprava vozidla, záchrana vrtulníkem).“ [71]

Dopady:

- „dostupnost jízdních pruhů,
- zpoždění.“ [71]

Naměřená nebo zpracovaná data:

- „měřené dopravní hodnoty (tok, rychlost, koncentrace),
- stav provozu (volný, přetížený, neznámý),
- cestovní časy,
- počasí (srážky, vítr, teplota, viditelnost).“ [71]

Zprávy zobrazené na VMS:

- „textové zprávy, piktogramy, kombinace obou,
- maticové VMS.“ [71]

Servisní informace:

- „informace o jiných dopravních prostředcích,
- přerušení provozu (uzavřené odpočívadlo),
- přerušení silničního servisu (nouzové volání mimo provoz).“ [71]

5.5.2 DSRC

Bezdrátový komunikační protokol DSRC je určený pro podporu komunikace krátkého dosahu V2V a V2I. Funguje ve frekvenčním pásmu 5,850 - 5,925 GHz, které Federální komise pro komunikace přidělila v roce 1999 speciálně pro ITS. Protokol je přizpůsoben pro aplikace vyžadující nízkou latenci, vysokou spolehlivost a lokalizovanou komunikaci v dosahu přibližně do 1 km. Díky těmto schopnostem je DSRC vhodný pro bezpečnostní aplikace v reálném čase, jako je předcházení kolizím či upřednostňování dopravních signálů pro vozidla záchranné služby. [72][73]

Cílem přidělení 75 MHz v pásmu 5,9 GHz ze strany Federální komise pro komunikaci bylo podpořit standardizaci i interoperabilitu DSRC mezi zařízeními na celém světě. V posledních letech však byla část tohoto spektra přerozdělena pro jiné účely, což odráží změny v automobilovém průmyslu a v oblasti komunikačních technologií. [73]

DSRC umožňuje rychlou výměnu dat mezi pohybujícími se vozidly a infrastrukturou. Nabízí základní podporu pro cíle ITS, jako je snížení počtu nehod, zlepšení plynulosti dopravy a snížení emisí vozidel. Aby byly splněny požadované parametry, musí se striktně vycházet z požadovaných norem a standardů. [74]

Koexistence DSRC s dalšími systémy v rámci ITS je zajištěna normami, jako je ETSI EN 302 663 a ETSI TS 102 916-2. Tyto harmonizační dokumenty definují, jak DSRC při zachování kompatibility s jinými zařízeními využívá pásmo 5,9 GHz s minimalizací rušení. Standardy zahrnují mechanismy pro sdílení spektra a ochranu před interferencemi mezi ITS aplikacemi a dalšími bezdrátovými technologiemi. Tím se podporuje bezpečný a spolehlivý provoz ITS aplikací, jako jsou systémy pro varování před kolizemi a prioritizace vozidel na křižovatkách. [75][76]

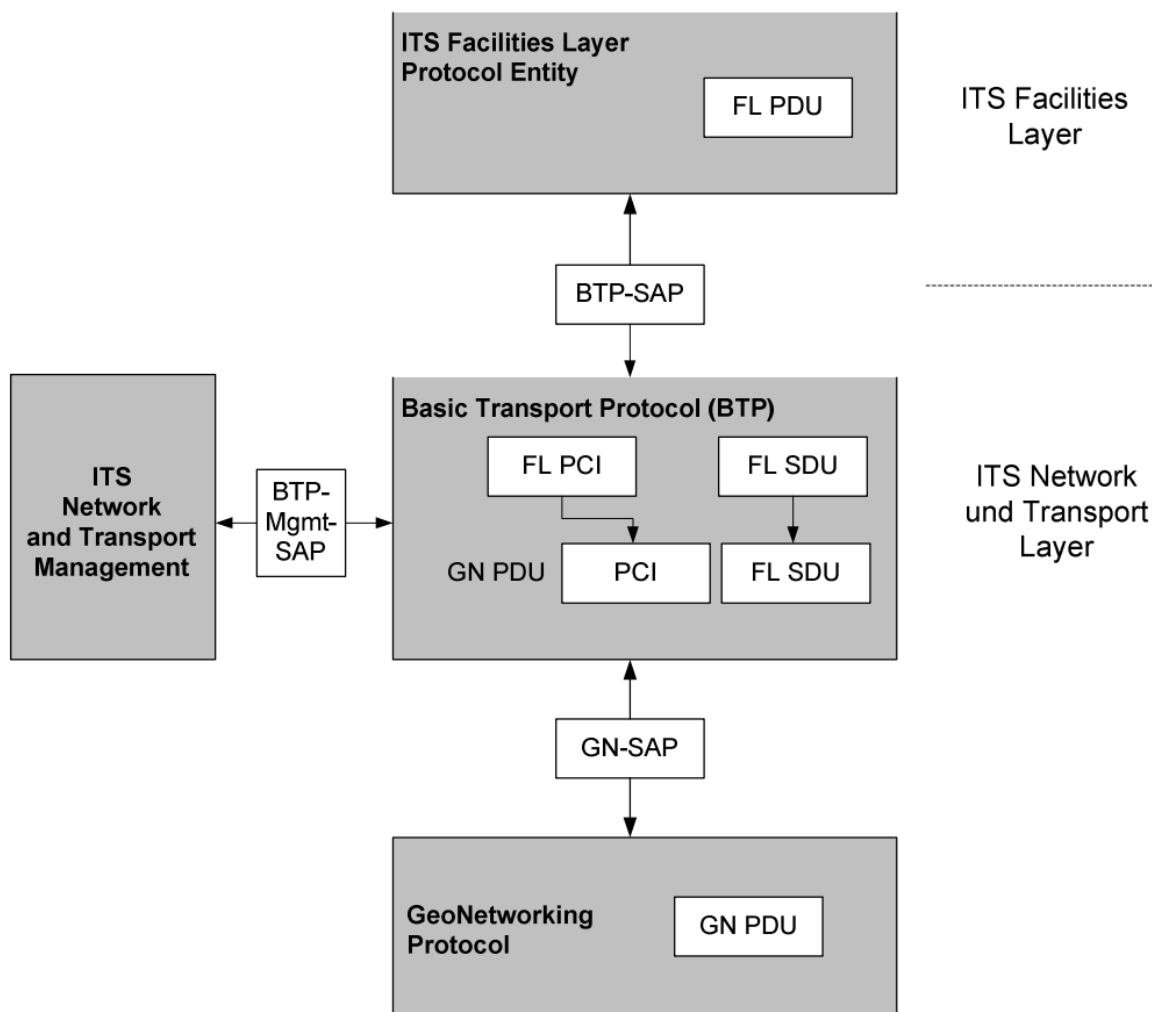
5.5.3 Internet Protocol Version 6

Protokol IPv6 (Internet Protocol Version 6) je vyvinut jako náhrada protokolu IPv4 (Internet Protocol Version 4). 128bitové adresy protokolu IPv6 poskytují mnohem větší adresní prostor než IPv4 s 32bitovými adresami. IPv6 adresa se zapisuje pomocí hexadecimálních čísel v osmi blocích, které jsou rozděleny dvojtečkou. Díky hierarchickému adresování a zmenšené velikosti směrovacích tabulek je směrování zefektivněno. IPv6 byl navržen tak, aby byla zajištěna bezpečnost, což poskytuje IPsec (Internet Protocol Security), který zaručuje důvěrnost, integritu a dostupnost. [77]

IPv6 je důležitý protokol pro veškeré komunikační procesy C-ITS mezi centrálními prvky a stanicemi. Usnadňuje efektivní výměnu dat, podporuje aplikace v reálném čase a zlepšuje bezpečnost provozu. Využití je především v bezdrátových komunikačních systémech umístěných ve vozidlech. Protokol zajišťuje škálovatelnost, díky čemuž je schopný spravovat velké množství zařízení C-ITS. Zprávy CAM a DENM mají scénáře založené na IPv6. [78]

5.5.4 Basic Transport Protocol

Protokol BTP (Basic Transport Protocol) je klíčovou součástí C-ITS, který usnadňuje veškerou komunikaci. BTP má záměrně lehkou konstrukci, aby byla zajištěna nízká latence a výpočetní zátěž, což je pro aplikace C-ITS zásadní. BTP podporuje různé typy zpráv a způsoby doručování, jako jsou zprávy CAM a DENM, čímž zajišťuje kompatibilitu s různými aplikacemi C-ITS. Funkčnost protokolu v rámci C-ITS je zajištěna na síťové a transportní vrstvě. BTP zajišťuje spolehlivý přenos a přizpůsobuje se dynamickému prostředí vozidel, jako je kolísající kvalita spojení. Klade důraz na správu čísel portů, což je kritická funkce pro zajištění toho, aby aplikace přijímaly správný datový tok a zároveň minimalizovaly konflikty. BTP spolupracuje se sítí GeoNetworking a využívá geografické informace pro směrování a šíření zpráv. [79][80][81]



Obrázek 19 Schéma protokolu BTP

(zdroj: [81])

5.6 Zabezpečení

Zabezpečení celého systému je zásadní pro důvěryhodný provoz služeb C-ITS. Jelikož jsou v rámci komunikace používány certifikáty od různých certifikačních autorit, musí být architektura postavena tak, aby byl vytvořen důvěryhodný ekosystém pro všechny státy EU. Tato podmínka je vyřešena rozdělením systému na národní a mezinárodní úroveň. Řízení digitálních certifikátů pro konkrétní účastníky systému na národní úrovni v podobě registrace, přidělení práv nebo jejich zrušení, podléhá PKI (Public Key Infrastructure). Všechny národní úrovně jsou navázány na mezinárodní úroveň, která zajišťuje důvěryhodnost místních PKI. [7]

Klíčovou roli v zabezpečené komunikaci C-ITS hraje HSM (Hardware Security Module). Pomocí uvedeného zařízení lze provádět různé kryptografické operace. Mezi tyto operace se řadí hashování, generování a správa klíčů, šifrování a dešifrování dat používaných v komunikaci V2X. Tento typ zabezpečení je využíván v provozu kritické infrastruktury a především tam, kde je kladen důraz na zvýšenou ochranu dat. HSM pomáhá chránit před kybernetickými útoky. Současně zajišťuje, že komunikovat mohou pouze oprávněné subjekty a všechna přenášená data zůstanou důvěrná beze změny. [82]

Jedním z výrobců, který dodává na trh HSM, je společnost Infineon Technologies. Tento výrobce nabízí modul SLS37 V2X HSM, který disponuje vysokým zabezpečením při komunikaci V2X. Chrání integritu a autenticitu zpráv. Jeho úlohou je ukládání klíčů a generování podpisů. Je primárně navržen pro automobilové jednotky a dopravní infrastrukturu. V neposlední řadě umožňuje škálovatelnost s dalšími bezpečnostními požadavky. [83]



Obrázek 20 Hardwarový bezpečnostní modul SLS37 V2X

(zdroj: [83])

6 TECHNOLOGIE C-ITS

Technologie koncových stanic C-ITS je pevně spjata s hardwarovým zařízením, pomocí kterého komunikuje se svým okolím. Dopravní infrastrukturu obsluhuje jednotka RSU a vozidla disponují OBU jednotkami. Veškerá data jsou centralizována do Back Office.

6.1 RSU

RSU jednotky informují vozidla jedoucí po silnicích a jsou obvykle umístěny v jejich blízkosti na podpěrných prvcích SSZ nebo na veřejném osvětlení. RSU fungují jako prostředník mezi místní sítí vozidel a dopravní infrastrukturou. Jednotky RSU jsou dále schopny distribuovat a přenášet kritická data a události z vozidel, aby se zlepšil tok informací.

Pro srovnání technologie RSU jsem vytipoval jednotky od výrobců Yunex Traffix, Herman, Swarco, Cohda Wireless, Kapsch a Commsignia.

6.1.1 Yunex Traffix

Jednotka RSU 2X od společnosti Yunex Traffic disponuje duálním režimem, kdy podporuje komunikaci C-V2X a DSRC. Signál v optimálním prostředí dosahuje vzdálenosti 2,5 km. Čtyřjádrový procesor o frekvenci 1200 MHz dokáže ověřit až 4000 zpráv za sekundu a za stejnou jednotku času podepsat 130 zpráv. Zabezpečení jednotky proti neoprávněné manipulaci je zajištěno pomocí tamperu. Konfigurace, diagnostika a aktualizace jednotky je variantní, ať už skrze síťový kabel nebo přes webové servisní rozhraní. Pro dlouhé vzdálenosti využívá jednotka LTE síť a podporuje všechny V2X standardy. Pro přístup k interním konektorům a rozhraním je zajištěno pomocí servisního okénka. [84]



Obrázek 21 RSU 2X Yunex Traffic

(zdroj: upraveno ze společnosti Yunex Traffic)

Společnost Yunex Traffic přišla na trh s řešením RSU jednotky, která má integrované antény. Disponuje ale i možností rozšíření o externí antény díky připraveným konektorům na skeletu jednotky. Umístění integrovaných antén je znázorněno na následujícím obrázku.



Obrázek 22 Pozice interních antén RSU 2X Yunex Traffic

(zdroj: [85])

6.1.2 Herman

Společnost Herman nabízí dvě varianty řešení RSU jednotky. Jednotka může být instalována samostatně na podpěrné prvky nebo ji lze uložit do většího rozvaděče s jinými technologiemi či bateriemi pro napájení, pokud v dané lokalitě disponujeme pouze spínaným napájením z veřejného osvětlení. V případě uložení RSU do plechového rozvaděče jsou externí antény vyvedeny na výložník. Jednotka tohoto výrobce disponuje dvoujádrovým procesorem o frekvenci 1000 MHz. Dosah signálu V2X je v městském prostředí cca 300 m a ve volném prostředí až 1,3 km. Tento typ RSU lze využít u SSZ, na dálnicích, pro řízení výhybek nebo u inteligentních zastávek. [86][87]



Obrázek 23 RSU Herman

(zdroj: [86])

6.1.3 Swarco

Jednotka RSU od společnosti Swarco zajišťuje primárně komunikaci V2X. Při vývoji již bylo myšleno na budoucí technologie 5G a C-V2X, o které by měla tato jednotka být koncepčně rozšiřitelná. Pro přímou komunikaci s centrálními prvky využívá rozhraní ECo-AT SWP 3.1. Současně disponuje rozhraním OCIT-C a OCIT-O-CAR. [88]



Obrázek 24 RSU Swarco

(zdroj: [89])

6.1.4 Cohda Wireless

MK6 RSU od společnosti Cohda Wireless je již šestou generací s duální technologií. Obsahuje dvě samostatné čipové sady. Pro komunikaci DSRC využívá čipovou sadu NXP RoadLink SAF5400. Druhá čipová sada Qualcomm SA515 je vyhrazena pro komunikaci C-V2X. Jednotka RSU je vybavena devíti anténami. Přitom celou jednotku obsluhuje centrální procesor s operační frekvencí 800 MHz. [90]



Obrázek 25 RSU MK6 Cohda Wireless

(zdroj: [90])

6.1.5 Kapsch

RSU jednotka RIS-9360 od společnosti Kapsch jde různě konfigurovat a díky otevřenému rozhraní je škálovatelná na platformu RIS-9x60. Jednotka je obsluhována dvoujádrovým procesorem s taktovací frekvencí 1,33 GHz. Modularita zařízení šetří investice při modernizaci a rozšiřování infrastruktury. Jednotka je konstruována tak, aby pokryla širokou škálu radičů na trhu. Současně disponuje rozhraním pro integraci třetích stran. [91]

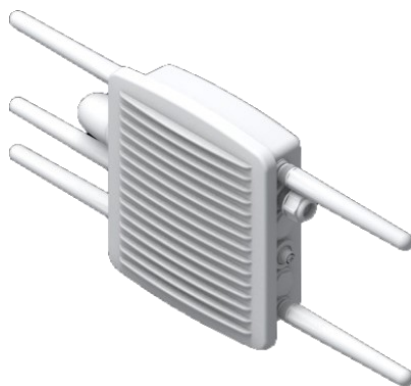


Obrázek 26 RSU RIS-9360 Kapsch

(zdroj: [91])

6.1.6 Commsignia

Čtvrtá generace RSU ITS-RS4 od společnosti Commsignia poskytuje interoperabilitu s hlavními dodavateli technologií C-ITS díky široké nabídce kabelových i bezdrátových rozhraní. K zařízení lze propojit kameru, radar či LiDAR. Veškeré procesy zajišťuje 800 MHz procesor v kombinaci s čipovými sadami Autotalks, NXP, Marvell, nebo Qualcomm 9150. [92]



Obrázek 27 RSU ITS-RS4 Commsignia

(zdroj: [92])

Jednotlivé typy RSU jednotek jsem podrobil porovnání parametrů. I přesto, že jde o jiné výrobce, tak konkrétní parametry jsou prakticky totožné, poněvadž musí výrobci splnit standardy C-Roads. Parametry v buňkách, které obsahují pomlčku, výrobce neuváděl. Nelze ale s jistotou říct, že konkrétní zařízení tímto parametrem nedisponuje.

Tabulka 1 Porovnání parametrů RSU

Výrobce Parametr	Yunex Traffic	Herman	Swarco	Cohda Wireless	Kapsch	Commsignia
V2X	IEEE 802.11p	ETSI ITS G5	802.11p ready	IEEE 802.11- 2012	802.11p 3GPP Rel.14	3GPP r14/r15 PC5
Cellular	LTE Cat4	LTE	5G	5G/4G (LTE Cat 19)/3G/2G	3G/LTE	4G/LTE
WiFi	802.11 b/g/n	802.11 ac	-	802.11 a/b/g/n/ac	modul	Dual band a/b/g/n
Bluetooth	5.0 BR/EDR/B LE	-	-	5.1	modul	5.0
Power	PoE+ 802.3 at	PoE+ 802.3 af/at	PoE	PoE+ 802.3 at Class 4	PoE 802.3 at-2009	passive PoE 802.3 at
DSRC	802.11p	-	-	802.11p	802.11p	802.11p
GNSS	GPS Galileo GLONASS Beidou	GPS Galileo Glonass	GPS	Pokročilý s možností RTK	GPS GLONASS Galileo BeiDou	Pokročilý GNSS
Spotřeba	12 W	10 W	-	-	25 W	-

(zdroj: [84]/[86]/[88]/[90]/[91]/[92])

Z hlediska parametrů po technické stránce se jako nejlépe vybavené jeví RSU jednotky od společností Yunex Traffic a Kapsch. Nelze ale jednoznačně diskvalifikovat ostatní výrobce i přesto, že jejich RSU jednotky nejsou technicky plně vybaveny, i když splňují standardy C-Roads, jak již bylo výše uvedeno.

Při pořízení RSU na SSZ je vhodné reflektovat doporučení výrobce dané infrastruktury. Pro zajištění plné kompatibility všech funkcí výrobce SSZ doporučuje instalovat RSU jednotku z jeho portfolia. RSU jiných výrobců by se mohly taktéž použít, ale nebyla by zaručena plnohodnotná funkčnost mezi RSU a řadičem SSZ.

6.2 OBU

OBU jednotky jsou zařízení instalované přímo do vozidel, pomocí kterých vozidla komunikují mezi sebou nebo s ostatními C-ITS stanicemi. OBU jednotky lze umístit do osobních či nákladních automobilů, do vozidel MHD nebo složek IZS. OBU jednotka nejen přijímá, ale i vysílá výstražné zprávy, buď o svém stavu, nebo dokáže přeposílat i ostatní zprávy, čímž se prodlužuje vzdálenost zachycení zprávy pro ostatní C-ITS stanice.

