

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Vojtěch Sejkora

Návrh a realizace evaluace use-case RLX v rámci  
projektu C-ROADS CZ

Diplomová práce

**2020**



**K614.....Ústav aplikované informatiky v dopravě**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Vojtěch Sejkora**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – IS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Návrh a realizace evaluace use-case RLX v rámci projektu C-ROADS CZ**

Název tématu (anglicky): Design and Realization of RLX Use-Case Evaluation Within the C-ROADS CZ Project

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Vypracujte řešerši C-ITS systémů a jejich využití v železniční dopravě
- Analyzujte pilotní projekty C-ITS systémů na železničních přejezdech včetně projektu C-ROADS Czech Republic.
- Zhodnoťte stávající přístup k řešení use-case Railway Crossing (RLX) v rámci projektu C-ROADS Czech Republic a navrhnete možnosti dalšího rozvoje.
- Navrhnete metodiku evaluace C-ITS use-case v železniční dopravě a následně ji na pilotní skupině uživatelů ověřte.
- Na základě výsledků evaluace provedte její zhodnocení a navrhnete doporučení pro její další rozvoj.

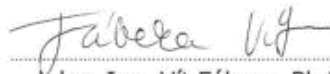



- Rozsah grafických prací: 10-20
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Zelinka, T., Svítek, M.: Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví, Grada 2009  
Odborné články IEEE  
Normy, standardy a odborné časopisy

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.**

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

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

  
doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu aplikované informatiky v dopravě

  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

.....  
Bc. Vojtěch Sejkora  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 18. května 2020

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali nejen při psaní diplomové práce, ale i během studia. Chtěl bych poděkovat Ing. Martinu Šrotýřovi, Ph.D. za ochotu a velmi cenné rady, které mi velice pomohly při psaní diplomové práce.

Velké poděkování patří mé rodině, která mi pomohla v těžkých chvílích a podporovala mě během celého studia.

## Prohlášení

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

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

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

V Praze dne .....

.....

Vojtěch Sejkora

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Návrh a realizace evaluace use-case RLX v rámci projektu C-ROADS CZ

Diplomová práce

Prosinec 2020

Vojtěch Sejkora

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem metodiky pro evaluaci služby RLX v rámci projektu C-ROADS a její realizací. V první řadě byla provedena rešerše kooperativních dopravních systémů a pilotních projektů. Dále pak byla popsána služba RLX v rámci projektu C-ROADS ČR. Byla navržena metodika pro evaluaci této služby, které byla na pilotní skupině uživatelů reálně otestována. Na základě dosažených výsledků pak byly navrženy doporučení použitelné pro další rozvoj služby RLX.

### **Klíčová slova**

Kooperativní dopravní systémy, C-ITS, Railway Level Crossing, RLX, metodika, evaluace

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Design and realization of RLX use-case evaluation within the C-ROADS CZ project

Diploma thesis

December 2020

Vojtěch Sejkora

### **Abstract**

This diploma thesis deals with a new design of methodology, which can be used for evaluation of use-case RLX in project C-ROADS and its realization. Firstly, the thesis provides a research of cooperative transport systems and pilot projects. Then the use-case of RLX is described in the scope of C-ROADS Czech Republic. The new design of RLX evaluation methodology was proposed and then tested on a pilot group of users. Based on the acquired results, I proposed recommendations, which can later contribute to evolution of RLX use-case.

### **Keywords**

Cooperative transport systems, C-ITS, Railway Level Crossing, RLX, methodology, evaluation

# Obsah

Seznam zkratk.....	8
Úvod.....	10
1. Úvod do kooperativních dopravních systémů.....	12
1.1 Komponenty C-ITS systémů.....	13
1.2 Zprávy.....	14
1.3 Přenosové technologie.....	15
1.3.1 IEEE 802.11p.....	15
1.3.2 DSRC.....	16
1.3.3 ITS-G5.....	16
1.3.4 Mobilní sítě.....	16
1.4 Služby C-ITS systémů.....	18
1.5 Analýza realizovaných C-ITS projektů.....	20
1.5.1 SCOOP.....	20
1.5.2 Nordic Way.....	21
1.5.3 InterCor.....	21
1.5.4 C-ITS Corridor.....	22
1.5.5 ETCS.....	23
1.5.6 C-ROADS.....	26
2. Railway Level Crossing v rámci C-ROADS ČR.....	31
2.1 Železniční přejezdy v ČR.....	31
2.1.1 Definice železničního přejezdu.....	31
2.1.2 Zabezpečení železničního přejezdu.....	31
2.1.3 Nehody na železničních přejezdech.....	33
2.2 Analýza use-casu RLX.....	34
2.2.1 Princip fungování služby RLX.....	34
2.2.2 Zpráva používaná pro RLX službu.....	35
2.2.3 Poskytované informace.....	36
2.3 Rozbor use-casu RLX s dopravní psycholožkou.....	38
2.4 Zhodnocení přístupu k RLX v rámci C-ROADS CZ.....	40
3. Evaluace RLX v rámci C-ROADS CZ.....	42
3.1 Metodika evaluace.....	42
3.2 Příprava na evaluaci.....	43
3.2.1 Lokalita.....	44

3.2.2	Scénář .....	46
3.2.3	Dotazníky .....	47
3.2.4	Technické vybavení .....	48
3.3	Evaluace .....	50
3.4	Vyhodnocení dotazníků .....	52
3.4.1	Závěry z evaluace .....	58
3.5	Zhodnocení evaluace .....	59
	Závěr .....	60
	Seznam literatury .....	62
	Seznam tabulek .....	65
	Seznam obrázků .....	65
	Seznam grafů .....	66
	Seznam příloh .....	66
	Přílohy .....	67



## Seznam zkratek

Zkratka	Anglický název	Český název
3G	3th Generation of Wireless mobile Telecommunicatons Technology	Třetí generace mobilních telekomunikačních technologií
4G	4th Generation of Wireless mobile Telecommunicatons Technology	Čtvrtá generace mobilních telekomunikačních technologií
5G	5th Generation of Wireless mobile Telecommunicatons Technology	Pátá generace mobilních telekomunikačních technologií
C – ITS	Cooperative Inteligent Transport Systems	Kooperativní dopravní systémy
C2C	Car to Car	Vozidlo – Vozidlo
C2I	Car to Infrastructure	Vozidlo – Infrastruktura
C2X	Car to X	Vozidlo – X
CAM	Cooperative Awareness Message	Zprávy sloužící k informování okolních vozidel
ČR	Czech Republic	Česká republika
D2D	Device to Device	Zařízení – Zařízení
DENM	Decentralized Environmental Notification Message	Decentralizované upozornění na události na silnic
DSRC	Dedicated Short Range Communications	Dedikovaná komunikace s krátkým dosahem
DT	Deployment & Test	Nasazení & pilotní testování
ETCS	European Train Control System	Evropský vlakový zabezpečovač
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Evropský ústav pro telekomunikační normy
EU	European Union	Evropská Unie
EU EIP	EU ITS Platform	Evropská ITS platforma
GLOSA	Green Light Optimized Speed Advisory	Aplikace pro optimální rychlost na signál volno
GPS	Global Positioning Systém	Globální poziční systém
HMI	Human-Machine-Interface	rozhraní mezi člověkem a strojem
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Profesní združení elektrických a elektronických inženýrů
IoT	Internet of Things	Internet věcí
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro normalizaci
IVI	In Vehicle Information	Zpráva vozidlových informací

IZS		Integrovaný záchranný systém
LTE – A	Long Term Evolution – Advanced	Vysokorychlostní mobilní technologie pro přenos dat
LTE – V	Long Term Evolution – Vehicle	Vysokorychlostní mobilní technologie pro přenos dat vhodné pro vozidla
MIMO	Multiple inputs multiple outputs	Více vstupů více výstupů
OBU	On-Board Unit	Palubní jednotka
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ortogonalní multiplex s frekvenčním dělením
PVD	Probe Vehicle Data	Data vozidlové sondy
PZZ		Přejezdové zabezpečovací zařízení
RLX	Railway Level Crossing	Upozornění na blížící se zabezpečený železniční přejezd
RSE	Road Side Equipment	Vybavení infrastrukturní komunikační jednotky
RSU	Road Side Unit	Infrastrukturní komunikační jednotka
RWW	Road Works Warning	Upozornění na práce na silnici
ŘP		Řidičský průkaz
ŘSD		Ředitelství silnic a dálnic
TCC	Traffic Control Centre	Řídicí dopravní centrum
TEN-T	Trans-European Transport Networks	Transevropská dopravní síť
TMC	Traffic Management Centre	Dopravní řídicí centrum
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environment	Bezdrátový přístup v prostředí vozidel
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Bezdrátový přenos ve sdíleném pásmu

# Úvod

V dnešní době dochází k velkému rozmachu moderních technologií. Ty se sebou přinášejí obrovské možnosti využití. Mezi tyto technologie rozhodně patří telekomunikace, ve kterých například v současné době dochází k nasazování sítí páté generace. Velkými kroky taky postupuje vývoj nových automobilů. Ty se již pouze nepředhánějí v tradičních disciplínách, jako je výkon, počet válců, či maximální rychlost. V současné době je daleko větší tlak na ekologii, bezpečnost a uživatelský komfort. A to byla hlavní příčina začátku vývoje kooperativních dopravních systémů neboli C-ITS. Tyto systémy jsou postavené na sdělování informací nejen mezi vozidly a infrastrukturou, ale taky mezi ostatními účastníky silničního provozu.

Hlavním cílem kooperativních dopravních systémů je dát řidiči možnost obeznámit a připravit se na neočekávané události na silnici dřív, než by je spatřil na vlastní oči. Například informace o koloně, která se tvoří kilometry před jedoucím vozidlem, může dát podnět k vyhledání objízdové trasy. Tím se nejen ušetří řidičův čas a peníze ale zvýší se celkově jeho jízdní komfort. Dalším příkladem může být upozornění na objekt na silnici či informace o jízdě složek záchranného integrovaného systému. Pokud o takových to událostech bude řidič vědět předem, dokáže se na ně připravit a zvýší tak nejen svoje bezpečí ale i ostatních.

Aby ale bylo možné tyto systémy uvést do reálného provozu, je potřeba je dostatečně standardizovat a v rámci pilotních projektů řádně otestovat. Standardizace je důležitá z toho důvodu, že žijeme v globálním světě, kde se vozidla jedné značky prodávají na celé zeměkouli. Tím je potřeba zajistit, aby tato vozidla byla schopná kooperovat se systémy od jiných výrobců z jiných kontinentů. Mezi instituce, které se podílí na vytváření standardů pro C-ITS systémy, patří například ETSI, IEEE či ISO. Pilotní projekty na druhou stranu mají za úkol postavit, otestovat a evaluovat daný systém. Závěry získané z takových projektů mají posloužit jako podněty k budoucímu rozvoji těchto systémů.

Cílem této práce je návrh a realizace evaluace specifické služby pilotního projektu kooperativního dopravního systému C-ROADS. Tato služba nese název Railway Level Crossing (RLX). Jejím účelem je informovat řidiče, zda se na přejezd blíží drážní vozidlo, či je bezpečné tento přejezd přejet.

Nejdřív provedu rešerši kooperativních dopravních systémů a pokusím se zjistit, zda již byl takový systém někdy použit v železniční dopravě. Dále popíšu přístup, s jakým bylo ke službě RLX přistupováno v rámci projektu C-ROADS a tento přístup zhodnotím.

Poté navrhnu metodiku evaluace služby RLX pro projekt C-ROADS. Na jejím základě danou evaluaci provedu. Z té získám zpětnou vazbu, kterou následně vyhodnotím. Ta by měla přinést závěry a doporučení vhodné k budoucímu rozvoji tohoto systému. Na závěr zhodnotím jak metodiku, tak evaluaci a navrhnu jejich vylepšení

# 1. Úvod do kooperativních dopravních systémů

V současné době hraje silniční doprava nezastupitelnou roli. S tím neustále rostou nároky na její zlepšování, zefektivnění a zvýšení bezpečnosti. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je implementace kooperativních dopravních systémů do každodenního provozu. Silniční doprava je velmi rozmanitým druhem dopravy. Najdeme tam mnoho různých dopravních prostředků, od jízdních kol až po těžké nákladní automobily. Dále řidiče úplné začátečníky, kteří právě dokončili autoškolu až řidiče profesionály, u kterých se roční nájezd kilometrů dá počítat na statisíce. Navíc podmínky pro získání řidičského průkazu pro osobní vozidlo nejsou tak vysoké a řidičem se tak může stát většina dospělé populace. Dále svoji velkou roli hraje infrastruktura, její stav a počasí. Aby bylo možné na všechny tyto aspekty nějakým způsobem reagovat, začínají se v každodenním životě objevovat kooperativní dopravní systémy [1].

Kooperativní dopravní systémy mají za úkol předávat informace řidiči o aktuálním stavu provozu v jeho blízkém, ale i vzdálenějším okolí. K tomu slouží základní tři způsoby bezdrátové komunikace vozidel s okolním prostředím [1][2]:

- Vozidlo – Vozidlo  
Komunikace Vozidlo – Vozidlo (C2C – anglicky Car to Car) slouží pro komunikaci jednotlivých vozidel mezi sebou. Tento typ komunikace je vhodný pro bezpečnostní aplikace, kde je potřeba předávání si informací v co nejkratším čase. Vozidla mohou vysílat informace o své poloze a rychlosti, které mohou sloužit k informování okolních vozidel. Takto je možné například snížit riziko případné kolize při špatné viditelnosti.
- Vozidlo – Infrastruktura  
Komunikace Vozidlo – Infrastruktura (C2I – anglicky Car to Infrastructure) slouží pro komunikaci vozidla s komunikačními jednotkami, které jsou instalovány podél dopravní infrastruktury. Tento typ komunikace se hlavně používá k efektivnějšímu řízení dopravního proudu. Mezi hlavní typy informací, které se pomocí této komunikace přenášejí, patří: varování o dopravní nehodě; varování o nadcházející kongesci; informace o povětrnostních podmínkách a další.

- Vozidlo – X  
Komunikace Vozidlo – X (C2X – anglicky Car to X), kde X je označení pro jiný typ komunikačního zařízení, než je vozidlo nebo komunikační jednotka podél infrastruktury. Jedná se například o komunikaci s mobilními telefony, tablety a dalšími elektronickými zařízeními. Tento typ komunikace je důležitý i pro rozšiřování fenoménu poslední doby, Internetu věcí (IoT).[3]

## 1.1 Komponenty C-ITS systémů

Kooperativní dopravní systémy se musí skládat z minimálně tří základních komponent. Tyto komponenty mezi sebou musí komunikovat, aby byla zajištěna jejich správná funkčnost. Jedná se o následující komponenty [4]:

- OBU  
OBU jednotka (On Board Unit) je zařízení instalované na palubě vozidel. Jejím úkolem je shromažďování, ukládání a zpracovávání dat získaných během C2C nebo C2I komunikace. Tyto informace jsou poskytovány řidiči, a to nejčastěji pomocí zobrazování na HMI (Human Machine Interface). To může být v dnešní době řešené pomocí mobilního telefonu, tabletu nebo nativního infotainmentu ve vozidle. Dále musí jednotka komunikovat s integrovanými systémy ve vozidle a na základě informací z nich by měla generovat a zajišťovat přenos nových zpráv. [6]
- RSU  
RSU (Road Side Unit) jsou části C-ITS systémů, které jsou instalovány podél dopravní infrastruktury. Tyto jednotky mají za úkol distribuovat zprávy OBU jednotkám, které se nachází poblíž. Tyto zprávy získávají z backoffice, ve kterém se všechny události ukládají a zpracovávají. Zprávy posílají prostřednictvím bezdrátových přenosových systémů k tomu určených, zejména pomocí standardů ITS-G5 nebo DSRC. RSU musí být instalovány na vhodných místech, zejména kvůli přístupu k elektrické energii a telekomunikační síti. [5]
- TMC  
Řídící a kontrolní dopravní centrum (Traffic management center) je backoffice, který zajišťuje správnou funkčnost celého C-ITS systému. V tomto centru se vyhodnocují,

zpracovávají a distribuují všechny informace, které souvisí nebo jsou nějak relevantní pro daný systém. Také zprostředkovává napojení na externí systémy. [6]

## 1.2 Zprávy

Kooperativní dopravní systémy většinou nedodává jeden subjekt. Ani nejsou záležitostí nějaké malé oblasti. V poslední době se jedná o technologii, která se pomocí pilotních projektů začíná velmi rychle rozšiřovat. Aby byla zajištěna interoperabilita, bylo nutné standardizovat zprávy, pomocí kterých se přenáší informace. Tyto standardy jsou pro všechny dodavatele závazné a díky nim je zajištěno, že všechna zařízení od různých dodavatelů jsou schopna mezi sebou komunikovat a jsou schopna daným informacím správně porozumět. Hlavní typy zpráv jsou [7]:

- CAM

CAM zprávy (Cooperative Awareness Messages) jsou zprávy vysílané všemi vozidly do tzv. broadcast módu (zprávy nejsou adresovány konkrétním subjektům) které slouží k informování ostatních vozidel o aktuálním stavu. Obsah zpráv záleží na druhu informace, která se posílá. Základní informace, které obsahuje CAM zpráva, jsou pozice vozidla, směr pohybu, čas, typ vozidla (osobní, nákladní). Příjem a vyhodnocování těchto zpráv slouží k získávání informací o riziku kolize s ostatními vozidly. Frekvence posílání těchto zpráv záleží na stavu jednotlivých vozidel a zahlcení kanálů. Obecně lze říct, že by měla být vyšší než 100 ms a nižší než 1000 ms. [8]

- DENM

DENM zprávy (Decentralized Environmental Notification Message) jsou zprávy využívané k informování účastníků silničního provozu na mimořádné události, které byly detekovány jinými vozidly, infrastrukturou nebo byly odeslané z TMC centra. Pomocí DENM zpráv se posílá celá škála informací o událostech vzniklých na komunikaci jako bezpečnostní upozornění. Mezi tyto informace patří například informace o kongescích, stojících vozidlech či varování před rekonstrukcí vozovky. [9]

- IVI

Pomocí IVI (In Vehicle Information) zprávy lze posílat informace o dynamickém a statickém dopravním značení. Tyto zprávy jsou rozesílány pomocí RSU, které jsou v daný čas v relevantní zóně. [10] [11]

- SPAT  
SPAT (Signal Phase and Timing) zpráva přenáší informace o stavu světelného signalizačního zařízení umístěného na křižovatce. Obsahuje informace o délkách jednotlivých fází. Může obsahovat informace ohledně preference vozidel městské hromadné dopravy. Spolu s MAP zprávou poskytují řidiči služby týkající se křižovatek, jakou jsou GLOSA (Green Light Optimal Speed Advisory), která doporučuje rychlost přibližování se ke křižovatce, tak ISV (Intersection Signal Violation), která informuje ostatní účastníky silničního provozu na dané křižovatce na vozidlo, které porušuje daný světelný signál. [10]
- MAP  
Map (Map Topology) zpráva je určena pro posílání informací ohledně rozložení a poloze křižovatky, její geometrie a topologie. Dále slouží k informování o jednotlivých dopravních pruzích. [10]

## 1.3 Přenosové technologie

Jedním z nejdůležitějších aspektů C-ITS systémů je přenášení informací. Právě na schopnosti předávat informace závisí celková funkčnost systému a možnost jeho využití v reálném provozu. Z principu fungování těchto systémů se jedná o bezdrátovou komunikaci, na kterou jsou kladeny vysoké nároky. Mezi ty patří přenosová rychlost, zpoždění, dostatečné pokrytí, spolehlivost, přesnost, dostupnost a další. Tyto požadavky a také snaha na všeobecnou standardizaci C-ITS se snaží řešit několik standardů pro bezdrátovou komunikaci: [7]

