

# Odbavovací systémy ve veřejné dopravě a jejich budoucnost

Broněk Bryson

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Broněk Bryson**  
Osobní číslo: **A18183**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Odbavovací systémy ve veřejné dopravě a jejich budoucnost**  
Téma práce anglicky: **Check-in Systems in Public Transport and Their Future**

## Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši na dané téma.
2. Popište historii a současný stav odbavovacích systémů ve veřejné dopravě u nás i v zahraničí.
3. Popište zabezpečení využívaná v odbavovacích systémech.
4. Uvedte návrh ideálního odbavovacího systému zohledňujícího atraktivitu jednotlivých technologií u cestujících.
5. Uvedte možnosti budoucího vývoje v této oblasti.



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

**Seznam doporučené literatury:**

1. PŘIBYL, Pavel. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03122-5.
2. PŘIBYL, Pavel. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.
3. PERALLOS, Asier. *Intelligent transport systems: technologies and applications*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons, 2016. ISBN 978-1-118-89478-1.
4. JAREŠ, Martin. *Integrovaná doprava v praxi: jedna jízdenka, jeden tarif, jeden jízdní řád, jedna síť*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05896-1.
5. MOJŽIŠ, Vlastislav, Milan GRAJA a Pavel VANČURA. *Integrované dopravní systémy*. Praha: Powerprint, 2008. ISBN 978-80-904011-0-5.
6. DRDLA, Pavel. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Vydání: 3. upravené. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2021. ISBN 978-80-7560-361-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Navrátil, Ph.D.**  
Ústav řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **13. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. června 2023**

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



**Ing. Jan Valouch, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 16. prosince 2022

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 20. 4. 2023

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na odbavovací systémy a odbavovací zařízení používané ve veřejné dopravě. Je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části jsou stručně popsány druhy integrovaných dopravních systémů, které jsou zavedeny v jednotlivých krajích České republiky. Jsou zde popsány také dílčí technologie odbavovacích systémů (papírové jízdné, dopravní čipové karty, systém identifikátorů, check-in/check-out systém a mobilní aplikace) a historický vývoj moderních odbavovacích systémů v železniční a autobusové dopravě. V praktické části je analyzováno chování cestujících ve veřejné dopravě ve vybraných krajích České republiky a také je zde vytvořen návrh optimálního odbavovacího systému na základě zjištěných dat. Součástí praktické části je i náhled na odbavovací systémy do budoucnosti.

Klíčová slova: veřejná doprava, integrovaný dopravní systém, odbavovací zařízení, odbavovací systém, mobilní aplikace, čipová karta.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on check-in systems and check-in equipment used in public transport. It is divided into a theoretical part and a practical part. In the theoretical part, the types of integrated transport systems that are introduced in individual regions of the Czech Republic are briefly described. Partial technologies of check-in systems (paper fares, transport chip cards, identifier system, check-in/check-out system and mobile applications) and the historical development of modern check-in systems in rail and bus transport are also described here. In the practical part, the behavior of passengers in public transport in selected regions of the Czech Republic is analyzed, and a proposal for an optimal check-in system is also created here based on the data obtained. The practical part also includes an overview of check-in systems for the future.

Keywords: public transport, integrated transport system, check-in equipment, check-in system, mobile application, smart card.

Tímto bych rád poděkoval Ing. Petru Navrátilovi, Ph.D. za jeho ochotu a cenné rady při vedení mé bakalářské práce.

Zároveň bych rád poděkoval svému kolegovi Ing. Aleši Chocholatému, rodině a zástupcům oslovených firem.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 IDS</b> .....	<b>11</b>
1.1 SEZNAM IDS V ČR.....	11
1.1.1 PID – Pražská integrovaná doprava .....	11
1.1.2 IDOL – integrovaná doprava Libereckého kraje.....	12
1.1.3 DÚK – doprava Ústeckého kraje .....	13
1.1.4 IDOK – integrovaná doprava Karlovarského kraje .....	13
1.1.5 IDPK – integrovaná doprava Plzeňského kraje .....	13
1.1.6 IREDO – integrovaná doprava Karlovarského a Pardubického kraje .....	14
1.1.7 IDSOK – integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje.....	14
1.1.8 IDSJMK – integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje.....	15
1.1.9 ODIS – integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje .....	15
1.1.10 IDZK – integrovaná doprava Zlínského kraje .....	16
<b>2 ODBAVOVACÍ SYSTÉMY</b> .....	<b>17</b>
2.1 PAPIROVÉ JÍZDNÉ .....	17
2.2 ČIPOVÉ KARTY .....	18
2.2.1 MIFARE DESFire.....	18
2.2.2 Využití čipových karet ve veřejné dopravě.....	21
2.2.3 Zabezpečení čipových karet.....	23
2.3 SYSTÉM IDENTIFIKÁTORŮ.....	24
2.3.1 Token.....	24
2.3.2 Tokenizace .....	24
2.3.3 Princip odbavení.....	25
2.4 SYSTÉM CHECK-IN/CHECK-OUT .....	25
2.4.1 Princip .....	25
2.4.2 Denylist .....	27
2.5 MOBILNÍ APLIKACE .....	28
2.5.1 Princip odbavení.....	28
2.5.2 Princip 2D kódů .....	29
<b>3 HISTORIE ODBAVOVACÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>32</b>
3.1 AUTOBUSOVÁ DOPRAVA .....	33
3.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA.....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>40</b>
<b>4 ANALÝZA CHOVÁNÍ CESTUJÍCÍCH VE VEŘEJNÉ DOPRAVĚ</b> .....	<b>41</b>
<b>5 NÁVRH ODBAVOVACÍHO SYSTÉMU – SOUČÁSTI SYSTÉMU ODBAVOVÁNÍ CESTUJÍCÍCH</b> .....	<b>44</b>
5.1 DOPRAVNĚ ZÚČTOVACÍ CENTRUM.....	44

5.2	ACQUIRER – PARTNERSKÁ BANKA.....	46
5.3	E-SHOP .....	46
5.4	MOBILNÍ APLIKACE .....	47
5.5	ODBAVOVACÍ ZAŘÍZENÍ VE VOZIDLECH.....	47
5.5.1	Příměstské autobusy.....	47
5.5.2	Vlaky .....	49
5.5.3	Městská hromadná doprava.....	50
<b>6</b>	<b>NÁVRH ODBAVOVACÍHO SYSTÉMU – PRINCIP SYSTÉMU ODBAVOVÁNÍ .....</b>	<b>51</b>
6.1	PLATBA PAPIROVÉHO JÍZDNÉHO V HOTOVOSTI.....	51
6.2	SYSTÉM CHECK-IN/CHECK-OUT PRO BANKOVNÍ A DOPRAVNÍ ČIPOVÉ KARTY .....	51
6.3	DLOUHODOBÉ ČASOVÉ KUPÓNY .....	53
6.4	MOBILNÍ APLIKACE .....	53
<b>7</b>	<b>POHLED NA ODBAVOVACÍ SYSTÉM DO BUDOUCNOSTI .....</b>	<b>55</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>65</b>



## ÚVOD

Bakalářská práce pojednává o odbavovacích zařízeních a odbavovacích systémech ve veřejné dopravě. Úvodní část práce je zaměřena na problematiku integrované veřejné dopravy a její definici, včetně rozdělení integrovaných dopravních systémů (IDS), které se používají v České republice. IDS totiž není pro celou Českou republiku jednotný, ale liší se v závislosti na jednotlivých krajích. Rozdíly jsou zejména v technologiích odbavování a ve využití tarifu, což je u každého systému podrobněji popsáno. U. Teoretická část je dále zaměřena na jednotlivé druhy odbavovacích systémů používaných u nás i ve světě. V rámci odbavovacích systémů jsou popsány jednotlivé technologie pro odbavení cestujících, které jsou v současnosti používány. Některé technologie jsou používány historicky, zatímco jiné jsou nově nastupující. Teoretická část práce je zakončena pojednáním o historii odbavovacích systémů používaných jak v České republice, tak i ve světě.

Praktická část je zaměřena na návrh ideálního odbavovacího systému. V úvodu praktické části je provedena analýza chování cestujících ve veřejné dopravě ve vybraných krajích České republiky s ohledem na využitelnost jednotlivých technologií odbavování. Z výsledků provedené analýzy a z nasbíraných osobních zkušeností je vytvořen návrh ideálního odbavovacího systému, který zohledňuje chování cestujících. V návrhu odbavovacího systému je popsán seznam konkrétních prvků, které by měl celý systém obsahovat včetně jejich funkčnosti. Rovněž je zde popsáno fungování navrhovaného systému jako celku včetně jednotlivých vazeb mezi konkrétními prvky. V závěru praktické části je nastíněna budoucnost odbavovacích systémů, respektive jakým směrem se to bude pravděpodobně ubírat.

Téma bakalářské práce bylo vybráno a zpracováno na základě toho, že v České republice doposud neexistuje otevřenost systému z hlediska odbavování cestujících. Každý organizátor veřejné dopravy v jednotlivých krajích si totiž řeší odbavovací systémy zvlášť a upřednostňuje konkrétní typy technologií, čímž vznikají rozdíly v IDS mezi kraji a není tak zajištěna jednotnost pro celou Českou republiku.. Cílem práce je navrhnout takový odbavovací systém, který zajistí otevřenost a jednotnost systému a zároveň bude odpovídat preferencím cestujících, vyhoví jejich požadavkům a nebude vytvářet zbytečné bariéry. Tento návrh by mohli využít objednatelé veřejné dopravy v jednotlivých krajích, kterým by mohl přinést moderní a atraktivní systém, který bude snadno využitelný jak pro všechny pravidelné cestující, tak i pro náhodné cestující nebo turisty.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 IDS

IDS neboli integrovaný dopravní systém je „*systematické infrastrukturní propojení a provozní prosítování různých dopravních systémů při zohlednění jejich specifických výhod k efektivnímu využití rezerv kapacity vozidel a infrastruktury*“. [1]

To znamená, že se veřejná doprava úpravou jízdních řádů všech druhů hromadné dopravy v daném území co nejvíce zefektivňuje a provoz jednotlivých druhů dopravy se upravuje tak, aby například nevznikaly souběhy autobusů a vlaků a zároveň to znamená nastavit jednotný tarif pro dané území a jednotný systém odbavování tak, aby cestující nemusel řešit a volit druh dopravy. [46]