Pro srovnání technologie OBU jsem vytipoval jednotky od výrobců Yunex Traffix, Herman, Intens, Cohda Wireless, Kapsch a Commsignia.

6.2.1 Yunex Traffix

OBU 2X je hybridní jednotka od společnosti Yunex Traffic. Uživatelská jednotka je designována pro rychlou a snadnou instalaci přímo na palubní desku. Má plně integrované antény, což přidává této jednotce kredit z toho hlediska, že není hned nutné při instalaci vrtat žádné prostupy pro externí antény. Přesto OBU 2X nabízí možnost připojení externích antén. OBU 2X disponuje dalšími rozhraními pro připojení externích systémů. Do budoucna je jednotka rovněž připravena pro komunikaci na zvýšení bezpečnosti chodců a cyklistů. [93]



Obrázek 28 OBU 2X Yunex Traffic

(zdroj: [93])

6.2.2 Herman

OBU jednotka od společnosti Herman je konstruována jak pro skrytou instalaci, tak s možností umístění do kabiny vozidla. Tato jednotka nedisponuje interními anténami, proto je nutné umístění externích antén na střechu vozidla. Její předností je pak připojení různých sběrnic z vozidla. Obdržené zprávy dokáže zobrazit na dedikovaném displeji nebo na tabletu s nainstalovanou aplikací pro tento typ jednotky. [94]



Obrázek 29 OBU UCU 5.0 Herman

(zdroj: [94])

6.2.3 Intens

Společnost Intens přišla na trh s jednotkou Smart Gear R3. Díky čtyřjádrovému procesoru s frekvencí 1,2 GHz a další hardwarové výbavě je toto zařízení zkonstruováno jednak pro plnění funkce OBU, ale dokáže plnit i funkci RSU [95]. Komunikace této jednotky s ostatními C-ITS stanicemi probíhá skrze kombinovanou anténu pro definované komunikační kanály, kterou lze pomocí magnetu připevnit na střechu vozidla, čímž nemusí primárně dojít k destrukci skeletu vozidla při instalaci antény.



Obrázek 30 OBU Smart Gear R3 Intens

(zdroj: vlastní)

6.2.4 Cohda Wireless

OBU MK6 od Cohda Wireless je již šestou generací, při čemž jde o nejpokročilejší jednotku tohoto výrobce. Duální technologie se dvěma čipovými sadami zvládá komunikaci V2X a DSRC s potřebnými certifikacemi. Aktuálně podporuje všechny dostupné generace celulární sítě a současně je připravena na pátou generaci. OBU MK6 je ve formátu pro instalaci s externími anténami. [96]



Obrázek 31 OBU MK6 Cohda Wireless

(zdroj:[96])

6.2.5 Kapsch

Společnost Kapsch dodává na trh OBU CBX-9360. OBU jednotka je vybavena dvoujádrovým procesorem, a nabízí různé možnosti rozhraní. Nad rámec GNSS podporuje i regionální družicové systémy. V Evropě jde o EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) a v Americe WAAS (Wide Area Augmentation System). Tato jednotka je certifikovaná i s licencí pro provoz ve Spojených státech amerických. [97]



Obrázek 32 OBU CBX-9360 Kapsch

(zdroj:[97])

6.2.6 Commsignia

OBU jednotka ITS-OB4 od společnosti Commsignia je čtvrtou generací komunikačního systému V2X. Podobně jako u RSU jednotky od této společnosti je možné i OBU integrace dalších vstupů v podobě kamery, radaru či LiDARu. Jednotka využívá šifrování ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) a dokáže ověřit více jak 2000 zpráv s rychlostí podepisování menší jak 50 mikrosekund. [98]



Obrázek 33 OBU ITS-OB4 Commsignia

(zdroj:[98])

Vybrané typy OBU jednotek jsem taktéž porovnal s hlediska parametrů. Ač se na první pohled mohou parametry OBU jednotek zdát stejné jako parametry RSU, tak jsou u jednotlivých jednotek OBU drobné rozdíly. Tabulka 4 opět obsahuje kromě parametrů v některých buňkách i pomlčky, kdy výrobci některé specifikace u produktů neuváděli nebo je měly uvedené jen obecně.

Z hlediska uvedených parametrů se nejlépe vybavené jednotky jeví od společností Herman a Cohda Wireless. Přesto, že tyto dva výrobci uvádějí většinu hodnocených parametrů, tak i OBU ostatních výrobců splňují požadavky C-ITS a jsou taktéž vhodným řešením pro koncové C-ITS stanice.

OBU jednotky nejsou vázány doporučením výrobců ke konkrétním vozidlům, což z nich činí takřka univerzální zařízení, které lze instalovat do jakéhokoliv vozidla. Limitace při pořízení může být jen v případech, že instalaci OBU do vozidla vyžaduje výhradně výrobce automobilů nebo přes jeho autorizovaný partnerský servis. Tento požadavek ze strany automobilky je činěn většinou u nově dodávaných vozů.

Tabulka 2 Porovnání parametrů OBU

Výrobce Parametr	Yunex Traffic	Herman	Intens	Cohda Wireless	Kapsch	Commsignia
V2X	IEEE 802.11p	IEEE 802.11	-	IEEE 802.11-2012	802.11p 3GPP Rel.14 radio	3GPP r14 PC5
Cellular	LTE Cat4	4G/5G	LTE/5G	5G/4G (LTE Cat 19)/3G/2G	3G/LTE	4G/LTE
WiFi	-	802.11 ac	-	802.11 a/b/g/n/ac	modul	Dual band a/b/g/n
Bluetooth	4.2	-	-	5.1	modul	5.0
Power	-	PoE 802.3 at	PoE	PoE+ 802.3 at Class 4	PoE 802.3 at-2009	passive PoE 802.3 at
DSRC	802.11p	-	-	802.11p	-	802.11p
GNSS	Volitelný	GPS Galileo Glonass	GPS	Pokročilý s možností RTK	GPS GLONASS Galileo BeiDou EGNOS WAAS	Pokročilý GNSS
Certifikát	-	EHK R10, R118 ETHS ITS G5	EU RED EMC Atest 8SD	OmniAir FCC ISED, CE UK, KC	FCC CE	EU RED OmniAir
Spotřeba	5,5 W	8 W	-	-	-	-

(Zdroj: [93]/[94]/[95]/[96]/[97]/[98])

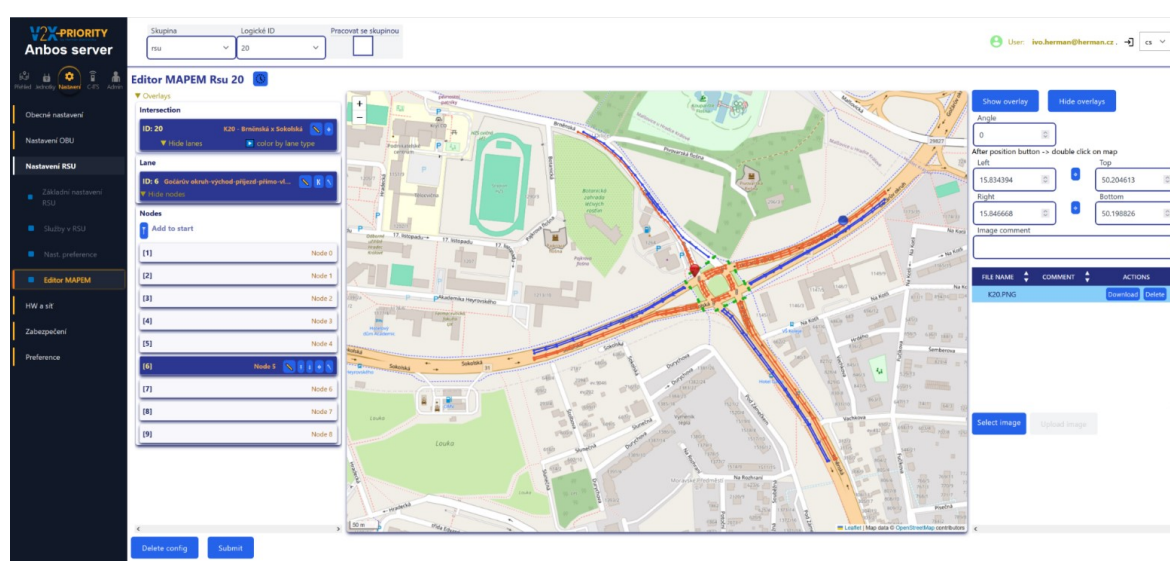
6.3 Back Office

Do Back Office směřují ze stanic C-ITS veškerá data, která jsou zde shromažďována, ukládána a je s nimi dále pracováno. Back Office může agregovat data i z jiných zdrojů, jako jsou například kamery či dopravní senzory. Můžeme jej chápat jako mezičlánek mezi stanicemi a centrálními prvky C-ITS. Veškeré procesy probíhají v reálném čase. Back Office si můžeme představit jako podpůrný prvek, aby vše běželo správně, efektivně a bezpečně.

U vytipovaných dostupných produktů od výrobců Herman, Kapsch a Commsignia jsem popsal jejich specifiky nad rámec standardních funkcí a aplikací pro správu C-ITS prvků.

6.3.1 Herman

Společnost Herman dokáže poskytnout Back Office Anbos, který dle přání zákazníka lze instalovat na server nebo poskytnout v rámci cloudu. Anbos pracuje jako správce jednotek OBU a RSU, na které dohlíží a plní funkci řídicího serveru. Modul C-ITS Backend, kterým Anbos disponuje, slouží pro administraci C-ITS zpráv v reálném čase. Zprávy jsou v tomto systému generovány, přijímány a přeposílány. Dochází vždy k ověření pravosti a podpisu pomocí HSM. Databáze eviduje a nabízí k náhledu a zpracování logy, historii, záznamy o vyžádaných preferencích, statistiky a aktualizace. [99]

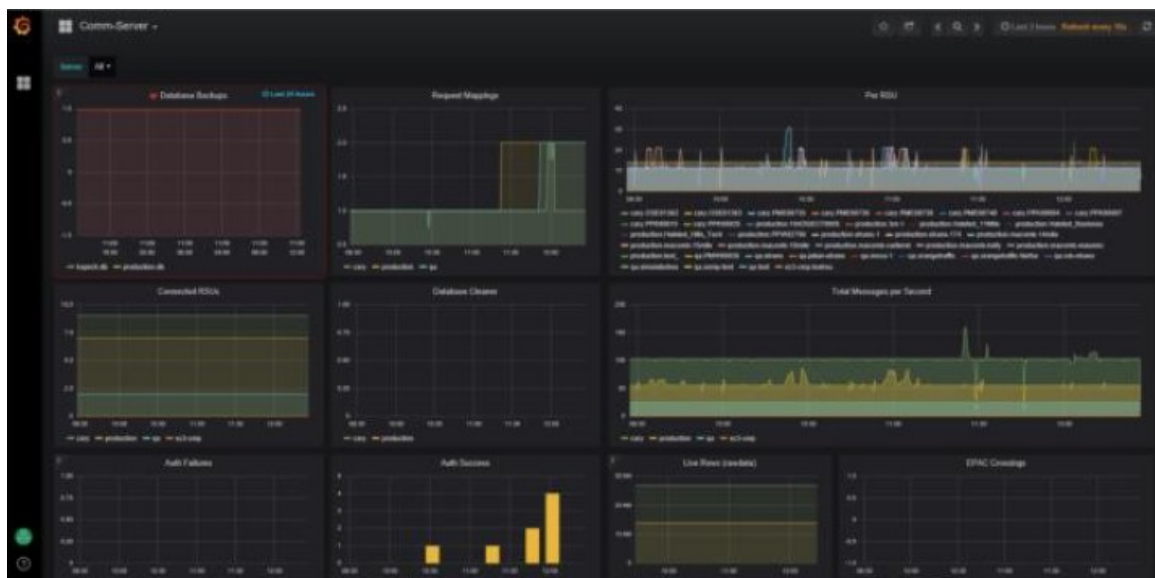


Obrázek 34 Back Office Anbos

(zdroj: [99])

6.3.2 Kapsch

Společnost Kapsch nabízí CMCC (Connected Mobility Control Center), jenž je robustní a má pokročilou správu dopravních prostředků v chytrém městě. Tento Back Office navíc propojuje Centrum řízení dopravy se stanicemi C-ITS. Systém je škálovatelný dle potřeb zákazníka. Ze získaných statistických dat provádí analýzy a současně dokáže predikovat. Pomocí grafického rozhraní lze definovat a konfigurovat C-ITS zprávy. CMCC získaná data využívá i pro analýzu dopravních toků. Systém má vytvořen monitorovací nástroj, který neustále vyhodnocuje výkon systému a identifikuje problémy, dříve než nastanou. Veškeré zpracované data mohou být zobrazována na Dashboardu v podobě grafů či průběhů v závislosti na čase. CMCC může navázat komunikaci s externími systémy a poskytnout jim data pro další analýzu a následné zpracování pomocí rozhraní Mobility-Data-Hub. [100]

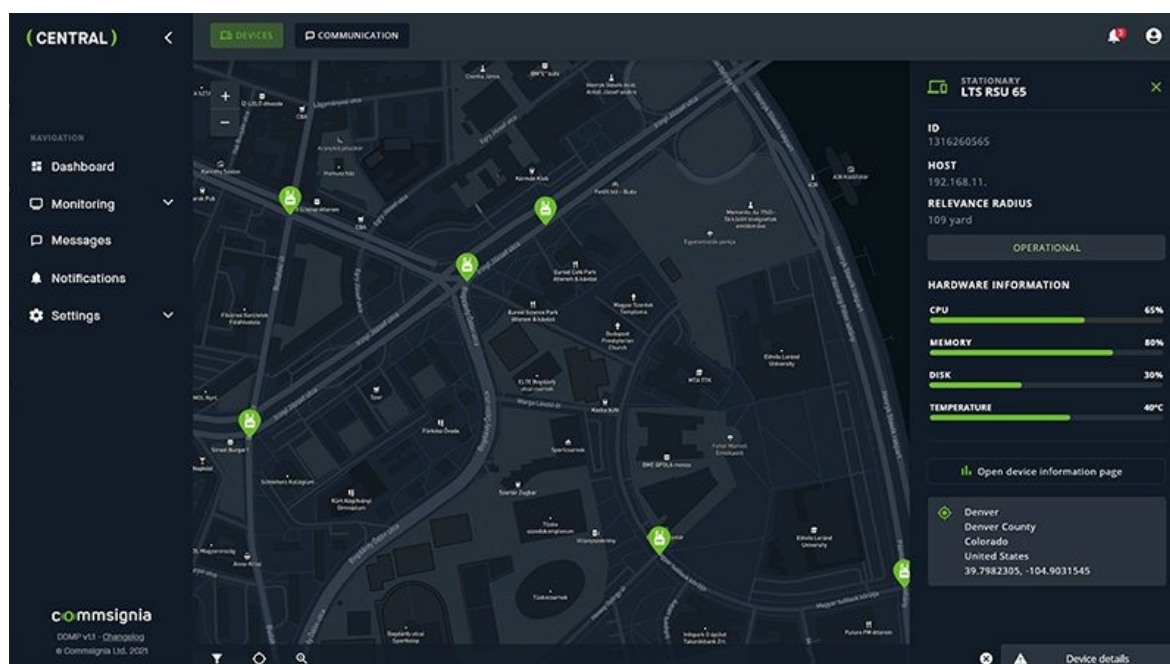


Obrázek 35 Back Office Kapsch CMCC

(zdroj: [100])

6.3.3 Commsignia

Back Office Central od společnosti Commsignia je platforma, jenž dokáže monitorovat a spravovat stanice C-ITS, zároveň může zasílat e-mailové notifikace o jejich stavu. Získaná a zpracovaná geoprostorová data mohou být vizualizována. Některé ITS procesy jdou naplánovat a automatizovat v intuitivním uživatelském prostředí. [101]



Obrázek 36 Back Office Commignia Central

(zdroj: [101])

7 NASAZENÍ C-ITS V ČESKÉ REPUBLICE

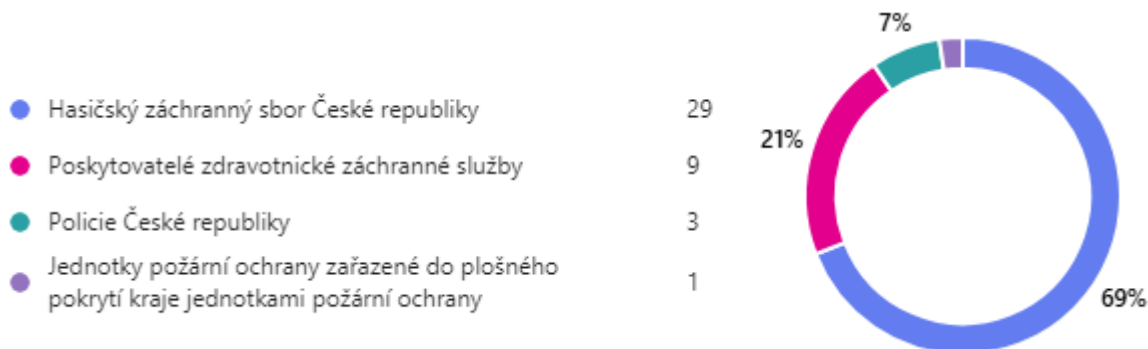
Abych zjistil, v jakém rozsahu je technologie C-ITS nasazená pro IZS v ČR, zvolil jsem dotazníkové šetření. Součástí dotazníkového šetření je i povědomí základních složek IZS o této technologii. Samotný dotazník, který obsahuje 14 otázek, je přiložen v příloze P II.

Můj záměr byl oslovit respondenty ze základních složek IZS v rámci každého kraje v ČR. Proto jsem jako první pro distribuci dotazníku zvolil oslovení krajských úřadů, zda by mohly dotazník předat na jednotlivé složky. Tímto krokem jsem chtěl ušetřit čas na distribuování dotazníků. Tato cesta se však ukázala neefektivní. Buď mi na požadavek z krajského úřadu neodpověděli, nebo byla odpověď negativní. Ve velmi ojedinělých případech se stalo, že byl dotazník předán dál.

Na základě výše uvedené zkušenosti s neochotou ze strany krajských úřadů, jsem zvolil tedy cestu přímou. Postupně jsem si dohledal mailové kontakty na krajské základní složky IZS. Požadavek na vyplnění dotazníku jsem následně rozeslal napřímo. Součástí žádosti byla prosba, zda by se dotazníky dostaly ke koncovým respondentům, kteří by mohli potencionálně s technologií C-ITS přijít do styku. V mnoha případech probíhala následná komunikace s upřesněním, o jakou technologii jde, jelikož většina oslovených o této technologii nikdy neslyšela.

Největší překážkou na straně ZZS bylo to, že ve většině případů vyžadovali vyplnění a zaslání jejich interních formulářů s žádostí o poskytnutí informací. Této výzvy jsem se nezalekl a postupně jsem odeslal vyplněné žádosti, abych získal co nejvíce dat. Někteří poskytovatelé ZZS vyžadovali pro zpracování i finanční poplatek, který se pohyboval od set korun po jednotky tisíc korun českých. Jelikož jsem nebyl schopen finančně pokrýt požadované poplatky, nebyly některé žádosti postoupeny k vyřízení. Tato překážka se následně ukázala v hodnocení jako zásadní, kdy vyplnění dotazníku ze strany ZZS byla v menším měřítku oproti HZS ČR, který se podílel největší měrou na vyplnění dotazníku.