### 1.3.1 IEEE 802.11p

IEEE 802.11p je jedním standardem z velké rodiny standardů IEEE 802.11. Standardy 802.11 patří k nejpoblárnějším a nejrozšířenějším bezdrátovým technologiím v oblasti přístupových sítí. Takovému rozšíření vděčí tomu, že je realizována v bezlicenčním pásmu, pouze na základě veřejného oprávnění a neklade si za cíl splňovat určité služby zejména v oblasti kvality a zabezpečení. Díky své rozšířenosti se náklady na výrobu minimalizují. To s sebou přináší i funkční problémy, které vyúsťují v zahlcenost bezlicenčního pásma a nemožnost poskytovat garantované služby. Kvůli tomu standard 802.11p pracuje v licencovaném pásmu 5,9 GHz. IEEE 802.11p je určen k provozování mobilních zařízení (WAVE – Wireless Access in Vehicular Environment). Tímto se rozšiřuje soubor standardů IEEE 802.11 o podporu pro mobilní telematické aplikace. Byl vyvíjen a schválen jako základ technologie DSRC a také dalšího evropského standardu pro inteligentní dopravní systémy ITS-G5. Díky tomu je



v současné době jedním z nejpoužívanějších technologií pro projekty v oblasti kooperativních dopravních systémů. Šířka pásma, oproti 20 MHz pro některé jiné standardy 802.11, je 10 MHz. Navíc standard využívá multiplexovou metodu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Garantuje tak mobilitu až do rychlosti 200 km/h a dosah se pohybuje až v řádech jednotek kilometrů.[12]

### **1.3.2 DSRC**

DSRC je mikrovlnná technologie bezdrátového přenosu dat vyvinutá speciálně k použití v dopravě. Je základem dvou technologií, DSRC 5,8 GHz a DSRC 5,9 GHz. Jednotlivé technologie mají svou sadu dalších protokolů a standardů. Zařízení schopno pracovat v jednom pásmu není bohužel kompatibilní se zařízením využívající druhé pásmo. V Evropě se této technologie používá v systémech na výběr mýtného. První mýtný systém postavený na základě této technologie byl instalován v Rakousku v roce 2004. Výhoda DSRC je jeho nízká latence, vysoká mobilita (až do 250 km/h) a odolnost vůči povětrnostním a klimatickým podmínkám. [13] [14]

### **1.3.3 ITS-G5**

ITS-G5 je přístupová technologie určená k bezdrátové komunikaci vozidel mezi sebou (C2C) a vozidel s infrastrukturou (C2I) pomocí ad-hoc sítě. Tato technologie pro evropské C-ITS systémy byla vyvíjena organizací ETSI. Základem technologie ITS-G5 je standard DSRC 5,9 GHz na principu IEEE 802.11p. Standard pracuje na bázi decentralizované kontroly kongescí (DCC) sítě a řeší koexistenci mezi technologiemi DSRC 5,8 a DSRC 5,9 (ITS-G5). Během komunikace C2C využívá protokol Geo Network. [6] [15][16]

### **1.3.4 Mobilní sítě**

Bezdrátová datová komunikace využívající celulární radiové sítě byla představena již v 70. letech. Technologie se rychle rozšířila do celého světa a stala se nejrozšířenější bezdrátovou komunikační technologií na světě. Technologie prošla postupným vývojem od analogové (1G) až po dnes postupně se zavádějící digitální 5. generaci (5G). Nejvýznamnější skupinou vyvíjející telekomunikační standardy je seskupení telekomunikačních organizací 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Organizace se zabývala vývojem standardů 3G a 4G. V současné době pracuje na vývoji standardů 5. generace. Tato skupina vydává standardy v podobě balíčků Release. Poslední Release 16 vyšel v roce 2020 a obsahuje druhý balík standardů 5. generace mobilních služeb. [17]

## **4G mobilní technologie**

Mobilní technologie 4. generace se zaměřují na zvýšení přenosových rychlostí a zvýšení rychlosti mobility zařízení pro aplikace vyžadující vysokou přenosovou rychlost (multimédia, hry, video). Hlavní část 4. generace je technologie LTE–Advanced (LTE-A).

LTE–A bylo představeno organizací 3GPP roku 2011 v balíčku Release 10. Poskytuje vyšší přenosovou rychlost (downlink 3Gb/s a uplink 1,5 Gb/s) s latencí méně než 5ms. Dalším vylepšením je také lepší spektrální účinnost s možností vyššího počtu souběžně aktivních uživatelů.

Hlavní technologie představené v rámci LTE-A jsou CA (Carrier Agregation), RN (Relay Nodes) a zlepšení funkcí MIMO. Carrier Agregation umožňuje spojení až pěti datových nosičů s rozdílnými šířkami pásem (1, 3, 5, 10, 15, 20 MHz) na maximální šířku pásma 100MHz. To zvyšuje maximální možnou přenosovou rychlost poskytovanou jednotlivým uživatelům. Relay Nodes základní stanice poskytují lepší pokrytí území a zvyšují přenosové kapacity na okrajích makrobuněk bez propojení stanic kabelem. MIMO představuje 8x8 pro downlink a 4x4 uplink počet vysílacích a přijímacích antén komunikujících navzájem. [6]

## **5G mobilní technologie**

V roce 2015 byly započaty práce na technologii 5G. Jeden z požadavků 3GPP na 5G je podpora C2X komunikace, kterou dále naplňuje technologie LTE – V a D2D S novými požadavky se technologie přibližuje svým limitům, vyžaduje nové technologie a rozšíření šířky pásma. Jednou z alternativ pro naplnění potřeby rozšíření přenosového pásma je využití nelicencovaného spektra. Pro zlepšení zvládnutí exponenciálního růstu uživatelů nových technologií je uvažováno o přemístění částí dat na technologii nelicencovaného pásma Wi-Fi. Mechanismus funguje na principu Access Discovery and Selection Function (ANDSF) rozdělující přístup na mobilní síť nebo Wi-Fi. Mechanismus pro bezproblémový přechod dat z mobilních sítí na Wi-Fi je popsán v Release 12. 5G představuje také nové aplikace LTE D2D (Device to Device) pro přímou komunikaci mezi zařízeními. V současné době probíhá implementace 5G sítí na pilotních lokalitách.

LTE–V je technologie určená přímo pro komunikaci C2X a byla představena v Release 14 organizace 3GPP v září 2016. Jedná se o technologii vyvinutou pro služby C-ITS systémů. Technologie počítá i s nasazením autonomních vozidel, platooningu a sdílení více informací v dalších Releasech LTE-V.

LTE–V definuje dvě nové radiové rozhraní. Rozhraní Celulární komunikace podporuje C2I komunikaci podobné LTE Release 8. Druhé rozhraní zavádí v telekomunikacích nově podporu C2C založenou na přímém komunikačním spojení automobilů. LTE-V Release 14 obsahuje dva nové módy komunikace: 3 a 4. Mód 3 celulární síť vybírá a spravuje radiové zdroje využívané pro C2C komunikaci při dostupném signálu mobilní sítě. Mód 4 automaticky vybírá radiové zdroje pro přímou C2C komunikaci a může fungovat i bez pokrytí mobilní sítí. Když se uživatel vyskytuje v místech pokrytí mobilní sítí, rozhoduje centrální jednotka o konfiguraci kanálu a informuje ho o nastavení. Když v dosahu signálu uživatel není, využívají přednastavené parametry definované dle lokalizačních zón. [6] [18]

## Hybridní komunikace

Hybridní komunikace je komunikace, která propojuje více komunikačních systémů a technologií dohromady za účelem poskytování co největšího spektra služeb. Mezi tyto technologie patří například rádiová nebo satelitní komunikace, Bluetooth, Wi-Fi apod. Mezi nejčastější způsoby hybridní komunikace pro C-ITS systémy je propojení ITS-G5 a mobilních sítí.[6] [17]

## 1.4 Služby C-ITS systémů

C-ITS služby jsou služby, které jsou poskytovány C-ITS systémy účastníkům dopravního proudu. Tyto služby jsou rozděleny na dvě části, Služby Day 1 (Tabulka 1) a Služby Day 1,5 (Tabulka 2). Služby Day 1 jsou služby, které jsou považovány za nejdůležitější v oblasti zvyšování bezpečnosti dopravního provozu. Z tohoto důvodu jejich implementace probíhá jako první. Druhá skupina služeb (Day 1,5) obsahuje služby zaměřené hlavně na zlepšení podpory během řízení a zvyšování komfortu jízdy. [19]

**Tabulka 1: Výběr Služeb Day 1, přeloženo z [19]**

	<b>Služby Day 1</b>
1	Upozornění na nebezpečná místa
2	Upozornění na práce na silnici
3	Upozornění na prudce brzdící vozidlo
4	Upozornění na blížící se vozidlo IZS
5	Upozornění na pomalá nebo stojící vozidla
6	Zobrazování dopravního značení ve voze
7	GLOSA
8	Dopravní informace z vozidel

**Tabulka 2: Tabulka 2 – Výběr Služeb Day 1,5 přeloženo z [19]**

	<b>Služby Day 1,5</b>
1	Informace o parkování na parkovištích
2	Informace o parkování na ulici
3	Informace o možnostech tankování
4	Zvýšení bezpečnosti cyklistů a chodců
5	Upozornění na přibližující se motorku
6	Upozornění na jízdu v protisměru

Následuje popis tří vybraných služeb Day 1, které mi přijdou nejzajímavější [10]:

- **Upozornění na práci na silnici**  
Účelem této služby je informovat řidiče o provádění stavebních prací na komunikacích. Informace by měla být předána v dostatečném předstihu tak, aby na ni mohl řidič vhodně reagovat a připravit se na nebezpečný úsek. Cílem by mělo být snížení počtu nebezpečných situací a tím i zvýšení bezpečnosti pro řidiče i pracovníky.
- **Upozornění na pomalá nebo stojící vozidla**  
Stojící nebo pomalu jedoucí vozidla mohou být zdrojem nebezpečných situací hlavně na komunikacích, kde je povolena vyšší rychlost, tedy například na dálnicích či rychlostních silnicích. Účelem této služby je informovat řidiče v dostatečném předstihu, že se před ním nachází stojící nebo pomalu jedoucí vozidlo. Řidič může díky této informaci upravit svoji jízdu tak, aby nehrozil bezpečnost provozu či ostatní řidiče.
- **Upozornění na blížící se vozidlo IZS**  
Pro vozidla složek integrovaného záchranného systému je důležité, aby se k místu nehody dostaly co nejrychleji a nejbezpečněji. To jim mohou komplikovat jiní účastníci provozu, kteří nejsou na jejich průjezd dostatečně připraveni. Tomuto účelu by mohla pomoci služba, která informuje o směru jízdy vozidel IZS v předstihu tak, aby se řidiči mohli na jejich průjezd bezpečně připravit a poskytnout jim plynulejší průjezd.

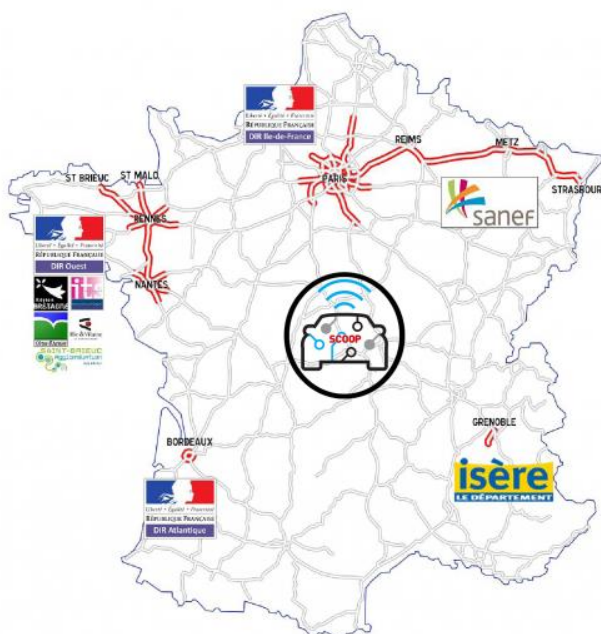
## 1.5 Analýza realizovaných C-ITS projektů

V této podkapitole budou zmíněny a stručně popsány realizované pilotní projekty C-ITS systémů. V kontextu této diplomové práce bylo za úkol provést rešerši takových systémů, které byly realizovány s ohledem na železniční dopravu, hlavně křižování silniční a železniční dopravy. Takové projekty ale nebyly dosud realizovány. Proto se v první části této sekce zaměřím na realizované projekty pro silniční dopravu. Poté bych popsal systém ETCS, který dle mého názoru splňuje definici C-ITS systému, i když se pro něj toto zařazení nepoužívá. Nakonec bych zmínil projekt C-ROADS, který jako první řeší problematiku železničních přejezdů pomocí C-ITS.

### 1.5.1 SCOOP

Projekt SCOOP byl jeden z největších C-ITS projektů. Byl realizován na území Francie. Práce na tomto projektu probíhali od roku 2014 až do roku 2019. Cílem tohoto projektu bylo v první fázi definování služeb a tvorba standardů. Ve druhé fázi již šlo o samotnou implementaci a testování. V rámci tohoto projektu byl vyvíjen standard ITS-G5. Projekt spolupracoval s dalšími projekty v rámci Evropy (C-ITS Corridor, C-ROADS, InterCor).

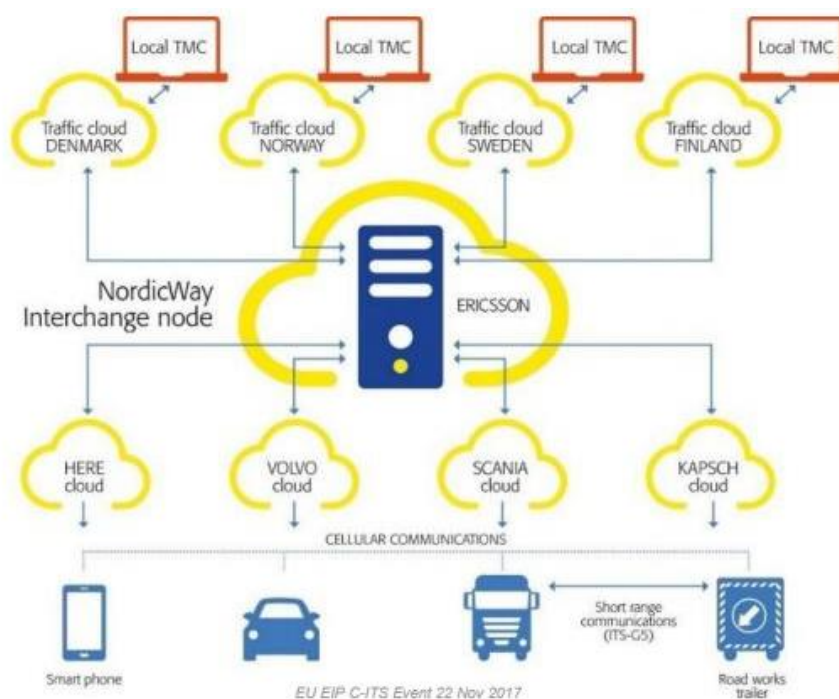
V rámci tohoto projektu šlo o implementaci a testování tří hlavních služeb. Konkrétně o IVI, RWW a PVD. PVD (Probe Vehicle Data) jsou obecná data získávána z vozidel, které jsou posílány do TMC a tam se z nich vyhodnocují stavy dopravy. [21]



Obrázek 1: Pilotní lokace projektu SCOOP [19]

## 1.5.2 Nordic Way

Nordic Way je projekt C-ITS systémů, který byl realizován ve čtyřech severských zemích, ve Švédsku, Finsku, Norsku a Dánsku během let 2015–2020. Hlavním cílem toho projektu bylo otestovat a implementovat C-ITS služby v severských podmínkách. Důležitým prvkem bylo otestování interoperability systému mezi jednotlivými zeměmi. Tento projekt primárně využíval jako technologii pro komunikaci mobilní sítě (3G a 4G). Proto mezi služby, které poskytoval nemohly být zahrnuty takové, které jsou závislé na nízké latenci. Mezi služby implementované v projektu patří varování před nepříznivými povětrnostními podmínkami a stavu vozovky (WTC), varování před nebezpečnými úseky, varování ohledně prací na silnici (RWW) a poskytování dopravních informací z vozidel (PVD). [22]



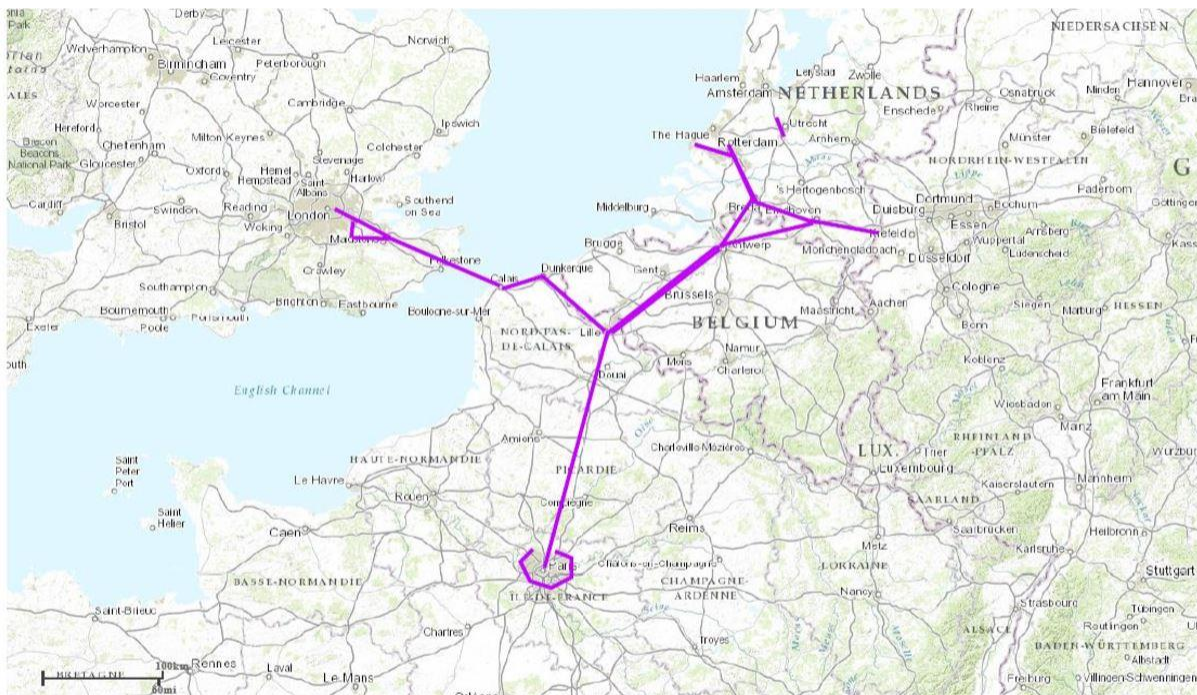
Obrázek 2: Architektura komunikace Nordic Way [22]

## 1.5.3 InterCor

InterCor je evropský projekt CEF (Connecting Europe Facility), který probíhal mezi roky 2016 až 2019. Cílem tohoto projektu bylo propojení projektů C-ITS Corridor (Nizozemská část), SCOOPu z Francie a Belgické a Britské C-ITS iniciativy. Také šlo o připojení k celoevropské

platformě C-ROADS. Projekt se zabýval použitím hybridní komunikace, pomáhal specifikovat standard ITS-G5 a řešil použití bezpečnostních protokolů PKI.