### 1.1 Seznam IDS v ČR

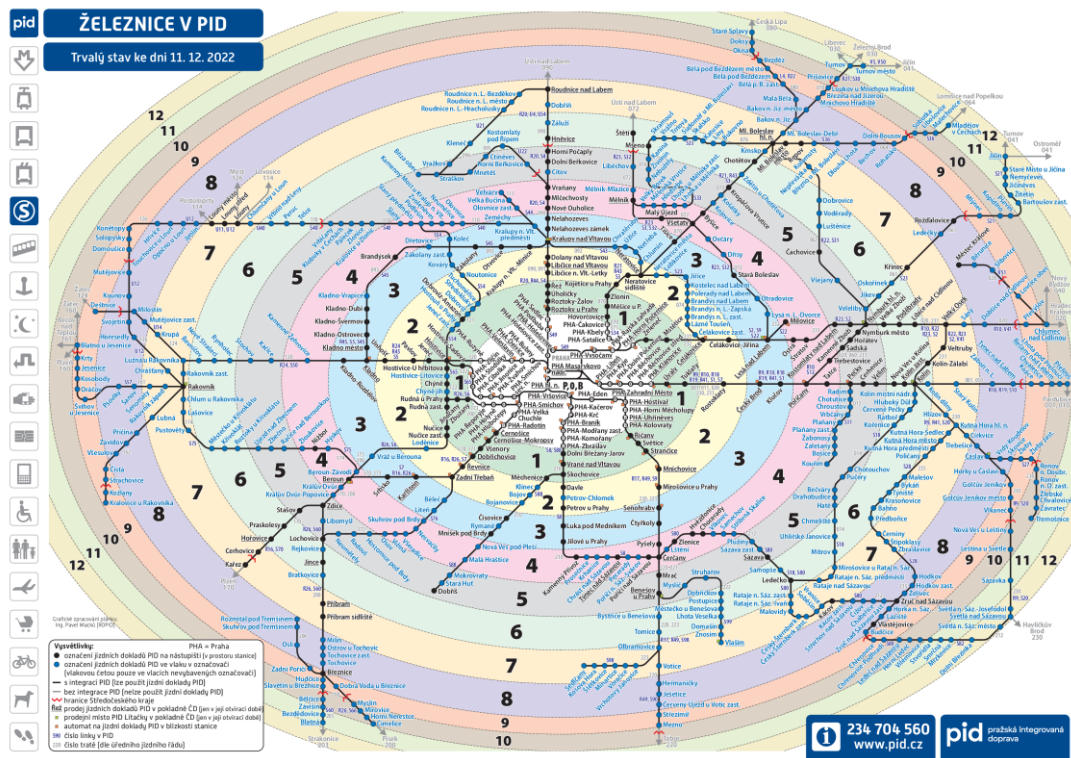
Integrovaný dopravní systém není pro celou Českou republiku jednotný. Liší se v závislosti na jednotlivých krajích. Každý kraj má dle vlastního uvážení nastaven vlastní druh tarifu a technologii odbavování, což sebou přináší určité rozdíly mezi kraji a rovněž lze pozorovat klady a zápory v těchto nastavených systémech. Jednotlivé kraje se snaží být vzorem pro ostatní, a proto se v této oblasti provádí neustálé změny a inovace. Aktuální integrované dopravní systémy používané v České republice jsou popsány níže.

#### 1.1.1 PID – Pražská integrovaná doprava

Tarif: PID využívá pásmový tarif, který je znázorněný na obr. 1, kde se cena jízdného vypočítává na základě projetých pásem, které v kružnicích obklopují město Praha.

Popis: jedná se o IDS hlavního města Prahy a Středočeského kraje.

Technologie odbavování: v rámci odbavování je zde využit systém identifikátorů a využívá se zde: čipová karta, bankovní karta, mobilní aplikace a papír. [2]



Obrázek 1 Tarifní pásma PID [2]

### 1.1.2 IDOL – integrovaná doprava Libereckého kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónově-relační tarif.

Popis: jedná se o IDS Libereckého kraje.

Technologie odbavování: pro odbavování systém využívá čipové karty MIFARE DESFire, která je znázorněna na obr. 2, kdy se informace zapisuje přímo do čipu karty. Jako doplněk se využívá mobilní aplikace. [3]



Obrázek 2 OPUSCARD [3]

### 1.1.3 DÚK – doprava Ústeckého kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónově-relační tarif.

Popis: jedná se o IDS Ústeckého kraje.

Technologie odbavování: pro odbavování systém využívá čipové karty MIFARE DESFire, kdy se informace zapisuje přímo do čipu karty. Jako doplněk se využívá mobilní aplikace.

[4]

### 1.1.4 IDOK – integrovaná doprava Karlovarského kraje

Tarif: využívá zónový tarif, který je alternativou ke kilometrckému tarifu dopravce, které spolu fungují zároveň.

Popis: jedná se o IDS Karlovarského kraje, která funguje současně s tarify dopravců.

Technologie odbavování: jako nosič jízdného se využívá čipová karta. [5]

### 1.1.5 IDPK – integrovaná doprava Plzeňského kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónový tarif.

Popis: jedná se o IDS Plzeňského kraje.

Technologie odbavování: jako nosič jízdného se využívá papír s QR kódem, čipová karta a mobilní aplikace. [6]

### 1.1.6 IREDO – integrovaná doprava Karlovarského a Pardubického kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónově-relační tarif.

Popis: jedná se o společnou IDS Královehradeckého a Pardubického kraje.

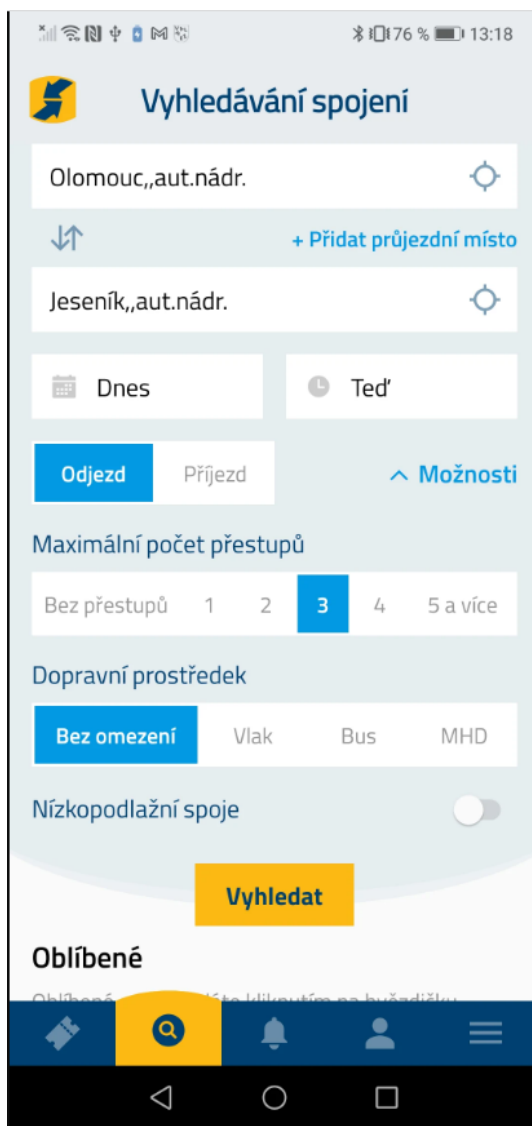
Technologie odbavování: pro odbavování se využívá bezkontaktní čipová karta. [7]

### 1.1.7 IDSOK – integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónový tarif.

Popis: jedná se o IDS Olomouckého kraje.

Technologie odbavování: jako nosič jízdného se využívá papír, bankovní karta a mobilní aplikace. Náhled aplikace se nachází na obr. 3. [8]



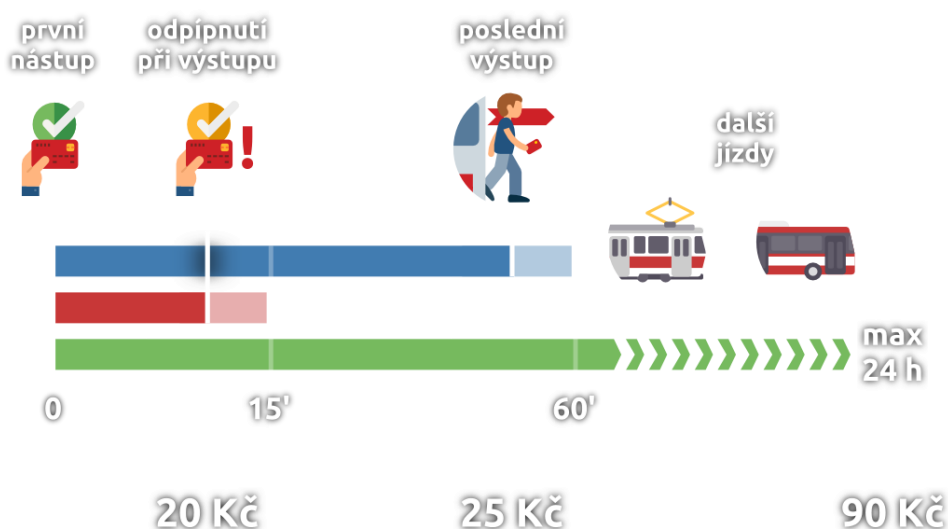
Obrázek 3 Mobilní aplikace MobilOK\_new [9]

### 1.1.8 IDSJMK – integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónový tarif.

Popis: jedná se o IDS Jihomoravského kraje, kde hlavním centrem systému je město Brno.

Technologie odbavování: odbavovací systém je postaven na systému identifikátorů, kde se využívá výhradně bankovní karta. Variantně se dá využít mobilní aplikace. V rámci MHD v Brně se využívá systém check-in/check-out, kde princip tohoto systému je znázorněn na obr. 4. Na tento systém odbavení se přechází postupně z papírového jízdného. [10]



Obrázek 4 Schéma PÍPNI a JED! [11]

### 1.1.9 ODIS – integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónově-kilometrický tarif.

Popis: jedná se o IDS Moravskoslezského kraje.

Technologie odbavování: k odbavování slouží výhradně bezkontaktní čipová karta a doplňkově mobilní aplikace. Ve městě Ostrava je navíc možnost využít jako nosič bankovní kartu a pro jednotlivé jízdné se dá využít Ultralight čipová karta, která je na obr. 5. Nedá se zde zakoupit papírová jízdenka. [12][13]



Obrázek 5 Ultralight čipová karta [14]

### 1.1.10 IDZK – integrovaná doprava Zlínského kraje

Tarif: pro výpočet jízdného se využívá zónově-kilometrický tarif.

Popis: jedná se o IDS Zlínského kraje a sdílí stejný technologický základ jako systém ODIS.

Technologie odbavování: k odbavování využívá výhradně bezkontaktní čipové karty, které slouží jako nosič jízdného. Na obr. 6 se nacházejí čipové karty Zetka a ODISka, které se dají využít v IDZK a ODIS. [15]



Obrázek 6 Příklad karet Zetka a ODISka [16]



## 2 ODBAVOVACÍ SYSTÉMY

Ačkoliv se může zdát, že použitý tarif a způsob odbavování cestujících spolu souvisejí, není tomu tak. Technologie odbavování cestujících je plně nezávislá na druhu tarifu. V současné době je v rámci České republiky použito několik základních technologií odbavování.

Jedná se o:

- Papírové jízdné;
- Čipové karty;
- Systém identifikátorů;
- Check-in/check-out;
- Mobilní aplikace.