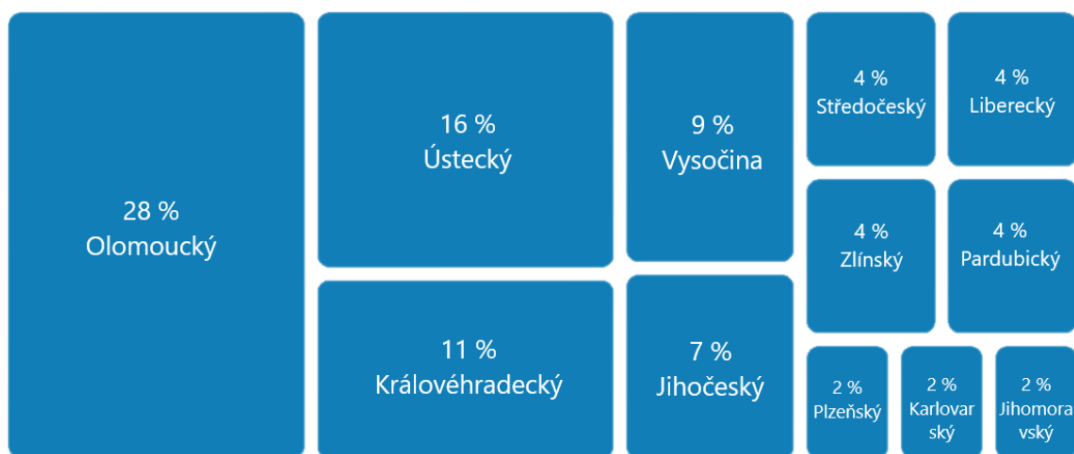
I když jsem získal pouze jedinou odpověď od jednotek požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, mohu s ní pracovat, poněvadž mám další odpovědi od HZS ČR, jelikož obě tyto složky disponují podobnou technikou. Naopak si nedokážu vysvětlit pouhé tři odpovědi od PČR. Ani v jednom případě se nikdo z PČR neozval na doplnění či upřesnění informací i přesto, že žádosti byly přijaty a přečteny.



Obrázek 37 Podíl odpovědí od složek IZS

(zdroj: vlastní)

Navzdory vyskytujícím se překážkám během průzkumu, hodnotím množství respondentů kladně. Z předpokládaného minimálního počtu 56 vyplněných dotazníků od základních složek IZS každého kraje, se mi vrátilo 42 vyplněných dotazníků. Pro hodnocení výsledků je to z mé strany dostačující množství.



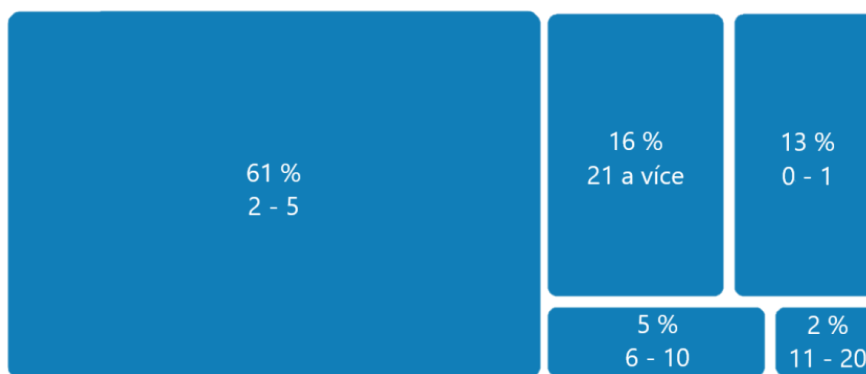
Obrázek 38 Procentuální podíl odpovědí z krajů

(zdroj: vlastní)

Z uvedené vizualizace je vidět, že nejvíce odpovědí přišlo z Olomouckého, Ústeckého a Královéhradeckého kraje. Naopak velmi technologicky vyspělé a pokrokové kraje Plzeňský a Jihomoravský se podíleli minimálním množstvím vyplněných dotazníků. Například od Jihomoravského kraje jsem očekával větší potenciál, jelikož jsem při čerpání informací k diplomové práci nabyl povědomí, že se v tomto kraji s technologií C-ITS udělal největší pokrok. Ještě větší překvapení bylo zjištění, že nedošel ani jeden vyplněný dotazník z Moravskoslezského kraje a Hlavního města Prahy. Může to být způsobeno tím, že složky IZS v těchto částech ČR zatím nedisponují touto technologií či mají velmi malé povědomí o kooperativních systémech.

Respondenti v 54 % uvedli, že se s pojmem C-ITS již setkali. Nadpoloviční většina kladných odpovědí je velmi pozitivní zjištění i přesto, že pouze ve 12 % uvedli, že jejich organizace technologií C-ITS již využívá. Jako nečastější výskyt dodavatele technologie C-ITS byla uvedena společnost Herman.

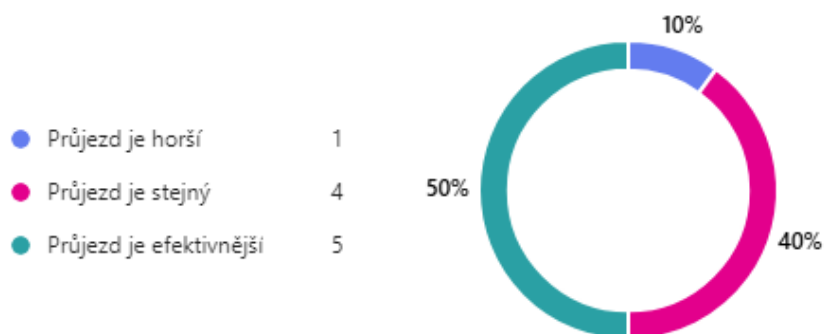
V otázce zjištění počtu disponujících vozidel a instalovaných OBU jednotek bylo zjištěno, že jednotlivé složky disponují poměrně velkým množstvím vozidel. V zadané stupnici 0 až 10 vozidel, byla v 19 případech uvedena maximální hodnota. Naopak pouze v jednotkách kusů jsou instalované OBU jednotky ve vozidlech IZS. Ze získaných dat jsem zjistil, že skoro ve dvou třetinách dochází denně ke 2 až 5 výjezdům, které vesměs patří HZS ČR. 21 a více výjezdů v rámci jednoho dne mají primárně vozidla ZZS. 23 % respondentů také uvedlo, že používají technologii při každém výjezdu.



Obrázek 39 Procentuální podíl výjezdů za den

(zdroj: vlastní)

Z následujícího obrázku je zřejmé, že při používání technologie nedochází ke zhoršení situace při průjezdu řízenou křižovatkou či dopravní kolonou, dokonce polovina respondentů vnímá efektivitu a zlepšení průjezdu.



Obrázek 40 Průjezd křižovatkou či dopravní kolonou se C-ITS

(zdroj: vlastní)

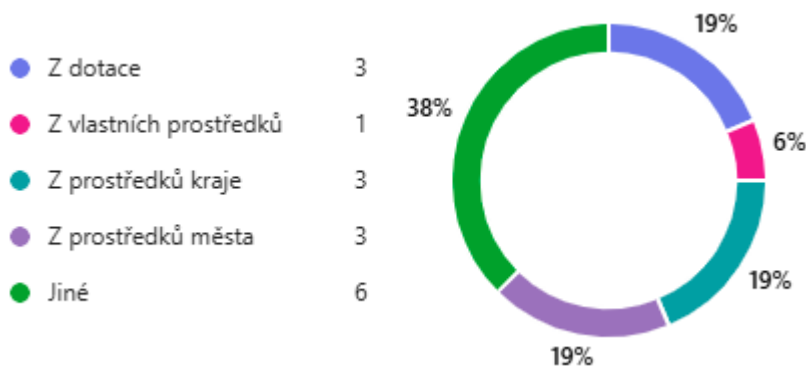
Spolupráce při nasazování a provozu kooperativních systémů jednotlivých složek, funguje napříč IZS, městy, kraji a ŘSD. Toto zjištění koresponduje s vizí C-Roads.



Obrázek 41 Spolupráce na provozu kooperativních systémů

(zdroj: vlastní)

Finanční pokrytí na pořízení technologie je rovnoměrně rozložena mezi dotčené subjekty, kdy je možnost i čerpání dotace. Z tohoto ohledu zde zatím není jednoznačný lídr, který by poskytoval finanční prostředky pro rozšiřování technologie ve velkém měřítku. Potencionální zájemci tak musí počítat minimálně s částečnou vstupní investicí z vlastní strany.



Obrázek 42 Rozložení nákladů na pořízení

(zdroj: vlastní)

V závěru dotazníkového šetření bylo u 50 % respondentů poukázáno na nedostatečné povědomí u všech účastníků dopravního provozu. Necelá třetina pak uvedla, že již nyní vnímá velký potenciál technologie. Zbylých 22 % respondentů si myslí, že při postupné implementaci do většiny vozidel bude technologie C-ITS více účinná.

8 TECHNOLOGIE C-ITS V PRAXI

Abych mohl odborně posoudit a zhodnotit technologii C-ITS, bylo důležité získat technologii samotnou, anebo se stát součástí nějakého projektu, který je zaměřen na testování či ostrý provoz technologie samotné.

8.1 Pilotní projekt C-ITS v Uherském Hradišti

Jelikož pořízení technologie na vlastní náklady není levná záležitost, tak jsem se tímto směrem nemohl vydat s ohledem na nemalou vstupní investici. Využil jsem tedy možnosti, zúčastnit se pilotního nasazení technologie C-ITS v Uherském Hradišti.

Záměr tohoto projektu byl nainstalování RSU jednotky na jednu vybranou křižovatku řízenou SSZ. Současně bylo vybaveno jedno vozidlo HZS ČR územního odboru Uherské Hradiště OBU jednotkou. Cílem projektu bylo ověřit funkčnost preference vozidla HZS ČR na daném SSZ. Pro monitorování situace a ověření připravených scénářů byla zapůjčena další OBU jednotka s tabletem do vozidla MěÚ Uherské Hradiště, kde pracuji mimo jiné jako správce SSZ. Díky účasti na pilotním projektu jsem se mohl s technologií blíže seznámit. Testování technologie C-ITS probíhalo v termínu od listopadu 2024 do jara 2025.

8.2 Použitá technologie v pilotním projektu

Na pilotním projektu se podílely společnost Yunex Traffic, která dodala jednotku RSU 2X, a společnost Intens, která poskytla OBU jednotky Smart Gear R3.

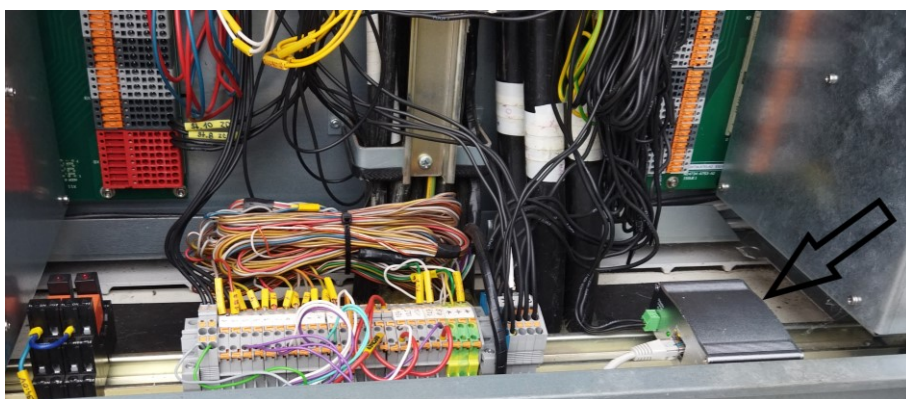
8.2.1 RSU

Pro vhodné otestování preference jsme vytypovali SSZ na hlavní křižovatce v Uherském Hradišti (Velehradská tř. x tř. Maršála Malinovského x ul. Sokolovská x ul. Všehrdova). RSU jednotka byla instalována na sloup SSZ a propojena s řadičem Siemens C900 skrze převodník, který současně napájel RSU jednotku, díky které mohla komunikovat a předávat informace dle definovaného standardu C-Roads. Tato RSU byla nastavena a připravena, aby zajišťovala preferenci IZS a poskytovala informace o jejich přidělení či zamítnutí. Pro ostatní účastníky dopravního provozu, kteří jsou vybaveni OBU jednotkami, distribuovala zprávy o stavu SSZ, aby přispěla ke zvýšení bezpečnosti dopravy a plynulosti provozu. Jelikož byl systém řízení na uvedené SSZ doplněn o technologii kooperativních systémů, bylo nutné udělat i lokální úpravu dopravního řešení v řadiči SSZ z důvodu poskytování komplexních dopravních dat.



Obrázek 43 Umístění RSU na SSZ

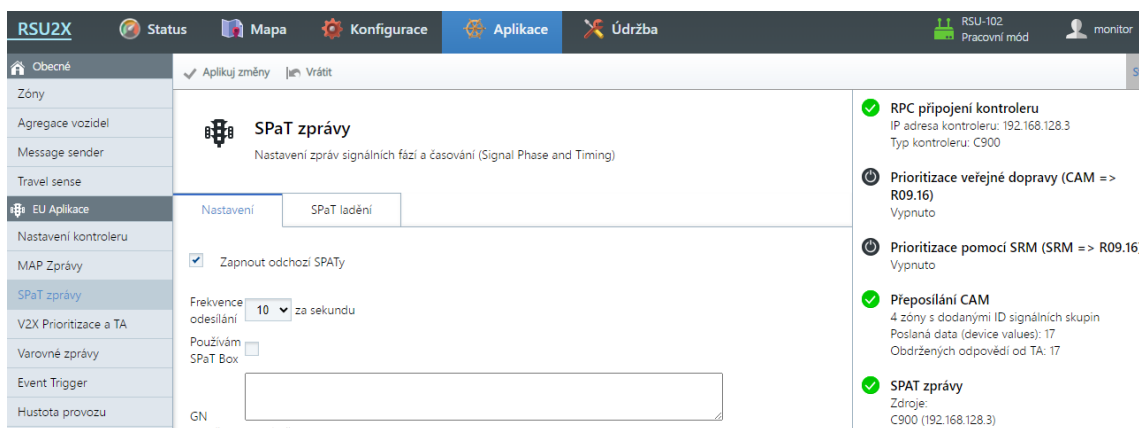
(zdroj: vlastní)



Obrázek 44 Převodník mezi RSU a řadičem SSZ

(zdroj: vlastní)

Jednotka RSU disponuje rozhraním webgui, kde je vizualizována pozice na mapě, lze skrze něj zařízení konfigurovat, nastavovat zprávy a případně stahovat logy.



Obrázek 45 Rozhraní webgui RSU 2X

(zdroj: webgui C-ITS jednotky RSU2X společnosti Yunex Traffic)

8.2.2 OBU

Pro pilotní nasazení byly dodány dvě sady OBU jednotek. První OBU byla nainstalována přímo do vozidla HZS ČR. Tato jednotka disponovala jen kombinovanou anténou a spínačem, kterým řidič vozidla mohl jednotku aktivovat. HZS ČR měl OBU nastavenou pro preferenci na testované křižovatce s využitím C-ITS. Taktéž obsahovala nastavené Use Case dle standardu C-Roads, jako jsou varování o jízdě vozidla IZS, vytvoření záchranné uličky nebo informace o zásahu vozidla IZS. Druhá OBU byla zapůjčená pro otestování a vizualizaci definovaných Use Case. Součástí této jednotky byla kombinovaná anténa, která pokrývala síť LTE a ITS-5G pro komunikaci s ostatními OBU či RSU, GNSS pro lokalizaci a Wi-Fi pro komunikaci s tabletem. Zařízení bylo napájeno 12 V z autozásuvky. Zobrazované zprávy byly vizualizovány pomocí tabletu, což s tohoto setu dělalo universální zařízení pro jakékoliv vozidlo.



Obrázek 46 OBU Smart Gear R3 s kombinovanou anténou a tabletem

(zdroj: vlastní)

8.3 Detekční zóny a scénáře

Aby mohlo vozidlo HZS ČR získat preferenci na testovaném SSZ, muselo být nejprve detekováno RSU. K tomu sloužily detekční zóny definované na všech ramenech křižovatky, které začínaly:

- 1. rameno – křižovatka Palackého nám. x Všehrdova ul.,
- 2. rameno – křižovatka Svatoplukova ul. x tř. Maršála Malinovského,
- 3. rameno – křižovatka Sokolovská ul. x Sportovní ul.,
- 4. rameno – na Velehradské tř. v oblouku u autobusového nádraží,

a končily na stop čáře příslušného ramena. Nastavení zón vycházelo z jiných podobných projektů a ze zkušeností společnosti Yunex Traffic.

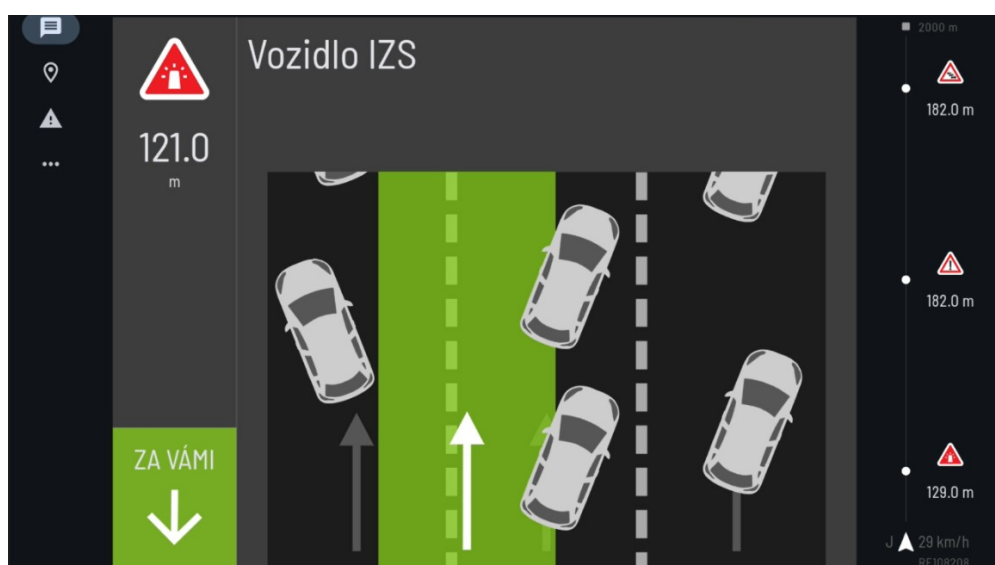
Funkce samotné preference HZS ČR na testované SSZ spočívala v detekování vozidla z příslušného směru jízdy, výměnou SREM a SSEM zpráv, kdy bylo nejprve požádáno ze strany OBU o preferenci skrze SREM. Pokud byla služba dostupná, RSU odeslala SSEM směrem k OBU ve vozidle HZS ČR. Následně došlo ze strany řadiče ke změně signálního plánu z týdenní automatiky na hasičský signální plán. Souhrn uvedených procesů fyzicky vedl k zastavení dopravy na ostatních ramenech křižovatky signálem „Stůj“ a zamezení vstupu chodců a cyklistů na všechny přechody řízené křižovatky taktéž signálem „Stůj“. Jediný signál „Volno“ měl hasičský vůz v jeho směru jízdy. Tímto bylo docíleno, že bude vyklizen směr jízdy vozidla HZS ČR a z ostatních směrů nevjedou do křižovatky žádná jiná vozidla, potažmo nevejdu do vozovky chodci či cyklisté, aby nedošlo ke kolizi.