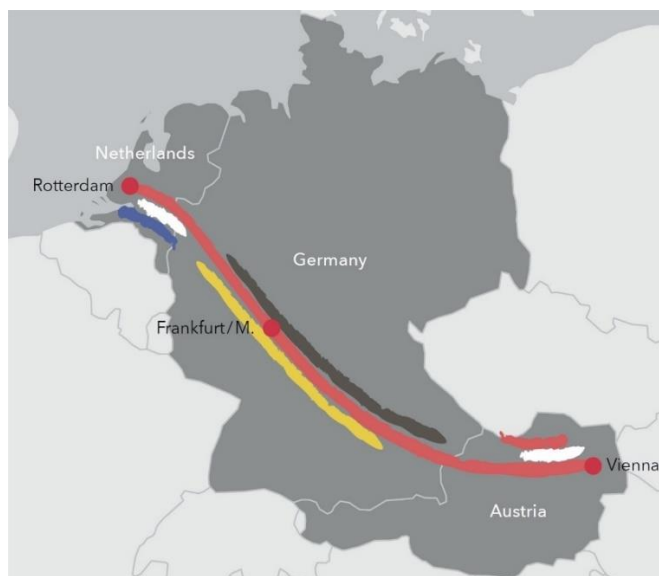
V rámci tohoto projektu byly implementovány služby jako IVI, RWW a implementace C-ITS systémů pro dohled nad tunely Tijsman a Kennedy (Antverpy) během převozu nebezpečných látek. [23]



Obrázek 3: Lokality propojené projektem InterCor [23]

### 1.5.4 C-ITS Corridor

V roce 2013 byl spuštěn C-ITS projekt s názvem C-ITS Corridor. Tohoto projektu se účastnilo Rakousko, Německo a Nizozemí ve spolupráci s komunikačními operátory a automobilovým průmyslem. Úkolem tohoto projektu bylo vytvoření koridoru procházejícího těmito státy, který by byl osazen C-ITS infrastrukturou a který by napomohl zvýšení bezpečnosti a komfortu dopravy.



**Obrázek 4: Mapa C-ITS Corridoru [20]**

Koridor propojuje rakouskou Vídeň s nizozemským Rotterdamem přes německý Frankfurt nad Mohanem. Základem bylo implementovat dvě hlavní služby, RWW a PVD. Jako komunikační technologie byly použity mobilní sítě dohromady s ITS-G5. [20]

### 1.5.5 ETCS

ETCS (European Train Control System) je evropský vlakový zabezpečovací systém. Měl by postupně nahrazovat národní vlakové zabezpečovače. Tím by umožnil jízdu vlaků po celém území Evropy bez nutnosti výměny lokomotiv na hranicích, popřípadě bez nutnosti instalace různých typů vlakových zabezpečovačů na jednotlivé lokomotivy.

ETCS není typickým příkladem C-ITS systémů, nicméně má s nimi mnoho podobností. Celkové řízení železniční dopravy pod ETCS funguje na principu výměny zpráv mezi vozidlovou a traťovou částí. Povel k jízdě, které zadá dispečer dopravy, jsou odeslány datovou sítí GSM-R na vlak. Tam se zpráva zobrazí strojvedoucímu na HMI. [24]

Traťovou část tvoří[24]:

- Eurobalíza – přenos informací z tratě na vozidlo
- Traťová elektronická jednotka LEU – přenos informace ze stávajícího zabezpečovacího zařízení do eurobalízy
- Eurosmýčka – přenos informace o postavení návěstidla



- Radioblokovaná centrála – elektronický systém, který na základě informace ze zabezpečovacího zařízení a z informací vozidel vydává povolení k jízdě, kontroluje pohyb všech vozidel a v případě potřeby vydává restrikce

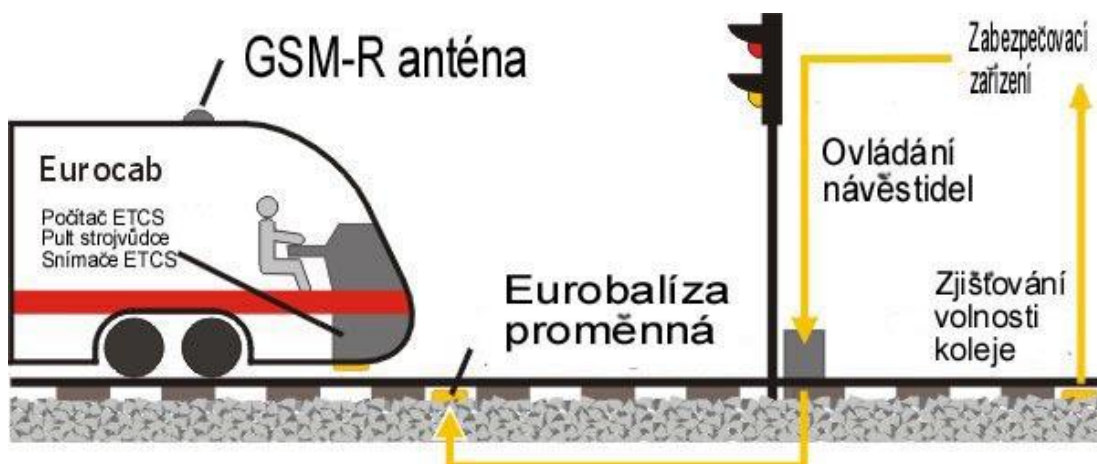
Vozidlovou část tvoří [24]:

- Centrální počítač – vyhodnocuje informace přijaté z Radioblokované centrály, vypočítává brzdnu křivku a hlídá jízdu vlaku, v případě potřeby může automaticky aktivovat brzdny systém vlaku
- Záznamová jednotka – zachovává všechny informace z provozu
- Zobrazovací jednotka – dotyková obrazovka, kde jsou zobrazeny všechny potřebné informace pro strojvedoucího (rychlost, volnost koleje, povolení k jízdě)
- Antény – slouží ke komunikaci s eurobalíza nebo s radioblokovou centrálou pomocí GSM-R

ETCS je dále rozděleno do tří hlavních aplikačních úrovní. Tyto úrovně byly vytvořeny tak, aby mohlo docházet k postupnému zavádění ETCS do stávající infrastruktury.

### ETCS L1

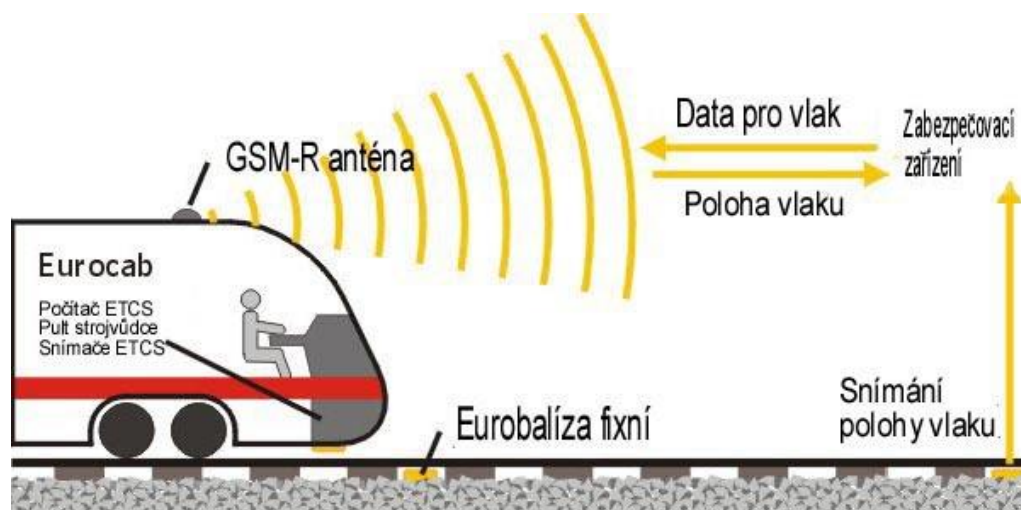
První úroveň je systém nasazený na existujícím zabezpečovacím zařízení. Informace z návěstidla jsou pomocí LEU přenesena do eurobalíz, odkud jsou přenesena na vlak. ETCS následně ví, kam mu platí povolení k jízdě.



Obrázek 5: Schéma funkce ETCS L1 [25]

## ETCS L2

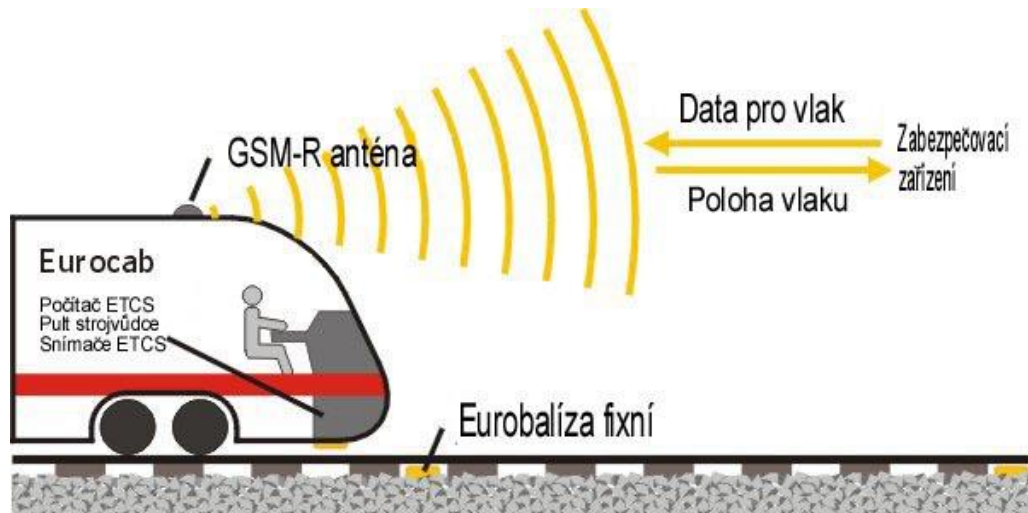
Druhá úroveň ETCS počítá s tím, že návěstidla pro řízení provozu jsou nahrazena balízi, které jsou určeny pro lokalizaci vlaku. Pro zjišťování volnosti koleje se využívají kolejové obvody. Funkce druhé úrovně spočívá v určení polohy vlaku pomocí eurobalíz na trati a přenášení informací o povolení k jízdě z radioblokové centrály pomocí GSM-R.



Obrázek 6: Schéma funkce ETCS L2 [25]

## ETCS L3

Třetí úroveň ETCS umožňuje samostatnou lokalizaci kolejového vozidla, kdy se jeho poloha a celistvost vlaku kontroluje pomocí rádiových prostředků. Tato úroveň umožňuje odstranění traťových oddílů, což znamená, že již nejsou potřeba kolejové obvody pro zajištění volnosti koleje. Na místo toho vznikají pohyblivé oddíly vydefinovány polohou a rychlostí vlaku. Kolejové vozidlo tak vysílá svoji polohu a podle toho se v radioblokové centrále vypočítá jeho doporučená traťová rychlost.



Obrázek 7: Schéma funkce ETCS L3 [25]

Cíle systému ETCS jsou velmi podobné, jako je tomu u jiných C-ITS systémů implementovaných hlavně na silniční infrastruktuře. Hlavně má dojít k efektivnímu a ekonomickému využívání železniční infrastruktury, kdy pomocí tohoto systému má dojít ke zvyšování traťových rychlostí a zvýšené propustnosti tratí. Dále si tento systém klade za cíl zvýšení bezpečnosti železničního provozu. Dalším velkým benefitem je interoperabilita vozidel vybavených tímto systémem. Tato vozidla by mohla jet na jakékoliv trati, která je tímto systémem osazena. To vše by mělo také vliv na snížení nákladů na údržbu a provoz celé železniční dopravy. [25]

### 1.5.6 C-ROADS

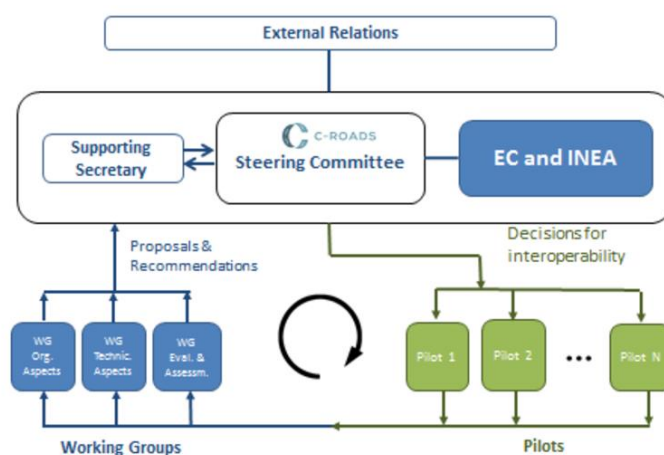
C-ROADS je evropská platforma, která si klade za cíl koordinovat a dohlížet na vývoj a implementaci C-ITS systémů v Evropské Unii (EU) a jejich členských státech. C-ROADS platforma byla spuštěna v říjnu roku 2016. V té době se jí účastnilo 11 členských států EU, a to Anglie, Belgie, Francie, Rakousko, Německo, Česká republika, Finsko, Itálie, Nizozemsko, Slovensko a Maďarsko. Dosud se připojilo sedm dalších států, mezi které patří Dánsko, Řecko, Irsko, Norsko, Švédsko, Portugalsko, Španělsko. V současné době je tedy v C-ROADS Platformě aktivních 18 členů. [26][27]



**Obrázek 8: Členské státy C-ROADS Platformy [27]**

Každé členské státy si vytyčily pilotní projekty, na kterých implementovaly Day 1 a Day 1,5 služby. Tyto práce byly prováděny pod dohledem C-ROADS platformy tak, aby bylo docíleno požadované interoperability. To znamená, že je finální produkt postavený na jednotném technickém řešení, a to umožňuje provoz v jakémkoliv členském státu. Společnou technologií určenou pro C2C a C2I komunikaci je kombinace existujících mobilních sítí společně s technologií ITS-G5.

C-ITS platforma je řízena Řídicím výborem, který se skládá z představitelů jednotlivých členských států. Řídí výbor společně se sekretariátem je zodpovědný za splňování vytyčených cílů, taktické rozhodnutí, a schvaluje specifikace vytvořené jednotlivými pracovními skupinami. Těch je v C-ROADS platformě pět a každá má na starost jednotlivé části projektu. Technické řešení vycházející z práce jednotlivých pracovních skupin je klíčové pro dosažení kompatibility a interoperability mezi jednotlivými pilotními projekty. Řídicí výbor úzce spolupracuje s Evropskou komisí (EK) a Výkonnou agenturou pro inovace a sítě (INEA). Ty C-ROADS platformě poskytují politickou podporu a pomáhají prosadit potřební legislativní úpravy.



**Obrázek 9: Organizační struktura C-ROADS Platformy [27]**

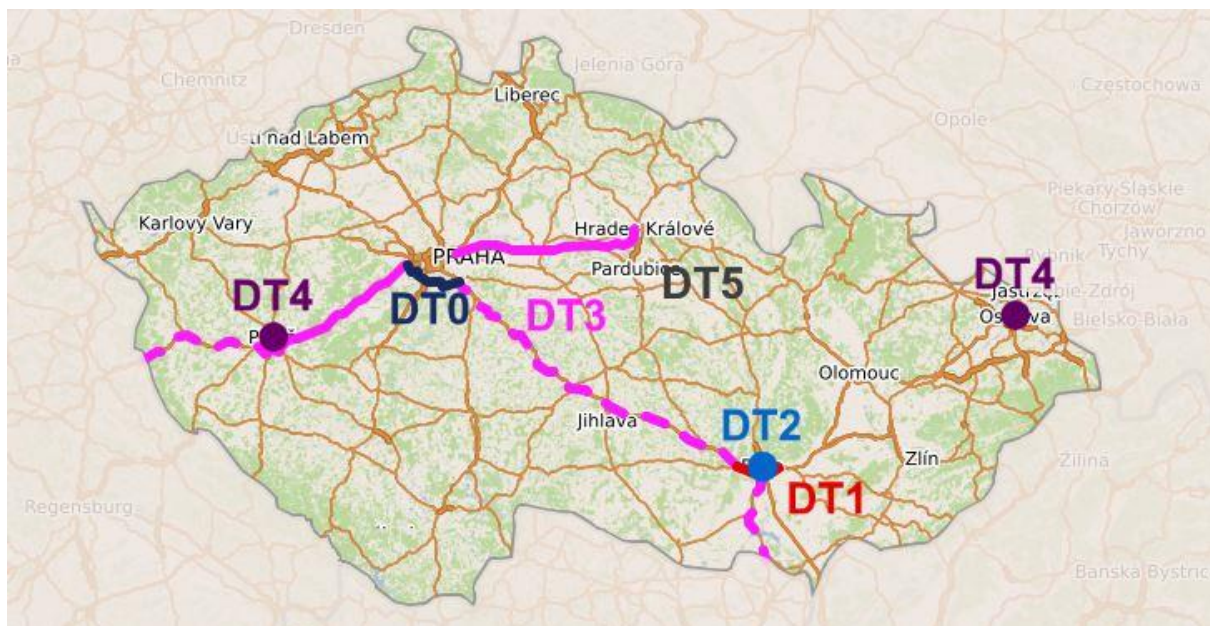
## C-ROADS Česká republika

Projekt C-ROADS Česká republika je jeden z projektů zašitovaných evropskou C-ROADS platformou. Cílem tohoto projektu je implementace vybraných služeb C-ITS systémů na území České republiky. Za účelem splnění vytyčených cílů se v rámci českého projektu C-ROADS spojily státní instituce se soukromým sektorem. [26]

Partneři a jejich role:

- Ministerstvo dopravy: projektový koordinátor projektu C-Roads Česká republika,
- Ředitelství silnic a dálnic České republiky: prováděcí subjekt Ministerstva dopravy a nasazení kooperativních systémů na vybrané úseky dálniční sítě,
- Konsorcium komerčních společností INTENS Corporation, O2 Czech Republic a T-MOBILE: technický návrh, implementace a pilotní provozování kooperativních systémů,
- Brněnské komunikace: nasazování kooperativních dopravních systémů s cílem optimalizovat dopravní toky na území města Brna, a to zvláště na páteřních a tranzitních tazích,
- Dopravní podnik Ostrava a Plzeňské městské dopravní podniky: aplikace pro preferenci MHD,
- Společnosti Správa železnic a AŽD Praha: implementace a testování kooperativních systémů na vybraných železničních přejezdech s cílem snížení počtu zraněných osob v důsledku srážky s vlakem,
- ČVUT Fakulta dopravní: hodnocení a posuzování implementovaných systémů.

Pro projekt v Česku bylo vybráno šest pilotních lokalit (viz. obrázek 10). Na nich dochází k implementaci a následnému testování jednotlivých C-ITS služeb. Tyto lokality jsou označovány jako DT (Deployment & Test).



**Obrázek 10: Pilotní lokality projektu C-ROADS Česká republika [26]**

Popis jednotlivých DT:

- DT0: rozšíření již existujícího projektu C-ITS systému MIRUD (projekt Mirošovice – Rudná) na pražském okruhu (D0) a přilehlých úseků dálnic D1 a D5,
- DT1: vybudování C-ITS služeb na dálnici D1 a v okolí města Brna,
- DT2: rozmístění kooperativních systémů na strategických komunikacích města Brna,
- DT3: vybudování C-ITS infrastruktury na dálnicích D1, D5, D11 a D52,
- DT4: implementace C-ITS systémů pro účely využití v rámci městské hromadné dopravy ve městech Ostrava a Plzeň,
- DT5: zabezpečení železničních přejezdů C-ITS technologií,
- DT6: přeshraniční testování interoperability C-ITS služeb poskytovaných českými a zahraničními partnery v rámci platformy C-ROADS.

V rámci projektu budou na jednotlivých DT implementovány služby Day 1 a Day 1,5. Mezi tyto služby patří: upozornění na práce na silnici, upozornění na prudce brzdící vozidlo, upozornění na nebezpečné místo, upozornění na povětrnostní podmínky, upozornění na pomalu jedoucí nebo stojící vozidlo, upozornění na blížící se kongesci, nerespektování signálu stůj na SZZ, preference veřejné dopravy, upozornění na blížící se vozidlo IZS a dalších.

Speciální službu, která je v rámci projektu v České republice implementována, je varování na blížící se železniční přejezd (RLX – Railway Level Crossing). Této službě se věnovalo v rámci platformy C-ROADS pouze Česko a Francie. Jedná se o typ služby, která má za úkol zvýšit bezpečnost v místech, kde dochází ke křižování silniční a železniční dopravy. Ve zbytku této práce nejdřív provedu analýzu této služby a její implementace v ČR a dále popíšu a vyhodnotím její evaluaci.