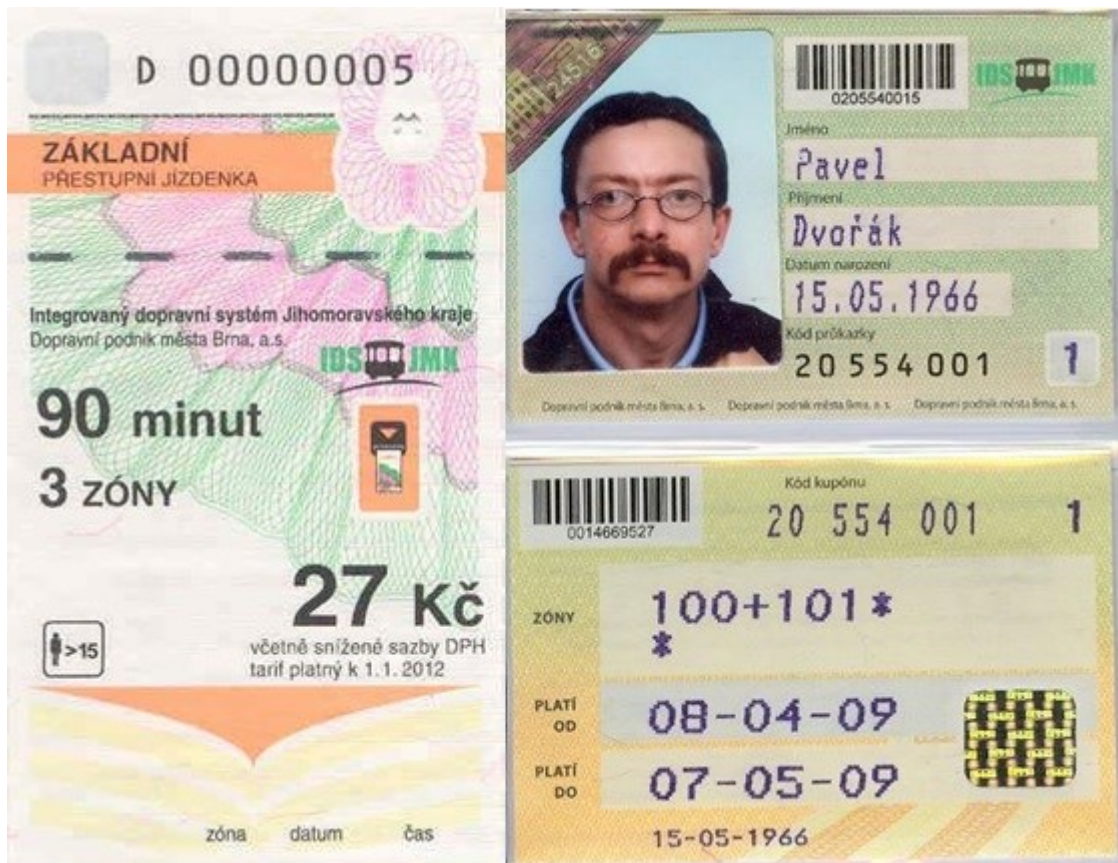
### 2.1 Papírové jízdné

Jedná se o jednoduchý systém odbavování, kdy se jako nosič jízdného využívá papír, kde se jízdenky tisknou na odbavovacích zařízeních v autobusech, vlakových pokladnách, u průvodčích, předprodejních kancelářích a v dalších prodejních kanálech. Papírové jízdenky se využívají pro jednotlivé jízdné i pro dlouhodobé časové jízdné. [33]

Výhodou tohoto systému je jeho jednoduchost, ochrana proti kybernetickým hrozbám, nulová potřeba IT infrastruktury a tím i nízké náklady.

Nevýhodou je, že cestující si nemůže jízdní doklad zakoupit online, při odbavení je validace jízdních dokladů pouze pomocí očí řidičů či průvodčích a s tím je spojená nedostatečná statistika o pohybech cestujících.

Jako příklad použití lze uvést IDS Jihomoravského kraje, kde je stále využíván jako nosič jízdného papírový doklad, který je zobrazen na obr. 7, i když už je postupně upozaďován moderními způsoby odbavování.



Obrázek 7 Vzor jednotlivého (vlevo) a papírového (vpravo) jízdního dokladu IDS JMK [17][18]

## 2.2 Čipové karty

V současné době jsou ve veřejné dopravě nejrozšířenější technologií čipové karty. V rámci odbavování bylo využíváno vícero standardů čipových karet, jako jsou MIFARE Classic, MIFARE PRO, MIFARE PROX, ale nejrozšířenějším standardem se stal MIFARE DESFire.

### 2.2.1 MIFARE DESFire

Tento typ karty MIFARE byl představen v roce 2002 a od roku 2006 se vyrábí ve variantě EV1. Vyrábí se ve variantách 2 KB, 4 KB a 8 KB. Karta MIFARE DESFire je standardizovaná karta dle normy ISO/IEC 14443-A s vlastnostmi, které jsou:

- Bezkontaktní přenos dat a energie (není potřeba baterie);
- Pracovní frekvence 13.56 MHz;
- Rychlost přenosu dat 106 kb/s, 212 kb/s, 424 kb/s, 848 kb/s;
- Bitově orientovaný antikolizní mechanismus;

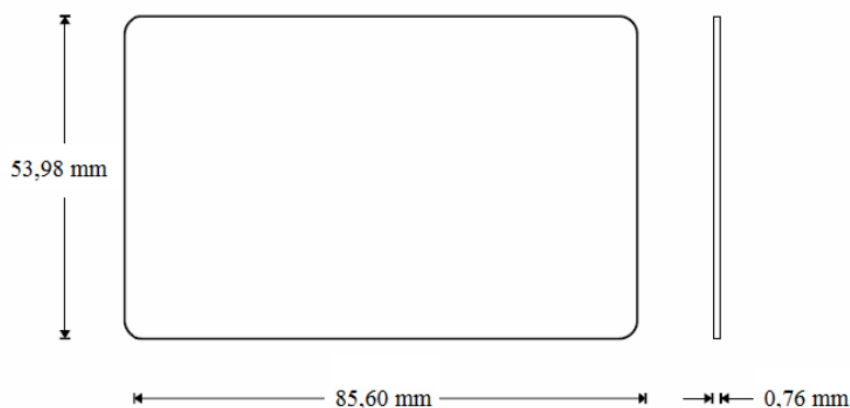
- Vzdálenost karty od čtečky až 100 mm;
- Kontrola přenesených dat pomocí paritního bitu, bitového součtu a 16/32-bitového CRC;
- 7-bytové UID;
- Zajištění integrity dat pomocí 4bajtového MAC / autenticita dat pomocí 8bajtového CMAC;
- Generátor opravdu náhodných čísel;
- Paměť EEPROM s kapacitou 2 kB / 4 kB / 8 kB;
- Trvanlivost dat až 10 let;
- Možnost až 500 000 přepsání paměti;
- Flexibilní organizace paměti;
- Až 28 nezávislých aplikací na kartě;
- Každá aplikace může využít až 16 / 32 souborů;
- Podpora příkazů ISO/IEC 7816 (pouze verze EV1);
- 1 master klíč a až 14 klíčů pro každou aplikaci;
- Šifrování dat pomocí 3DES/AES;
- Podpora transportního protokolu ISO/IEC 14443-4. [19]

### ***Konstrukce karty***

Konstrukce karty vychází ze standardu ISO/IEC 7810, kdy je v tomto standardu uvedena norma pro 4 varianty karet.

- 1) ID-1 – bankovní, identifikační a MIFARE karty;
- 2) ID-2 – Německé identifikační karty;
- 3) ID-3 – pasy a víza;
- 4) ID-000 – SIM karty.

V dopravě se využívá standard ID-1, který má rozměry 85,60 mm na výšku a 53,98 mm na šířku a standardní tloušťku 0,76 mm. Je znázorněn na obr. 8. [19]



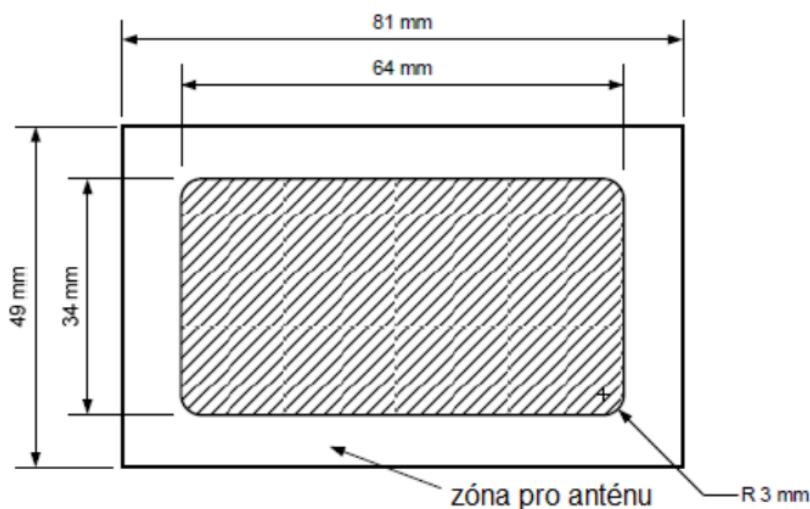
Obrázek 8 Rozměr karty dle standartu ISO/IEC 7810 [19]

Samotná karta se skládá z čipu, který tvoří jádro karty a který je napojen na několik drátů tvořících cívku, která slouží jako anténa karty. Díky této cívce nepotřebuje karta žádnou baterii a k přenosu energie a dat využívá radiofrekvenční vlny. Toto vše je zalité v plastovém obalu, který slouží jako ochrana. [19]

### ***Komunikace***

Standard ISO/IEC 14 443 – typ A popisuje komunikaci identifikačních karet a bezkontaktních karet s integrovaným obvodem. Je složen ze 4 částí:

- 1) Definice fyzické charakteristiky – popisuje fyzické vlastnosti karty pro správnou funkčnost. Například umístění antény musí být v zóně mezi dvěma obdélníky, jak je znázorněno na obr. 9.



Obrázek 9 Umístění antény ve vyznačené zóně [19]

- 2) Popis komunikace mezi kartou a čtečkou.

- 3) Charakterizace inicializace komunikace a definování anti kolizního protokolu, který nám zajišťuje, že se obslouží všechny karty v dosahu čtecího zařízení.
- 4) Definice transportního protokolu – kdy dochází k synchronizaci mezi kartou a čtečkou, kde se synchronizují maximální přenosová rychlost, velikosti paměťových bloků atd. [19]

### ***Přenos dat***

Přenos dat mezi terminálem a kartou, jež je definován normou ISO/IEC 14443-A je realizován 100% ASK modulací, která je doplněna modifikovaným Millerovým kódováním. V opačném případě, to je přenos mezi kartou a terminálem, je přenos dat řešen pomocí zátěžové modulace (load modulation), kterou generuje datový signál, který mění energetickou zátěž karty. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je náročnost na šířku pásma z důvodu modulace pomocí nosné vlny. „Z tohoto důvodu ji lze použít jen v omezeném počtu frekvenčních pásem. K modulaci pomocné nosné vlny se používá On – Off Keying řízené datovým tokem, kódovaným pomocí Manchester kódu.“ [19]

### **2.2.2 Využití čipových karet ve veřejné dopravě**

Čipové karty v dopravě využívá plno dopravních systémů i dopravců. Příklady čipových karet jsou vyobrazeny na obr. 10. Ve veřejné dopravě se čipové karty v současnosti využívají těmito způsoby:

- 1) Elektronická peněženka;
- 2) Nosič jízdného;
- 3) Identifikátor.