Preference IZS skrze C-ITS měla velkou výhodu oproti původně využívané technologii Opticom v tom, že původní technologie preferovala jen ten směr jízdy, ve kterém byly komponenty Opticomu nainstalované. Jinými slovy, byly u čtyřramenné křižovatky potřeba čtyři vysílače Opticomu, aby mohli hasiči vyžadovat preferenci z různých směrů. Zařízení Opticom ve vozidle vysílá infračervený signál, což vyžaduje přímou viditelnost mezi vysílačem a přijímačem. Tím, že osazení technologie na všechny směry podléhalo nemalé investici, byla původní technologie Opticom instalována jen ve směru výjezdu od stanice HZS ČR. Testovaná technologie C-ITS poskytuje získání preference z jakéhokoli směru pomocí jediné RSU jednotky instalované na SSZ. Další podstatnou výhodou C-ITS oproti Opticomu je ta, že není vyžadována přímá viditelnost mezi OBU a RSU.

V rámci pilotního nasazení technologie C-ITS jsem vytvořil několik scénářů, které jsem spolu s HZS ČR podrobil testování, abychom zjistili, zda uvedená technologie funguje dle předpokladů. Seznam scénářů je uveden v příloze P III.

První dva scénáře byly primárně závislé na událostech spojených s ostrými výjezdy hasičů k zásahům, kdy byla testována preference IZS ve směru od stanice. Má vize byla získat co nejvíce dat tím, že budou provedeny výjezdy v různé dny a denní doby. V reálu bylo množství dat závislé na omezeném počtu výjezdů, které nelze dopředu stanovit. Třetí scénář byl vyzkoušení preference IZS na ostatních ramenech testované křižovatky. Zde se potvrdily předem požadované výsledky, kdy vozidlo získalo preferenci v daném směru jízdy a ostatní směry byly zastaveny spolu s chodci a cyklisty.

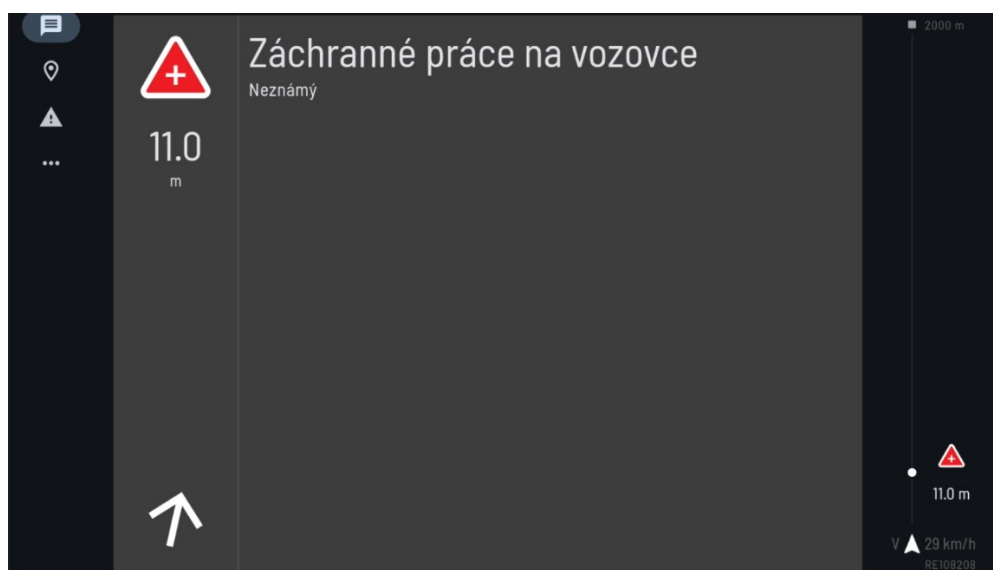
Ostatní scénáře simulovaly výjezdy vozidla HZS ČR od stanice či průjezdy na průtahu městem. Současně osobní vozidlo jelo po průtahu ve stejném směru jízdy, v protisměru nebo vyjíždělo z vedlejší komunikace v zástavbě. Jízdy byly provedeny na aktuálních časových možnostech HZS ČR v době, kdy neměl ostrý výjezd. U jízd, kdy vozidlo HZS ČR míjí osobní vozidlo nebo se blíží, technologie fungovala a na tabletu se zobrazovaly zprávy o vozidle IZS v okolí. U scénáře, kdy osobní vozidlo vyjíždí z vedlejší úzké ulice v zástavbě a vozidlo HZS ČR jede po průtahu, došla zpráva o vozidle IZS těsně před tím, než vůz projel křižovatkou. Z tohoto lze soudit, že dosah signálu může být v husté a vysoké zástavbě tlumen. Na otevřených či v širokých uličních prostorech byly zprávy distribuovány a zobrazovány dříve, než došlo k akustickému a vizuálnímu kontaktu s vozidlem IZS.



Obrázek 47 Use Case – Blížící se vozidlo IZS

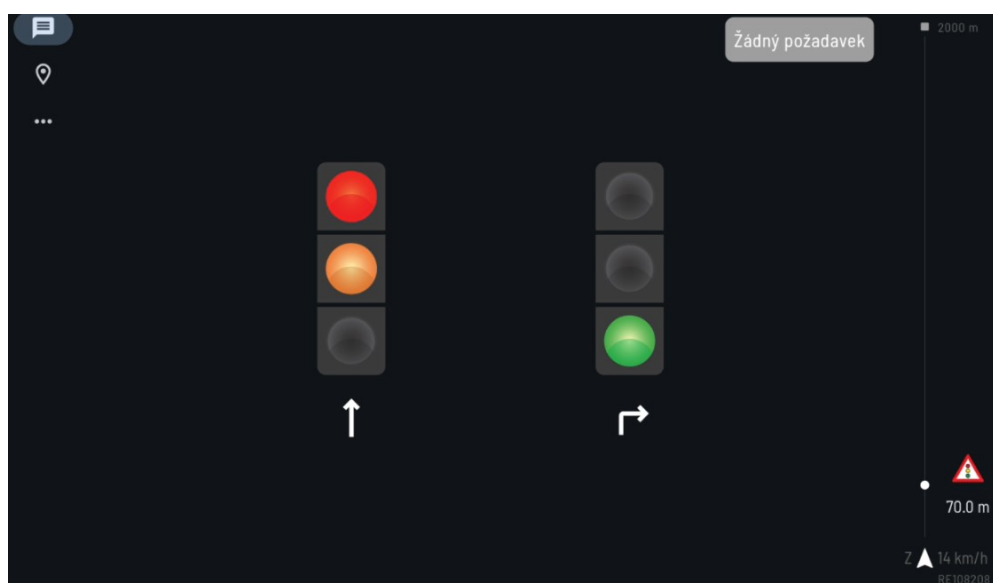
(zdroj: OBU Intens)

Při zastavení vozidla IZS u zásahu se automaticky odesílané zprávy z OBU změnily na Use Case „záchranné práce na vozovce“. Na tabletu byla nainstalována aplikace pro zobrazení zpráv. V levém pruhu byl zobrazen piktogram události, vzdálenost a směr, ze kterého zpráva přichází. V prostřední části aplikace byla vypsána zpráva, případně i vizualizace tvoření záchranné uličky či stavu SSZ. V levé části byla zobrazena vzdálenostní osa, na které se dynamicky měnily piktogramy se vzdálenostmi událostí, jak se vozidlo k nim blížilo nebo vzdalovalo.



Obrázek 48 Use Case – Záchranné práce IZS

(zdroj: OBU Intens)



Obrázek 49 Use Case – Stav SSZ

(zdroj: OBU Intens)

Během testovacího provozu jsem obdržel zpětnou vazbu od HZS ČR k detekční zóně na druhém ramenu ve směru od stanice. Původní detekční zóny byly nastaveny tak, aby nepřekrývaly další řízené křižovatky. Je to z důvodu, aby mohly být RSU instalovány na jednotlivé SSZ a detekční zóny by byly jen mezi křižovatkami bez přesahu. Řidiči hasičského vozu během ostrých jízd zjistili, že v případě hustějšího dopravního provozu nebo při tvorbě kolon před testovanou SSZ, se při detekování vozidla HZS ČR nestíhala vyklízet vozidla před nimi. Řidiči HZS ČR tak museli operativně reagovat a přejíždět do protisměru, pokud se jejich směr nevyklidil nebo vozidla neutvořila záchrannou uličku. Z tohoto pohledu cítili hasiči, že testovaná technologie C-ITS je pro ně v tomto případě limitující.

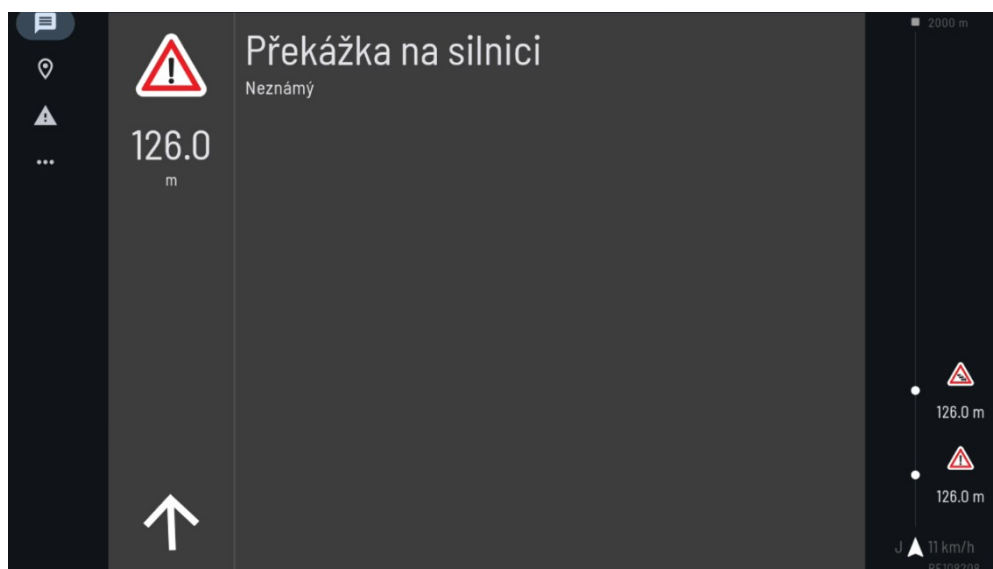
Na základě podnětu od HZS ČR jsme nechali upravit detekční zónu až po křižovatku tř. Maršála Malinovského a ulici Boženy Němcové, ze které je výjezd od stanice. Od této úpravy se očekávalo, že při detekci vozidla v dostatečném předstihu, budou mít řidiči ostatních vozidel více času na vyklizení testované křižovatky. Tím, že bylo RSU osazeno jen na jedno SSZ, mohlo dojít k úpravě detekční zóny s přesahem přes další SSZ. Detekční zóny jsou zobrazeny na následujícím obrázku čárkovanými obdélníky na jednotlivých ramenech křižovatky. Tento obrázek obsahuje i tepelnou mapu dosahu signálu z RSU ve městě Uherské Hradiště.



Obrázek 50 Detekční zóny a tepelná mapa signálu RSU

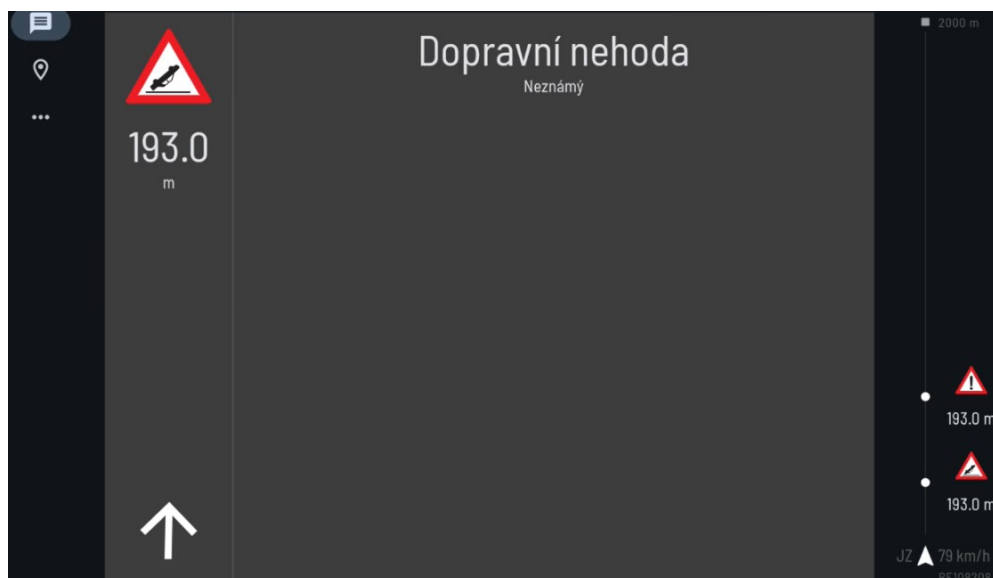
(zdroj: webgui C-ITS jednotky RSU2X společnosti Yunex Traffic)

Nad rámec pilotního projektu v Uherském Hradišti jsem si ještě otestoval OBU jednotku i v Jihomoravském kraji při cestě do Brna. Během cesty jsem byl informován o překážce na silnici, dopravní nehodě, pomalu jedoucím vozidle a pracích na silnici. Musím konstatovat, že obdržení zpráv bylo v dostatečném předstihu, než jsem samotné události spatřil.



Obrázek 51 Use Case – Překážka na silnici

(zdroj: OBU Intens)

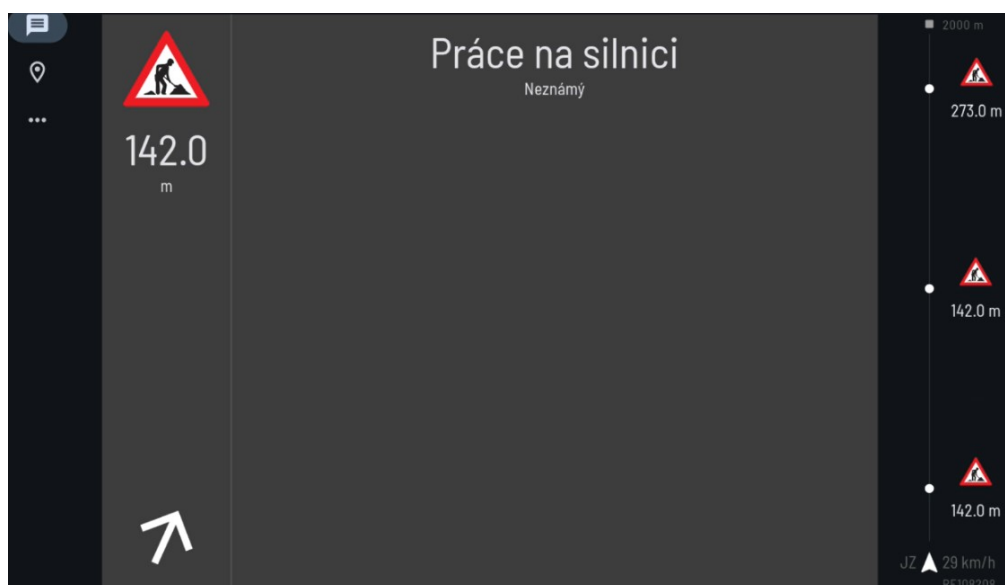


Obrázek 52 Use Case – Dopravní nehoda

(zdroj: OBU Intens)



Obrázek 53 Use Case – Pomalu jedoucí vozidlo

(zdroj: OBU Intens)

Obrázek 54 Use Case – Práce na silnici

(zdroj: OBU Intens)

8.4 Vyhodnocení získaných dat

Pro objektivní vyhodnocení efektivity technologie C-ITS jsem se rozhodl pokusit získat data z vozidel HZS ČR. Na základě žádosti jsem získal cenná data od HZS ČR územního odboru Uherské Hradiště, která jsem komparoval mezi sebou, abych zjistil rozdíly preferencí technologií C-ITS a Opticom. V původním záměru jsem chtěl do srovnání zahrnout i data z výjezdů bez preference. Nakonec jsem musel od této myšlenky upustit, protože většina

vozového parku uvedené stanice má nainstalován systém Opticom. Jediná dvě vozidla, která nemají nainstalovanou žádnou technologii preference, jsou automobilový žebřík a nosič kontejnerů. Tato vozidla ale jezdí minimálně a jsou v podstatě jinak specifická oproti zásahovým vozům, proto by data nebyla relevantní ke komparaci s preferencí.

Abych mohl relevantně srovnat data, musel jsem si nejprve určit referenční úseky, ze kterých budou sejmuty časy průjezdů vozidla HZS ČR. Jelikož hasiči projíždějí testovanou křižovatkou primárně ve dvou směrech na Staré Město nebo na Zlín, zvolil jsem referenční úseky v těchto směrech, aby bylo co nejvíce potencionálních dat ke komparaci. Současně jsem požádal ještě o data ze třetího referenčního úseku, který jsem zvolil přes další tři SSZ, které ale nebyly zahrnuty do pilotního nasazení C-ITS. Má prvotní myšlenka byla možnost stanovení, jak by mohly vypadat průjezdy v případě, že by byly RSU na těchto dalších třech SSZ.

Referenční úseky:

- směr Staré Město – úsek začínal stanicí HZS ČR a končil křižovatkou (Velehradská tř. x ul. Dukelských hrdinů). Délka měřeného úseku 650 m,
- směr Jarošov – úsek začínal stanicí HZS ČR a končil křižovatkou (ul. Sokolovská x ul. Štefánikova). Délka měřeného úseku 700 m,
- směr Staré Město – úsek začínal stanicí HZS ČR a končil na začátku mostu J. A. Bati. Délka měřeného úseku 1,4 km.

Poskytnutá data od HZS ČR jsem rozdělil do třech tabulek uvedených v přílohách. Každá příloha obsahuje data z jednoho měsíce. Snažil jsem se zvolit kompletní měsíce s ohledem na různé preference. Preference pomocí Opticomu byla aktivována v měsíci září roku 2024 a získaná data jsou uvedena v příloze P IV. Příloha P V obsahuje data z ledna roku 2025, kdy byla preference přes C-ITS, ale s původně nastavenou kratší detekční zónou. Data za měsíc únor roku 2025 jsou uvedena v příloze P VI, která definuje preferenci skrze C-ITS s prodlouženou detekční zónou. Všechny tabulky obsahují časy na výjezdu ze stanice, a pak na konci referenčních úseků dle směru jízdy k zásahu. Současně je v tabulkách dopočítaná doba, za kterou vozidlo urazilo vzdálenost konkrétního referenčního úseku.

Nejvíce výjezdů bylo ve směru na Staré Město. Získané množství vzorků na prvním referenčním úseku bylo pro hodnocení dostatečné. Naopak bylo poměrně malé procento výjezdů směrem na Jarošov, což se promítlo i do množství vzorků z druhého referenčního úseku. Přesto jsem hodnotil i tento úsek, jelikož každý výjezd je jedinečný.