## 2. Railway Level Crossing v rámci C-ROADS ČR

V této kapitole budu popisovat C-ITS službu, které řeší problematiku křížení železniční se silniční dopravou. Tato služba nepatří mezi typické služby, které se implementovaly v rámci dříve probíhajících C-ITS projektů. Nejdřív ale obecně zanalyzuji železniční přejezdy.

### 2.1 Železniční přejezdy v ČR

#### 2.1.1 Definice železničního přejezdu

Železniční přejezd je v České republice definován zákonem č. 361/2000 Sb. jako místo, kde se úrovnově kříží pozemní komunikace se železnicí, popřípadě s jinou dráhou ležící na samostatném zemním tělese, a označené příslušnou dopravní značkou.

#### 2.1.2 Zabezpečení železničního přejezdu

Česká republika má jednu z nejhustších dopravních sítí. Hustota sítě dosahuje průměrně ke 122 metrům železniční trati na kilometr čtvereční plochy. Spolu s hustotou silniční sítě, která je 0,7 km silnic na 1 km<sup>2</sup> docházíme k závěru, že se na území ČR musí nacházet relativně mnoho přejezdů. Celkový počet přejezdů je tedy 7 825. [28][29][30]

Aby docházelo k co nejmenšímu počtu mimořádných událostí, jsou tyto přejezdy zabezpečeny. Toto zabezpečení můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

- přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem,
- přejezdy zabezpečené přejezdovým zabezpečovacím zařízením.

#### Přejezdy zabezpečené výstražným křížem

Přejezdy, které jsou zabezpečeny jenom výstražným křížem, nedisponují žádným technickým zařízením, které by účastníka silniční provozu informovalo o tom, že se k železničnímu přejezdu blíží drážní vozidlo. Jedná se tedy o přejezdy technicky nezabezpečené. Tyto přejezdy nemají možnost, jak řidiči silničního vozidla zakázat v určitou dobu vjezd na přejezd.





**Obrázek 11: Přejezd zabezpečený výstražným křížem [35]**

Tato forma zabezpečení se používá na tratích, které jsou pro to vhodné. Jsou to tratě s jednou kolejí, s nízkou traťovou rychlostí a dobrými rozhledovými podmínkami.

### **Přejezdy zabezpečené přejezdovým zabezpečovacím zařízením**

Ostatní přejezdy, které nejsou zabezpečeny pouze výstražným křížem, jsou zabezpečeny pomocí přejezdového zabezpečovacího zařízení (PZZ). To varuje účastníky silničního provozu na blížící se drážní vozidlo pomocí mechanické, světelné a zvukové výstrahy. Nejčastěji se jedná o jejich kombinaci. Jedná se tak o přejezdy technicky zabezpečené.



**Obrázek 12: Přejezd zabezpečený přejezdovým zabezpečovacím zařízením [34]**

Použití přejezdového zabezpečovacího zařízení na všech přejezdech by bylo z hlediska bezpečnosti to nejlepší řešení. Bohužel toho nelze kvůli financím dosáhnout. Zabezpečení přejezdu pomocí PZZ se totiž finančně pohybuje v řádů jednotek až desítek milionů korun.

Nicméně ani použitím nejmodernějších přejezdových zabezpečovacích zařízení se nedosáhne stavu, ve kterém výrazně ubyde dopravních nehod v podobě srážky silničních a drážních vozidel. [31]

### **2.1.3 Nehody na železničních přejezdech**

I když jsou všechny přejezdy více či méně vhodně zabezpečeny, stále na nich dochází k nehodám, při kterých dochází ke střetu drážních a silničních vozidel. Když se podíváme do statistiky, zjistíme, že za rok 2018 bylo zaznamenáno 149 nehod, při kterém došlo ke střetu vozidla s vlakem. Během nich zemřelo 18 lidí.

Zajímavé je i porovnání nehod z hlediska určení, zda se staly na přejezdech zabezpečených pouze pomocí výstražných křížů nebo tak přejezdech vybavených PZZ. V roce 2018 bylo evidováno na přejezdech vybavených pouze výstražným křížem při srážkách vlaku 85 nehod (57 %), při kterých bylo 8 osob usmrceno (44 %), 9 osob těžce zraněno (75 %) a 19 osob bylo zraněno lehce (32 %). Z toho můžeme vyčíst, že i když bylo na technicky zabezpečených přejezdech o 21 nehod méně, zemřelo na nich o 2 lidi více. Pravděpodobně je to dáno tím, že na technicky zabezpečených přejezdech jezdí drážní vozidla vyšší rychlostí a nehody jsou tak závažnější.

Všeříkající je porovnání usmrcených osob na 1 000 dopravních nehod. Celková závažnost dopravních nehod v roce 2018 činila 5,4 usmrcených osob na 1 000 dopravních nehod. Závažnost dopravních nehod na železničních přejezdech v činila 121 usmrcených osob na 1 000 dopravních nehod. To znamená, že nehody, při kterých došlo ke srážkám s vlakem, vykazovaly 22x vyšší závažnost než u celkového průměru všech nehod.

Nejčastější příčinou nehod na železničních přejezdech je nerespektování zákona o provozu na pozemních komunikacích řidiči automobilů. Jedná se o překračování maximální dovolené rychlosti a nevěnování se řízení. Tím může dojít k přehlédnutí a nerespektování upozornění na blížící se železniční přejezd.

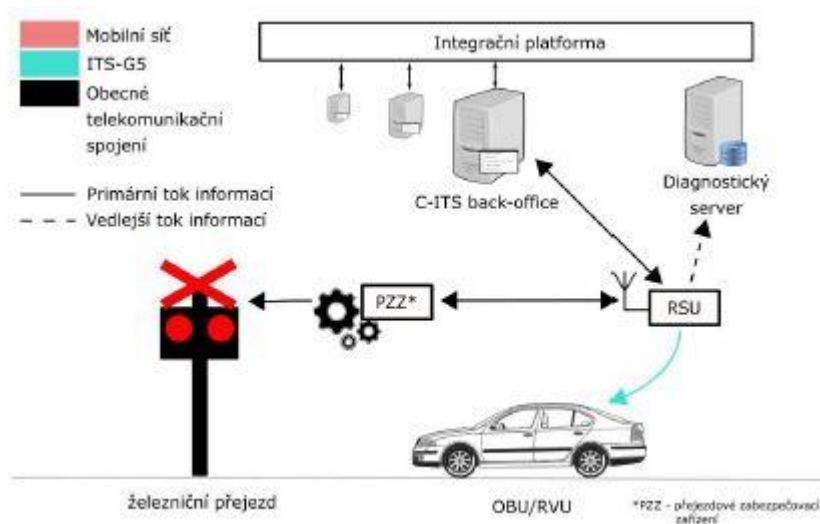
V tom by právě mohly vypomocet kooperativní dopravní systémy. Ty by měly řidiči zprostředkovat informaci o blížícím se železniční přejezdu přímo na palubě vozidla. Řidiči by byli dostatečně předem informováni a mohli podle toho upravit své chování. V jaké podobě je tato služba implementována, bude rozebráno dále. [32]

## 2.2 Analýza use-casu RLX

Služba RLX by měla výrazně pomoci redukovat počet nehod na železničních přejezdech. Měla by řidiči v dostatečném předstihu a správným způsobem předat informaci, že se blíží k železničnímu přejezdu, potencionálnímu nebezpečnému místu. Ideálně by měla umět nejen předávat informaci, že se řidič blíží k místu křížení silniční a železniční infrastruktury, ale také stav, ve kterém se přejezd nachází. Za účelem zjistit, zda RLX služba implementovaná v projektu C-ROADS splňuje výše popsané požadavky, bude provedena analýza stávajícího řešení. Bude rozebrán princip fungování této služby, předávané stavy přejezdu a dodatečné informace. Nakonec budou popsány výsledky diskuze s dopravní psychologou, se kterou jsem tuto problematiku rozebíral.

### 2.2.1 Princip fungování služby RLX

Služba RLX funguje na podobném principu jako ostatní služby poskytované kooperativními dopravními systémy. Základem je úspěšné odeslání informace o stavu PZZ z RSU jednotky na straně jedné a úspěšné přijetí informace OBU jednotkou na straně druhé. RSU jednotka přebírá stavy z přejezdového zabezpečovacího zařízení, které umí indikovat příjezdující drážní vozidlo. RSU dále odesílá tuto informaci na C-ITS back-office, který je umístěn v řídicím dopravním centru. Tento back-office má za úkol shromažďovat a zpracovávat všechny informací poskytované RSU nebo OBU jednotkami daného C-ITS systému a poskytovat je pro další využití. Princip fungování můžeme vidět na obrázku č. 13.[33]



Obrázek 13: Schéma fungování služby RLX [33]

Přenos zpráv probíhá pomocí technologie ITS-G5, kterou musí být RSU a OBU jednotky vybaveny. Předané informace se řidiči zobrazí na HMI v grafické podobě.

Dalším prvkem důležitým pro správné fungování dané služby je dodržování předem definované struktury zprávy.

## 2.2.2 Zpráva používaná pro RLX službu

Dodržování standardů zpráv při komunikaci mezi jakýmkoli částmi C-ITS systému je velice důležité pro dosažení kompatibility a interoperability jednotlivých prvků. Jen tímto způsobem je dosaženo, že zařízení jednoho výrobce je schopno informacím obsaženým ve zprávě od jiného výrobce porozumět a správně je interpretovat.

Specifikem RLX služby je fakt, že taková služba ještě nikdy nebyla v žádném předchozím C-ITS systému implementována. Z toho důvodu chybí standard určený pro tuto zprávu. Během implementace bylo rozhodnuto, že se bude jednat o DENM zprávu.

DENM zpráva obsahuje informace upozorňující řidiče na mimořádné události a situace na silnici. Každá definovaná událost je charakterizována causecodem. Upřesňující informace o dané události je charakterizována pomocí subcausecodu. Například událost upozorňující na práce na silnici má causecode 3. Subcausecode 4 u takové zprávy značí, že se jedná o krátkodobou práci na silnici. Kdyby tam byl uveden subcausecode 5, jednalo by se o čištění silnic. Dalším příkladem může být událost značená causecodem 91. Ten upozorňuje na rozbité vozidlo. Subcausecodem se zde uvádějí důvody poruchy, například 3 je problém s motorem, 4 je problém s převodovkou atd.

Zpráva DENM má standardizovanou strukturu. Skládá se ze čtyř kontejnerů, které obsahují jednotlivé atributy. Tyto atributy jsou nositelem informací předávaných v jednotlivých zprávách. Například pro službu upozornění na práce na silnici, pro kterou se taky používá zpráva DENM, je jedním z atributů *speedLimit*. Tím se přenáší informace o rychlostním omezení v místě, kde probíhají stavební práce.

Pro službu RLX však nebyla žádná taková zpráva standardizována. Pro pilotní implementaci tak bylo rozhodnuto, že se budou posílat zprávy dvě. První z nich je zpráva s causecodem 97 a subcausecodem 2. Ta slouží k informování řidiče o možnosti nebezpečí srážky speciálně na přejezdu. Nicméně se nejedná o zprávu, která umí zobrazovat stav PZZ. Z tohoto důvodu byla vytvořena nová zpráva (Příloha 1). V jejím případě však došlo k použití již standardizovaných atributů, určených pro předávání informací pro jiné služby, ve kterých jsou uloženy informace týkající se přejezdů. Jedním z příkladů je použití atributu *numberOfOccupants*, který se

používá pro službu upozorňující na stojící vozidlo. V této službě se daným atributem předává informace o počtu pasažérů uvnitř stojícího vozidla. Pro službu RLX je v tomto atributu uložena informace o počtu kolejí na daném přejezdu. Dalším příkladem je použití atributu *RoadWorks.restriction*, který je používán ve službě upozorňující na práce na silnici. Ve službě RLX byl tento atribut použit jako nositel informace o doporučené rychlosti průjezdu.

Toto řešení je však velmi nesystémové. Dochází tím k porušení primárních pravidel, podle kterých se mají budovat C-ITS systémy. Dochází k tomu, že informacím poslaným v této zprávě nebudou moci porozumět ani správně interpretovat žádná zařízení postavená na obecně platných standardech.

Z toho důvodu byla představena zcela nová zpráva (Příloha 2), u které se nyní čeká na její standardizaci. Tato zpráva bude označována novým causecodem 101. Subcausecodey v tomto případě budou sloužit k rozlišování stavů přejezdu. Ve zprávě jsou navrženy nové atributy určené pro potřeby služby RLX.[33]

### 2.2.3 Poskytované informace

Přejezdové zabezpečovací zařízení, které je instalováno na železničním přejezdu, poskytuje řidičům informaci, v jakém stavu se daný přejezd nachází. Pokud se v oblasti daného přejezdu nepohybuje žádné drážní vozidlo, PZZ předává informaci pomocí bílého světla, že je bezpečné daný přejezd přejet (přejezd je otevřený). Zpráva, která se řidiči zobrazí na HMI, z bezpečnostních důvodů explicitně nezobrazuje, že je možné daný přejezd bezpečně projet. Pouze zobrazuje informaci, že se přejezd blíží a doporučuje ho přejet se zvýšenou opatrností, viz obrázek č. 14.



Obrázek 14: Informace na HMI při otevřeném přejezdu

Pokud se ale nějaké drážní vozidlo pohybuje v oblasti směrem k přejezdu, zakazuje PZZ vjezd vozidlům silniční dopravy (pomocí blikajícího červeného světla, s možnou sklopenou závorou, pokud je jí přejezd vybaven) na přejezd (přejezd je uzavřený). PZZ v tu chvíli vysílá zprávu, že je přejezd uzavřen. Podobu zprávy můžeme vidět na obrázku č. 15.



**Obrázek 15: Informace na HMI při uzavřeném přejezdu**

Další informací, kterou je možné v rámci RLX služby zobrazit, je stav, ve kterém není možné přejezd přejet z důvodu výluky. Jde o případy, kdy např. na daném přejezdu probíhají stavební práce. V tu chvíli se vysílá zpráva, ve které je informace o uzavření přejezdu a potřeba použití objízdné trasy, viz obrázek č. 16.



Obrázek 16: Informace na HMI při rekonstrukci přejezdu

Mezi volitelné informace, které lze přenášet do vozidla jsou obecné informace týkající se stavebně-technického stavu přejezdu. Mezi tyto informace patří počet kolejí, průjezdná výška a šířka, směr, ze kterého by měl přijet vlak a čas do otevření v přejezdu.

## 2.3 Rozbor use-casu RLX s dopravní psycholožkou

V rámci analýzy služby RLX pro projekt C-ROADS a následné přípravy dotazníků pro evaluaci, jsem si zajistil konzultaci u dopravní psycholožky, PhDr. Jany Štikarové PhD. S tou jsem měl možnost prokonzultovat současný stav implementace, který je popsán výše. Dále jsem s ní probral možné otázky a okruhy, na které by bylo vhodné se zeptat během dotazníkového šetření během samotné evaluace. Rozbor dané problematiky s odborníkem z této oblasti mi byl cenným zdrojem podnětů, ze kterých jsem postupně došel k závěrům a doporučením, uvedeným dále v této práci.

Z tohoto důvodu zde uvedu vybrané otázky a odpovědi z diskuze s odborníkem:

- *Je vhodné zobrazit informaci o přejezdu ve výstražce na displeji ve vozidle, které se blíží k železničnímu přejezdu?*

Doplňková informace na displeji vozidla může mít význam předsignálu, který zdůrazní signalizaci na přejezdovém zabezpečovacím zařízení.

- *Nebudou řidiči přiřazovat informaci ve vozidle větší důležitost než signalizaci přejezdového zabezpečovacího zařízení (na výstražnicích)? Resp. nebude použití takové signalizace ve vozidle zdrojem návyku posuzovat možnost bezpečného přejetí*

*přejezdu pouze na základě signalizace ve vozidle, a to zejména při znalosti řidiče konkrétní lokality?*

Je třeba výcvikově i jinými instrukcemi zajistit, aby signalizace na přejezdovém zařízení byla považována za hlavní. Informace na displeji se nesmí lišit od stavu výstrahy na přejezdu. Pokud se řidič setká s nesprávnou informací, může to mít vliv na další postoj k těmto informacím. Například bylo prokázáno, že pokud jsou řidiči kvůli dopravní značce práce na silnici svedeni do jednoho jízdního pruhu, a pak zjistí, že žádné práce neprobíhají a mohli jet ve více jízdních pružích, tak pokud se s touto dopravní značnou znovu setkají, mohou mít tendenci ji nerespektovat.

- *Je vhodné použít i nějaké zvukové upozornění, když se auto bude blížit k přejezdovému zabezpečovacímu zařízení ve výstraze?*

Akustické upozornění je vhodné z hlediska upoutání pozornosti. Bylo by možné vyzkoušet velmi krátkou akustickou výstrahu. Řidiči pozitivně přijímají při příjmu informací z tabletu hlasovou instrukci. Inženýrská psychologie doporučuje i řečový doprovod.

- *Jaká je vhodná vzdálenost před přejezdem pro předání a zobrazení informace o přejezdu ve výstraze?*

Vhodnost vzdálenosti závisí na rychlosti jízdy vozidla. Také je potřeba uvažovat u této otázky na složitost dopravní situace, kolik podnětů musí řidič vnímat.

- *Je vhodné řidiči poskytovat informaci o předpokládaném času (době) do ukončení výstrahy na přejezdovém zabezpečovacím zařízení, přestože není možno tuto dobu garantovat a obvykle bude skutečná doba výstrahy delší?*

Jestliže nelze garantovat předpokládanou dobu do ukončení výstrahy asi ani volitelně by tento údaj neměl být poskytován. Někdy může i na delší dobu upoutat pozornost řidiče, který by údaj průběžně sledoval. Také příjem informace bez tohoto údaje bude rychlejší.



- *Nebude obecně signalizace ve vozidle rozptylovat pozornost řidiče, nebudou řidiči zahlceni informacemi?*

Krátkodobá signalizace ve vozidle nemusí podstatně rozptylovat pozornost od reálných podmínek jízdy. Záleží také např. na věku řidiče, kdy starší řidič může přijmu informace věnovat delší pozornost, může mít také problémy s dělenou pozorností.

- *Nevzniknou nežádoucí návyky, jestliže řidič bude určitou dobu jezdit jen přes přejezdy, u nichž bude dostávat do vozidla informaci o stavu (výstraze) přejezdového zařízení, a následně pojedou přes přejezd, kde takové informace poskytovány nebudou?*

Je možné, že řidič bude očekávat na základě své dřívější zkušenosti informace o stavu přejezdového zařízení i tam, kde tyto informace nebudou. Např. starší řidič, jehož styl řízení je možné označit za šablonovitý, by mohl mít v této oblasti obtíže. U mladšího řidiče bude mj. záležet, kolik procent jeho jízdní trasy je pokryto informacemi z HMI, jak často se s nimi setkává.

- *Očekáváte celkový přínos ke zlepšení bezpečnostní situace na přejezdech?*

Systém zdvojování informací může vést ke zlepšení bezpečnostní situace na přejezdech.

Dojem dopravní psycholožky z technologie kooperativních dopravních systémů byl velmi kladný. Pozitivně se vyjádřila i ke službě RLX. Dle jejího názoru, mohou mít C-ITS systémy vliv na zvyšování bezpečnosti silničního provozu. Zároveň však dodává, že s podobnými systémy mohou mít uživatelé ze začátku potíže. Je proto nutné zajistit, aby byli řidiči s novou technologií dostatečně seznámeni. Dále pak vyzdvihla potřebu zajistit spolehlivou funkčnost systému. Pokud nebude systém spolehlivý, může docházet z řidičovi strany k jeho ignorování. V této souvislosti pak taktéž doporučila akustické upozornění pro upoutání řidičovi pozornosti.

## **2.4 Zhodnocení přístupu k RLX v rámci C-ROADS CZ**

Nehody mezi silničními a drážními vozidly bývají velmi vážné a bohužel se nestávají tak ojediněle či vůbec, jak by bylo preferováno. Z tohoto důvodu je žádoucí, aby byly vyvíjeny takové systémy, které umožní zvýšit bezpečnost na kříženích mezi železniční a silniční infrastrukturou. Mezi takové systémy se jednoznačně řadí kooperativní dopravní systémy. Jejich aplikace na problematiku železničních přejezdů by mohla vést k zpřehlednění situace, zlepšení informovanosti řidičů a k celkovému zvýšení bezpečnosti na přejezdech.