Obrázek 10 Příklady dopravních čipových karet [20]

### *Elektronická peněženka*

Aplikace elektronické peněženky, kterou mohou čipové karty využívat, slouží k nákupu jízdného a smyslem této aplikace je usnadnění a zrychlení odbavování. Tato aplikace se dříve snažila zastupovat bankovní kartu pro placení jízdného z důvodu, že odbavovací zařízení dlouhou dobu neuměla pracovat s bankovní kartou. Toto se ovšem v posledních letech mění a s postupnou obměnou odbavovacích zařízení se tento nedostatek odstraňuje. Využití elektronické peněženky s sebou stále přináší mnoho výhod oproti použití bankovní karty. Například v systému IDS Moravskoslezského kraje je to sleva na jízdném oproti platbě v hotovosti, či sleva při přestupu. U provozu systému elektronické peněženky je výhoda, že odbavovací zařízení nemusí mít certifikovanou čtečku pro platební karty a není potřeba mít smlouvu s bankou, kde se za každou platbu pomocí bankovní karty strhává provize pro banku. [12] [15]

Aplikace elektronické peněženky s sebou přináší i nevýhody a těmi jsou zejména nutnost cestujícího pořídit si čipovou kartu a nahrávat si na ni peníze. Vzhledem ke skutečnosti, že jsou informace o stavu konta elektronické peněženky zapsány v čipu karty, je další nevýhodou potřeba čipovou kartu u čtecího zařízení držet delší dobu z důvodu čtení a následného zápisu informací do čipu karty. U platby pomocí bankovní karty čtecí zařízení

pouze přečte informace o kartě a následně už odbavovací zařízení komunikuje s bankou. [12] [15]

### *Nosič jízdného*

Čipová karta se dá využít i jako nosič jízdného, a to buď jednotlivého nebo dlouhodobého.

U jednotlivého jízdného se informace o jízdnence do čipové karty zapisuje při prodeji u řidiče či průvodčího. Do čipové karty se zapíšou informace o výchozí zastávce, cílové zastávce, časové platnosti jízdenky, času pro přestup a ceně. Variantně se můžou zapsat i informace o zónách. Záleží na druhu použitého tarifu.

Informace zapsané v kartě se dají využít například při přestupu, kdy odbavovací zařízení vyhodnotí informace o předchozí jízdnence a pokud splňují požadavky dané tarifem, mohou uznat patřičnou slevu. Dalšími výhodami jsou například úspora papíru, kdy není třeba tisknout jízdní doklad nebo statistika pohybu cestujících, kdy se tyto informace dají využít pro plánování dopravy.

U dlouhodobého jízdného je princip podobný. Informace o dlouhodobém časovém kupónu jsou zapsány v čipové kartě. Informace obsahují čas platnosti od – do, území platnosti nejčastěji vyjádřené výčtem tarifních zón a cenu. Při odbavení odbavovací zařízení kontroluje platnost dlouhodobé časové jízdenky sem zadanou trasou. Pokud je celá trasa pokryta jízdenkou, tak se do čipové karty nic nezapisuje a díky tomu je odbavení rychlejší.

Variantní možnost odbavení čipové karty je kombinace obou výše uvedených způsobů. Tedy že se část trasy uzná pomocí platného dlouhodobého časového kupónu a pro zbytek trasy se zakoupí jednotlivá jízdenka, která se zapíše do čipové karty. [12] [15]

Využití čipové karty jako identifikátoru je popsáno v kapitole 2.3 Systém identifikátorů.

### **2.2.3 Zabezpečení čipových karet**

Jelikož jsou všechny informace uloženy v čipu karty, je potřeba, aby byla data zabezpečena proti zneužití. Z toho důvodu jsou data uložena v čipu karty šifrována. Jako nejčastější šifry se využívají 3DES a AES. Jedná se o symetrické blokové šifry, které využívají pro šifrování i dešifrování stejný klíč a šifrují data po stejně velikých blocích (64/128 bitů). Klíče mohou mít délku až 256 bitů. Z důvodu, že se jedná o symetrické šifry, je potřeba mít klíče bezpečně uloženy. V důsledku toho je využíván tzv. SAM modul, který je zobrazen na obr. 11. Jedná se o hardwarový modul, ve kterém jsou uloženy šifrovací klíče, a který využívá čtečka čipových karet. Každé zařízení, které má pracovat s čipovou kartou, musí být vybaveno

SAM modulem. Než je možné SAM modul začít využívat k práci s čipovou kartou, je potřeba ho napřed odemknout. SAM modul se odemýká pomocí pinu, který uživatel zadá. Pokud uživatel zadá několikrát po sobě špatný pin, dojde k zablokování SAM modulu a ke zničení dat, které SAM modul obsahuje. Tímto je SAM modul zabezpečen proti ztrátě zneužití. [21] [22] [23] [24]



Obrázek 11 Příklad SAM modulu [25]

## 2.3 Systém identifikátorů

Systém identifikátorů je postavený na úplně jiném principu, než je klasické odbavení pomocí čipových karet. Zde se převádí číslo karty na takzvaný token, který se vyhledává v databázi, kde jsou uvedené i platné jízdní doklady. Do čipu použité karty se nic nezapisuje.

### 2.3.1 Token

Je číslo, které se využívá jako zástupné číslo použitého identifikátoru, protože číslo identifikátoru, třeba bankovní karty, je považováno za citlivý údaj. [24]

### 2.3.2 Tokenizace

Token se vypočítá během procesu, který se nazývá tokenizace. Během tokenizace se u bankovní karty použije číslo karty a její platnost a pomocí šifry, například SHA256, se vypočítá token. Token lze vypočítat i z jiných než bankovních karet, například z dopravních čipových karet MIFARE DESFire. Během tokenizace dochází k ověření platnosti karty. To znamená, že se zjišťuje, jestli se karta nenachází na takzvaném Blacklistu. V případě, že se karta nachází na Blacklistu, token se nevytvoří a karta je odmítnuta. [24] [47]



### 2.3.3 Princip odbavení

Princip odbavení se může částečně lišit podle druhu zvoleného jízdného a místa nákupu.

#### *Jednotlivá jízdenka zakoupená na odbavovacím zařízení*

Při nákupu jednotlivé jízdenky si cestující nemusí nikde registrovat nosič, který chce použít. Nejčastěji se v tomto případě používá bankovní karta. Při nákupu cestující přikládá bankovní kartu ke čtecímu zařízení, které vypočítá token. Odbavovací zařízení k vytvořenému tokenu připojí informace o jízdním dokladu a odesílá je společně do backoffice celého systému, kde se tento záznam přidá na takzvaný Whitelist, který je distribuován v pravidelném krátkém intervalu zpět do všech vozidel. Při přestupu či kontrole se pak po přiložení bankovní karty zobrazí platné jízdní doklady k vypočítanému tokenu. [44]

Whitelist je se seznam všech tokenů, které mají přiřazený jízdní doklad s informacemi o cestujícím, například jméno, příjmení, fotka atd. Tento Whitelist se distribuuje do všech odbavovacích zařízení. [44]

#### *Jízdenky zakoupené skrze e-shop*

Jízdenky se dají zakoupit i skrze e-shop daného dopravního systému. Zde se dá zakoupit jednotlivé jízdné nebo i dlouhodobé časové jízdné. Token se zde vytváří způsobem, kdy se do aplikace zadá číslo karty a platnost a následně aplikace vytvoří token, ke kterému se přiřadí jízdní doklady a tyto informace se následně objeví ve Whitelistu. Bankovní nebo čipová karta se nemusí přikládat ke čtečce karet. [44]

Při odbavení ve vozidle se karta přikládá ke čtecímu zařízení, a to vytváří token, který se vyhledá ve Whitelistu a zobrazí se platné jízdní doklady. Odbavovací zařízení následně určí, zda je trasa pokryta platným jízdním dokladem a případně se provede doprodej. [44]

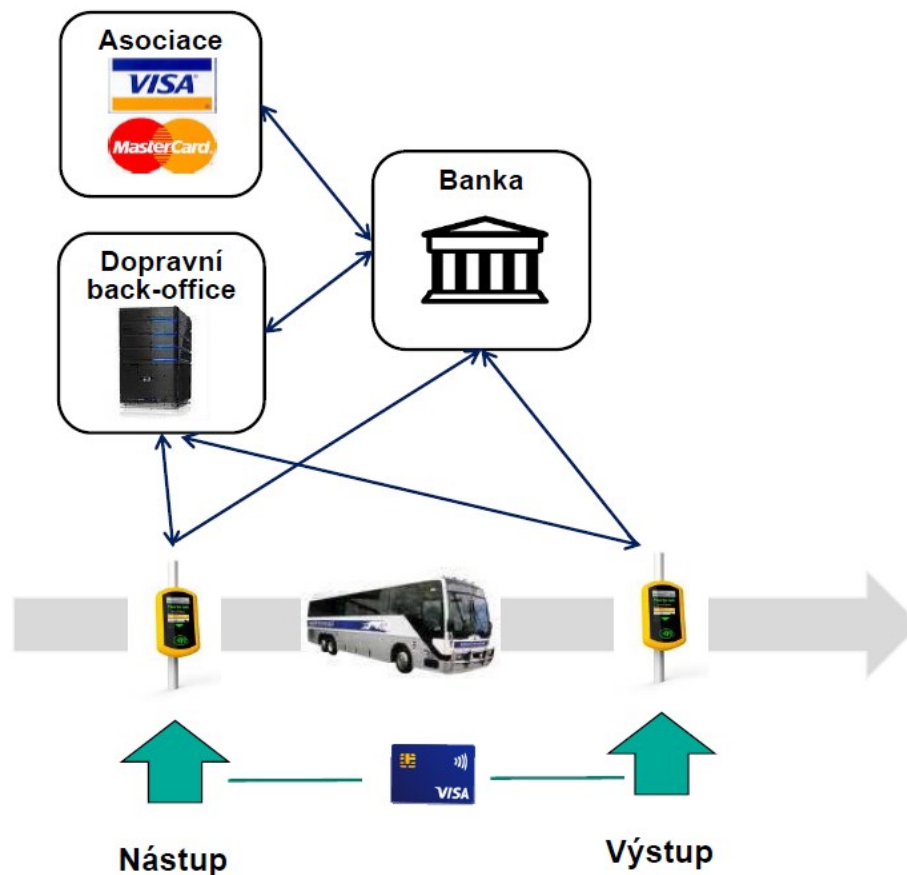
## 2.4 Systém check-in/check-out

V systémech městských hromadných doprav se postupně prosazuje systém check-in/check-out, který postupně nahrazuje ostatní systémy pro jednotlivé jízdné, jako jsou papírové jízdenky, SMS jízdenky a podobně. Tento systém se využívá například ve městech Brně, Ostravě, Pardubicích nebo Ústí nad Labem.

### 2.4.1 Princip

Princip tohoto systému, který je znázorněn na obr. 12, je postaven na tom, že cestující musí při každém nástupu a výstupu přiložit bankovní kartu ke čtecímu zařízení, kde se provede

tzv. Tap. Zde se vygeneruje token, který je vypočítán pomocí šifrovacího algoritmu z čísla bankovní karty a data expirace karty. Tento šifrovací algoritmus je pouze jednosměrný a je tím pádem zajištěna bezpečnost pro majitele bankovní karty, protože se z tokenu nedají zpětně zjistit údaje o bankovní kartě a nedá se tím pádem zneužít. Vazbu mezi tokenem a bankovní kartou zná pouze banka, která zajišťuje zpracování transakcí a následnou platbu a je zároveň dodavatelem šifrovacích klíčů pro výpočet tokenu. [11] [13] [27] [28] [29] [30]



Obrázek 12 Schéma systému check-in/check-out [27]

Vytvořený token se v odbavovacím terminálu, kde je zároveň umístěna i bankovní čtečka, doplní o dopravní a tarifní informace, jako jsou například číslo linky, spoje, zóna, druh jízdního dokladu, předpokládaná cena apod. a zašlou se do backoffice dopravce. Zároveň se předají zpět bankovní čtečce, která tuto informaci zasílá do systému banky.