Z vypočítaných časů jsem v jednotlivých tabulkách definoval nejkratší čas, nejdelší čas a průměr dostupných časů na všech referenčních úsecích. Při porovnání jednotlivých preferencí jsou pak vidět drobné rozdíly, které jsem mohl komparovat mezi sebou.

V následující tabulce jsou vizualizovány porovnávané časy. Na prvním referenčním úseku je vidět, že u všech hodnocených parametrů vyšla nejlépe technologie C-ITS s prodlouženou detekční zónou. Přes malé množství vzorků na druhém referenčním úseku se zde taktéž jeví jako nejvhodnější C-ITS s prodlouženou detekční zónou i přesto, že Opticom dosáhl na tomto úseku nejlepšího času. Nejhorších hodnot na obou úsecích bylo naměřeno v případě, kdy technologie C-ITS měla nastavenou krátkou detekční zónu. Ze všech průměrných hodnot je pak patrné zrychlení průjezdu, kde je upravená C-ITS.

Tabulka 3 Porovnání časů jednotlivých preferencí

Doba jízdy ze stanice do		ul. Dukelských hrdinů	ul. Štefánikova	most J. A. Bati
Opticom	minimální čas (s)	34	48	71
C-ITS		35	51	71
C-ITS prodloužená detekční zóna		33	49	68
Opticom	maximální čas (s)	65	60	110
C-ITS		47	63	88
C-ITS prodloužená detekční zóna		45	49	92
Opticom	průměrný čas (s)	41	52	82
C-ITS		41	57	79
C-ITS prodloužená detekční zóna		39	49	78

(Zdroj: HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště)

Je nutné konstatovat, že na každý čas jedné jízdy má vliv několik faktorů. Jedním z hlavních faktorů je doba, kdy se samotný výjezd koná. Záleží, zda jde o noční hodiny, běžný denní provoz či dopravní špičku, kdy je provoz na průtahu městem nejhustější. Další faktory jsou roční doba a aktuální stav počasí, kdy se musí těmto faktorům rychlost vozidla přizpůsobit. V neposlední řadě je i důležité, kdo vozidlo řídí. Každý řidič se v provozu chová trochu jinak, volí trasu jízdy dle aktuálních možností, a tudíž záleží na jeho rozhodování.

8.5 Silné a slabé stránky C-ITS

Jako každá technologie má i C-ITS své silné a slabé stránky. Jakákoliv nastupující technologie má v počátku určitý potenciál. Až následná praxe ale ukáže, zda byl plnohodnotně využit nebo uvedená technologie nenaplní svá očekávání.

8.5.1 Silné stránky C-ITS

Mezi nejtěžejnější silné stránky technologie C-ITS bych zařadil důraz na zvyšování bezpečnosti všech účastníků dopravního provozu jako jsou chodci, cyklisté a dopravní prostředky.

Další ze silných stránek této technologie je informování okolních vozidel o přítomnosti vozidla IZS ještě před tím, než je vizuálně vozidlo IZS zpozorováno řidičem jiného vozu. Jako velký benefit tohoto Use Case vnímám podněcování řidičů k tvorbě záchranné uličky.

Silnou stránkou C-ITS je i variabilní možnost průjezdu křižovatkou z různých směrů, kdy tato technologie nepodléhá vizuálnímu kontaktu a potřebě umístění více komunikačních jednotek na infrastrukturu, podobně jak je tomu třeba u Opticomu.

Mezi další silné stránky bych zařadil informování účastníků dopravního provozu o situacích na silnicích před nimi, které obdrží dříve, než je mohou zpozorovat. Díky těmto zprávám mohou v mnoha případech na nastalé situace reagovat v čas. Neméně důležitou silnou stránku vnímám i to, že C-ITS lze využít pro různé odvětví, která souvisí s provozem na pozemních komunikacích (IZS, MHD, práce na silnici, záchranné práce a jiné).

8.5.2 Slabé stránky C-ITS

Mezi slabé stránky C-ITS bych zařadil horší detekování jedoucího vozidla IZS, kdy následné přijetí a zobrazení zprávy o jeho přítomnosti na displeji v osobním vozidle, které vyjíždí z vedlejší ulice v husté a vysoké zástavbě, bylo na poslední chvíli.

Při testování RSU pouze na jedné SSZ bylo zjištěno, že v případě husté dopravy ve směru jízdy vozidla IZS, nemusí být jeho směr rychle vyklizen, aby mohlo dojít k plynulému projetí ve vlastním směru jízdy. Mnohdy musí řidiči vozidel IZS operativně reagovat a přejíždět do protisměru. Toto může být vnímáno také jako slabší stránka C-ITS.

Z důvodu efektivnější informovanosti řidičů v provozu skrze technologii C-ITS, je nutné, aby byly OBU jednotky osazeny ve většině vozidel pohybujících se v provozu. V současné době tomu tak není a OBU jsou instalovány jen v rámci pilotních projektů nebo v některých typech vozů odvážnějších automobilek. Postupem času, pokud by došlo k implementaci OBU do většiny vozidel, by se tato slabá stránka mohla eliminovat či změnit ve stránku silnou.

9 NÁVRH ROZŠÍŘENÍ PRO IZS NA VYBRANÉM ÚSEKU

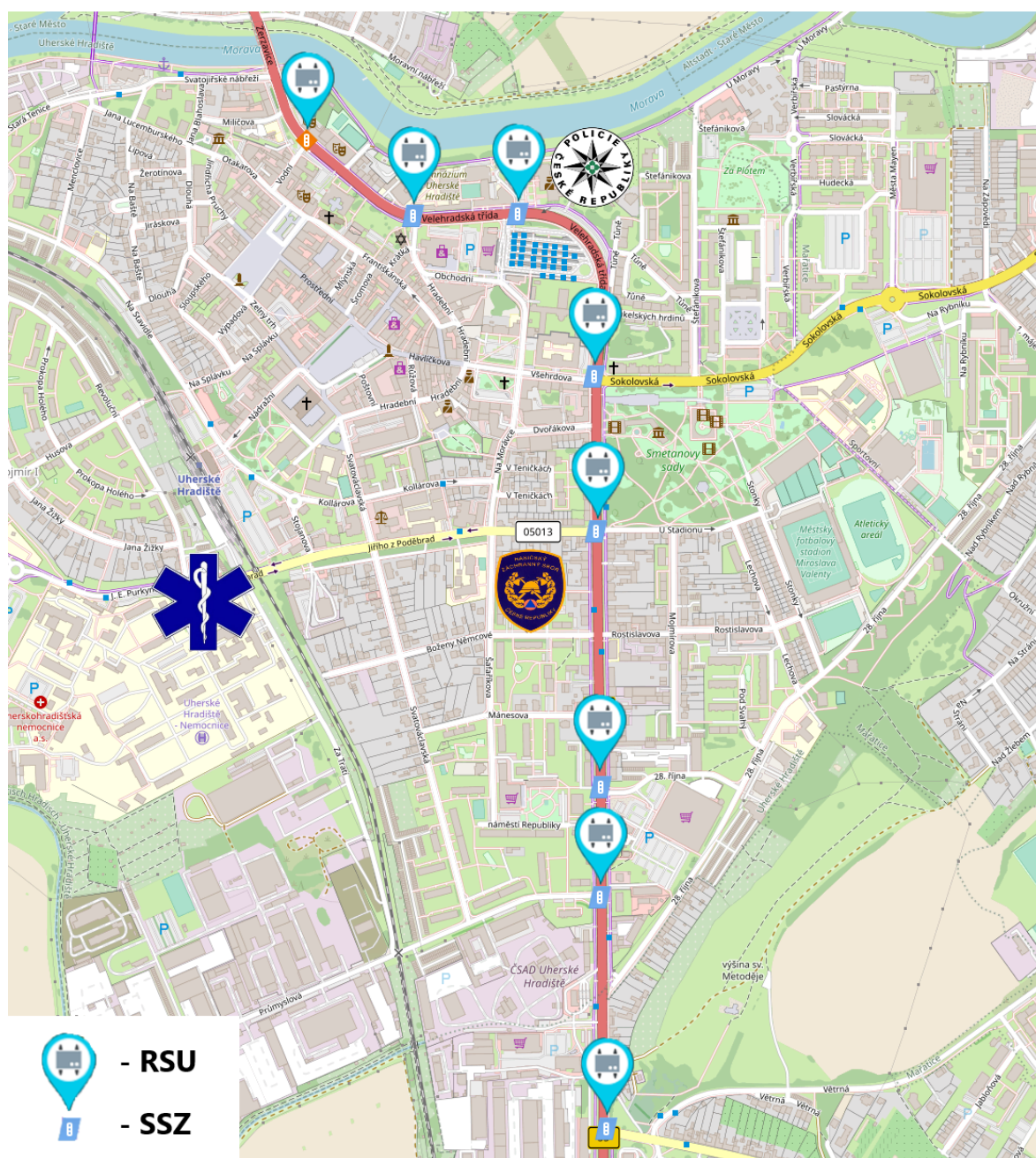
Rozšíření technologie C-ITS pro IZS jsem navrhl na úseku průtahu městem Uherské Hradiště od ul. Vodní po ul. Solná cesta. Na vybraném úseku se nachází osm SSZ, které řídí dopravu na vybrané silnici I/55. Všechna SSZ na tomto úseku spadají do správy města Uherské Hradiště a jsou v jejich majetku. Návrh je koncipován tak, aby byla případná implementace a správa RSU z majetkoprávního hlediska směřována k jednomu vlastníkovi.

Můj návrh vychází z toho, že v současné době nejsou všechna SSZ na uvedeném úseku pokryta technologií preference dopravy. Na některých SSZ jsou instalovány Opticom, které využívá pouze HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště. Tato technologie pokrývá jen dva směry, a to ty od stanice HZS ČR. Tím, že nejsou osazeny detektory technologie Opticom na všech SSZ, jsou na některých řízených křižovatkách odkázáni řidiči IZS na vlastní smysly.

Výměnou technologie a doplněním RSU na všechna SSZ by mohlo být docíleno pokrytí preference na všech řízených křižovatkách. Řidiči IZS by tak získali další podpůrný prvek k snazšímu projetí skrze řízené křižovatky. Druhý benefit by byl v tom, že složky IZS by mohly s pomocí technologie C-ITS vyžadovat při průjezdu křižovatkami preferenci z jakéhokoliv směru. Tím, že by se osadily RSU na veškerou infrastrukturu světelné signalizace, by mohlo docházet k předáváním zpráv i mezi RSU navzájem. Ostatní řidiči by mohli být informováni ještě dříve, než se jejich OBU spojí s OBU vozidla IZS napřímo. Dále by se tímto krokem mohl ošetřit případ vyklízení křižovatek před jedoucím vozidlem IZS, který se v pilotním testu s jednou RSU jednotkou projevil jako slabé místo, když byly detekční zóny definované do maximální vzdálenosti jen po následující řízenou křižovatku. Dopravní infrastruktura by tak mohla dostávat požadavek o preferenci od ostatních RSU ještě před tím, než by se s konkrétním RSU spojila OBU jednotka vozidla IZS.

Nespornou výhodu vidím pro vozidla HZS ČR, která jsou z celého vozového parku IZS největší a jejich manévrovatelnost v hustém provozu je náročnější. Jelikož jedou s objemnou nádrží plnou vody, nejsou mnohdy schopné zastavit na místě. Případně následné zrychlení při rozjezdech je pomalejší než u jiných menších vozidel. Tím pádem jakákoliv preference či vyklízení jejich směru nabízí řidičům těchto vozidel plynulost jízdy a snazší manévrovatelnost. Pro vozidla ZZS vnímám taktéž určitý benefit při použití technologie C-ITS. Jsou sice podstatně menší než vozidla HZS ČR, ale vozí lidské pacienty, kteří potřebují jistý komfort a plynulou jízdu. Tato složka IZS by určitě C-ITS využila

minimálně v obou směrech. Nejen od stanice k místu zásahu, ale i při jízdě směrem zpět k nemocnici. Vozidla PČR jsou sice nejmenší oproti ostatním základním složkám IZS a v provozu flexibilnější, ale i pro ně vnímám technologii C-ITS jako určitý benefit při jejich jízdách k zásahům. Jejich manévrovatelnost v provozu a na křižovatkách je lepší než například u vozidel HZS ČR. Přesto věřím, že by řidiči vozidel PČR uvítali, kdyby ostatní účastníci dopravního provozu na projíždějících křižovatkách dostali signál stůj, což by určitě zmenšilo riziko případné kolize.



Obrázek 55 Návrh umístění RSU na SSZ v Uherském Hradišti

(zdroj: upraveno ze SmartGuard společnosti Yunex Traffic)

Návrh implementace RSU na dopravní infrastrukturu města Uherské Hradiště koresponduje s aktuálním stavem SSZ na průtahu města. Pokud by došlo v budoucnu k rozšíření nebo vybudování nových řízených křižovatek či řízených přechodů na uvedeném úseku komunikace, bylo by potřeba rozšířit a doplnit RSU i na nově vzniklou infrastrukturu.

V rámci implementace na všechny základní složky IZS by bylo taktéž nutné vyřešit kolizní stavy v případě, že by do detekčních zón příslušné křižovatky najelo více vozidel IZS z různých směrů. Tato otázka je na budoucí jednání všech dotčených stran, které by definovaly své potřeby a priority. Z mého pohledu je největší prioritou lidský život. Z tohoto titulu by měl při kolizním stavu dostat preferenci vůz, který jede k záchraně člověka, oproti vozu, který jede zachraňovat například majetek nebo zvíře.

Pořízení konkrétní technologie C-ITS na navržený úsek a pro vozidla IZS, lze rozdělit na samostatné části. RSU jednotky na SSZ by musely být dodány od společnosti, která poskytuje zařízení kompatibilní s řadiči SSZ, aby byla zaručena plnohodnotnost všech C-ITS funkcí. Pořízení RSU by spadlo na majitele dopravní infrastruktury, což je město Uherské Hradiště. Pokud by byl zájem i o případné pořízení Back Office, muselo by náklady uhradit opět město. Naopak nákup a implementaci OBU jednotek do vozidel IZS by si mohly jednotlivé složky financovat z vlastních prostředků. Pořízení OBU by tak už nebylo přímo svázané s dopravní infrastrukturou a mohla by tak proběhnout poptávková či veřejná soutěž na pořízení technologie od společností, které dodávají OBU na český trh. Tím, že jsou pevně dány standardy a normy vycházející z platformy C-Roads, musí jakákoliv OBU komunikovat na definovaném standardu. Jednotlivé složky by tak mohly disponovat OBU od různých výrobců. Nabízí se i varianta jedné velké veřejné zakázky na kompletní dodávku C-ITS technologie pro všechny dotčené strany. Konečné řešení průběhu pořizování technologie C-ITS by bylo závislé na ochotě jednotlivých subjektů.

Provedl jsem průzkum trhu nabídky jednotlivých částí technologie, abych si udělal povědomí o cenové náročnosti případného rozšíření C-ITS na vybraném úseku a pro IZS. Oslovil jsem několik dodavatelů, zda by mi zpracovali cenovou kalkulaci na dodávku a provoz:

- 8 ks RSU jednotek na dopravní infrastrukturu,
- OBU jednotky za kus pro vozidla IZS a pro osobní vozidlo s displejem,
- Back Office (jednorázový poplatek nebo měsíční fixní poplatek).

Z pěti oslovených společností jedna vůbec nezareagovala. Druhá společnost poděkovala za poptávku a slíbila dodání kalkulace, ale ve finále jsem od nich nic neobdržel. Třetí společnost mi dokonce napsala o upřesnění požadavku a specifikace. Po doplnění požadovaných informací jsem taktéž žádnou konkrétní cenovou kalkulaci neobdržel. Čtvrtá společnost se omluvila, že by stejně nebyla schopna dodat RSU na dopravní infrastrukturu města. Od páté společnosti nemám konkrétní cenovou kalkulaci v rozsahu, jak jsem si původně představoval, ale podařilo se mi alespoň sjednat schůzku s obchodním zástupcem, který mě seznámil s jejich realizovanými projekty a rámcovými cenami.

Dodávku RSU jednotky si tato společnost hodnotila na cenu 50 000 až 100 000 Kč v závislosti na obsahu hardwaru a současně na konfiguraci dle požadavku zákazníka, kterými Use Case by měla RSU disponovat. Dalo by se říct, že jde o modulární cenotvorbu. Back Office nabízí zákazníkům ve dvou variantách. Při připojení do 50 kusů RSU jednotek na Back Office doporučují jako vhodnější cloudové řešení s fixním měsíčním poplatkem. Pokud by měl zákazník zájem o připojení více zařízení, vycházela by v takovém případě výhodněji již investice do Back Office. Konkrétní ceny za Back Office jsem ale nezískal. Z pohledu pořízení OBU jsme prošli tři různé projekty. HZS ČR v Třebíči pořizoval jednu OBU s dvouletou licencí za cenu 84 700 Kč. Při pořízení 40 kusů OBU pro IZS zaplatili v Ústí nad Labem v jednotkových cenách za hardware 59 290 Kč a za montáž 9 922 Kč. Do Hradce Králové dodali OBU pro 8 vozidel za cenu 621 141 Kč, což jednotkově vychází na částku 77 642 Kč.

Při přípravě pilotního projektu v Uherském Hradišti jsem se ještě dotazoval zástupce společnosti Intens na orientační ceny OBU, které byly zapůjčeny na testování. Dle jeho sdělení je cena jedné OBU jednotky závislá na celkovém počtu dodaných kusů, ale jednotkově se může pohybovat kolem 65 000 Kč.

Ze získaných informací se dá reálně posoudit jen pořízení OBU jednotek, jejichž cena se pohybuje v rozmezí od cca 65 000 až 85 000 Kč. Konečná cena za jeden kus bude vždy závislá na celkovém pořízeném množství, kdy při větší dodávce může být finální cena výhodnější než při koupi několika málo kusů.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo popsat technologii kooperativních systémů pro oblast IZS, provést srovnání nabízených variant na trhu, analyzovat a vyhodnotit stav nasazení kooperativních technologií v ČR, seznámit se s technologií v reálném provozu, vytipovat její silná a slabá místa a navrhnout optimalizaci technologie pro IZS.

V teoretické části byl definován a charakterizován pojem kooperativní inteligentní dopravní systémy, který spočívá v oboustranné komunikaci mezi dopravními prostředky a dopravní infrastrukturou, jenž vychází z evropské platformy C-Roads, mající za cíl harmonizovat postupy v nasazování technologie C-ITS. Byly definovány jednotlivé komunikace mezi vozidly, dopravní infrastrukturou či člověkem. Nedílnou součástí této části byl i popis architektury celého systému.

Dalším dílem teoretické části bylo i vymezení působnosti C-ITS v ČR, kterou primárně zastřešuje MD a ŘSD. Evropská úroveň C-Roads zahrnuje jak základní členy, kteří aktivně spolupracují na projektu, tak i přidružené členy, kteří jsou součástí platformy, ale nemají právo rozhodovací. Dvě následné kapitoly pak obsahovaly popis IZS spolu s jinými účastníky dopravního provozu, jako je MHD, osobní doprava, ostatní dopravní prostředky, chodci a cyklisté, kteří jsou přímo spjati s popisovanou technologií. Závěr teoretické části patřil standardům a normám iniciativy C-Roads, které určují jednotný rámec při vývoji, implementaci a provozu technologie C-ITS.