Služba Railway Level Crossing implementovaná v rámci projektu C-ROADS může být brána jako prostředek, který pomůže zlepšit situaci na železničních přejezdech. Je však nutné, aby tato služba byla správně navržena a implementována. To bylo cílem pilotního projektu v rámci C-ROADS.

Princip fungování je postaven na komunikační technologii ITS-G5. Jedná se o technologii, která je vhodná pro kooperativní dopravní systémy. Její nevýhodou je, že není rozšířená v sériově vyráběných vozidlech. Z tohoto důvodu by mi přišlo zajímavé, kdyby se jako komunikační prostředek začali využívat mobilní sítě veřejných operátorů.

Jelikož je česká železniční i silniční síť velmi hustá, zákonitě se na ní vyskytuje i mnoho železničních přejezdů. Zabezpečit tyto přejezdy přejezdovým zabezpečovacím zařízením by bylo velmi nákladné, a tudíž to zejména z ekonomického hlediska nedává smysl. V současnosti je pilotní projekt C-ITS systému se službou RLX implementován pouze na přejezdech vybavených PZZ. Vystává tu tedy požadavek, jak implementovat kooperativní dopravní systémy i na přejezdech zabezpečenými pouze výstražnými kříži. Napadá mě možnost, že by bylo vhodné propojit C-ITS s ETCS. Dále mi přijde zajímavá možnost využití hnacího vozidla jako vysílače C-ITS systému, který by v případě potřeby vysílal zprávy do okolních vozidel.

Nedílnou potřebou pro celosvětovou implementaci kooperativních systémů je interoperabilita. Tady vidím v současnosti největší problém. Bohužel v průběhu standardizace C-ITS systémů se nepočítalo s jejich použitím pro službu RLX. Způsobilo to tak vznik a použití zprávy, která zcela ignorovala prvky interoperability. To, dle mého názoru, musí být napraveno. Ztotožňuji se s návrhem nové DENM zprávy, která je speciálně vytvořena pro potřeby RLX.

Nejen za účelem zhodnocení stávajícího přístupu ke službě RLX jsem se rozhodl prodiskutovat tuto problematiku s dopravní psychologkou. Diskuze mi potvrdila, že implementace daného systému může být velmi výrazným krokem ke zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech. Musí se však k samotné implementaci přistupovat velmi citlivě. Hlavně předávání zpráv řidiči musí být nastaveno tak, aby u něho nedošlo k tříštění pozornosti a k tvorbě nebezpečných situací. Systém by mu měl vhodnými prostředky předat informace, které povedou ke zpřehlednění situace a zvýšení bezpečnosti.

To bude předmětem praktické části mé diplomové práce. V té bude provedena evaluace služby RLX v rámci projektu C-ROADS CZ. Na vzorku uživatelů bude systém otestován a pomocí dotazníkového šetření bude zjišťována jejich odezva na daný systém. To umožní vývojářům potřebnou zpětnou vazbu, která napomůže k vyladění systému.

## 3. Evaluace RLX v rámci C-ROADS CZ

Evaluace je proces, který má za cíl sběr informací, jejich zpracování a vytvoření podkladů pro případná doporučení potřebná pro další vývoj. Tento proces je i jedním z mandatorních kroků, který je potřeba realizovat během implementace projektu C-ROADS. Na vybraných pilotních lokalitách je potřeba otestovat vybranou službu na testovacím vzorku řidičů, zjistit jejich zpětnou vazbu, vyhodnotit ji a poskytnout vyplývající doporučení, jak vylepšit daný systém a evaluaci samotnou. Tento krok byl plně v gesci ČVUT Fakulty dopravní, jakožto partnera projektu C-ROADS CZ.

### 3.1 Metodika evaluace

Před začátkem samotné evaluace je nutné navrhnout a stanovit metodiku. V tomto případě bude účelem metodiky sestavení jednotlivých kroků a postupu práce, kterými bude možné přistupovat k realizaci evaluace RLX. Nedílnou součástí metodiky je stanovení cíle, kterého má tato metodika evaluace dosáhnout. Právě stanovení cíle je jedním z hlavních kritérií pro sestavování metodiky. Metodika tudíž musí být sestavena tak, aby po provedení jednotlivých úkonů byla schopna dosáhnout námi stanoveného cíle. Cílem je v tomto případě získání zpětné vazby od testovací skupiny uživatelů na službu RLX v projektu C-ROADS. Z té je potřeba vyhodnotit závěry, které poslouží k dalšímu rozvoji této služby.

Na základě požadovaného cíle je metodika rozdělena do čtyřech po sobě jdoucích kroků: fáze přípravy, fáze samotné evaluace, fáze vyhodnocení evaluace a závěrečné zhodnocení.

V rámci přípravné fáze je nutné vybrat vhodnou lokalitu, tedy takovou, která je vybavena daným zařízením a systémem. Zároveň pak lokalita musí být intenzitou dopravy vhodná pro provedení testování. Po vybrání vhodné lokality, je další částí přípravné fáze sestavení scénáře testování. Pro efektivní zhodnocení přínosů C-ITS jednotek se nabízí provedení dvou po sobě jdoucích jízd, kde v prvním případě nebude jednotka zapojena a bude tedy možné porovnávat tuto situaci s jízdou, ve které jednotka již zapojena bude. Jakmile je jasně stanovený scénář testování, je nutné sestavit metodu, kterou bude možné kvantifikovat výsledky provedených jízd. Za tímto účelem je vhodné použít formu dotazníků. Dotazníky v našem případě budou vyplňovány jak před jízdou, tak po jízdě, aby poskytly lepší zhodnocení přínosnosti jednotky. Nedílnou součástí je pak stanovení takových, otázek, které budou schopny odpovědět na předem stanovený cíl. Pro zjednodušení kvantifikace budou z většiny použity otázky uzavřené s předem danou škálou odpovědí. Zároveň zde však bude uvedena i řada otevřených otázek, které budou moci poskytnout zpětnou vazbu a případně

návrhy a připomínky testovacích řidičů. Poslední částí přípravné fáze je stanovení potřeb na technické vybavení. V našem případě je nutné mít k dispozici osobní vozidlo vybavené jednotku C-ITS. Nepochybně je pak nutné, jak již bylo zmíněno výše, zvolit železniční přejezd, který je C-ITS systémem taktéž vybavený.

Druhá evaluační fáze je fáze samotného testování. Předtím musí být sestaven vzorek řidičů, kteří budou ochotní tuto službu testovat. Samozřejmě je vítáno rozmanité složení počtu respondentů, co se týče pohlaví, věku či řidičských zkušeností. V den evaluace se předem vybraná skupina řidičů dostaví na předem určenou lokalitu. Vyplní první část dotazníku určeného pro vyplnění před jízdou, provedou dvě testovací jízdy a na základě svých dojmů vyplní druhou část dotazníku. Po absolvování všech jízd testovacích řidičů je evaluace ukončena.

Třetí fáze je zaměřena na zhodnocení provedené evaluace. V tomto případě je to vyhodnocení dotazníků. Výsledky z dotazníků je vhodné převést do elektronické formy za účelem lepšího zpracování. Vyhodnocené dotazníky poskytnou zpětnou vazbu a dojmy řidičů z tohoto systému. Na základě jejich vyhodnocení pak můžeme učinit závěry, které mohou být dobrým východiskem pro budoucí směřování a vývoj služby RLX.

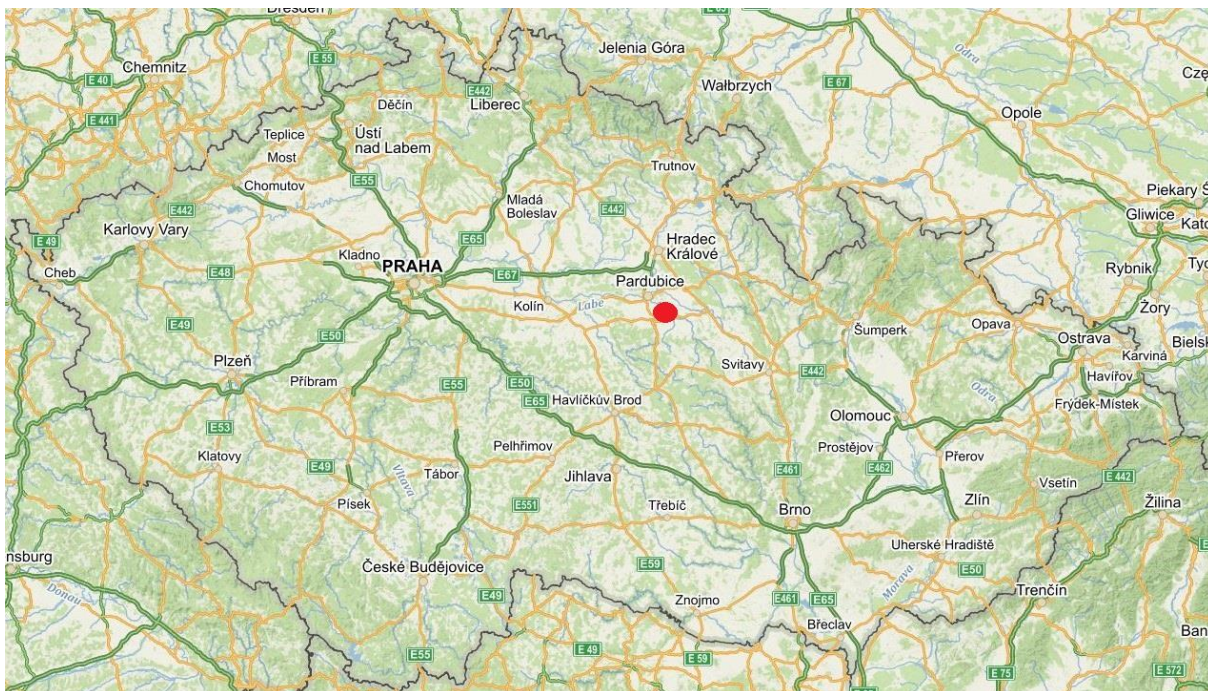
Poslední fází je závěrečné zhodnocení. V této fázi retrospektivně zhodnotím, zda evaluace proběhla podle předem dané metodiky, zda byly získány požadované výsledky a zda je nutné do budoucna formu evaluace upravit tak, aby mohlo být lépe dosaženo stanovených cílů.

## **3.2 Příprava na evaluaci**

Pro správnou evaluaci bylo důležité mít a zařídit mnoho věcí. Bylo potřeba najít vyhovující lokalitu, sestavit testovací scénář, vytvořit dotazníky, zajistit technické vybavení, domluvit si testovací řidiče a provést samotnou evaluaci. Následně byly dotazníky vyhodnoceny a z nich vyvozeny závěry uvedené dále v této práci.

### 3.2.1 Lokalita

Přejezd vybraný pro evaluaci služby RLX se nachází v obci Úhřetice v Pardubickém kraji (viz obrázek č. 17). Je to jeden ze 4 přejezdů vybavený službou RLX v České republice.



**Obrázek 17: Mapa ČR s vyznačenou obcí Úhřetice (Mapy.cz)**

Přejezd se nachází na silnici druhé třídy číslo 340 spojující obce Úhřetice a Topol. Na přejezdu označeným kódem P5013 je, jak můžeme vidět na obrázku č. 18, instalováno zařízení umožňující vysílání zpráv o stavu přejezdu okolním vozidlům.

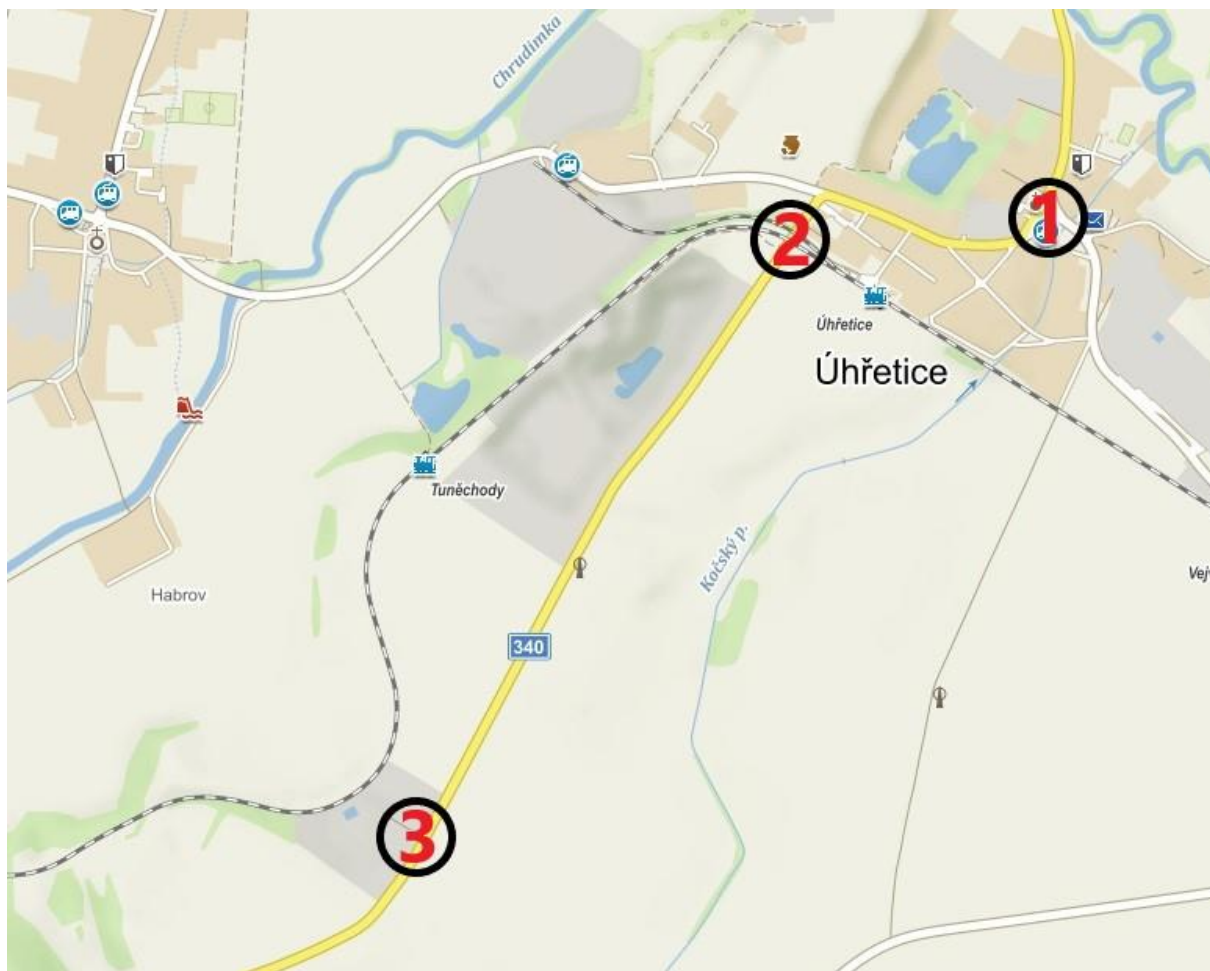


**Obrázek 18: Přejezd P5013 s instalovaným C-ITS zařízením**

Lokalita je pro účely evaluace vhodná zejména v oblasti nižších intenzit dopravy, jak silniční, tak i železniční. To bylo velmi důležité, protože jsme nemohli uzavřít oblast pro jakoukoli ostatní dopravu za účelem provádění evaluace.

### 3.2.2 Scénář

Pro získání co nejlepší zpětné vazby na nový C-ITS systém jsme se rozhodli, že by bylo zajímavé, kdyby testovací řidiči projeli trasu dvakrát. Jednou bez zapnuté C-ITS jednotky a jednou se zapnutou jednotkou. Docílí se tak reálného porovnání jízd s a bez jednotky a testovací řidiči mohou rovnou posoudit, zda je takový systém pro ně přínosný.



**Obrázek 19: Situační mapka evaluačního scénáře (Mapy.cz)**

Testovací řidič provede první jízdu bez zapnuté C-ITS jednotky. Vyjede z náměstí v obci Úhřetice (bod 1 na obrázku č. 19). Dojede k železničnímu přejezdu P5013 (bod 2 na obrázku č. 19), který bude otevřený. Po přejetí přejezdu bude pokračovat k betonárce (bod 3 na obrázku č. 19). Tam se otočí a pojedou zpátky. Cestou zpět bude přejezd ve výstraze.

Na náměstí se zapne C-ITS jednotka a řidiči se tak budou moci zobrazovat zprávy na HMI. Během jízdy k přejezdu, který bude otevřený, dostane řidič zprávu s informací, že ať ho projede se zvýšenou opatrností (obrázek 14). Po přejetí přejezdu řidič dojede k betonárce a

otočí se. Cestou zpátky se přejezd přepne do výstrahy a řidič dostane zprávu, že se vlak (obrázek 15). Na náměstí řidič ukončí svoji jízdu.

### 3.2.3 Dotazníky

Forma, jakou jsme se rozhodli použít pro získání zpětné vazby od testovacích řidičů, bylo použití dotazníků. Jejich tvorbu jsme koncipovali tak, aby nám následné vyhodnocování dotazníků poskytlo náhled na to, co si o službě RLX myslí naši testovací řidiči. Tomu napomáhal i výběr scénáře, kdy si řidič mohl během dvou jízd vyzkoušet řízení s a bez C-ITS systému a porovnat, jestli je po něj služba přínosem.

Na základě toho byly vytvořeny 2 dotazníky, které naši testovací řidiči vyplňovali. První dotazník (Příloha 3) je obecný dotazník o řidiči zjišťující jeho pohlaví, věk, zkušenosti s řízením motorového vozidla, jaké technologie používá během jízdy apod.

Druhý dotazník (Příloha 4) se věnuje již samotné službě RLX. Byl rozdělen na dvě části. První část byla vyplněna před jízdou a druhá část až po jízdě. Rozdělením dotazníků na tyto dvě části bylo možné zkoumat, zda řidiči během testovací jízdy změni svůj názor na danou službu.

Část dotazníku, která byla účastníky evaluace vyplněna před testovací jízdou, zjišťuje, zda by účastníci uvítali mít informaci o stavu PZZ na palubě svého vozidla. Dále pak zkoumá, zda jsou řidiči toho názoru, že za určitých povětrnostních podmínek může být stav PZZ přehlednější, a tudíž informace o jeho stavu na HMI ve vozidle zvýší bezpečnost jízdy. Další otázky se zaměřují na používání HMI během řízení. Řidiči jsou dotazováni, zda očekávají, že bude HMI odvádět jejich pozornost či zda díky HMI budou mít větší přehled o stavu přejedu a jízda tak bude méně náročná.

Druhou část dotazníku jsme dali řidičům vyplnit až po testovací jízdě. V prvních dvou otázkách byli řidiči dotazováni, zda zaregistrovali jednotlivé zprávy o stavech PZZ. Tázali jsme se, jaké doplňující informace by uvítali nebo které zobrazované informace jim přijdou nadbytečné. Další otázky se týkaly užitečnosti informace o stavu PZZ na palubě vozidla. Zajímalo nás, jestli informace dostupná ve vozidle zvyšuje přehled o nebezpečné situaci a zvyšuje bezpečnost jízdy. Dále bylo nutné zjistit, zda řidiči mají důvěru v tento systém a neobávají se tak možnosti, že zobrazený stav PZZ ve vozidle bude nepravdivý. Další otázka se týkala spokojenosti s informacemi, které byly na HMI poskytnuty. Řidiči byli dotazováni, zda by uvítali možnost mít tento tablet v autě již trvale a zda by považovali za vhodné mít tento systém integrovaný v palubní desce. V neposlední řadě řidiči odpovídali, zda by tuto službu doporučili i ostatním a



zda pocítovali, že tablet odváděl jejich pozornost od řízení. Na konci dotazníku pak byla otevřená otázka, v rámci které nám řidiči mohli poskytnout podrobná doporučení.