Každý den v přesně definovaný čas se začnou zpracovávat jednotlivá tapnutí za předchozí den. V prvním kroku se začnou porovnávat tapnutí mezi backofficem dopravce a systémy banky, zda mají obě strany všechny údaje. Jakmile dojde k synchronizaci dat, se v backofficu dopravce se spustí výpočet nad tarifním jádrem, kde se určí celková cena, která se má cestujícímu strhnout z bankovní karty. [11] [13] [27] [28] [29] [30]

Výpočet ceny závisí na tarifním jádru a může se u každého dopravce lišit. Nejčastější princip je takový, že se jednotlivé ceny, které jsou u každého tapu uvedeny, posčítají a následně se porovnává, zda je výsledná cena větší jako cena celodenní jízdenky. Pokud je cena vyšší, strhne se maximálně cena celodenní jízdenky, ale pokud je cena menší, strhne se cena dle provedeného součtu.

Jakmile backoffice dopravce vypočítá cenu, která se má strhnout z bankovní karty, požadavek na platbu se zašle do systému banky. Banka následně začne zpracovávat tyto požadavky dle pravidel karetních asociací a dochází k platbě. Jediné banky na trhu, které nabízejí služby pro veřejnou dopravu, jsou zobrazeny na obr. 13. [11] [13] [27] [28] [29] [30]



Obrázek 13 Logo společnosti Global Payments (nahore) a ČSOB (dole) [31] [32]

#### 2.4.2 Denylist

V systému check-in/check-out se využívá tzv. Denylist. Ten obsahuje seznam všech zakázaných karet, které se nesmí použít u daného dopravce nebo dopravního systému a je distribuován do každého odbavovacího zařízení akceptující bankovní karty. Bankovní karta se na Denylist dostane, jestliže nedojde k úspěšné autorizaci při prvním přiložení karty. Toto ověření se provádí na pozadí a cestujícímu je při prvním odbavení umožněno cestovat, i když nedojde k autorizaci, ale karta se okamžitě přidá na Denylist a cestujícímu pak nadále není s touto kartou umožněno cestovat, respektive je při dalším přiložení ke čtečce bankovních

karet odmítnuta. O ohrazení této transakce se postará banka v rámci svého risk managementu nebo částku vymáhá po bance, která bankovní kartu vydala. [27]

Karta se z Denylistu odstraní následujícími způsoby:

- 1) Pokud důvody pro umístění na Denylist pominuly, karta se automaticky odstraní. Automatické odstranění probíhá 2x měsíčně.
- 2) Na základě žádosti cestujícího, které se podá skrze webové rozhraní dopravce nebo dopravního systému. Tuto žádost je možné podat pouze jednou denně a provede se kontrola, zda důvody pro umístění na Denylist pominuly.
- 3) Pokud se následující den přiloží karta k odbavovacímu zařízení, karta bude odmítnuta toho z důvodu, že je umístěna na Denylistu. Dojde ale ke spuštění procesu ověření, zda může být karta odstraněna z Denylistu. Pokud důvody pominuly, karta je z Denylistu odebrána. [27]

## 2.5 Mobilní aplikace

V poslední době se v rámci odbavování ve veřejné dopravě více využívají mobilní aplikace, které jsou stále oblíbenější mezi cestujícími i provozovateli veřejné dopravy. Jako standard je považováno vydat a provozovat aplikaci pro dvě hlavní platformy, a to systém Android od Googlu a iOS od Applu.

### 2.5.1 Princip odbavení

Odbavení pomocí mobilní aplikace probíhá pro jednotlivé jízdné a dlouhodobé jízdné rozdílně. U jednotlivého jízdného si cestující vyhledá spojení skrze vyhledávač spojení, který je v aplikaci implementovaný a pro dané spojení aplikace vypíše i cenu. Následně si cestující danou trasu zaplatí skrze platební bránu. Po potvrzení o zaplacení aplikace vygeneruje jízdní doklad s 2D kódem, který slouží pro validaci. Při nástupu do vozidla nebo při kontrole u průvodčího odbavovacího zařízení načte 2D kód a vypíše informace obsažené v tomto 2D kódu. Kód obsahuje informace o trase, ceně, tarifní kategorii cestujícího a variantně i fotku, jméno a příjmení. Odbavovací zařízení kromě zobrazení těchto informací obsluhuje zároveň zkontroluje, že je na dané lince a daném spoji jízdní doklad platný či neplatný. [2] [34]

U dlouhodobého jízdného jsou dvě možnosti odbavení:

- 1) 2D kód obsahuje všechny informace o jízdním dokladu a cestujícím. Těmito informacemi se rozumí zakoupené zóny, časová platnost, jméno a příjmení, fotka a tarifní kategorie. Odbavovací zařízení musí všechny tyto informace z 2D kódu vyčíst, zobrazit obsluhu a vyhodnotit platnost jízdního dokladu.
- 2) 2D kód obsahuje pouze číselný identifikátor a všechny údaje o jízdním dokladu a cestujícím jsou uloženy v centrálním systému na tzv. Whitelistu. Tento Whitelist si odbavovací zařízení v pravidelných intervalech stahují. Při odbavení odbavovací zařízení z 2D kódu vyčte pouze tento číselný identifikátor a dohledá ho ve Whitelistu, kde jsou obsaženy všechny potřebné informace. Tyto informace zobrazí a vyhodnotí platnost jízdního dokladu. [2] [34]

Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody. U první metody je nevýhodou zdlouhavé čtení 2D kódu z důvodu velkého množství dat, ale zároveň je tu jistota odbavení, jelikož jsou všechny informace o jízdním dokladu obsaženy v 2D kódu. U druhé metody je výhodou rychlost čtení, ale na druhou stranu vozidlo nemusí mít stažený aktuální Whitelist a z toho důvodu může dojít k neodbavení. [2] [34]

### 2.5.2 Princip 2D kódů

2D kódů existuje mnoho typů, ovšem v dopravě se prosadil QR kód, který je zároveň nejrozšířenější 2D kód na světě. QR kód vznikl již v roce 1994 v Japonsku jako další evoluční krok používaných 2D kódů, které mohly pojmout pouze 20 alfanumerických znaků. Oproti těmto kódům dokázal pojmout až 7000 alfanumerických znaků a 10ti násobně rychlejší čtení v jakémkoliv směru. [35]

#### *Struktura QR kódu*

QR kód se obecně skládá ze 6 částí, které jsou znázorněny na obr. 14.

- 1) Quiet zone – prázdný bílý okraj/rámeček, který ohraničuje daný QR kód a odděluje ho od jiných informací, které mohou být umístěny okolo QR kódu.
- 2) Finder patterns – jsou to černé a bílé velké čtverce, které určují, o který 2D kód se jedná a zároveň určují orientaci daného kódu.
- 3) Alignment pattern – zajišťuje, že QR kód lze dešifrovat, i když je kód zkreslený.

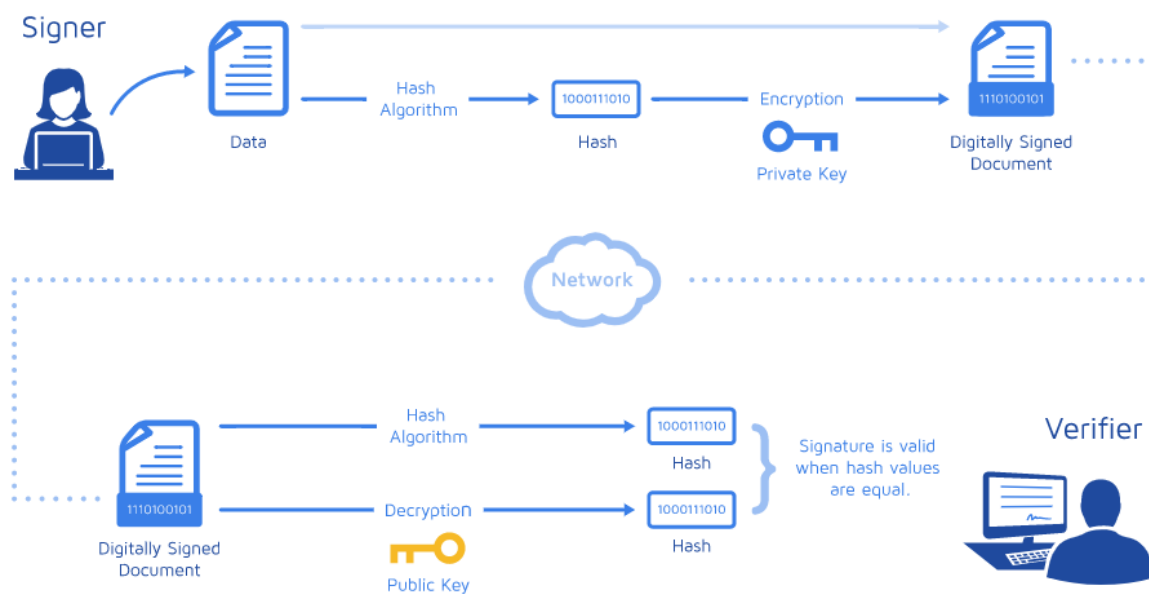
- 4) Timing pattern – skládá se ze střídavých bílých a černých čtverců a nachází se mezi Finder patterns. Usnadňuje identifikaci datových buněk a když je QR kód poškozený nebo zdeformovaný, je velice užitečný.
- 5) Version information – určuje, která verze QR kódu je zrovna využita.
- 6) Data cells – jsou buňky, které obsahují data. Jsou to všechny bílé a černé čtverce, které nejsou využity ve výše popsanych důvodech. [36]



Obrázek 14 Struktura QR kódu [36]

### ***Zabezpečení QR kódu***

Ve veřejné dopravě se využívá pro zabezpečení QR kódu asymetrická kryptografie. Asymetrická kryptografie nebo asymetrické šifrování využívá k šifrování a následnému dešifrování dva klíče. Jeden klíč se využívá k šifrování, je to tzv. tajný klíč a měl by se chránit. Druhý klíč se využívá k dešifrování, je to tzv. veřejný klíč a může být veřejně šířen. Při znalosti jednoho klíče nejsme schopni odvodit druhý klíč. Tento princip se využívá například i u digitálního podpisu, který je znázorněn na obr. 15. [37]



Obrázek 15 Princip elektronického podpisu [38]

### 3 HISTORIE ODBAVOVACÍCH SYSTÉMŮ

První moderní odbavovací zařízení se u nás představilo v roce 1989 od společnosti AŽD Praha. Jednalo se o jízdenkový přepážkový elektronický stroj, tzv. JIPES znázorněný na obr. 16. Toto zařízení bylo určeno pro prodej jízdních dokladů na železničních pokladnách a například na Slovensku fungovalo až do roku 2006. [33] [45]