Začátek praktické části byl zaměřen na telemetrii technologie C-ITS. Byl popsán standard OCIT, který je koncipován na interoperabilitu v rámci inteligentních dopravních systémů. Dále byly rozebrány komunikační kanály, díky kterým si jednotlivé zařízení technologie C-ITS předávají data mezi sebou. Do této skupiny patří primárně ITS-5G s vyhraněným pásmem v rozsahu 5 875 - 5 905 MHz, jenž je stanoven Evropskou komisí. Dalšími nezbytnými kanály pro správnou funkci jsou LTE, Bluetooth, Wi-Fi a GNSS. Následovala podkapitola popisující přenášené zprávy mezi zařízeními C-ITS, obsahující informace o stavu vozidel, stavu dopravní infrastruktury, povětrnostních vlivech, geometrických datech dopravní infrastruktury, požadavcích na preferenci či varování o nebezpečí na silnicích. Pro zvyšování bezpečnosti silničního provozu byly definované Use Case, neboli postupy a scénáře jak systém reaguje na různé situace. Může jít o varování před dopravní nehodou, blížícím se vozidlem IZS či místem zásahu IZS, pracemi na silnici, informacích o stavu SSZ nebo o jiných stavech na pozemních komunikacích.

Pozornost byla věnována i komunikačním protokolům a zabezpečení systému. Pro harmonizované předávání dopravních dat mezi jednotlivými stanicemi C-ITS byl vyvinut a je využíván standard DATEX II. Dalším protokolem je DSRC, který je využíván pro podporu komunikace C-ITS na krátké dosahy s nízkou latencí a vysokou spolehlivostí. Na síťové a transportní vrstvě pak pracuje Basic Transport Protocol, který má jednoduchou konstrukci, což je požadováno v dynamickém prostředí vozidel. Pro zabezpečení celé komunikace je využíváno certifikátů od certifikačních autorit, kdy registrace a přidělování práv podléhá PKI na národní úrovni. Kybernetické operace, jako je hashování, generování klíčů, šifrování a dešifrování dat, jsou zajištěny pomocí HSM.

V další části byl proveden průzkum trhu s nabízenou technologií C-ITS, která byla navzájem porovnána z hlediska technických parametrů. U RSU jednotek vyšly dvě ze šesti hodnocených jako nejlépe technicky vybavené. Přesto ostatní RSU jednotky nelze úplně diskvalifikovat, jelikož všechny splňovaly standardy C-Roads. Jedním ze zásadních hledisek při implementaci RSU je doporučení výrobce dané infrastruktury, aby bylo pro zajištění všech funkcionalit a plné kompatibility použito RSU z portfolia od stejného výrobce. I OBU jednotky od šesti vybraných výrobců byly podrobeny porovnání. Zde bylo taktéž dospěno k závěru, že všechny splňují požadavky C-Roads a jsou tedy vhodné pro nasazení do provozu. Přesto dvě zařízení technicky převyšovaly ostatní hodnocené OBU. Zajímavostí je, že ani v jednom případě u dvou nejlépe vybavených RSU a OBU, nebyli výrobci totožní.

Pro analýzu současného stavu nasazení C-ITS v ČR bylo využito dotazníkového šetření směřující na základní složky IZS s otázkami o jejich lokaci, vozovém parku, povědomí o technologii C-ITS a vnímání uvedené technologie v praxi. Pro získání co nejvíce dat byli osloveni respondenti všech základních složek IZS na úrovni krajů. Největší podíl odpovědí došlo od HZS ČR. Z hodnocení výsledků šetření bylo zřejmé, co jsem předpokládal, že technologie C-ITS je zatím mladá a povědomí není rozšířeno. Respondenti, kteří se již s technologií setkali, vnímali její potenciál při rozšiřování do více vozidel.

Abych se seznámil s technologií C-ITS v reálném provozu, využil jsem možnosti zúčastnit se pilotního nasazení C-ITS v Uherském Hradišti. Díky tomu jsem získal hlubší znalosti o této technologii a detailnější zkušenosti při různých situacích. Do projektu byly zapojeny společnosti Yunex Traffic a Intens, které dodali RSU a OBU jednotky. HZS ČR a město Uherské Hradiště společně prováděli testování technologie. Zapůjčené zařízení bylo podrobeno scénářům, které jsem vytvořil pro ověření funkčnosti. Jednotlivé scénáře simulovaly různé situace při výjezdech vozidla IZS přes průtah městem a testované SSZ.

Prakticky všechny scénáře vyšly dle předpokladu, jen u jednoho byla detekce vozidla IZS až na poslední chvíli. Bylo to způsobeno testováním v husté a vysoké městské zástavbě. Během testování HZS ČR upozornil na důležitou skutečnost, že jedna z definovaných zón, které byly nastaveny na začátku testování, byla při hustém dopravním provozu krátká, čímž nemohlo dojít k vyklizení směru jízdy vozidla HZS ČR, než přijelo k dané SSZ. Tento stav byl vyřešen prodloužením detekční zóny.

Pro objektivní hodnocení preference IZS na řízení křižovatce byly zvoleny referenční úseky, na kterých byly sejmuty časy vozidlem HZS ČR s technologiemi Opticom a C-ITS. HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště mi poskytl získaná data, a ta byla následně z mé strany podrobena komparaci. Z hodnocených dat bylo zřejmé, že i když je každá jízda vozidla k zásahu individuální a má na ni vliv několik faktorů, tak při použití technologie C-ITS s upravenou detekční zónou byly v průměru průjezdy přes SSZ efektivnější.

Nad rámec pilotu v Uherském Hradišti byla z mé strany otestována OBU na dálnici v Jihomoravském kraji, kde tato technologie je již nasazená. Informace o událostech na silnici byly distribuovány a zobrazovány v poměrně dostatečném předstihu, než jsem se s nimi vizuálně setkal. Zde taktéž technologie zafungovala tak, jak je výrobcem garantována.

Mezi silné stránky C-ITS byly zařazeny důraz na bezpečnost všech účastníků silničního provozu, informování okolních vozidel o přítomnosti vozidla IZS a informování účastníků dopravního provozu o situacích, které vizuálně ještě nevidí. Naopak mezi slabé stránky byly zařazeny pozdní detekce vozidla IZS v husté a vysoké městské zástavbě nebo pomalé vyklizení jízdního směru před vozidlem IZS při krátké detekční zóně.

V rámci práce bylo navrženo rozšíření RSU na všechny SSZ na průtahu města Uherské Hradiště, čímž by mohlo být docíleno většího bezpečí ostatních účastníků dopravního provozu při průjezdu základních složek IZS jakýmkoliv směrem přes SSZ. Nezbytnou podmínkou by byla implementace OBU jednotek do vozidel jednotlivých složek IZS, sídlících ve městě Uherské Hradiště.

Přesto, že se spoléhá každý řidič IZS při jízdě k zásahu primárně na své smysly a zkušenosti, tak jakákoliv nová podpůrná technologie mu může poskytnout další element v rozhodování, jakou zvolí trasu jízdy, aby co nejrychleji přijel do místa zásahu a neohrozil přitom ostatní účastníky dopravního provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Co je to C-ITS?* Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/uvod-do-c-its#zalozka-vtwi-titulek-1>. [cit. 2024-09-28].
- [2] *Kooperativní inteligentní dopravní systémy*. Online. Standardland.cz. 2018. Dostupné z: <https://www.standardland.cz/kooperativni-inteligentni-dopravni-systemy/i35?appgroups=18&sources=30>. [cit. 2024-09-28].
- [3] MENG, Lu. *Cooperative Intelligent Transport Systems: Towards High-Level Automated Driving*. Institution of Engineering and Technology (The IET), 2019. ISBN 978-1-83953-012-8.
- [4] *European Corridor – Austrian Testbed for Cooperative Systems*. Online. C-its-deployment-group.eu. 2023. Dostupné z: <https://c-its-deployment-group.eu/knowledge-base/publications/eco-at/>. [cit. 2024-09-28].
- [5] *C-ITS Roadmap*. Online. C-roads.eu. 2024. Dostupné z: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-ROADS_C-ITS_Roadmap_v1.0.pdf. [cit. 2024-09-28].
- [6] *C-Roads & C2C CC: C-ITS & CCAM – The data layer for sharing experiences in validation*. Online. C-roads.eu. 2023. Dostupné z: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-ROADSC2C_CC_C-ITS_and_CCAM_Data_paper_final.pdf. [cit. 2024-10-11].
- [7] *Ecosystem for fully operational C-ITS service delivery*. Online. C-roads.eu. 2022. Dostupné z: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_operations_v0.91.pdf. [cit. 2024-10-11].
- [8] *Co je technologie V2X*. Online. V2x-priority.com. Dostupné z: <https://www.v2x-priority.com/v2x/>. [cit. 2024-09-28].
- [9] *Types of V2X (V2V, V2P, V2N, and V2I)*. Online. Researchgate.net. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Types-of-V2X-V2V-V2P-V2N-and-V2I_fig4_353471500. [cit. 2024-09-28].
- [10] *Typy C-ITS systémů*. Online. Its-knihovna.cz. Dostupné z: <https://www.its-knihovna.cz/cz/knihovna/projekty/archiv-projektu/c-roads/systemy-c-its/typy-c-its-systemu>. [cit. 2024-09-28].

- [11] *Vehicle-to-vehicle (V2V) communication*. Online. My.avnet.com. 2024. Dostupné z: <https://my.avnet.com/abacus/solutions/markets/automotive-and-transportation/automotive/communications-and-connectivity/v2v-communication/>. [cit. 2024-10-11].
- [12] *Posouzení zabezpečení výměny důvěrných informací: Trusted Information Security Assessment Exchange - TISAX*. Online. Csq.cz. 2021. Dostupné z: <https://www.csq.cz/infocentrum/odborne-clanky/detail/posouzeni-zabezpeceni-vymeny-duvernych-informaci-trusted-information-security-assessment-exchange-tisax>. [cit. 2024-10-13].
- [13] SVÍTEK, Miroslav a POSTRÁNECKÝ, Michal. *Města budoucnosti*. Praha: NADATUR, spol., 2018. ISBN 978-80-7270-058-5.
- [14] AMINI, M. Hadi a SHAFIE-KHAH, Miadreza. *Cyberphysical Smart Cities Infrastructures Optimal Operation and Intelligent Decision Making*. Online. John Wiley, 2022. ISBN 9781119748328. [cit. 2024-10-12].
- [15] *Popis ekosystému C-ITS*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/uvod-do-c-its#zalozka-vtwi-titulek-3>. [cit. 2024-09-28].
- [16] *Podmínky spolupráce při provozu systému Centrálních prvků C-ITS: VYMEZENÍ POJMŮ*. Online. 4.0 C-its.cz, 2024. Dostupné také z: https://www.c-its.cz/documents/d/c-its-new/centralni-prvky-c-its_podminky-o-spolupraci_v4-0 [cit. 2024-10-11].
- [17] *Centrální prvky C-ITS*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/centraln%C3%AD-prvky#zalozka-dtbg-titulek-1>. [cit. 2024-10-12].
- [18] *Technologie C-ITS*. Online. Its-knihovna.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.its-knihovna.cz/cz/knihovna/projekty/archiv-projektu/c-roads/systemy-c-its/technologie-c-its>. [cit. 2024-10-12].
- [19] *Dopravní politika České republiky pro období 2021 – 2027 s výhledem do roku 2050*. Online. Ministerstvo dopravy České republiky, 2021. Dostupné z: https://md.gov.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-a-MFDI/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled/Dopravni_Politika_CR_CZ.pdf.aspx. [cit. 2024-10-26].

- [20] *Strategie rozvoje inteligentních dopravních systémů 2021 - 2027 s výhledem do roku 2050*. Online. Ministerstvo dopravy České republiky, 2021. Dostupné z: https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/strategie-rozvoje-its-2021_27.pdf. [cit. 2024-10-26].
- [21] *ŘSD rozvíjí kooperativní dopravní systém*. Online. Rsd.cz. 2024. Dostupné z: <https://rsd.cz/-/%C5%98sd-rozv%C3%ADj%C3%AD-kooperativn%C3%AD-dopravn%C3%AD-syst%C3%A9m>. [cit. 2024-10-26].
- [22] *Rozvoj na pozemních komunikačních sítích TEN-T v ČR*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/uvod-do-c-its#zalozka-vtwi-titulek-4>. [cit. 2024-10-26].
- [23] *Oblast silniční dopravy a inteligentních dopravních systémů (O44)*. Online. Cdv.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/oblast-44/>. [cit. 2024-10-26].
- [24] *The C-Roads Platform An overview of harmonised C-ITS deployment in Europe*. Online. Vienna: AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepoltische Maßnahmen, 2021. Dostupné z: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Brochure_2021_final_2.pdf. [cit. 2024-10-26].
- [25] *Cooperative, connected and automated mobility (CCAM)*. Online. Transport.ec.europa.eu. 2024. Dostupné z: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/smart-mobility/cooperative-connected-and-automated-mobility-ccam_en. [cit. 2024-10-26].
- [26] *Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2000. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239/zneni-20240101>. [cit. 2024-11-01].
- [27] HANUŠKA, Zdeněk; ADAMEC, Vilém; ŠENOVSKÝ, Michail a BREJZOVÁ, Iva. *Integrovaný záchranný systém*. 2. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství: SPBI Spektrum, 2022. ISBN 978-80-7385-262-7.
- [28] SADÍLEK, Zdeněk; PÁLKOVÁ, Barbora a KALAMÁR, Štěpán. *Krizové řízení a Integrovaný záchranný systém*. VŠFS. Praha: EDUCOpress, 2019. ISBN 978-80-7408-192-7.

- [29] *Zákon č. 320/2015 Sb. Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru)*. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2015. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320>. [cit. 2024-11-01].
- [30] *Zákon č. 133/1985 Sb. Zákon České národní rady o požární ochraně*. Online. In: *Zákony pro lidi*. 1985. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>. [cit. 2024-11-01].
- [31] *Zákon č. 374/2011 Sb. Zákon o zdravotnické záchranné službě*. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2011. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-374>. [cit. 2024-11-01].
- [32] *Zákon č. 273/2008 Sb. Zákon o Policii České republiky*. Online. In: *Zákony pro lidi*. 2008. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273>. [cit. 2024-11-01].
- [33] *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility*. Online. In: *Eur-lex.europa.eu*. 2016. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016DC0766>. [cit. 2024-11-01].
- [34] *THE 2020 VW GOLF 8 COULD MAKE SMART CARS MASS-MARKET Read More:* <https://www.slashgear.com/2020-volkswagen-golf-8-car2x-v2v-smart-cars-mass-market-25597350/>. Online. *Www.slashgear.com*. 2019. Dostupné z: <https://www.slashgear.com/2020-volkswagen-golf-8-car2x-v2v-smart-cars-mass-market-25597350/>. [cit. 2024-11-01].
- [35] *Volkswagen Safety Technology Rewarded by Euro NCAP*. Online. *Euroncap.newsmarket.com*. 2020. Dostupné z: <https://euroncap.newsmarket.com/latest-release/all/volkswagen-safety-technology-rewarded-by-euro-ncap/s/1032c0aa-dbd2-4634-a717-94a42e09587a>. [cit. 2024-11-01].
- [36] *Car2X: Wie die Technik Unfälle verhindert*. Online. *Adac.de*. 2024. Dostupné z: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/assistenzsyste/me/car2x/>. [cit. 2024-11-01].
- [37] *RÁMCOVÁ DOHODA: STC kraj - oblast SEVEROVÝCHOD - výspravy AHV 2022*. Online. In: *Smlouvy.gov.cz*. 2023. Dostupné

- z: <https://smlouvy.gov.cz/smlouva/soubor/37701656/04PU-001348%20ANON%20LK.pdf?backlink=lizbb>. [cit. 2024-11-05].
- [38] PRAGUE LABS. *C-Roads*. Online. In: Play.google.com. 2020. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.croads.android&hl=cs&pli=1>. [cit. 2024-11-06].
- [39] OLŠANSKÝ, Jakub. O2 pokračuje s projektem C-Roads a představuje samostatnou mobilní aplikaci pro vzájemnou komunikaci automobilů. Online. *Modrý blok O2*. 2021. Dostupné z: <https://blog.o2.cz/2021/03/26/o2-pokracuje-projektem-c-roads-predstavuje-samostatnou-mobilni-aplikaci-vzajemnou-komunikaci-automobilu/>. [cit. 2024-11-06].
- [40] O2 pokračuje s projektem C-Roads. Online. In: Oldtimermagazin.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.oldtimermagazin.cz/obrazky/aktuality/2021-03-31-o2-pokracuje-s-projektem-c-roads/foto#prettyPhoto>. [cit. 2024-11-06].
- [41] C-ITS Pilot Participant Platform. Online. Cits.tii.ie. 2024. Dostupné z: <https://cits.tii.ie/PilotInformation/Home>. [cit. 2024-11-06].
- [42] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE. *Coopits*. Online. In: Play.google.com. 2023. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.gouv.developpementdurable.coopits&hl=cs>. [cit. 2024-11-06].
- [43] *Závazné normy, standardy a specifikace v oblasti C-ITS*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/harmoniza%C4%8Dn%C3%AD-dokumenty#zalozka-avna-titulek-3>. [cit. 2024-11-06].
- [44] FESTAG, Andreas. Standards for vehicular communication – from IEEE 802.11p to 5G. Online. In: *Elektrotechnik & Informationstechnik*. 7. Springer, 8/2015, s. 416. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00502-015-0343-0>. [cit. 2024-11-06].
- [45] *Telemetry communications*. Online. In: Britannica.com. 2024, 16.10.2024. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/Internet-of-Things>. [cit. 2024-11-09].
- [46] *Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems: OCIT Outstations Introduction to the System*. Online. In: OCIT DEVELOPER GROUP (ODG). Ocit.org. 2018. Dostupné z: https://www.ocit.org/media/ocit-itothesystem_v3_0_d03.pdf. [cit. 2024-11-09].

- [47] *New Features of OCIT-O Car and OCIT-O V3.0*. Online. In: OCIT DEVELOPER GROUP (ODG). Ocit.org. 2024. Dostupné z: https://www.ocit.org/media/ocit-o_v3.0_prospekt_en.pdf. [cit. 2024-11-09].
- [48] YARALI, Abdulrahman. *Intelligent Connectivity: AI, IoT, and 5G*. Online. Hoboken, NJ, USA : Wiley: John Wiley, 2022. ISBN 9781119685180. Dostupné z: <https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/book/10.1002/9781119685265>. [cit. 2024-11-09].
- [49] *Radio frequencies designated for enhanced road safety in Europe - C-Roads position on the usage of the 5.9 GHz band*. Online. In: C-roads.eu. 2017. Dostupné z: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Position_paper_on_59GHz_final.pdf. [cit. 2024-11-09].
- [50] CROLLA, David; FOSTER, David E.; KOBAYASHI, Toshio a VAUGHAN, Nicholas. *Encyclopedia of Automotive Engineering*. Online. John Wiley, 2014. ISBN 9780470974025. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118354179>. [cit. 2024-11-15].
- [51] THOMAS, Kévin; FOUCHAL, Hacène; CORMIER, Stéphane a ROUSSEAU, Francis. *C-ITS Communications based on BLE Messages*. Online. Ieeexplore.ieee.org. 2021. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9322076>. [cit. 2024-11-15].
- [52] COPPENS, Dieter; SHAHID, Adnan; LEMEY, Sam; HERBRUGGEN, Ben Van; MARSHALL, Chris et al. *An Overview of UWB Standards and Organizations (IEEE 802.15.4, FiRa, Apple): Interoperability Aspects and Future Research Directions*. Online. Ieeexplore.ieee.org. 2022. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9810941>. [cit. 2024-11-15].
- [53] *Getting Back to Basics with Ultra-Wideband (UWB)*. Online. In: Qorvo.com. 2021. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.qorvo.com%2Fresources%2Fd%2Fqorvo-getting-back-to-basics-with-ultra-wideband-uwbb-white-paper&psig=AOvVaw0urD4Wy6OWF98Caj0M9imx&ust=1731770782538000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQ3YkBahcKEwjwq_CH096JAxUAAAAAHQAAAAQBA. [cit. 2024-11-15].