### 3.2.4 Technické vybavení

K evaluaci byla potřeba vybavit testovací vozidlo C-ITS jednotkou a HMI. C-ITS jednotka bude schopná přijímat zprávy a pomocí HMI se budou řidiči zobrazovat zprávy.

C-ITS jednotka ve vozidle má zpravidla dvě hlavní části: OBU jednotka a HMI.



**Obrázek 20: OBU jednotka použitá při evaluaci**

OBU jednotka je zařízení sloužící k vyhodnocování přijatých C-ITS zpráv. Jednotka je umístěna ve vozidle. Komunikaci mezi OBU jednotkou a RSU jednotkami zprostředkovává anténa.



**Obrázek 21: Anténa použitá při evaluaci**

Ta je vybavena technologií ITS-G5, GPS a veřejně dostupnou mobilní sítí. To umožňuje OBU jednotce komunikovat pomocí všemi dostupnými kanály určenými pro C-ITS systémy. Anténa má spodní stranu opatřenou magnety, tudíž ji je možné upevnit na střechu vozidla bez obav o její ztrátu.



**Obrázek 22: HMI použité při evaluaci**

Další důležitou součástí ve vozidle je samotné HMI. Pro účely evaluace byl zvolen tablet, který byl uzpůsoben pro komunikaci s OBU jednotkou. Propojení bylo bezdrátové pomocí technologie Wi-Fi.

### 3.3 Evaluace

Samotná evaluace probíhala ve dvou dnech, 8. a 9. července 2020 zhruba od 9 hodin ráno do 2 hodin odpoledne. Celkem se nám povedlo zajistit 16 testovacích řidičů, což bylo 8 testovacích jízd každý den. Celá testovací jízda i s vyplněním dotazníků zabrala řidiči přibližně 30 minut.

K evaluaci byly potřeba ještě dvě důležité věci. Vozidlo a mechanismus ovládání přejezdu. Vozidlo poskytnuté pro účely evaluace byl Ford C-Max. Po vybavení zařízeními uvedenými v kapitole 3.1.4 bylo plně vyhovující pro účely naší evaluace.



**Obrázek 23: Vozidlo použité během evaluace**

Bohužel nebylo technicky možné, aby pokaždé, když jsme potřebovali, přešlo přes přejezd drážní vozidlo, které by přejezd uvedlo do výstražného stavu. Z bezpečnostních důvodů přejezdy vybavené PZZ obsahují funkčnost, že je lze obsluhovat v případě potřeby lokálně z reléového domku. Pro tuto potřebu však bylo potřeba zajistit přítomnost osoby k tomu povolane – pracovníka Správy železnic (SŽDC). Ten byl přítomen po oba dny evaluaci a velmi ochotně ovládal přejezd dle našich potřeb.



**Obrázek 24: Reléový domek**

Evaluace probíhala standardně během předpřipraveného scénáře. Testovací řidič přijel na místo testování a vyplnil obecný dotazník a dotazník ke službě RLX určený k vyplnění před jízdou. Následně projel první testovací jízdou bez systému C-ITS. Druhou testovací jízdou projel již se zapnutým systémem a dostával tak zprávy na své HMI. Po dokončení druhé testovací jízdy byl řidič požádán o vyplnění dotazníku určeného k vyplnění po jízdě. Vždy byl s testovacím řidičem ve voze přítomen organizátor evaluace. Ten měl za úkol zapínat a vypínat C-ITS jednotku a také měl v kompetenci komunikaci s pracovníkem SŽDC tak, aby docházel v uzavírání a otevírání přejezdu v případě potřeby. Moje role spočívala v rozdávaní a vybírání dotazníků a taky jsem zodpovídal na případné dotazy k jednotlivým otázkám. S každým

účastníkem jsem snažil mít po vyplnění dotazníku na službu RLX a kooperativní systémy krátkou diskuzi.



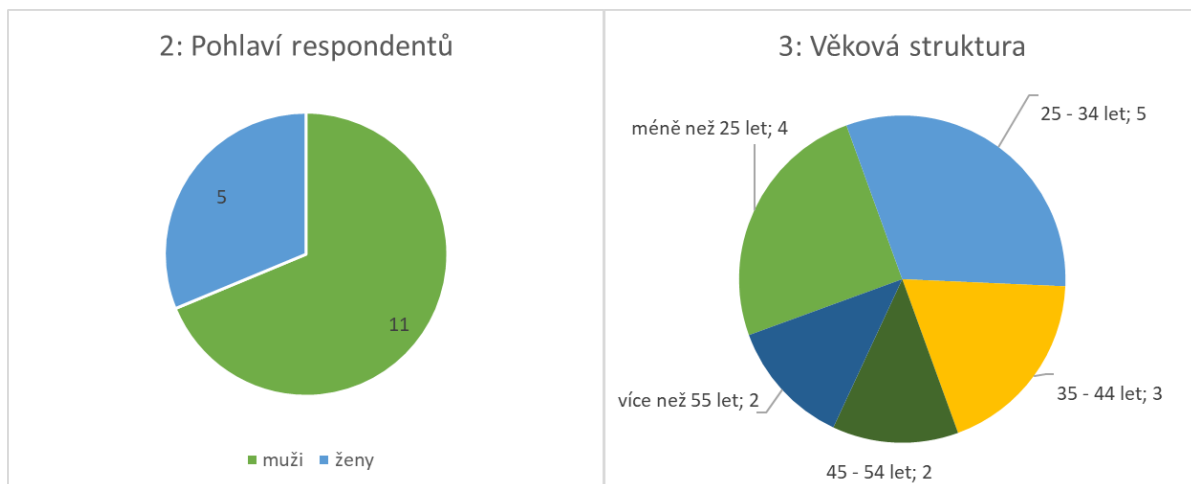
Obrázek 25: Testovací vozidlo čekající na uvolnění přejezdu

### 3.4 Vyhodnocení dotazníků

Po evaluaci byly získané a vyplněné dotazníky vyhodnoceny. Pro zpracování této kapitoly byly zvoleny vybrané obecné otázky týkající se testovacího vzorku. Závěry uvedené v kapitole 3.3.1 nicméně vycházejí i z výsledků dalších otázek a osobních rozhovorů s účastníky evaluace. Za základní otázky byly vybrány dotazy týkající se pohlaví účastníků našeho výzkumu a jejich věková struktura. Právě věková struktura může být jedním z faktorů, který může ovlivnit přístup řidičů k moderním technologiím dostupných ve vozidle.

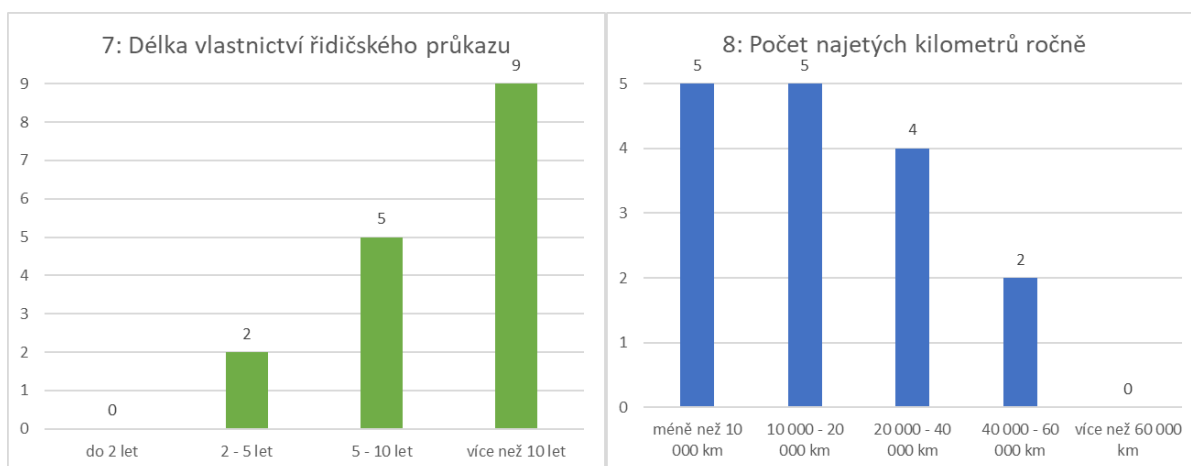
Ve dvou grafech níže lze vidět, že našeho průzkumu se zúčastnilo více mužů než žen. Nejvíce respondentů pak bylo ve věkové skupině do 34 let (tj. součet námi definovaných skupin „méně než 25 let“ a „25-34 let“). To bylo dané zejména tím, že se průzkumu účastnili známí a

spolužáci studentů Fakulty dopravní. Dále byly zastoupeny i ostatní věkové skupiny se dvěma účastníky staršími 55 let.



**Graf 1: Pohlaví a věkové skupiny respondentů**

Další skupinou obecných otázek týkajících se řídicích specifík a zkušeností našich řidičů byly otázky týkající se délky vlastnictví řídicího oprávnění a počet ročně najetých kilometrů. Tyto dvě otázky měly za účel zjistit míru zkušeností našich respondentů a jak často vozidlo využívají.



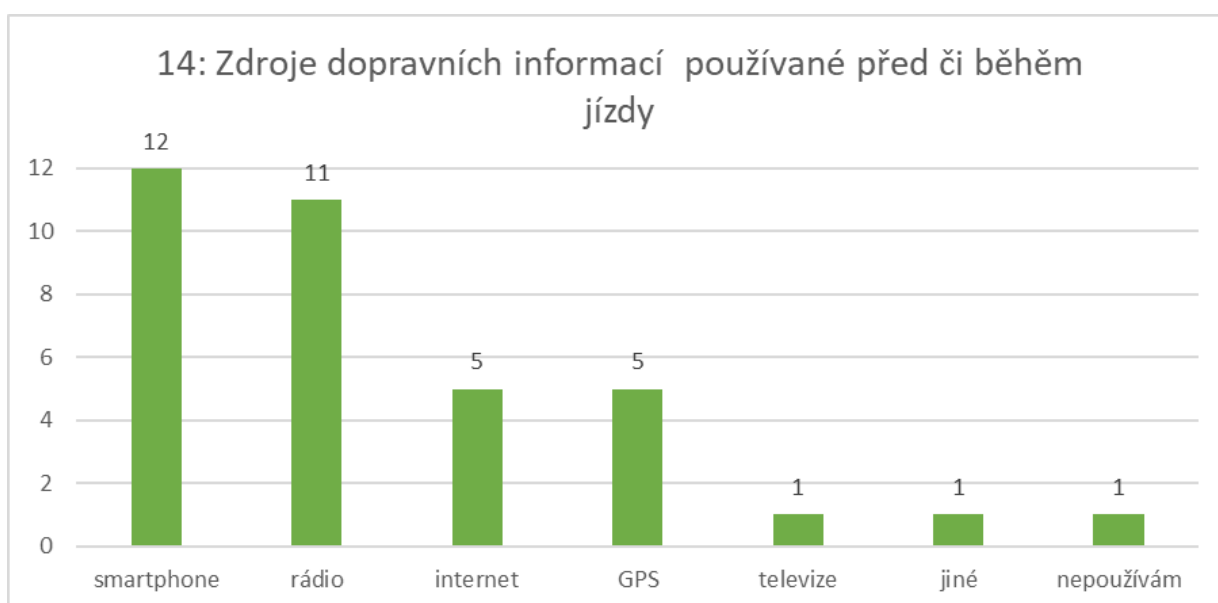
**Graf 2: Délka vlastnictví ŘP a počet najetých km ročně**

Výše uvedené grafy ukazují, že většina respondentů řídí vozidlo již přes 10 let a zároveň většina z nich najede do 20 000 km. Naopak žádný respondent neuvěděl, že vlastní řídicí

průkaz méně než 2 roky a ani, že by najel ročně více jak 60 000 km, což by se týkalo pravděpodobně pouze řidičů z povolání.

Poslední vybraná otázka z obecné sekce se týkala preferencí ohledně hledání dopravních informací. Otázka měla za účel zjistit, jaká zařízení řidiči nejčastěji používají pro získání informací o dopravní situaci před jízdou nebo během jízdy.

Jak lze vidět v grafu níže, největšímu zastoupení se těší využívání chytrého telefonu (smartphonu). Dále je pak hojně využíváno i rádio, které respondenti uvedli jako druhé nejčastější. Dalšími z možností pak bylo i využití GPS nebo internetu. Pouze jeden z řidičů pak uvedl, že nepoužívá žádné zdroje pro získání informací o dopravě.

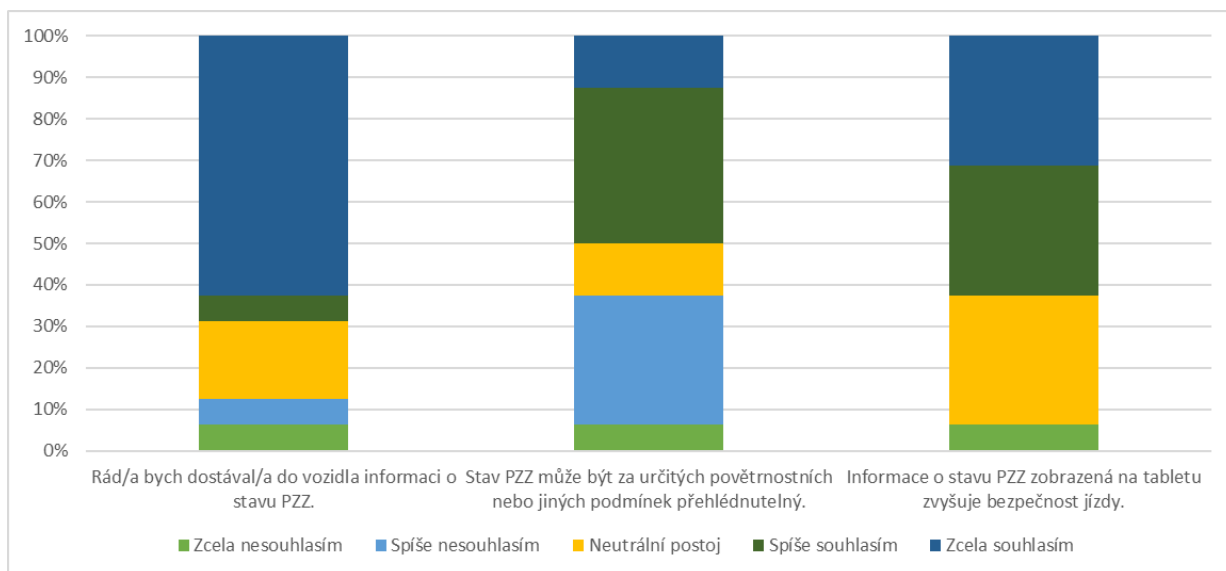


**Graf 3: Nejvíce využívané zdroje dopravních informací**

Výběrem výše uvedených pěti otázek bych uzavřel sekci obecných otázek a přesunul se k vyhodnocení otázek týkajících se služby RLX. Tyto otázky pak byly rozděleny na dvě části dotazované před začátkem testovací jízdy a po jejím konci.

Vyhodnocení setu prvních třech otázek položených před testovací jízdou lze vidět níže. První otázka zjišťovala zájem řidičů o zobrazování informací o stavu přejezdového zabezpečovacího zařízení ve vozidle. Většina respondentů uvedla, že by zcela určitě uvítala příjem informací o stavu PZZ přímo ve svém vozidle. S tím související druhá otázka na přehlednost PZZ za určitých povětrnostních podmínek (např. mlha či ostré slunce) ovšem nevykazovala výrazný názor řidičů na tuto oblast. Dalo by se totiž předpokládat, že pokud řidiči vnímají přejezd za potenciálně nepřehledný během určitých povětrnostních podmínek, pak by, podobně jako v případě první otázky, upřednostňovali zobrazení informací o jeho stavu ve vozidle za účelem

lepší informovanosti. Dále pak byli řidiči dotázáni i na jejich názor týkající se zobrazování informací o stavu PZZ na tabletu ve vozidle. V tomto případě byli námi testovaní řidiči pozitivní a uvedli, že informace zobrazená na tabletu může bezpečnost jízdy zvýšit než ji snížit z důvodu nedostatečné věnování pozornosti dění před vozidlem. Tento převažující názor může být dán tím, že hojná většina našich respondentů používá moderní technologie před i během svých jízd, jak již bylo uvedeno v grafu 3.

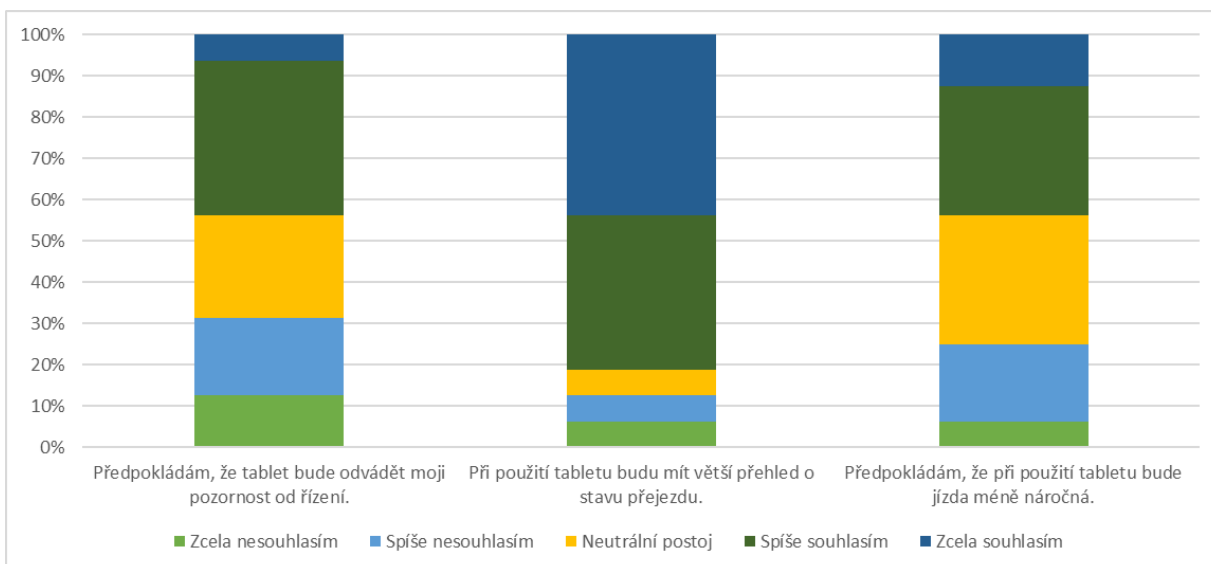


**Graf 4: První set otázek před jízdou týkající se RLX**

Ve druhém setu otázek položených před jízdou jsme se dotazovali na vybrané tři otázky spojené s bezpečností a zvýšením komfortu užíváním tabletu a zpráv na něm zobrazovaných.