Obrázek 16 JIPES

V zahraničí se jako první moderní odbavovací systém představil systém APTIS, který byl představen v roce 1986 a na britské železnici fungoval až do roku 2007. Systém APTIS je zobrazen na obr. 17. Zajímavostí zařízení APTIS je to, že tiskl jízdní doklady na papírový nosič ve formátu platební karty a tento formát se na britské železnici uchoval do současnosti. Po těchto systémech se pro výdej jízdních dokladů začaly prosazovat standardní PC se speciálním softwarem pro výdej jízdních dokladů. [42]





Obrázek 17 APTIS [43]

### 3.1 Autobusová doprava

V autobusové dopravě se první elektronické odbavovací zařízení objevilo v roce 1995, kdy vysokomýtská firma Mikroelektronika uvedla na trh model USV24A, který je znázorněn na obr. 18. Do této doby se v autobusech odbavovalo především pomocí mechanických počítadel a klíčky, kterou řidič ovládal ručně. Nově tento model už uměl sám spočítat cenu jízdného a řidiči si už nemuseli pamatovat informace ohledně tarifů. Navíc už tento model mohl ovládat periferie vozidla, jako zobrazovače času, informační tabla atd. Zařízení bylo standardně dodáváno s jehličkovou tiskárnou, ale zařízení bylo možné dodat i s termotiskárnou. [23] [40] [45]



Obrázek 18 Model USV24A [23]

V roce 2006 byl společností Mikroelektronika představen nástupce, a to model USV24C, který je zobrazen na obr. 19. Tento model se rychle stal u dopravců velice oblíbený a stal se jedním z nejrozšířenějších odbavovacích zařízení. [23] [40]



Obrázek 19 Model USV24C [23]

Tento model byl tak oblíbený, že se ho společnosti Mikroelektronika podařilo nahradit až v roce 2016, a to zcela novým zařízením OCC, které je zobrazeno na obr. 20. Mezi modely, které postupně vedly až k modelu OCC, byl například model USV24E, který dokázal svým způsobem uspět na trhu, ale nahradit model USV24C nedokázal. Model USV24E z roku 2008 již například umožňoval platbu pomocí bankovní karty. Následoval model USV24G, který byl pouze jednoduchým zařízením na výdej jízdních dokladů. Nejednalo se o palubní

počítač. Nový model OCC, který je v současnosti na trhu a je využíván v příměstské dopravě, obsahuje velký dotykový displej, softkeys tlačítka, kompaktní rozměry a otočný terminál cestujícího se všemi běžnými způsoby platby, včetně čtečky 2D kódů. [23] [40]



Obrázek 20 Model OCC [23]

### 3.2 Železniční doprava

V železniční dopravě vyvíjí odbavovací zařízení ve vozidlech výhradně společnost ODP-software spol. s r.o., která je od roku 2016 členem skupiny České dráhy. Společnost byla v roce 1995 založena lidmi, kteří vyvinuli zařízení JIPES, a od počátku se soustředila na vývoj odbavovacích zařízení využívaných průvodčími nebo umístěných ve vozidlech. [39]

První přenosná osobní pokladna neboli POP byla představena v roce 1996 a využívala hardware typu Telxon, který je zobrazen na obr. 21. Zařízení POP je vlastně malý kompaktní přenosný počítač (handheld) s integrovanou tiskárnou, který dnes umožňuje kromě prodeje jízdních dokladů i kontrolu bezkontaktních čipových karet a jízdenek eTiket z eShopu ČD, mobilní sběr dat (např. při sčítání cestujících), poskytuje obsluze informace o spojení, slouží k pořízení vlakové dokumentace a má mnoho dalších funkcí. První POP obsahovaly jehličkovou tiskárnu, 4řádkový textový displej a již od začátku byly schopny prodat většinu

jízdních dokladů, které se na železnici vydávaly. Do této doby se jízdenky na železnici vypisovaly pouze rukou. [39]



Obrázek 21 POP s HW TELXON [39]

Důležitý průlom nastal v roce 1998, kdy POP začal využívat hardware Casio DT-9000. Tento model nabídl tepelnou tiskárnu, dotykový grafický displej, větší paměťovou kapacitu, operační systém MS-DOS a lepší výměnu dat. Těchto zařízení bylo v rámci ČD nasazeno 32 kusů. Do vývoje pokladen byl zapojen i vlakový personál a na základě jeho připomínek bylo zařízení dále upravováno. V roce 2002 zařízení POP dostalo nový hardware, a to model Casio IT-2000. U tohoto modelu došlo k výraznému zvýšení výkonu a k navýšení počtu dodaných kusů do ČD, a to na 621 kusů. Model IT-2000 byl vybaven 32bitovým procesorem, 4 MB RAM a operačním systémem MS DOS. K další změně pak došlo v roce 2004 s modelem Casio IT-3000, který je zobrazen na obr. 22. Tento model už je provozován na platformě operačního systému Windows CE. Procesor je taktován na 400 MHz, zařízení je vybaveno až 128 MB RAM, výrazně větší kapacitou paměťových karet a dotykovým barevným displejem. Tento model už je vybaven i čtečkou bezkontaktních čipových karet z důvodu zavádění čipové karty IN-karta vydavatele ČD. Do roku 2009 dodala společnost ODP-software spol. s r.o. do ČD přes 900 kusů modelů POP IT-3000. Softwarově se model vyvinul do podoby, kdy umožňoval vydávání jízdních dokladů, kontrolu bezkontaktních čipových karet a e-Tiketů, pořizování vlakové dokumentace, sčítání cestujících a další funkce. Z důvodu nedostatečných výkonů bylo zařízení IT-2000 nahrazeno modelem IT-

3100 v počtu 700 kusů, který už umožňoval instalaci až 4 tzv. SAM modulů sloužících k akceptaci dalších druhů čipových karet. [39]



Obrázek 22 Casio IT-3000 [39]

Aktuální modelem POP používaným v drážní dopravě je model Casio IT-9000, který je zobrazen na obr. 23. Model IT-9000 je nasazen v provozu od roku 2014. Aplikace v tomto modelu je vytvořena v prostředí NET Compact Framework. Tento model se vyznačuje prvotřídní technickou úrovní a odolným průmyslovým provedením. Obsahuje procesor Intel PXA-320 806 MHz, 512 MB RAM, termotiskárnu, barevný dotykový displej 3,7" VGA (480 × 640), čtečku čipových karet s možností až pro 5 SAM slotů a čtečku 2D kódů. Komunikaci umožňuje pomocí Bluetooth, 4G (4G/LTE, UMTS/HSDPA, EDGE/GPRS) a WiFi 802.11b/g/n. [39] [41]



Obrázek 23 Casio IT-9000 [39]

V současné době se v drážní dopravě prosazují i takzvané validátory, které slouží k samoobslužnému bezhotovostnímu odbavení cestujících, kdy dodavatelem hardwaru je společnost Mikroelektronika a dodavatelem softwaru je společnost ODP-software spol. s r.o. Jedná se o standardní validátor, který se využívá v MHD provozech, ovšem software je speciálně upraven pro potřeby drážní dopravy. Validátor je vybaven velkým barevným dotykovým displejem, čtečkou bankovních a čipových karet a čtečkou 2D kódů. Variantně může vybaven ještě označovačem jízdenek nebo tiskárnou dokladů. Příklad validátoru je zobrazen na obr. 24.



Obrázek 24 Karetní validátor CVB s 2D skenerem [23]

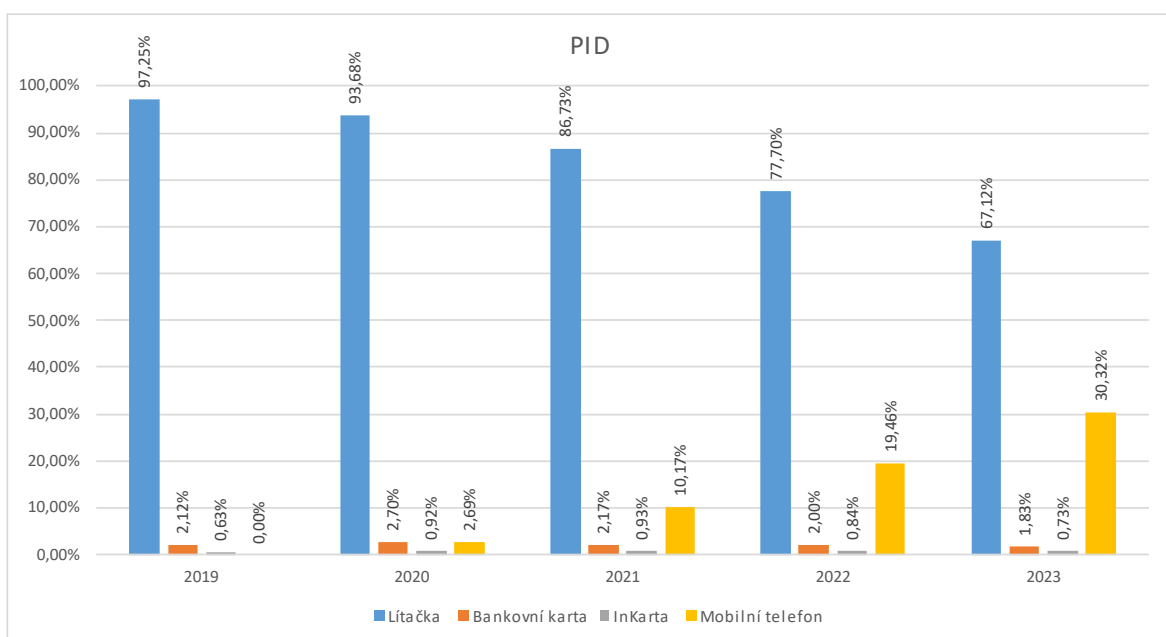
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 ANALÝZA CHOVÁNÍ CESTUJÍCÍCH VE VEŘEJNÉ DOPRAVĚ