- [54] *Narrowband – Internet of Things (NB-IoT)*. Online. In: Gsma.com. 2024. Dostupné z: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/internet-of-things/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>. [cit. 2024-11-21].
- [55] SANTA, Jose; BERNAL-ESCOBEDO, Luis a SANCHEZ-IBORRA, Ramon. On-board unit to connect personal mobility vehicles to the IoT. Online. In: *Procedia Computer Science*. 175. The 17th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC) August 9-12, 2020, Leuven, Belgium: Elsevier, 2020, s. 173-180. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.027>. [cit. 2024-11-21].
- [56] Bauernfeind, R., Dötterböck, D., Gkougkas, E., Eissfeller, B., "Cooperative GNSS Signal Processing Algorithms for Intelligent Transport Systems," *Proceedings of the 26th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2013)*, Nashville, TN, September 2013, pp. 645-655.
- [57] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. ETSI EN 302 637-2, *Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service*. FRANCE, 2014. [cit. 2024-11-22].
- [58] MENDIBOURE, léo. *Cooperative Intelligent Transport Systems Control and Management*. Online. John Wiley, 2024. ISBN 978-1-78945-180-1. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=T-cnEQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>. [cit. 2024-11-22]. [cit. 2024-11-22].
- [59] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. ETSI EN 302 637-3, *Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service*. V1.3.1. FRANCE, 2019. [cit. 2024-11-22].
- [60] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. ETSI TS 103 301, *Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services*. FRANCE, 2020. [cit. 2024-11-22].
- [61] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. ETSI TS 103 324, *Intelligent Transport System (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of*

Applications; Collective Perception Service; Release 2. 2.1.1. FRANCE, 2023. [cit. 2024-11-22].

- [62] *Use Case katalog*. Online. In: Its-knihovna.cz. 12/2021. Dostupné z: https://www.its-knihovna.cz/CDV/media/ITS-Knihovna/Projekty%20a%20studie/C_ROADS/Technick%c3%a9%20normy%20a%20standardy/C-Roads-CZ-Use-Case-katalog-v2-0.pdf. [cit. 2024-11-29].
- [63] *Soubor C-ITS služeb #1 – Varování před nebezpečnou lokalitou*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-1>. [cit. 2024-11-29].
- [64] *Soubor C-ITS služeb #2 - Varování před pracemi na silnici*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-2>. [cit. 2024-11-29].
- [65] *Soubor C-ITS služeb #3 – Přenos dopravních symbolů a textových zpráv*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-3>. [cit. 2024-11-29].
- [66] *Soubor C-ITS služeb #4 – Služby spojené s IZS*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-4>. [cit. 2024-11-29].
- [67] *Soubor C-ITS služeb #5 – Sběr dopravních dat*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-5>. [cit. 2024-11-29].
- [68] *Soubor C-ITS služeb #6 – Varování před prudkým bržděním*. Online. C-its.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.c-its.cz/use-casy-c-its#zalozka-wsqt-titulek-6>. [cit. 2024-11-29].
- [69] *European harmonisation of C-ITS taken to the next level*. Online. In: C-roads.eu. 2019. Dostupné z: <https://www.c-roads.eu/platform/about/news/News/entry/show/european-harmonisation-of-c-its-taken-to-the-next-level.html>. [cit. 2024-12-06].
- [70] *User Guide - General DATEX II guideline*. Online. Datex2.eu. 2024. Dostupné z: <https://docs.datex2.eu/user-guide/#what-is-datex-ii>. [cit. 2024-12-06].
- [71] *Overview of the exchanged data*. Online. Datex2.eu. 2024. Dostupné z: <https://docs.datex2.eu/user-guide/Exchangeddata/>. [cit. 2024-12-06].

- [72] *Dedicated Short Range Communications (DSRC) Service*. Online. Fcc.gov. 2022. Dostupné z: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/dedicated-short-range-communications-dsrc-service>. [cit. 2024-12-06].
- [73] *FCC ALLOCATES SPECTRUM IN 5.9 GHz RANGE FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS USES*. Online. Fcc.gov. 1999. Dostupné z: https://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/News_Releases/1999/nret9006.html. [cit. 2024-12-06].
- [74] *EN 12834 - Vyhrazené spojení krátkého dosahu (DSRC) – Aplikační vrstva*. Online. In: Standardland.cz. 2008. Dostupné z: <https://www.standardland.cz/en-12834/t117>. [cit. 2024-12-06].
- [75] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. *ETSI EN 302 663, Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band*. V1.2.0. FRANCE, 2012. [cit. 2024-12-06].
- [76] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. *ETSI TS 102 916-2, Intelligent Transport Systems (ITS); Test specifications for the methods to ensure coexistence of Cooperative ITS G5 with RTTT DSRC; Part 2: Test Suite Structure and Test Purposes (TSS&TP)*. V1.1.1. FRANCE, 2012. [cit. 2024-12-06].
- [77] INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*. In: . Deering & Hinden, 2017, s. 41. ISSN 2070-1721. [cit. 2024-12-15].
- [78] N. Varga, L. Bokor and H. -J. Fischer, "LDM-based dynamic network discovery and selection for IPv6 mobility management optimization in C-ITS environments," *2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, Budapest, Hungary, 2015, pp. 483-490, doi: 10.1109/MTITS.2015.7223298. [cit. 2024-12-15].
- [79] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. *Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol*. V2.2.1. FRANCE, 2019.
- [80] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. *Intelligent Transport Systems (ITS); GeoNetworking; Port Numbers for the Basic Transport Protocol (BTP)*. V1.2.1. FRANCE, 2019.

- [81] EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. *Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol*. V1.1.1. FRANCE, 2011.
- [82] MULDER, Valentin; MERMOUD, Alain; LENDERS, Vincent a TELLENBACH, Bernhard. *Editors Trends in Data Protection and Encryption Technologies*. Springer, 2023. ISBN 978-3-031-33385-9. [cit. 2025-01-16].
- [83] Infineon launches SLS37 V2X Hardware Security Module to safeguard vehicle to everything communication. Online. In: Infineon.com. 2021. Dostupné z: <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/market-news/2021/INFCSS202110-005.html>. [cit. 2025-01-16].
- [84] Roadside Unit 2X – RSU2X. Online. In: YUNEX TRAFFIC. Yunextraffic.com. 2023. Dostupné z: https://www.yunextraffic.com/de/wp-content/uploads/sites/8/2023/06/Yunex-Traffic_RSU2X_EN.pdf. [cit. 2025-01-18].
- [85] Roadside Unit Handbook General Handbook for the V2X RSU: General Handbook for the V2X RSU. Online. In: Yunextraffic.com. 2023. Dostupné z: https://uk.yunextraffic.com/wp-content/uploads/sites/3/2023/12/V2X-RSU-General-Handbook-667_HB_57100_000.pdf. [cit. 2025-01-18].
- [86] Samostatná jednotka RSU. Online. In: Herman.cz. 2025. Dostupné z: <https://www.herman.cz/cs/samostatne-rsu#1-5>. [cit. 2025-01-17].
- [87] Jednotka RSU v rozvaděči. Online. In: Herman.cz. 2025. Dostupné z: <https://www.herman.cz/cs/rsu-v-rozvadeci>. [cit. 2025-01-18].
- [88] C-ITS / V2X Ready Hardware: SWARCO V2X Standalone Road Side Unit (RSU). Online. In: Swarco.com. 2024. Dostupné z: <https://www.swarco.com/solutions/connected-driving/c-its-ready-hardware>. [cit. 2025-01-18].
- [89] SWARCO Debuts C-V2X Roadside Unit Solution for CONCORDA Amsterdam. Online. Swarco.com. 2024. Dostupné z: <https://www.swarco.com/stories/swarco-debuts-c-v2x-roadside-unit-solution-concorda-amsterdam>. [cit. 2025-01-18].
- [90] MK6 RSU. Online. In: <https://www.cohdawireless.com/>. 2025. Dostupné z: https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2024/12/CW_DL_Product-Brief-sheet-MK6-RSU.pdf. [cit. 2025-01-18].

- [91] *Kapsch RIS-9360: V2X Roadside ITS Station*. Online. In: Kapsch.net. 2025. Dostupné z: https://www.kapsch.net/_Resources/Persistent/b60658fe131d82fe20c5389cdc2f6425064f4a88/KTC-CVS_RIS-9360_DataSheet.pdf. [cit. 2025-01-20].
- [92] *High performance V2X enabled roadside unit with edge computing*. Online. In: Commsignia.com. 2023. Dostupné z: <https://www.commsignia.com/products/rsu/>. [cit. 2025-01-20].
- [93] *Onboard Unit 2X: Digitalization of public transport and emergency vehicles*. Online. In: Yunextraffic.com. 2023. Dostupné z: https://www.yunextraffic.com/wp-content/uploads/2023/05/Yunex-Traffic_OBU2X_EN.pdf. [cit. 2025-01-20].
- [94] *OBU pro montáž do vozu*. Online. In: Herman.cz. 2025. Dostupné z: <https://www.herman.cz/cs/obu-v-krabice>. [cit. 2025-01-20].
- [95] *Vozidlová jednotka a jednotka na infrastrukturu*. Online. In: Intiq.cz. 2025. Dostupné z: <https://www.intiq.cz/c-its>. [cit. 2025-01-20].
- [96] *MK6 OBU*. Online. In: Cohdawireless.com. 2025. Dostupné z: https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2022/09/CW_Product-Brief-sheet-MK6-OBU.pdf. [cit. 2025-01-20].
- [97] *Kapsch CBX-9360: V2X Onboard Communication Unit*. Online. In: Kapsch.net. 2020. Dostupné z: https://www.kapsch.net/_Resources/Persistent/5fbc07522954d00520f9691ef63ff54efe7b96e8/KTC-CVS_CBX-9360_DataSheet.pdf. [cit. 2025-01-20].
- [98] *Powerful V2X Onboard Unit*. Online. In: Commsignia.com. 2025. Dostupné z: <https://www.commsignia.com/products/obu/>. [cit. 2025-01-20].
- [99] *C-ITS Back-office Anbos*. Online. In: Herman.cz. 2025. Dostupné z: <https://www.herman.cz/cs/anbos-cz>. [cit. 2025-01-24].
- [100] *Kapsch CMCC: Connected Mobility Control Center*. Online. In: Kapsch.net. 2020. Dostupné z: https://www.kapsch.net/_Resources/Persistent/5bbad8ebdfc265d9126046fca1c1d34b14fee433/KTC-CVS_CMCC_DataSheet.pdf. [cit. 2025-01-24].
- [101] *Commsignia Central Device & Data Manager Platform*. Online. In: Commsignia.com. 2025. Dostupné z: <https://www.commsignia.com/products/commsignia-central/>. [cit. 2025-01-24].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Blokové schéma C-ITS.....	15
Obrázek 2 Časová osa implementace C-Roads.....	16
Obrázek 3 Typy propojení komunikace V2X.....	18
Obrázek 4 Výměna dat mezi vozidly pomocí V2V komunikace.....	19
Obrázek 5 Architektura C-ITS.....	21
Obrázek 6 Stávající rozsah a plánovaný rozvoj C-ITS na silniční a dálniční síti v ČR.....	26
Obrázek 7 Rozdělení členů platformy C-Roads	28
Obrázek 8 Komunikační systém car-to-x společnosti Volkswagen.....	34
Obrázek 9 Základní schéma datové výměny kooperativního a fleetového systému	35
Obrázek 10 Mobilní aplikace C-Roads.....	37
Obrázek 11 Základní standardy a normy C-ITS	38
Obrázek 12 Propojení OCIT-O V3.0 s RSU.....	42
Obrázek 13 Rozdělení frekvenčních pásem pro služby C-ITS	43
Obrázek 14 Porovnání frekvenčních rozsahů UWB s ostatními komunikačními sítěmi.....	44
Obrázek 15 Celková architektura řešení pro osobní mobilní zařízení s NB-IoT.....	45
Obrázek 16 Schéma služby „Varování před nebezpečnou lokalitou“	53
Obrázek 17 Schéma služby „Varování před místem zásahu IZS“	55
Obrázek 18 Schéma služby „Preference vybraných vozidel na SSZ - IZS“	57
Obrázek 19 Schéma protokolu BTP.....	61
Obrázek 20 Hardwarový bezpečnostní modul SLS37 V2X	62
Obrázek 21 RSU 2X Yunex Traffic.....	63
Obrázek 22 Pozice interních antén RSU 2X Yunex Traffic	64
Obrázek 23 RSU Herman	64
Obrázek 24 RSU Swarco	65
Obrázek 25 RSU MK6 Cohda Wireless	65
Obrázek 26 RSU RIS-9360 Kapsch.....	66
Obrázek 27 RSU ITS-RS4 Commsignia.....	66
Obrázek 28 OBU 2X Yunex Traffic	68
Obrázek 29 OBU UCU 5.0 Herman	69
Obrázek 30 OBU Smart Gear R3 Intens	69
Obrázek 31 OBU MK6 Cohda Wireless.....	70
Obrázek 32 OBU CBX-9360 Kapsch.....	70
Obrázek 33 OBU ITS-OB4 Commsignia	71
Obrázek 34 Back Office Anbos	73

Obrázek 35 Back Office Kapsch CMCC	74
Obrázek 36 Back Office Commignia Central	74
Obrázek 37 Podíl odpovědí od složek IZS	76
Obrázek 38 Procentuální podíl odpovědí z krajů.....	76
Obrázek 39 Procentuální podíl výjezdů za den	77
Obrázek 40 Průjezd křižovatkou či dopravní kolonou se C-ITS	77
Obrázek 41 Spolupráce na provozu kooperativních systémů	78
Obrázek 42 Rozložení nákladů na pořízení	78
Obrázek 43 Umístění RSU na SSZ.....	80
Obrázek 44 Převodník mezi RSU a řadičem SSZ	80
Obrázek 45 Rozhraní webgui RSU 2X.....	80
Obrázek 46 OBU Smart Gear R3 s kombinovanou anténou a tabletem.....	81
Obrázek 47 Use Case – Blížící se vozidlo IZS	83
Obrázek 48 Use Case – Záchranné práce IZS	84
Obrázek 49 Use Case – Stav SSZ.....	84
Obrázek 50 Detekční zóny a tepelná mapa signálu RSU	85
Obrázek 51 Use Case – Překážka na silnici.....	86
Obrázek 52 Use Case – Dopravní nehoda	86
Obrázek 53 Use Case – Pomalu jedoucí vozidlo	87
Obrázek 54 Use Case – Práce na silnici	87
Obrázek 55 Návrh umístění RSU na SSZ v Uherském Hradišti	92

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání parametrů RSU	67
Tabulka 2 Porovnání parametrů OBU	72
Tabulka 3 Porovnání časů jednotlivých preferencí	89

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

5G Telekomunikační Standard Páté Generace Mobilní Sítě.

BTP Basic Transport Protocol (Základní přenosový protokol).

CAM Cooperative Awareness Message (Kooperativní informativní zpráva).

CDV Centrum Dopravního Výzkumu.

C-ITS Cooperative Intelligent Transport Systems (Kooperativní inteligentní dopravní systémy).

CMCC Connected Mobility Control Center (Kontrolní centrum připojené mobility).

CO₂ Oxid Uhličitý.

CPM Collective Perception Message (Zpráva kolektivního vnímání).

C-V2X Cellular Vehicle To Everything (Celulární vozidlo s čímkoliv).

ČR Česká Republika.

DENM Decentralized Event Notification Messages (Decentralizované oznamovací zprávy o událostech).

DSRC Dedicated Short Range Communications (Vyhrazená komunikace na krátkou vzdálenost).

ECDSA Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (Algoritmus digitálního podpisu eliptických křivek).

EGNOS European Geostationary Navigation Overlay Service (Evropská geostacionární navigační překryvná služba).

ETSI European Telecommunications Standards Institute (Evropský ústav pro telekomunikační normy).

EU Evropská Unie.

GHz Gigahertz.

GNSS Global Navigation Satellite Systems (Globální družicové navigační systémy).

HMI Human Machine Interface (Rozhraní mezi člověkem a strojem).

HSM Hardware Security Module (Hardwarový bezpečnostní modul).

HZS ČR Hasičský Záchranný Sbor České Republiky.

IPv4 Internet Protocol Version 4 (Internetový protokol verze 4).

IPv6 Internet Protocol Version 6 (Internetový protokol verze 6).

ITS Intelligent Transport Systems (Inteligentní dopravní systémy).

ITS-5G ITS Operating In The 5 GHz Frequency Band (ITS operující v pásmu 5 GHz).

IVIM Infrastructure To Vehicle Information Message (Informační zpráva mezi infrastrukturou a vozidlem).

IZS Integrovaný Záchranný Systém.

LTE Long Term Evolution (Dlouhodobý vývoj).

m Metr.

MAPEM MAP Extended Message (Rozšířená zpráva o mapě).

Mbps Megabit Per Second (Megabit za sekundu).

MD Ministerstvo Dopravy.

MHz Megahertz.

MHD Městská Hromadná Doprava.

MQB Modularer Querbaukasten (Modulární řešení pro automobily).

ms Milisekunda.

NB-IoT Narrowband - Internet Of Things (Úzkopásmová síť internetu věcí).

NDIC Národní Dopravní Informační Centrum.

kbits Kilobit Per Second (Kilobit za sekundu).

km Kilometr.

OBU On-Board Unit (Palubní jednotka).

OCIT Open Communication Interface For Road Traffic Control Systems (Otevřené komunikační rozhraní pro systémy řízení silničního provozu).

OPIS Operační a Informační Středisko.

OSI Open Systems Interconnection (Referenční model pro propojení otevřených systémů).

PČR Policie České Republiky.

PDA Personal Digital Assistant (Osobní digitální asistent).

PKI Public Key Infrastructure (Infrastruktura veřejných klíčů).

RSU Road Side Unit (Jednotka na dopravní infrastruktuře).

RVU Road Vehicle Unit (Jednotka vozidla údržby).

ŘSD Ředitelství Silnic a Dálnic.

Sb. Sbírka Zákonů a Mezinárodních Smluv.

SPATEM Signal Phase And Timing Extended Message (Rozšířená zpráva o fázích a časování signálů).

SREM Signal Request Extended Message (Rozšířená zpráva o požadavku na signál).

SSEM Signal Request Status Extended Message (Rozšířená zpráva o stavu signálu).

SSZ Světelné Signalizační Zařízení.

UML Unified Modeling Language (Grafický jazyk pro vizualizaci).