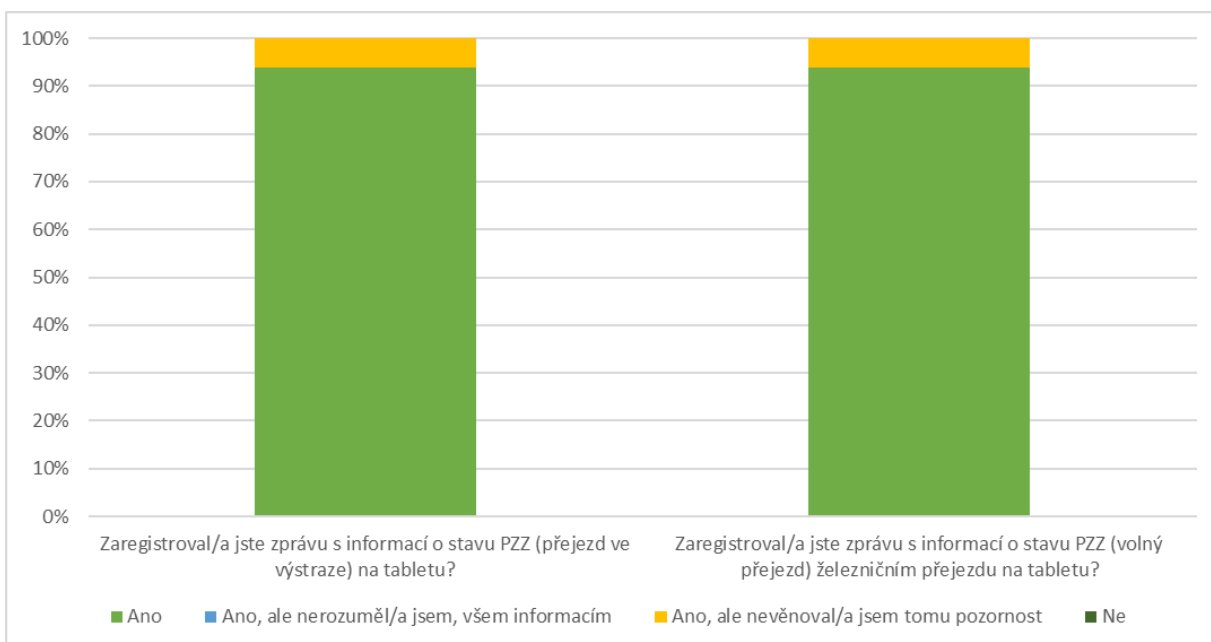
Téměř polovina respondentů uvedla, že je možné, že tablet bude odvádět jejich pozornost od řízení. Zároveň však přes 80 % respondentů uvedlo, že díky tabletu mohou mít větší přehled o stavu přejezdu. Naopak respondenti nevyjádřili jasný názor ohledně snížení náročnosti jízdy s používáním tabletu, ačkoliv by dřívější informace o stavu přejezdu zobrazená na tabletu mohla mít potenciál náročnost jízdy snížit. Na druhou stranu další zařízení, které zobrazuje informace ve vozidle, může pro některé řidiče znamenat vyšší náročnost jízdy a tříštění jejich pozornosti.





**Graf 5: Druhý set otázek před jízdou týkající se RLX**

Druhá část otázek týkající se RLX byla položena po provedení testovací jízdy. Právě testovací jízda by mohla ovlivnit názor řidičů na využívání těchto služeb. Z tohoto důvodu jsou níže rozebrány sety vybraných otázek položených po jízdě.

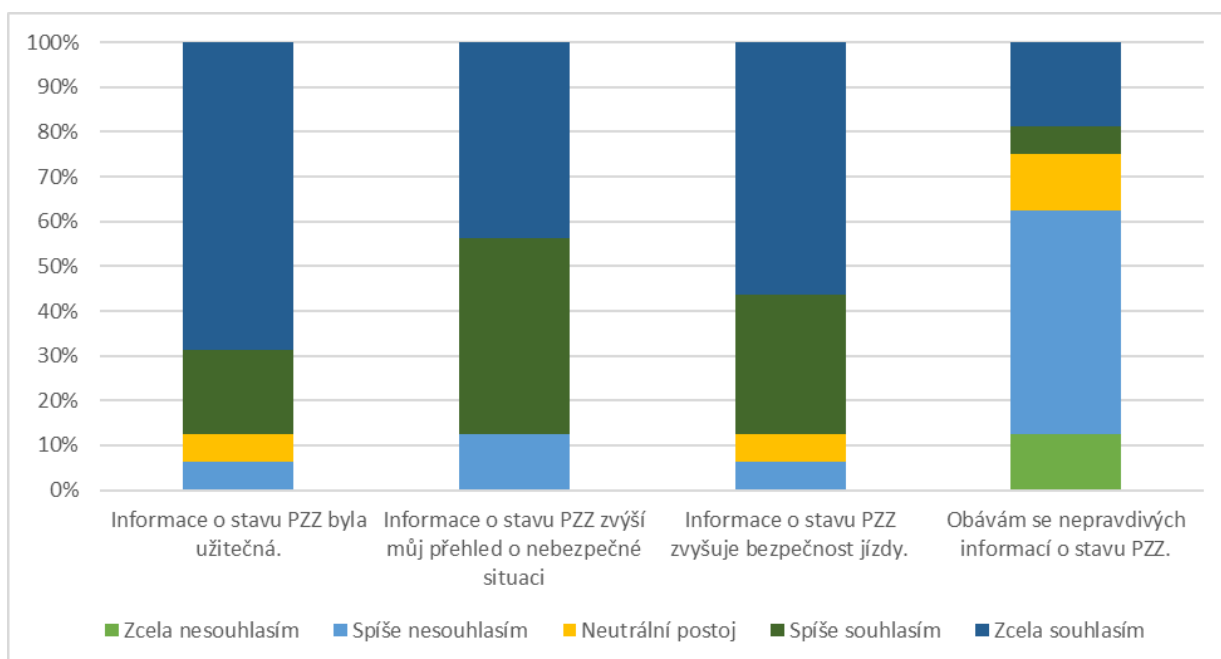


**Graf 6: První set otázek po jízdě týkající se RLX**

Výše uvedené dvě otázky zkoumaly prvotní zaregistrování informace zobrazované na tabletu. Všichni účastníci uvedli, že zprávu o stavu PZZ (jak ve výstraze, tak volném) zaznamenali. Pouze jeden respondent uvedl, že informaci zaznamenal, ale nevěnoval jí pozornost. Toto zjištění je pro další vývoj RLX velmi významný, protože ukazuje na to, že lidé jsou schopni

takovouto informaci registrovat a pracovat s ní. Poté už pouze stačí přizpůsobit jejich jízdu těmto informacím.

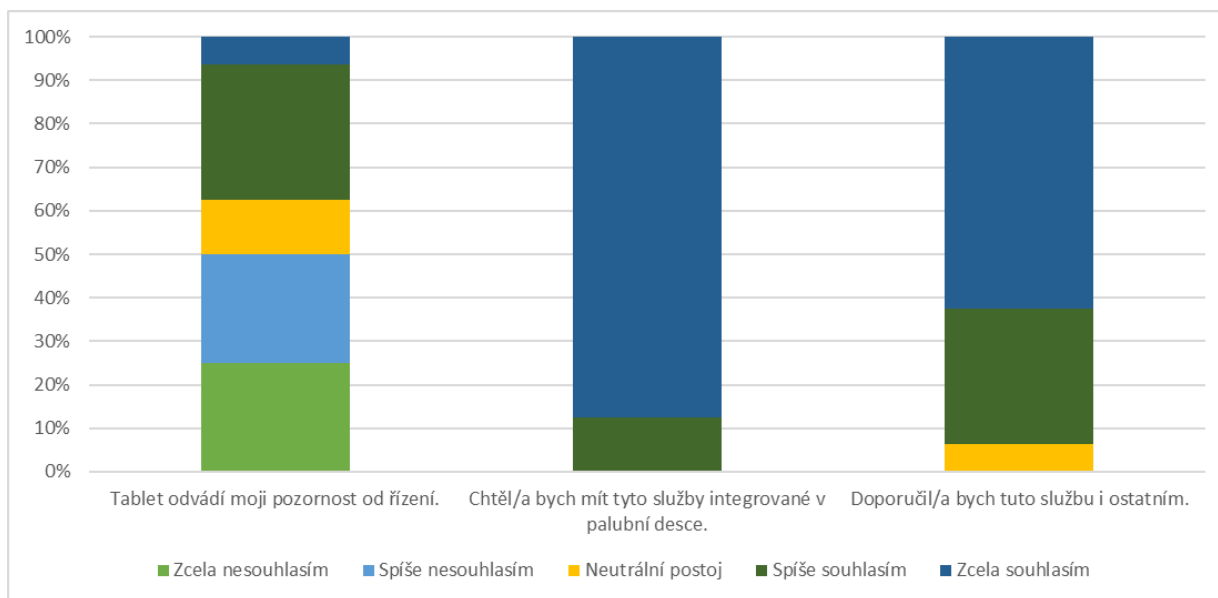
Ve druhém setu otázek jsme se dotazovali na názor řidičů ohledně užitečnosti a bezpečnosti jízdy při zapnutém systému C-ITS. Drtivá většina respondentů uvedla, že pro ně informace o stavu PZZ byla užitečná. Pouze jeden účastník s její užitečností spíše nesouhlasil. Podobně pozitivně se vyjádřili řidiči i ke druhé a třetí otázce tohoto setu. Ve druhé otázce převládal názor, že informace o stavu PZZ může zvýšit přehled o nebezpečné situaci a s tím související bezpečnost jízdy, která byla taktéž pozitivně hodnocena v rámci třetí otázky. Poslední otázka setu se pak zabývala důvěrou respondentů v tento systém. Okolo 40 % respondentů nevyjádřilo kompletní důvěru informacím zobrazovaných ve vozidle. To může být dáno tím, že se jedná o poměrně nový systém, který některým z našich respondentů nebyl do doby účasti v tomto průzkumu znám. Z tohoto důvodu pak jejich důvěra v tento systém zobrazování informací ve vozidle může být nižší.



**Graf 7: Druhý set otázek po jízdě týkající se RLX**

V posledním setu otázek položených po skončení testovací jízdy jsme se dotazovali na všeobecná doporučení a případné obavy respondentů. Opět byly vybrány pouze některé otázky, které považují za nejvýznamnější pro toto zhodnocení. První ze tří vybraných otázek níže zkoumala, zda řidiči pociťují odchýlení jejich pozornosti způsobené tabletem ve vozidle. Polovina řidičů uvedla, že tablet jejich pozornost od řízení neodvádí. Tímto se potvrdila domněnka zjištěná u stejné otázky položené před testovací jízdou. Jak již bylo uvedeno u otázek položených před jízdou, taktéž tam se řidiči obávali, že je možné, že další informace

ve vozidle mohou odvádět jejich pozornost. Další otázka zjišťovala, zda by řidiči uvítali službu zobrazující informaci o stavu PZZ integrovanou v palubní desce. Zde se všichni respondenti shodli, že by toto řešení uvítali. V poslední řadě jsme pak zkoumali, zda se službou byli řidiči spokojeni natolik, že by ji doporučili i ostatním řidičům. I v tomto případě byl ohlas respondentů pozitivní, kdy drtivá většina souhlasila s tím, že by tuto službu doporučila.



**Graf 8: Třetí set otázek po jízdě týkající se RLX**

Výše uvedené grafy shrnuly vybrané otázky týkající se jak vzorku respondentů, tak jejich názoru na RLX. Z toho lze vyvodit několik závěrů, které by se daly použít jako základ pro další rozvoj služby RLX ve vozidlech.

### 3.4.1 Závěry z evaluace

Dle mého názoru evaluace přinesla podnětné a zajímavé zhodnocení pilotní implementace služby Railway Level Crossing pro kooperativní dopravní systémy.

Naprostá většina našich respondentů byla s možností mít informaci o stavu železničního přejezdu na palubě svých vozidel spokojena. Před získanou zkušeností, jaké je to řídit se zapnutou službou, si okolo 60 % řidičů myslelo, že informace o stavu PZZ ve vozidle zvýší jejich bezpečnost během jízdy. Po získané zkušenosti to bylo skoro 90 %. Naprostá většina by doporučila mít takový systém v autě i ostatním.

Testovací řidiči byli vesměs spokojeni s informacemi, které dostali do vozidla. Někteří říkali, že dodatečné informace (např. počet kolejí na obrázku číslo 15) pro ně nebyly důležité a zbytečně odváděly jejich pozornost. Jiní si je naopak chválili a tvrdili, že takové informace zvyšují jejich přehled o situaci. Přišlo by mi tudíž zajímavé, kdyby u takových informací byla možnost nastavení si jejich zobrazování.

V poslední otevřené otázce, kde jsme se řidičů ptali na další doporučení, jsme se nejčastěji dozvěděli, že by uvítali možnost zvukového upozornění, které v testované verzi aplikace nebylo. To by dle nich mnohonásobně více zvýšilo pravděpodobnost, že informace o stavu přejezdu nebude přehlédnuta. Tady se setkává názor řidičů a dopravní psycholožky, která tuto funkcionalitu taktéž doporučuje.

### **3.5 Zhodnocení evaluace**

Evaluace služby Railway Level Crossing projektu C-ROADS CZ dopadla dle mého názoru nad očekávání dobře. Všechny jednotlivé části proběhly bez problémů a díky tomu mohla být získána kvalitní a podnětná zpětná vazba na tento systém. Ačkoliv byla dle mého názoru metodika a následná evaluace zvolena dobře, našel jsem dvě doporučení k jejímu rozvoji.

Pro průzkum obdobný tomu provedeného v této práci, je klíčový výběr testovacích řidičů. Je žádoucí, aby jejich počet byl co nejvyšší. Díky tomu je možné docílit věrohodného a vypovídajícího výsledku. V našem případě bylo testováno pouze 16 řidičů. Takový vzorek není zanedbatelný, nicméně k získání lepšího přehledu a většího množství doporučení, by bylo vhodné provést testování na větším vzorku řidičů.

Další možný rozvoj této evaluace jsem identifikoval v získávání a následném vyhodnocení dat o chování řidiče již během testu. Ukládaly by se tak parametry testovací jízdy a vyhodnocovala by se okamžitá změna chování na určitý podnět. Tím by mohlo být například zaznamenávání dat z GPS a akcelerometru. Vyhodnocením těchto dat by bylo možné zjistit, zda řidič zareagoval na příchozí zprávu úpravou svého chování. Pro takový výzkum by bylo vhodné použít metodu porovnání jízd s a bez C-ITS systému tak, jako bylo provedeno v rámci této evaluace.

## Závěr

Kooperativní dopravní systémy představují jedno z možných směrů rozvoje technologií dostupných ve vozidlech. V současné době probíhá testování a implementace jednotlivých projektů, které mají za účel prověřování funkčnosti tohoto systému. Vybrané již uskutečněné projekty byly uvedeny v rámci teoretické části práce. Tato diplomová práce pak na tyto projekty navazovala podrobnějším popsáním služby Railway Level Crossing poskytované v rámci projektu C-ROADS. Po prvotním zhodnocení funkcionality systému, spočívající v rozboru poskytovaných informací, typu použité zprávy a principu fungování, jsem potvrdil nový standardizovaný typ zprávy, který by se měl do budoucna využívat v rámci RLX.

Služba RLX, která je první svého druhu v kooperativních dopravních systémech, dosud nebyla implementována a testována v rámci jiného projektu. Z tohoto důvodu bylo stěžejním bodem navržení metodiky evaluace. Bylo nutné vytvořit zcela nový přístup k evaluaci, který by byl schopen zhodnotit přínosy a doporučení pro budoucí rozvoj. Tato práce pak navrhla rozdělení metodiky evaluace na čtyři části, které byly popsány výše. Právě první přípravná část evaluace se ukázala jako jedna z určujících faktorů rozhodující o výsledku celého testování. Navržení scénáře, podle kterého je testování vedeno, může zásadně ovlivnit dosažené výsledky, které byly v tomto případě sbírány formou dotazníků. Zároveň nám skutečná evaluace může poskytnout zhodnocení vhodnosti navržené metodiky.

Podle navržené metodiky byla provedena reálná evaluace služby RLX na pilotní lokalitě v Úhřeticích, která provedla testování u vzorku 16 řidičů dle navrženého scénáře. Na základě dotazníků, které řidiči vyplnili, byla získána zpětná vazba na tento systém a doporučení k jejímu dalšímu rozvoji. Bylo potvrzeno, že řidiči považují tuto službu za prostředek pro zvýšení bezpečnosti na křižování železniční a silniční infrastruktury. Právě tento aspekt je jedním z hlavních cílů zavádění kooperativních dopravních systémů. Z hlediska doporučení pak byla nejčastěji zmiňována potřeba přidání zvukového upozornění při přijetí zprávy, která byla taktéž kladně vnímána dopravní psycholožkou.

Proběhlá evaluace, která byla realizována na základě metodiky navržené v druhé části této práce, potvrdila vhodnost použití této metody zhodnocení pro obdobné projekty. Vzhledem k tomu, že kooperativní dopravní systémy se stále vyvíjí, může být tato metodika použita pro další zhodnocení a doporučení k rozvoji podobných služeb u nově vznikajících projektů.

Lze očekávat, že na poli kooperativních dopravních systémů bude docházet k dalšímu rozvoji, novým implementacím a jejich testování. V případě jejich úspěšnosti, pak lze předvídat, že se v blízké době stane C-ITS běžnou součástí sériově vyráběných vozidel a napomůže tak zvýšení bezpečnosti v dopravě.

# Seznam literatury

- [1] BĚLINOVÁ, Z.: Přednášky na Fakultě dopravní. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2018.
- [2] MATĚJKA, P.: Využití kooperativních systémů ke snížení spotřeby vozidel [online]. [cit. 2018-06-10]. Dostupné z: [http://www.fd.cvut.cz/projects/k614x1g/clovek/files/2014\\_BP\\_Matejka.pdf](http://www.fd.cvut.cz/projects/k614x1g/clovek/files/2014_BP_Matejka.pdf). Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [3] ETSI. ETSI TS 122 185 V15.0.0 - Service requirements for V2X services. *etsi.org*. [Online] 07 2018. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/122100\\_122199/122185/15.00.00\\_60/ts\\_122185v150000p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122100_122199/122185/15.00.00_60/ts_122185v150000p.pdf).
- [4] SVÍTEK, M., ZELINKA, T., VOTRUBA, Z., LOKAJ, Z., BUREŠ, P., BĚLINOVÁ, Z., ŠROTÝŘ, M.: Studie aplikací kooperativních systémů v prostředí městské aglomerace se zaměřením na možnosti jejich využití v hl.m. Praze. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2012. Verze 3.00.
- [5] Barrachina, J. & Garrido, Piedad & Fogue, Manuel & Martinez, Francisco & Cano, Juan-Carlos & Calafate, Carlos & Manzoni, Pietro: Road Side Unit Deployment [online] 2013 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/236269169\\_Road\\_Side\\_Unit\\_Deployment\\_A\\_Density-Based\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/236269169_Road_Side_Unit_Deployment_A_Density-Based_Approach)
- [6] ZELINKA, T., ŠROTÝŘ, M.: Přednášky na Fakultě dopravní. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2017.
- [7] C-ITS: Cooperative Intelligent Transport Systems and Services [online] [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.car-2-car.org/about-c-its/#c251>
- [8] ETSI EN 302 637-2 V1.3.1 Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service [online]. 2014 Dostupné z: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/30263702/01.03.01\\_30/en\\_30263702v010301v.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263702/01.03.01_30/en_30263702v010301v.pdf)
- [9] ETSI EN 302 637-3 V1.2.1 Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service [online]. 2014 Dostupné z: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/30263703/01.02.01\\_30/en\\_30263703v010201v.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263703/01.02.01_30/en_30263703v010201v.pdf)
- [10] INTENS, ŘSD, AŽD, RADOM, ČVUT, RADOM. Specifikace systému Release 1.0 - Obecná architektura. *c-roads.cz*. [Online] 2017. Dostupné z: [https://c-roads.cz/croads/wp-content/uploads/2018/05/C-Roads\\_CZ\\_System\\_specs\\_v1.pdf](https://c-roads.cz/croads/wp-content/uploads/2018/05/C-Roads_CZ_System_specs_v1.pdf).
- [11] ETSI TS 103 301 V1.2.1 Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services [online]. 2018 Dostupné z: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/103300\\_103399/103301/01.02.01\\_60/ts\\_103301v010201p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103301/01.02.01_60/ts_103301v010201p.pdf)
- [12] ŠROTÝŘ, M.: Alternativní telekomunikační řešení n bázi IEEE802.11 v ITS aplikacích. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2007. Vedoucí bakalářské práce Tomáš Zelinka.
- [13] KAREL, M.: Nové trendy v technologiích DSRC pro dopravní aplikace. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2010. Vedoucí bakalářské práce Tomáš Zelinka
- [14] SCHWARZ-HERDA F.: Toll Collection in Austria [online] 2005 Dostupné z: <https://www.piarc.org/ressources/documents/309,5.2-Schwarz-Herda-0405C11.pdf>

- [15] ETSI TS 102 724 V1.1.1 - Harmonized Channel Specifications for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band [Online] 2012 Dostupné z: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102700\\_102799/102724/01.01.01\\_60/ts\\_102724v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102724/01.01.01_60/ts_102724v010101p.pdf).
- [16] ETSI EN 302 636-4-1 V1.3.1 Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications [Online] 2017 Dostupné z: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/3026360401/01.03.01\\_60/en\\_3026360401v010301p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/3026360401/01.03.01_60/en_3026360401v010301p.pdf).
- [17] Ertico. *Communication Technologies for future C-ITS service scenarios*. s.l.: Ertico, 2015.
- [18] Verizon.com: When was 5G introduced? [online]. 2019 Dostupné z: <https://www.verizon.com/about/our-company/5g/when-was-5g-introduced>
- [19] C-ITS Platform. Final report [online]. 2016 [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- [20] Cooperative ITS Corridor [online]. 2018 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://c-its-korridor.de/?menuId=1&sp=en>
- [21] Projekt SCOOP [online]. 2020 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr/en/project-r2.html>
- [22] NordicWay [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://veidirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/NordicWay1/Pages/Default.aspx>
- [23] InterCor [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://intercor-project.eu/>
- [24] ETCS [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://uic.org/rail-system/ertms/etcs>
- [25] ETCS [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/European\\_Train\\_Control\\_System](https://cs.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System)
- [26] C-ROADS [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://c-roads.cz/>
- [27] C-ROADS [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.c-roads.eu/platform.html>
- [28] Aktualne.cz: Co nevíte o české železnici: Nej hustší síť kolejí a dekáda koněspřežek [online]. 2019 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/doprava/historie-zeleznice/r~b1aef1ae890311e9b5e8ac1f6b220ee8/>
- [29] ŘSD: Silnice a dálnice v České republice [online]. 2017 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0/%C5%98SD+ro%C4%8Denka+2017\\_CZE\\_web.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0](https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0/%C5%98SD+ro%C4%8Denka+2017_CZE_web.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0)
- [30] Správa železnic: Přejezdy v číslech [online]. 2020 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/bezpecna-zeleznice/bezpecnost-na-prejezdech/prejezdy-v-cislech>
- [31] Wikipedia.cz: Železniční přejezd [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezn%C4%8Dn%C3%AD\\_p%C5%99ejezd](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezn%C4%8Dn%C3%AD_p%C5%99ejezd)
- [32] BESIP: Železniční přejezdy: Dopravní nehody a jejich následky [online]. 2019 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/getattachment/Statistiky/Statistiky-nehodovosti-v-Ceske-republice/Dopravni-nehodovost-v-roce-2019/Zeleznicni-prejezdy/Zeleznicni-prejezdy.pdf>
- [33] Intense, AŽD, DQ. *Use Case katalog - verze 1.5*. [Dokument] 2018.