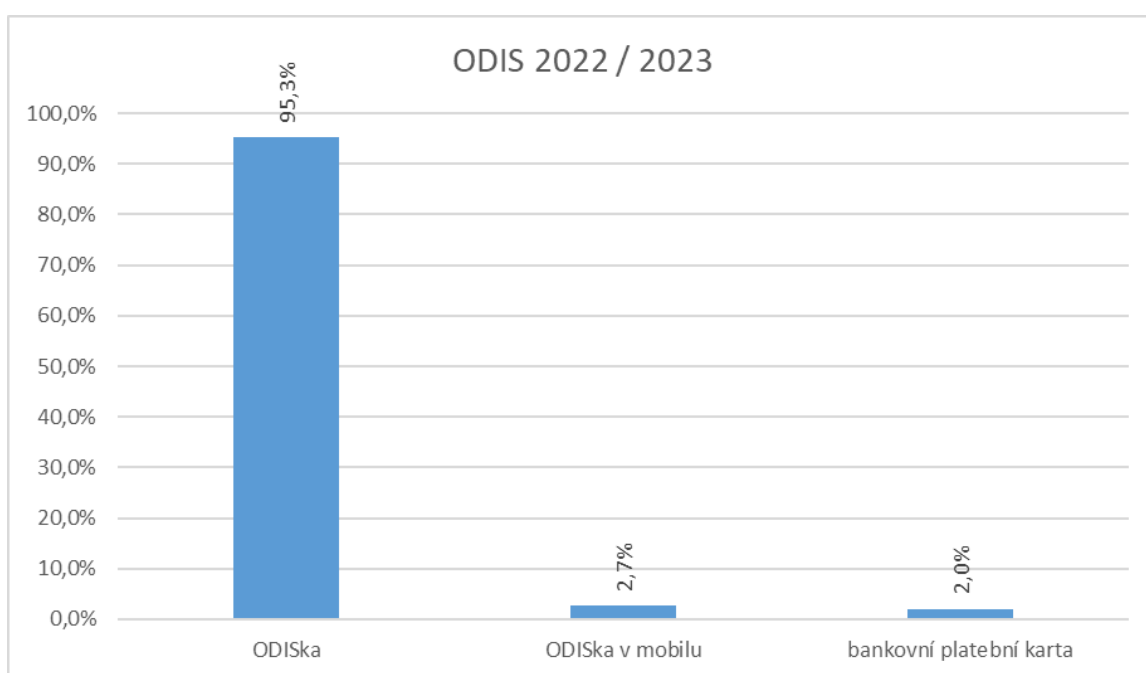
Chováním cestujících ve veřejné dopravě se rozumí využívání odbavovacích technologií cestujícími při cestování vlakem, autobusem nebo MHD. Chování cestujících je dáno druhem integrovaného dopravního systému, který se, jak bylo uvedeno v kapitole 1.1, liší v závislosti na kraji. V některých krajích je využíván pouze jeden typ technologie odbavování, zatímco v jiných krajích mají cestující na výběr z vícero možností. Pro účely této bakalářské práce byl v rámci analýzy chování cestujících proveden průzkum v integrovaných dopravních systémech PID (Hlavní město Praha a Středočeský kraj), IDS JMK (kraj Jihomoravský) a ODIS (kraj Moravskoslezský), kdy se zjišťovala oblíbenost odbavovacích technologií. Pozornost byla zaměřena na integrované dopravní systémy krajů, které jsou z hlediska vyspělosti odbavovacích technologií nejdál a zároveň nabízí cestujícím více možností odbavení. Uvedená data byla zpracována na základě podkladů, které byly poskytnuty organizátory veřejné dopravy daných systémů.

Na obr. 25 je uvedena statistika využití jednotlivých nosičů jízdních dokladů v systému PID (Hlavní město Praha a Středočeský kraj) v letech 2019–2023. Ze statistiky lze vyčíst, že většina cestujících v tomto dopravním systému využívá dopravní čipovou kartu Lítačka. Rovněž je patrné, že mobilní aplikace, zavedená v roce 2020, získává postupně na popularitě na úkor ostatních technologií. Od doby zavedení k ní přešla během tří let téměř třetina všech cestujících. Z uvedené statistiky dále vyplývá, že bankovní karta a InKarta má mezi cestujícími minimální oblibu.



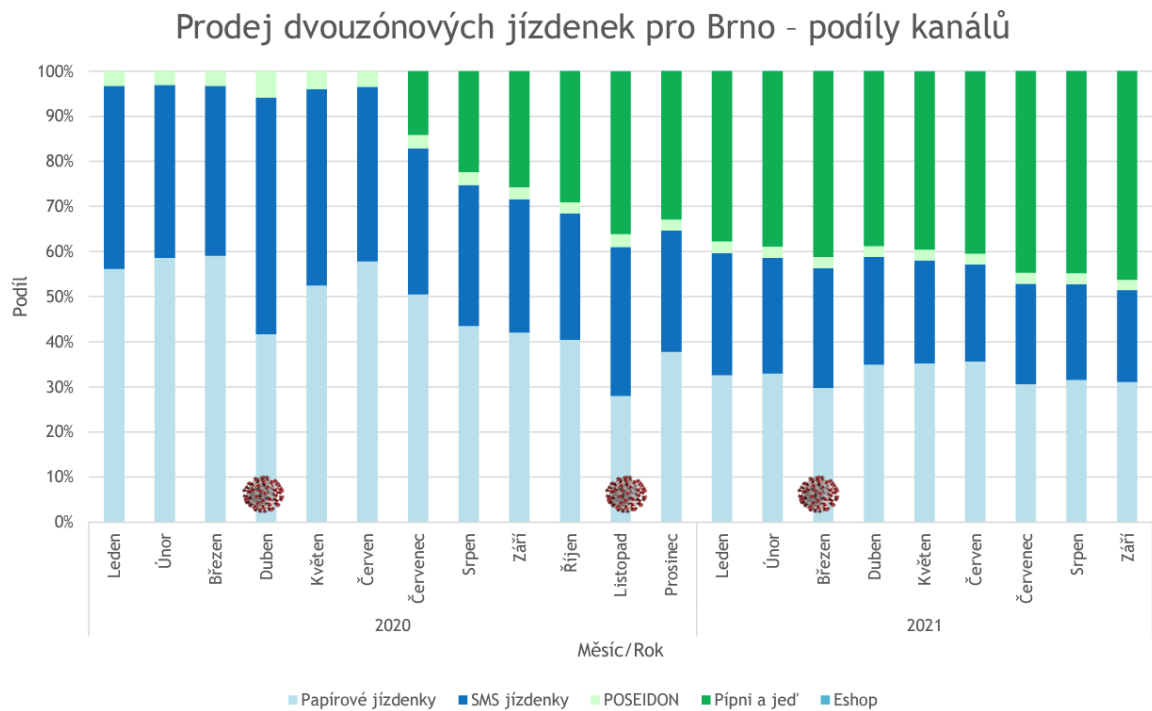
Obrázek 25 Statistika PID [51]

Na obr. 26 je zobrazena statistika využití jednotlivých nosičů jízdních dokladů v systému ODIS (kraj Moravskoslezský) za přelom roku 2022 a 2023. Vzhledem ke skutečnosti, že do roku 2022 bylo možné využít jako nosič pouze dopravní čipovou kartu ODISku a další technologie byly zavedeny až v roce 2022, není potřeba uvádět statistiky za dřívější období. Z uvedených dat vyplývá, že i přes zavedení nových technologií odbavení, jako je mobilní aplikace či bankovní karta, zůstává většina cestujících u původní verze odbavení, a to u dopravní čipové karty ODISky. Mobilní aplikace má v prvním roce po zavedení stejné využití jako v systému PID a lze předpokládat vzrůstající trend, zatímco u bankovní karty lze předpokládat spíše menší využití.



Obrázek 26 Statistika ODIS [52]

Na obr. 27 je uvedena statistika využití jednotlivých nosičů jízdních dokladů v systému IDS JMK (kraj Jihomoravský) v letech 2020 a 2021. Z uvedených dat je zřejmé, že cestující nejvíce využívají technologii Pípní a jed', která je postavena na systému check-in/check-out. Od doby jejího zavedení lze pozorovat vzrůstající trend využití na úkor technologií SMS jízdenek a papírových jízdenek. Naopak u mobilní aplikace POSEIDON lze pozorovat konstantně minimální využití. To je pravděpodobně způsobeno tím, že se jedná o zastaralou aplikaci, která již není dále rozvíjena a nelze ji srovnávat například s mobilní aplikací v systému PID.



Obrázek 27 Statistika IDS JMK [50]

Z výše uvedených statistik vyplývá, že integrovaný dopravní systém v Jihomoravském kraji nabízí pro cestující nejvíce možností odbavení oproti ostatním krajům a že v každém z uvedených krajů se těší oblibě jiná technologie odbavení. Na základě uvedených dat lze říci, že po zavedení nových technologií odbavení zůstává zpočátku většina cestujících u původní verze odbavení, nicméně s postupujícím časem se cestující s novou technologií více seznamují a začínají ji i více využívat. Na základě uvedených statistik jako nosič jízdních dokladů cestující nejvíce preferují dopravní čipové karty a mobilní aplikace, které musí být však moderní a jednoduché na obsluhu. Rovněž systém check-in/check-out se těší u cestujících velké oblibě a lze pozorovat trvalý vzestup využitelnosti tohoto systému. Obecně lze říci, že cestující jsou pro nové technologie odbavování nakloněni a vítají modernizaci zastaralých technologií.

## 5 NÁVRH ODBAVOVACÍHO SYSTÉMU – SOUČÁSTI SYSTÉMU ODBAVOVÁNÍ CESTUJÍCÍCH

Vzhledem ke skutečnosti, že integrovaný dopravní systém není pro celou Českou republiku jednotný a liší se v závislosti na jednotlivých krajích, kdy si každý organizátor veřejné dopravy řeší odbavovací systémy zvlášť a upřednostňuje konkrétní typy technologií, jsem vytvořil návrh optimálního odbavovacího systému, který by měl zajistit otevřenost systému vzhledem k možnostem nabízených odbavovacích technologií a zároveň tak zajistit jednotnost systému mezi kraji. Při návrhu odbavovacího systému vycházím z výše uvedených statistik a ze svých doposud získaných zkušeností. Návrh odbavovacího systému je koncipován tak, že nejprve popisují součásti, které by měl systém obsahovat a následně princip, na kterém by měl být odbavovací systém postaven.

Ideální odbavovací systém by se dle mého návrhu měl skládat z těchto následujících součástí:

- Dopravně zúčtovací centrum;
- Acquirer – partnerská banka;
- E-shop;
- Mobilní aplikace;
- Odbavovací zařízení ve vozidlech;
  - o Příměstské autobusy;
  - o Vlaky;
  - o Městská hromadná doprava.

### 5.1 Dopravně zúčtovací centrum

Jádro celého navrhovaného systému by se mělo skládat z dopravně zúčtovacího centra, které bude hlavním mozkiem celého systému a zároveň bude umět následující funkcionality:

- Příjem a zpracování transakcí z odbavovacích zařízení;
- Přerozdělení prodaných jízdních dokladů podle schématu dělby tržeb daného IDS;
- Udržování seznamu zakázaných karet (čipových/bankovních) a umožnění jeho distribuce do odbavovacích zařízení;

- Schopnost výpočtu ceny jízdného pro dané spojení;
- Komunikace s institucemi pro ověřování nároku na profil;
- Rozhraní pro komunikaci s aplikacemi určenými pro uživatele (např. e-shop a mobilní aplikace):
  - Předávání informací o uživatelských účtech;
  - Předávání transakcí z odbavovacích zařízení;
  - Předávání informací o prodeji skrze aplikaci;
- Správa uživatelských účtů:
  - Zakládání uživatelů;
  - Správa hesel uživatelských účtů;
  - Možnost přiřazení nosiče jízdních dokladů ke konkrétnímu uživateli;
  - Přiřazování jednotlivých transakcí k uživateli;
  - Mazání uživatelských účtů;
  - Správa profilů uživatele;
- U čipových karet správa životního cyklu karet:
  - Vytvoření čipové karty a přidělování logických čísel;
  - Personifikace čipové karty;
  - Vytváření dávek pro výrobní linku;
  - Příjem dat z výrobní linky;
  - Hlídní konce platnosti čipové karty;
- Správa elektronické peněženky:
  - Příjem transakcí o nabití elektronické peněženky;
  - Příjem transakcí o vybití elektronické peněženky;
  - Přerozdělení peněz mezi subjekty podle transakcí o nabití a vybití;
- Tarifní jádro systému:
  - Tvorba jednotlivých tarifů;

- Přřazování cen tarifů;
- Definování u jednotlivých tarifů možnosti prodeje;
- Zaslání notifikačních e-mailů:
  - O konci kupónu;
  - O ověření e-mailu u registrace uživatele;
  - S potvrzením nákupu a daňovým dokladem;
  - U akcí spojených s životním cyklem karty;
- Komunikace s bankou:
  - Ověřování provedených transakcí spojených s bankovní kartou;
  - Synchronizace seznamu zakázaných bankovních karet;
  - Zaslání požadavků na stržení peněz z bankovní karty.