UWB Ultra-Wideband (Ultraširokopásmový).

V2I Vehicle To Infrastructure (Vozidlo s infrastrukturou).

V2H Vehicle To Human (Vozidlo s člověkem).

V2N Vehicle To Network (Vozidlo z Internetem).

V2P Vehicle To Pedestrian (Vozidlo s chodcem).

V2V Vehicle To Vehicle (Vozidlo s vozidlem).

V2X Vehicle To Everything (Vozidlo s čímkoliv).

VMS Variable Message Signs (Proměnlivé dopravní značení).

WAAS Wide Area Augmentation System (Rozšiřující systém pro velkou oblast).

Wi-Fi Wireless Fidelity (Věrnost bezdrátové komunikace).

XML Extensible Markup Language (Rozšiřitelný značkovací jazyk).

ZZS Zdravotnická Záchraná Služba.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Harmonizační dokumenty C-ITS

Příloha P II: Dotazník

Příloha P III: Scénáře testování C-ITS v Uherském Hradišti

Příloha P IV: Výjezdy vozidla HZS ČR za měsíc září 2024

Příloha P V: Výjezdy vozidla HZS ČR za měsíc leden 2025

Příloha P VI: Výjezdy vozidla HZS ČR za měsíc únor 2025

PŘÍLOHA P I: HARMONIZAČNÍ DOKUMENTY C-ITS

Ředitelství silnic a dálnic na stránkách c-its.cz shrnuje všechny harmonizační dokumenty, které souvisejí s technologií C-ITS a vycházejí s evropské platformy C-Roads. Seznam norem, standardů a specifikací k jednotlivým úrovním systému C-ITS je uveden v této příloze. [43]

Architektura C-ITS:

- CEN EN 17419 V2 (Globally unique identification),
- ETSI TS 102 940 V 1.3.1 (Security architecture),
- ISO 21217 V2 (Station and communication architecture),
- ETSI EG 202 798 (Framework for conformance and interoperability testing),
- ISO 20026 (C-ITS test architecture).

C-ITS aplikace, zprávy a data:

- ETSI TR 102 638 v 1.1.1 (Basic set of applications),
- ETSI TS 101 539-1v (Road Hazard Signalling),
- ETSI TS 101 539-2 (Intersection collision risk warning),
- ETSI TS 101 539-3 (Longitudinal collision risk warning),
- ETSI TS 102 637-2 (Specification of Cooperative Awareness Basic Service),
- ETSI TS 102 637-3 (Specification of Decentralized Environmental Notification Basic Service),
- ISO 22837 (Reference architecture for probe vehicle systems and data),
- ISO 25114 (Framework for probe data reporting management),
- ISO 29284 (Event based probe vehicle data),
- ISO 14816 (Numbering and data structure for AVI),
- ETSI TS 102 894-2 (Applications and facilities layer common data dictionary),
- ISO 14906: 2018 (Vehicle-related data),
- CEN EN 16157-1 (DATEX II context and framework),

- CEN EN 16157-7 (DATEX II common data elements),
- ISO/TS 14823:2008 (Traffic and travel information - Messages via media independent stationary dissemination systems - Graphic data dictionary for pre-trip and in-trip information dissemination systems).

Správa stanic:

- ISO 17423 (Application requirements and objectives),
- ISO 24102-1 (Local station management),
- ISO 24102-2 (Remote station management),
- ISO 24102-3 (Service access points),
- ISO 24102-4 (Station-internal management communication),
- ISO 24102-6 (Path and flow management),
- ETSI TS 103 175 V1.1.1 (Cross layer DCC management),
- ETSI TS 102 687 V1.2.1 (Access layer decentralized congestion control),
- TS 102 792 V1.2.1 (DSRC mitigation techniques).

Zabezpečení:

- ETSI TS 102 731 (ITS, Security, ITS, Security services and architecture),
- ETSI TS 102 941 v 1.4.1 (ITS: Security;.Trust and Privacy Management),
- ETSI TS 102 942 v 1.1.1 (Access control),
- ETSI TS 102 943 v 1.1.1 (Confidentiality services),
- ETSI TS 103 097 v 1.4.1 (ITS; Security;.Security header and certificate),
- ISO/TS 21177:2019 (ITS station security services for secure session establishment and authentication between trusted devices),
- IEEE 1609.2-2016 (IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments--Security Services for Applications and Management Messages),
- ETSI TS 102 042 V2.4.1 (Policy requirements for certification authorities issuing public key certificate),

- ETSI TS 102 723-8 (ITS; OSI cross-layer topics; Part 8: Interface between security entity and network and transport layer),
- ETSI TR 102 893 (ITS Security: Threat, Vulnerability and Risk Analysis),
- ETSI TS 102 940 (ITS Security: ITS communications security architecture and security management),
- ETSI TR 102 965 (ITS; Application Object Identifier ITS-AID; Registration list),
- ISO/TS 17419 (ITS; Security; ITS-AID Assigned Numbers).

Technologie přístupové vrstvy:

- SAE J2735 (Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary),
- ISO 21218 V2 (Access technology support),
- ETSI EN 302 663 V1.2.1 (ITS-G5),
- IEEE Std. 802.11 (Wireless LAN),
- ISO 17515-1 (LTE access to Internet).

Transportní a síťová vrstva:

- ISO 29281-1 (Fast networking & transport protocol (FNTP),
- ISO 21210 (IPv6 networking for ITS),
- EN 302 636-4-1 (GeoNetworking – media-independent functionality),
- TS 302 636-4-2 (GeoNetworking – media-dependent functionality for ITS G5),
- ETSI EN 302 636-5-1 (Basic transport protocol for GeoNetworking),
- ETSI EN 302 636-6-1 (IPv6 over GeoNetworking),
- ETSI EN 302 931 (Geometrical shapes).

Vrstva pro technologie zařízení:

- CEN/ISO TS 17425: 2016 (In-vehicle presentation of external road and traffic related data),
- CEN/ISO TS 17426:2016 (Contextual speeds),

- CEN/ISO TS 17429:2017 (Generic facilities CPH, CSH, FSH),
- ISO 18750:2018 (Local dynamic map),
- CEN/ISO TS 21176:2020 (Position, velocity, time in an ITS-SU (PVT service),
- ISO EN 22418:2019 (Fast service announcement protocol),
- CEN/TS 21184:2020 (Global transport data management (GTDM) framework),
- CEN/TS 19321:2015 (IVI),
- ETSI EN 302 637-2 V1.4.1 (CAM),
- ETSI EN 302 637-3 V1.3.1 (DENM),
- ISO/TS 19091:2017 (ITS - Cooperative ITS - Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections),
- ISO/TS 19321:2015 (ITS – Cooperative ITS – Dictionary of in-vehicle information (IVI) data structure),
- ETSI TS 103 301 (Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services).

Soubor protokolů:

- CEN/TS 17496:2020 (Communication profiles),
- SAE J2945/1:2016 (On-board system requirements for V2X safety communications).

Zvláštní podmínky:

- Výstupy platformy C-ROADS
 - C-ITS Message Profiles v2.0,
 - C-ITS Service and Use Case Definitions v2.0,
 - C-ITS Roadside ITS-G5 System Profile v2.0,
 - C-ITS Infrastructure Mobile ITS-G5 system Profile v2.0,
 - C-ITS IP-based Interface Profile v2.0,
 - C-ITS Security and Governance v2.0,
 - C-ROADS Security Requirements & Specifications v2.0,

- Výstupy projektu C-ROADS Czech Republic
 - Specifikace systému, v2.0,
 - Use Case katalog, v2.0,
- Výstupy konsorcia C2C CC
 - Basic System Profile 1.6.3.

Evropské požadavky:

- C-ITS Certificate Policy - Release from preparatory phase of C-ITS Delegated Regulation (3/2019),
- C-ITS Security Policy - Release from preparatory phase of C-ITS Delegated Regulation (3/2019), release 3.0,
- C-ITS Point of Contact (CPOC) Protocol (Release 1.2 12/2021),
- European C-ITS Strategy (COM (2016) 766 "A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility.

PŘÍLOHA P II: DOTAZNÍK

1. Pod jakou základní složku IZS spadáte?

Hasičský záchranný sbor České republiky Poskytovatelé zdravotnické záchranné služby
Policie České republiky

Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany

2. Do kterého kraje patříte?

Hlavní město Praha Středočeský Jihočeský Plzeňský Karlovarský Ústecký
Liberecký Královéhradecký Pardubický Vysočina Jihomoravský
Olomoucký Moravskoslezský Zlínský

3. Setkali jste se s pojmem kooperativní systémy (C-ITS)?

Ano Ne

4. Využívá vaše organizace technologie C-ITS?

Ano Ne

5. Pokud ano, jaký typ (výrobce) zařízení používáte?

6. Kolika vozidla disponujete?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. V kolika vozech máte instalované OBU jednotky?

0 1 2 3 4 5 a více

8. Kolika křižovatkami v průměru projíždíte při výjezdu k zásahu?

0 1 2 3 4 5 a více

9. Kolik máte v průměru výjezdů za den?

0 – 1 2 – 5 6 – 10 11 – 20 21 a více

10. Máte zapnutou OBU jednotku při každém výjezdu?

Ano Ne

11. Jak se projevil průjezd křižovatkou či dopravní kolonou po nasazení technologie C-ITS?

Průjezd je horší Průjezd je stejný Průjezd je efektivnější

12. S kým spolupracujete na provozu kooperativních systémů?

HZS ČR Poskytovatelé ZZS PČR ŘSD Městský úřad Krajský úřad

Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany

13. Jak byly zařízení pořízena?

Z dotace Z vlastních prostředků Z prostředků kraje Z prostředků města

14. Jak vnímáte uvedenou technologii v praxi?

Zatím není v dostatečném povědomí všech účastníků dopravního provozu.

S postupnou implementací do většiny vozidel, bude využití technologie C-ITS více účinné.

Již nyní vnímáme velký potenciál.

PŘÍLOHA P III: SCÉNÁŘE TESTOVÁNÍ C-ITS V UHERSKÉM HRADIŠTI

Navržené scénáře testování technologie C-ITS v Uherském Hradišti mezi HZS ČR, územní odbor Uherské Hradiště (OBU - Intens), dopravní infrastrukturou SSZ K102 (RSU - Yunex Traffic) a městem Uherské Hradiště (OBU - Intens).

1. Průjezdy vozidla HZS ČR křižovatkou K102 se zapnutou OBU při ostrých výjezdech k zásahům ze směru od stanice HZS ČR (z tř. Maršála Malinovského).
2. Testovací průjezdy vozidla HZS ČR křižovatkou K102 se zapnutou OBU a zapnutými majáky v různé dny a denní doby pro porovnání dat průjezdů s preferencí a bez preference v definovaných referenčních úsecích.
3. Průjezdy ostatními rameny křižovatky K102 se zapnutou OBU s ohledem na preferenci z daného směru jízdy.
 - z ul. Všehrdova
 - z ul. Sokolovská
 - z Velehradské tř.
4. Výjezd vozidla HZS ČR od stanice na tř. Maršála Malinovského se zapnutou OBU, kdy osobní vozidlo s OBU jede po tř. Maršála Malinovského.
5. Průjezd vozidla HZS ČR po tř. Maršála Malinovského se zapnutou OBU, kdy osobní vozidlo s OBU vyjíždí z boční ulice v zástavbě (ul. Svatoplukova, ul. Rostislavova, ul. Dvořákova).
6. Průjezd vozidla HZS ČR po tř. Maršála Malinovského se zapnutou OBU zezadu kolem osobního vozidla s OBU.
7. Průjezd vozidla HZS ČR po tř. Maršála Malinovského se zapnutou OBU proti osobnímu vozidlu s OBU.
8. Průjezd osobní vozidlo s OBU kolem stanice v době výjezdu vozidla HZS ČR.

PŘÍLOHA P IV: VÝJEZDY VOZIDLA HZS ČR ZA MĚSÍC ZÁŘÍ 2024

Směr	Výjezd	Čas ze zařízení LUPUS				Doba jízdy ze stanice do [s]		
		Výjezd ze stanice	ul. Dukelských	most J. A. Bati	ul. Štefánikova	ul. Dukelských	most J. A. Bati	ul. Štefánikova
Jarošov	01.09.2024 16:31	16:32:29			16:33:20	-	-	51
St. M.	02.09.2024 7:19	7:20:11	7:20:46	7:21:26		35	75	-
St. M.	04.09.2024 8:06	8:07:27	8:08:22	8:09:04		55	97	-
St. M.	08.09.2024 16:56	16:56:56	16:57:41	16:58:21		45	85	-
St. M.	08.09.2024 19:26	19:27:17	19:27:53	19:28:28		36	71	-
St. M.	09.09.2024 9:55	9:56:37	9:57:15	9:57:57		38	80	-
St. M.	09.09.2024 16:49	16:49:57	16:50:38	16:51:22		41	85	-
St. M.	10.09.2024 7:26	7:27:11	7:28:16	7:29:01		65	110	-
St. M.	12.09.2024 18:54	18:56:52	18:57:30	18:58:17		38	85	-
St. M.	13.09.2024 23:43	23:44:05	23:44:47	23:45:26		42	81	-
St. M.	14.09.2024 13:18	13:19:37	13:20:19	13:21:04		42	87	-
St. M.	14.09.2024 15:11	15:11:59	15:12:33	15:13:13		34	74	-
St. M.	14.09.2024 19:23	19:24:10	19:24:44	19:25:25		34	75	-
St. M.	14.09.2024 23:23	23:22:31	23:23:11	23:23:51		40	80	-
St. M.	15.09.2024 1:54	1:56:00	1:56:40	1:57:19		40	79	-
St. M.	15.09.2024 3:08	3:09:14	3:09:54	3:10:34		40	80	-
St. M.	15.09.2024 5:27	5:29:14	5:29:52	5:30:39		38	85	-
St. M.	15.09.2024 6:20	6:21:54	6:22:33	6:23:19		39	85	-
St. M.	15.09.2024 8:55	8:56:17	8:56:57	8:57:42		40	85	-
Jarošov	15.09.2024 9:42	9:43:09			9:43:57	-	-	48
Jarošov	15.09.2024 11:14	11:15:03			11:15:53	-	-	50
St. M.	15.09.2024 12:53	12:54:05	12:54:45	12:55:20		40	75	-
St. M.	15.09.2024 16:30	16:31:09	16:31:47	16:32:33		38	84	-
St. M.	15.09.2024 17:14	17:13:00	17:13:37	17:14:13		37	73	-
Jarošov	15.09.2024 22:02	22:03:08			22:03:58	-	-	50
St. M.	16.09.2024 16:18	16:19:32	16:20:16	16:20:52		44	80	-
St. M.	17.09.2024 8:37	8:38:40	8:39:15	8:39:55		35	75	-
Jarošov	20.09.2024 8:54	8:54:21			8:55:21	-	-	60
St. M.	23.09.2024 11:38	11:39:08	11:39:53	11:40:27		45	79	-
St. M.	24.09.2024 11:26	11:27:13	11:27:52	11:28:34		39	81	-
Jarošov	25.09.2024 17:30	17:30:59			17:31:50	-	-	51
Jarošov	30.09.2024 16:16	16:17:20			16:18:13	-	-	53
minimální čas (s)						34	71	48
maximální čas (s)						65	110	60
průměrný čas (s)						41	82	52

(zdroj: HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště)

PŘÍLOHA P V: VÝJEZDY VOZIDLA HZS ČR ZA MĚSÍC LEDEN 2025

Směr	Výjezd	Čas ze zařízení LUPUS				Doba jízdy ze stanice do (s)		
		Výjezd ze stanice	ul. Dukelských hrdinů	most J. A. Bati	ul. Štefánikova	ul. Dukelských hrdinů	most J. A. Bati	ul. Štefánikova
St. M.	01.01.2025 10:59	11:00:53	11:01:33	11:02:07		40	74	-
St. M.	03.01.2025 0:48	0:49:58	0:50:38	0:51:18		40	80	-
St. M.	07.01.2025 16:53	16:54:01	16:54:41	16:55:17		40	76	-
St. M.	14.01.2025 16:50	16:51:17	16:52:04	16:52:45		47	88	-
St. M.	15.01.2025 6:43	6:44:08	6:44:52	6:45:33		44	85	-
St. M.	15.01.2025 16:25	16:25:49	16:26:34	16:27:08		45	79	-
St. M.	18.01.2025 14:31	14:32:18	14:32:59	14:33:39		41	81	-
St. M.	21.01.2025 20:04	20:05:09	20:05:48	20:06:20		39	71	-
St. M.	23.01.2025 18:23	18:23:55	18:24:36	18:25:10		41	75	-
St. M.	27.01.2025 2:31	2:32:25	2:33:05	2:33:46		40	81	-
St. M.	27.01.2025 12:49	12:50:17	12:50:58	12:51:32		41	75	-
St. M.	27.01.2025 16:06	16:07:16	16:08:01	16:08:41		45	85	-
St. M.	28.01.2025 8:38	8:39:26	8:40:01	8:40:37		35	71	-
St. M.	29.01.2025 19:33	19:33:42	19:34:22	19:35:03		40	81	-
Jarošov	31.01.2025 9:02	9:02:38			9:03:41	-	-	63
Jarošov	31.01.2025 13:41	13:42:28			13:43:19	-	-	51
minimální čas (s)						35	71	51
maximální čas (s)						47	88	63
průměrný čas (s)						41	79	57

(zdroj: HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště)

PŘÍLOHA P VI: VÝJEZDY VOZIDLA HZS ČR ZA MĚSÍC ÚNOR 2025

Směr	Výjezd	Čas ze zařízení LUPUS				Doba jízdy ze stanice do (s)		
		Výjezd ze stanice	ul. Dukelských hrdinů	most J. A. Bati	ul. Štefánikova	ul. Dukelských hrdinů	most J. A. Bati	ul. Štefánikova
St. M.	07.02.2025 18:55	18:55:25	18:55:58	18:56:33		33	68	-
St. M.	11.02.2025 2:52	2:53:03	2:53:41	2:54:26		38	83	-
Jarošov	13.02.2025 5:44	5:45:31			5:46:20	-	-	49
St. M.	13.02.2025 7:48	7:49:14	7:49:59	7:50:46		45	92	-
St. M.	14.02.2025 23:50	23:51:08	23:51:53	23:52:32		45	84	-
St. M.	16.02.2025 22:53	22:54:52	22:55:31	22:56:11		39	79	-
St. M.	17.02.2025 14:51	14:52:12	14:52:53	14:53:26		41	74	-
St. M.	17.02.2025 18:34	18:34:56	18:35:37	18:36:07		41	71	-
St. M.	18.02.2025 7:49	7:49:50	7:50:35	7:51:17		45	87	-
St. M.	18.02.2025 19:33	19:34:26	19:35:03	19:35:43		37	77	-
St. M.	22.02.2025 15:17	15:19:01	15:19:37	15:20:19		36	78	-
St. M.	23.02.2025 11:20	11:21:46	11:22:24	11:22:57		38	71	-
St. M.	24.02.2025 12:05	12:05:40	12:06:17	12:06:55		37	75	-
St. M.	27.02.2025 22:49	22:50:13	22:50:47	22:51:32		34	79	-
minimální čas (s)						33	68	49
maximální čas (s)						45	92	49
průměrný čas (s)						39	78	49

(zdroj: HZS ČR územní odbor Uherské Hradiště)