- [34] Zelpage.cz: Policie šetří sabotáž na železničních přejezdech [online]. 2009 Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/zpravy/7328?size=80>
- [35] Idnes.cz: Přejezd zabezpečený výstražným křížem [online]. 2012 Dostupné z: [https://1gr.cz/fotky/idnes/18/032/r7/THE71f713\\_20180303\\_135416.jpg](https://1gr.cz/fotky/idnes/18/032/r7/THE71f713_20180303_135416.jpg)

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Výběr Služeb Day 1, přeloženo z [19] .....	18
Tabulka 2: Tabulka 2 – Výběr Služeb Day 1,5 přeloženo z [19] .....	19

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Pilotní lokace projektu SCOOP [19].....	20
Obrázek 2: Architektura komunikace Nordic Way [22] .....	21
Obrázek 3: Lokality propojené projektem InterCor [23] .....	22
Obrázek 4: Mapa C-ITS Corridoru [20] .....	23
Obrázek 5: Schéma funkce ETCS L1 [25] .....	24
Obrázek 6: Schéma funkce ETCS L2 [25] .....	25
Obrázek 7: Schéma funkce ETCS L3 [25] .....	26
Obrázek 8: Členské státy C-ROADS Platformy [27].....	27
Obrázek 9: Organizační struktura C-ROADS Platformy [27].....	28
Obrázek 10: Pilotní lokality projektu C-ROADS Česká republika [26] .....	29
Obrázek 11: Přejezd zabezpečený výstražným křížem [35].....	32
Obrázek 12: Přejezd zabezpečený přejezdovým zabezpečovacím zařízením [34] .....	32
Obrázek 13: Schéma fungování služby RLX [33].....	34
Obrázek 14: Informace na HMI při otevřeném přejezdu .....	36
Obrázek 15: Informace na HMI při uzavřeném přejezdu.....	37
Obrázek 16: Informace na HMI při rekonstrukci přejezdu .....	38
Obrázek 17: Mapa ČR s vyznačenou obcí Úhřetice (Mapy.cz) .....	44
Obrázek 18: Přejezd P5013 s instalovaným C-ITS zařízením .....	45
Obrázek 19: Situační mapka evaluačního scénáře (Mapy.cz).....	46
Obrázek 20: OBU jednotka použitá při evaluaci.....	48
Obrázek 21: Anténa použitá při evaluaci .....	49
Obrázek 22: HMI použité při evaluaci .....	49
Obrázek 23: Vozidlo použité během evaluace .....	50
Obrázek 24: Reléový domek .....	51
Obrázek 25: Testovací vozidlo čekající na uvolnění přejezdu .....	52

## Seznam grafů

Graf 1: Pohlaví a věkové skupiny respondentů .....	53
Graf 2: Délka vlastnictví ŘP a počet najetých km ročně.....	53
Graf 3: Nejvíce využívané zdroje dopravních informací .....	54
Graf 4: První set otázek před jízdou týkající se RLX.....	55
Graf 5: Druhý set otázek před jízdou týkající se RLX .....	56
Graf 6: První set otázek po jízdě týkající se RLX .....	56
Graf 7: Druhý set otázek po jízdě týkající se RLX .....	57
Graf 8: Třetí set otázek po jízdě týkající se RLX .....	58

## Seznam příloh

Příloha 1: DENM zpráva použita během evaluace.....	67
Příloha 2: Navržená DENM zpráva pro službu RLX [33] .....	69
Příloha 3: Dotazník pro řidiče – obecný .....	70
Příloha 4: Dotazník pro řidiče ohledně služby RLX .....	72

# Přílohy

Příloha 1: DENM zpráva použita během evaluace

DENM zpráva		
Název atributu	P/V*	Základní popis
<b>Management Container</b>		<b>P</b>
actionID	P	Číslo události (actionID = originatingStationID + pořadové číslo) – pro každou stranu jeden stationID
detectionTime	P	Čas, kdy byla událost detekována RSU (aktualizace hodnoty po každé aktualizaci zprávy) (datetime)
referenceTime	P	Čas, kdy byla zpráva generována/aktualizována vysílačem (datetime)
eventPosition	P	Poloha události – po každý směr vysílání vyčítaná z konfigurace [GPS]
relevanceDistance	P	Vzdálenost relevance zprávy (circle 500m)
relevanceTrafficDirection	P	Směr šíření zprávy (all)
validityDuration	P	Doba platnosti zprávy (<2s)
stationType	P	Zdroj vysílání zprávy (RSU=15)
<b>Situation Container</b>		<b>P</b>
InformationQuality	P	Kvalita poskytované informace (maximum = 6)
eventType	P	Typ události (causeCode RLX=101, subCauseCode stav přejezdu (0 unavailable, 1 alert, 2 longtermAlert, 3 Closure))
EventHistory[0].position	V	Délka přejezdu (relativní vzdálenost) (GPS)

Location Container	P	
traces	P	Skupina bodů, definující trasu k události (1-7 cest k přejezdu, max 40 bodů/cesta)
<b>Alacarte Container</b>		
ImpactReduction.wheelBaseVehicle (položka ImpactReduction není vysílána, pokud je bitové maskování rovno nule)	V	Bitové maskování volitelných položek (0 nepoužito, 1 použito) (0x01 čas do změny, 0x02 průjezdná výška, 0x04 průjezdná šířka, 0x08 omezení za přejezdem, 0x10 max. rychlost, 0x20 dop. rychlost, 0x40 směr vlaku)
StationaryVehicle.carryDangerousGoods.companyName	p	Identifikace přejezdu - xxxx (Pro ČR Pxxxx)
RoadWorks.incidentIndication.causeCode	P	Typ přejezdu (0 no signalling, 1 only warning lights, 2 only with barriers, 3 warning lights with barriers, 4 reserve)
StationaryVehicle.vehicleIdentification.vDS (převeden do 7-bitového kódování)	V	Čas do změny (datetime)
ImpactReduction.heightLonCarrLeft (pokud je použito ImpactReduction, je nutné vyplnit)	V	Průjezdná výška (0,1 m)
ImpactReduction.heightLonCarrRight (pokud je použito ImpactReduction, je nutné vyplnit)	V	Průjezdná šířka (0,1 m)
StationaryVehicle.energyStorageType	V	Omezení za přejezdem - nedostatek prostoru za přejezdem (1 no, 2 yes)
RoadWorks.restriction[0]	V	Doporučená rychlost průjezdu [km/h]
RoadWorks.restriction[1]	V	Maximální rychlost průjezdu [km/h]
ImpactReduction.turningRadius (pokud je použito ImpactReduction, je nutné vyplnit)	V	Směr příjíždějícího vlaku (1 from right, 2 from left, 3 from both, 4 shunting (posun))
StationaryVehicle.numberOfOccupants	P	Počet kolejí (0 unavailable, 1 single, 2 double, 3 more than 2)
<p>*P ..... Povinný atribut  V ..... Volitelný atribut</p>		

## Příloha 2: Navržená DENM zpráva pro službu RLX [33]

DENM zpráva		
Název atributu	P/V*	Základní popis
<b>Management Container</b>		
actionID	P	Číslo události (actionID = originatingStationID + pořadové číslo)
detectionTime	P	Čas, kdy byla událost detekována RSU (aktualizace hodnoty po každé aktualizaci zprávy)
referenceTime	P	Čas, kdy byla zpráva generována/aktualizována vysílačem
eventPosition	P	Poloha události – po každý směr vysílání vypočítaná z konfigurace
relevanceDistance	V	Vzdálenost relevance zprávy (circle 500m)
relevanceTrafficDirection	P	Směr šíření zprávy (all)
validityDuration	P	Doba platnosti zprávy (<2s)
stationType	P	Zdroj vysílání zprávy (RSU=15)
<b>Situation Container</b>		
informationQuality	P	Kvalita poskytované informace (viz kap.č. 3.1)(6=certain)
eventType	P	Typ události- návrh na vytvoření nových atributů: causeCode (101) + subCauseCode (stav 0 unavailable, 1 alert/warning, 2 longtermAlert/warning, 3 Closure)
EventHistory	V	Délka přejezdu (relativní vzdálenost)
<b>Location Container</b>		
traces	P	Skupina bodů, definující trasu k události (1-7 cest k přejezdu, max 40 bodů/cesta) viz kap. č. 3.2
<b>RLX Specific Container</b>		
type	P	Typ přejezdu (0 no signalling/protection, 1 warning lights only, 2 with barriers only, 3 warning lights with barriers, 4 reserve)
numberOfTracks	P	Počet kolejí(0 unavailable, 1 single, 2 double, 3 more than 2)
lengthOfCrossing	P	délka přejezdu (0,1 m)
ID	V	Identifikace přejezdu – xxxxxxx (Pro ČR Pxxxx)
endOfAlertTime	V	Předpokládaný čas ukončení výstrahy
heightLimit	V	Průjezdná výška (0,1 m zaokrouhleno dolů)
widthLimit	V	Průjezdná šířka (0,1 m zaokrouhleno dolů)
spaceRestraintBehindCrossing	V	Omezení za přejezdem - nedostatek prostoru za přejezdem před dalším křížením (0 no, 1 yes)
speedLimits	V	zákonná maximální rychlost průjezdu – 2 hodnoty (applicable speed limit, absolute speed limit) [km/h]
trainDirection	V	Směr příjezdějícího vlaku(0 unavailable, 1 from right, 2 from left, 3 from both, 4 shunting (posun))
RoadWorksExtended.Restriction	V	omezení dle typu auta
*P ..... Povinný atribut		
V ..... Volitelný atribut		

## Příloha 3: Dotazník pro řidiče – obecný

### Dotazník pro řidiče

Jméno a příjmení ..... ID ČVUT.....

Datum ..... Čas ..... Místo .....

1. Jste:

- řidič z povolání (řízení motorového vozidla je vaší profesí, zařazení na funkci strojník nebo technik strojní služby)
- řidič, který využívá motorové vozidlo jako součást své profese (např. řidič - referent, obchodní zástupce apod.)
- řidič, který využívá motorové vozidlo pro soukromé účely (zpravidla řídíte méně často a na kratší vzdálenosti)

2. Pohlaví:

- muž
- žena

3. Věk:

- méně než 25 let
- 25 - 34 let
- 35 - 44 let
- 45 - 54 let
- více než 55 let

4. Dosažené vzdělání:

- základní
- vyučen/a
- středoškolské s maturitou
- vysokoškolské

5. Město, ve kterém žijete, má:

- do 1 000 obyvatel
- 1 000 – 10 000 obyvatel
- 10 001 – 100 000 obyvatel
- více než 100 000 obyvatel

6. Jakou skupinu řidičského oprávnění vlastníte? (můžete zvolit více odpovědí)

- A
- B
- C
- D
- E
- T

7. Jak dlouho vlastníte řidičský průkaz?

- do 2 let
- 2 - 5 let
- 5 - 10 let
- více než 10 let

8. Kolik najezdíte ročně km?

- méně než 10 000 km
- 10 000 až 20 000 km
- 20 000 až 40 000 km
- 40 000 až 60 000 km
- více než 60 000 km

9. Jak často řídíte motorové vozidlo?

- denně
- několikrát týdně
- několikrát měsíčně
- výjimečně

10. Řídíte převážně:

- ve městě
- mimo město

11. Pro jaké účely nejčastěji používáte motorové vozidlo?

- pracovní účely
- rodinné účely (např. cesty na chalupu, nákupy, návštěva lékaře)
- zábava
- jiné .....

12. Měl/a jste během své řidičské praxe dopravní nehodu?

- ano
- ne

Počet zaviněných nehod ..... Počet nezaviněných nehod .....

13. Počet vašich trestných bodů v bodovém systému v současnosti: .....

14. Jaké zdroje dopravních informací používáte před jízdou či během jízdy? (můžete zvolit více odpovědí)

- GPS navigace
- smartphone s aplikací zobrazující dopravní informace
- rádio
- internet
- televize
- jiné .....
- Nepoužívám

15. Jaký typ dopravních informací byste uvítal/a během řízení? (můžete zvolit více odpovědí, prosíme udejte i jejich pořadí podle důležitosti 1= nejvíce důležité)

- ..... informace o omezení rychlosti
- ..... varování před aktuálními kolonami
- ..... varování při specifických situacích (práce na silnici, špatné počasí, varování při křížení pozemní komunikace s kolejovým vozidlem...)
- ..... doporučení rychlosti při specifických situacích (práce na silnici, špatné počasí...)
- ..... informace o jízdních pruzích a dálničních sjezdech
- ..... doporučení rychlosti při jízdě ke světelné křižovatce pro její plynulý průjezd
- ..... jiné .....



## Příloha 4: Dotazník pro řidiče ohledně služby RLX

Jméno a příjmení ..... ID ČVUT.....

Datum ..... Čas ..... Místo .....

**Zkratky:** PZZ – přejezdové zabezpečovací zařízení – mechanické, světelné

**Vyplňte před provedením testu:**

### **Scénář testování: Železniční přejezd**

	<b>Otázka:</b>	<b>Zcela nesouhlasím</b>	<b>Spíše nesouhlasím</b>	<b>Neutrální postoj</b>	<b>Spíše souhlasím</b>	<b>Zcela souhlasím</b>
1	Rád/a bych dostával/a do vozidla informaci o stavu PZZ.	1	2	3	4	5
2	Stav PZZ může být za určitých povětrnostních nebo jiných podmínek přehlednutelný.	1	2	3	4	5
3	Informace o stavu PZZ zobrazená na tabletu zvyšuje bezpečnost jízdy.	1	2	3	4	5
4	Pokud na tablet dostanu informaci o stavu PZZ, okamžitě přizpůsobím své chování dle situace.	Ano, plynule přizpůsobím	Pravděpodobně přizpůsobím	Pravděpodobně nepřizpůsobím	Ne	

### **Obecné otázky**

	<b>Otázka:</b>	<b>Zcela nesouhlasím</b>	<b>Spíše nesouhlasím</b>	<b>Neutrální postoj</b>	<b>Spíše souhlasím</b>	<b>Zcela souhlasím</b>
5	Předpokládám, že tablet bude odvádět moji pozornost od řízení.	1	2	3	4	5
6	Při použití tabletu budu mít větší přehled o stavu přejezdu.	1	2	3	4	5
7	Předpokládám, že při použití tabletu bude jízda méně náročná.	1	2	3	4	5
8	Byl bych ochotný/á za tyto služby jednorázově zaplatit.	Ano (kolik?: _____)		Ne	Nevím	
9	Byl bych ochotný/á za tyto služby pravidelně platit.	Ano (kolik?: _____)		Ne	Nevím	

Vyplňte po provedení testu:  
**Scénář testování: Železniční přejezd**

10	Zaregistroval/a jste zprávu s informací o stavu PZZ (přejezd ve výstraže) na tabletu?				
		1 Ano	2 Ano, ale nerozuměl/a jsem, všem informacím	3 Ano, ale nevěnoval/a jsem tomu pozornost	4 Ne
11	Informace související s přejezdem ve výstraže, které bych doplnil/a:	Informace související s přejezdem ve výstraže, které bych vynechal/a:			
	_____	_____			
12	Zprávu s touto informací jsem dostal/a?	1 brzy	2 včas	3 pozdě	4 vůbec
	13	Zaregistroval/a jste zprávu s informací o stavu PZZ (volný přejezd) železničním přejezdu na tabletu?			
1 Ano			2 Ano, ale nerozuměl/a jsem, všem informacím	3 Ano, ale nevěnoval/a jsem tomu pozornost	4 Ne
14	Informace související s volným přejezdem, které bych doplnil/a:	Informace související s volným přejezdem, které bych vynechal/a:			
	_____	_____			
15	Zprávu s touto informací jsem dostal/a?	1 brzy	2 včas	3 pozdě	4 vůbec

	Otázka:	Zcela nesouhlasím	Spiše nesouhlasím	Neutrální postoj	Spiše souhlasím	Zcela souhlasím
16	Informace o stavu PZZ byla užitečná.	1	2	3	4	5
17	Informace o stavu PZZ zvýší můj přehled o nebezpečné situaci	1	2	3	4	5
18	Měl/a jsem dostatek času zareagovat na stav přejezdu.	1	2	3	4	5
19	Informace o stavu PZZ zvyšuje bezpečnost jízdy.	1	2	3	4	5
20	Obávám se nepravdivých informací o stavu PZZ.	1	2	3	4	5
21	Při použití tabletu se budu cítit bezpečněji při průjezdu přes přejezd.	1	2	3	4	5

**Zkratky:** PZZ – přejezdové zabezpečovací zařízení – mechanické, světelné

### Obecné otázky

	Otázka:	Zcela nesouhlasím	Spíše nesouhlasím	Neutrální postoj	Spíše souhlasím	Zcela souhlasím
22	Jsem spokojený/á s informacemi, které jsem z tabletu dostal/a.	1	2	3	4	5
23	Chtěl/a bych mít tento tablet v autě již trvale.	1	2	3	4	5
24	Chtěl/a bych mít tyto služby integrované v palubní desce.	1	2	3	4	5
25	Doporučil/a bych tuto službu i ostatním.	1	2	3	4	5
26	Tablet odvádí moji pozornost od řízení.	1	2	3	4	5
27	Byl bych ochotný/á za tyto služby jednorázově zaplatit.	Ano (kolik?: _____)		Ne	Nevím	
28	Byl bych ochotný/á za tyto služby pravidelně platit.	Ano (kolik?: _____)		Ne	Nevím	

Další doporučení, informace (např. umístění tabletu, velikost textu, obrázek, informace o dalších stavech přejezdu):