## 5.2 Acquirer – partnerská banka

Dalším důležitým prvkem je výběr partnerské banky, která se bude starat o zpracování tržeb a dodá tokenizační algoritmus. Tento tokenizační algoritmus bude muset umět tokenizovat i čipové karty, které budou sloužit jako identifikátor. Čipovou kartou nebude muset být jenom dopravní čipová karta daného IDS, ale i jakákoliv jiná čipová karta postavená na standardu Mifare desfire.

## 5.3 E-shop

Jako jeden z důležitých prvků ve vztahu k cestujícím je také e-shop, který bude sloužit jako hlavní rozhraní pro cestující. Zde si cestující budou moci:

- Založit uživatelský účet;
- Vyplnit osobní údaje;
- Ověřit nárok na slevový profil cestujícího;
- Pomocí tokenizačního algoritmu tokenizovat bankovní/čipovou kartu;
- Přřadit si bankovní kartu;
- Zažádat o čipovou kartu;
- Zobrazit si přehled jízd;

- Zakoupit dlouhodobý časový kupón;
- Pomocí vyhledávače spojení zakoupit jízdní doklad pro jednotlivou jízdu.

## 5.4 Mobilní aplikace

Podstatná součást systému je rovněž mobilní aplikace, která bude sloužit jako jeden z hlavních komunikačních nástrojů s cestujícími. Mobilní aplikace bude mít následující funkcionality:

- Založit uživatelský účet;
- Vyplnit osobní údaje;
- Ověřit nárok na slevový profil;
- Zakoupit si jízdenku pro jednotlivou jízdu;
- Zakoupit si dlouhodobou časovou jízdenku;
- Vyhledat spojení;
- Přehled jízdních řádů;
- Virtuální odjezdové tabule;
- Aktuální poloha vozidel v mapě;
- Push notifikace;
- Novinky/redakční systém;
- Sekce s dokumenty o IDS, schémata atd.

## 5.5 Odbavovací zařízení ve vozidlech

Poslední důležitou součástí celého systému odbavování cestujících je vybavení vozidel příslušným technickým vybavením pro odbavování cestujících. Toto vybavení bude rozdílné pro různé druhy dopravy a bude se dělit na vybavení pro příměstské autobusy, vlaky a vozidla městské hromadné dopravy.

### 5.5.1 Příměstské autobusy

Příměstské autobusy budou vybaveny následujícími odbavovacími zařízeními:

- Odbavovací zařízení u řidiče (pokladna);

- Validátory.

Odbavovací zařízení u řidiče (pokladna) bude sloužit jako palubní počítač vozidla, které bude sloužit pro ovládání vnitřního a vnějšího informačního systému pro cestující, pro komunikaci řidiče s centrálním dispečinkem IDS, pro informace o jízdním řádu daného spoje, pro navigaci a bude umožňovat prodej jednotlivých jízdenek v hotovosti. Pokladna bude umístěna v prostoru u řidiče tak, aby řidiči umožňovala bezpečnou jízdu, ale zároveň mohl pokladnu v bezpečí a pohodlně ovládat. Při umístění pokladny se bude muset dbát na to, aby nepřekážela cestujícím v nástupu či výstupu. Pokladnu bude lze vybavit i tiskárnou jízdních dokladů tak, jak je zobrazeno na obr. 28. [48] [49]



Obrázek 28 Odbavovací zařízení Telmax [53]

Validátory budou sloužit pro systém check-in/check-out a budou umět pracovat s bankovní a čipovou kartou. Budou rovněž komunikovat s odbavovacím zařízením u řidiče, které bude sloužit jako palubní počítač, který se bude starat o komunikaci s centrálními prvky systému. Validátory budou vybaveny velkým displejem znázorňujícím stav, které mohou nastat po přiložení bankovní nebo čipové karty a budou dávat cestujícímu jasné instrukce, jak má dále postupovat. Validátor u předních dveří lze vybavit i tiskárnou jízdních dokladů, kde řidič



bude moci vytisknout jednotlivou jízdenku placenou v hotovosti. Validátory se budou nacházet u každých dveří a budou umístěny tak, aby neomezovaly rychlý nástup a výstup cestujících a aby je nijak neohrožovaly.

### 5.5.2 Vlaky

Drážní vozidla budou vybavena následujícími odbavovacími zařízeními:

- Prodejní automat;
- Validátory;
- Osobní terminál vlakového personálu.

V rámci jedné vlakové soupravy bude umístěn minimálně jeden prodejní automat, který bude umožňovat prodej jednotlivých jízdenek hrazených v hotovosti, platební kartou nebo elektronickou peněženkou. Kromě prodeje jednotlivých jízdenek bude umět i prodej dlouhodobých časových jízdenek. Z důvodu vyšší ceny těchto jízdenek musí být automat vybaven i klávesnicí pro zadání PINu u plateb bankovní kartou nad částku 500 Kč. Automat bude vybaven tiskárnou jízdních dokladů a velkým dotykovým displejem, pomocí kterého bude cestující prodejní automat ovládat. Prodejní automat bude umístěn blízko nástupního prostoru pro cestující tak, aby nezamezoval rychlému a pohodlnému nástupu a výstupu cestujících.

Validátory, podobně jako v autobusech, budou sloužit pro systém check-in/check-out a budou umět pracovat s bankovní a čipovou kartou. Validátory budou komunikovat s centrálními prvky systému skrze palubní systémy vlaku. Validátory budou vybaveny velkým displejem znázorňujícím stavy, které se mohou nastat po přiložení bankovní nebo čipové karty a budou dávat cestujícímu jasné instrukce, jak má dále postupovat. Validátory budou umístěny v nástupním prostoru u každých dveří v počtu dvou kusů na jedny dveře a budou umístěny tak, aby nezamezovaly rychlému nástupu a výstupu cestujících a aby je nijak neohrožovaly.

Osobní terminál vlakového personálu bude sloužit pro prodej jednotlivého jízdného a pro kontrolu dlouhodobých časových kupónů přiřazených k bankovní nebo čipové kartě. Rovněž bude sloužit pro kontrolu tapu při nástupu do vozidla. Terminál bude vybaven tiskárnou pro tisk jízdních dokladů, čtečkou čipových a bankovních karet a čtečkou 2D kódů.

### 5.5.3 Městská hromadná doprava

Vozidla MHD budou bez ohledu na to, zda se jedná o autobus, trolejbus či tramvaj, vybavena stejnou technikou. Vozidla budou vybavena pouze validátory. Tyto validátory budou sloužit pro systém check-in/check-out a budou umět pracovat s bankovní a čipovou kartou. Budou komunikovat s palubním počítačem vozidla, který se bude starat o komunikaci s centrálními prvky systému. Validátory budou vybaveny velkým displejem znázorňujícím stavy, které mohou nastat po přiložení bankovní nebo čipové karty a budou dávat cestujícímu jasné instrukce, jak má dále postupovat. Validátory budou umožňovat i prodej jednorázové jízdenky MHD dle tarifu a její následnou platbu bankovní kartou. Tato jízdenka bude následně spojena s bankovní kartou, která provedla platbu a při kontrole se cestující touto bankovní kartou identifikuje. Validátory se budou nacházet u každých dveří a budou umístěny tak, aby nezamezovaly rychlému nástupu a výstupu cestujících a aby je nijak neohrožovaly. U každých dveří budou umístěny dva kusy. Pokud budou v daném systému MHD stále k dispozici jednorázové papírové jízdenky, budou validátory doplněny o označovače jízdnicích dokladů.

## 6 NÁVRH ODBAVOVACÍHO SYSTÉMU – PRINCIP SYSTÉMU ODBAVOVÁNÍ

Statistiky uvádí, že zavedení systému odbavování na principu check-in/check-out se u cestujících těší velké oblibě a je viditelný neustálý nárůst v jeho používání, proto navrhuji zavést tuto technologii odbavování i do celé regionální dopravy s provázaností se systémy MHD. Navrhovaný princip systému odbavování bude sice postaven primárně na systému check-in/check-out, ale bude mít ještě 3 další možné principy odbavení, na kterých bude postaven:

- 1) Platba papírového jízdného v hotovosti;
- 2) Systém check-in/check-out pro bankovní a dopravní čipové karty;
- 3) Dlouhodobé časové kupóny;
- 4) Mobilní aplikace.

### 6.1 Platba papírového jízdného v hotovosti

U tohoto systému si bude možné zakoupit jednorázovou papírovou jízdenku, například u řidiče, průvodčího nebo v automatu. Jízdní doklad si bude možné zakoupit pouze na daný spoj a nebude přinášet žádné výhody, které daný IDS nabízí. Tento způsob nákupu bude i cenově znevýhodněný. Smyslem zachování tohoto způsobu prodeje bude pouze z důvodu umožnění platby v hotovosti a bude nastavený tak, aby nasměroval cestující k využití dalších tří způsobů odbavení.

V rámci MHD mohou být stále k dispozici jednorázové papírové jízdenky, které si cestující po nástupu do vozidla označí ve validátoru. Tyto jízdenky by se mohly prodávat v trafikách, informačních kancelářích nebo v automatech a byly by platné pouze ve vozidlech MHD.

### 6.2 Systém check-in/check-out pro bankovní a dopravní čipové karty

Tento systém bude fungovat u bankovních karet na stejném principu jako je popsáno v kapitole 2.4 této práce. U dopravních čipových karet bude fungovat taktéž na stejném principu, ovšem zde nebude garantem plateb banka, která vydala platební kartu, ale vydavatel dopravní čipové karty. V případě, že cestující neprovede při výstupu z vozidla operaci check-out, systém bude brát pro výpočet ceny jako výstupní zastávku poslední zastávku na daném spoji.

Aby se dopravní čipová karta mohla začít využívat pro systém check-in/check-out, bude zapotřebí, aby byla nabita elektronická peněženka a tím byla karta aktivována pro tento systém odbavení, čímž ji odbavovací zařízení začnou akceptovat. Zde, oproti klasickému systému elektronické peněženky, kde jsou všechny informace nahrány ve sktruktuře čipu karty, budou všechny informace drženy centrálně a odbavovací zařízení si v krátkých pravidelných intervalech budou stahovat všechny informace. Z tohoto důvodu může být, stejně jako u bankovní karty, umožněna jízda, i když majitel karty nebude mít na svém účtu dostatek peněz pro zaplacení cesty. Systém tuto situaci bude umět rychle identifikovat a kartu okamžitě zařadí na Denylist a na kartu se nebude již možné odbavit. U bankovních karet uhrazení těchto transakcí bude garantováno bankou, která je následně bude vymáhat po držiteli karty. U dopravních čipových karet bude systém stejný, akorát garantem bude vydavatel dopravní čipové karty.

Systém check-in/check-out se bude skládat ze dvou stupňů zastropování cen jízdného:

- 1) Po 24 hodinách;
- 2) Po 1 měsíci.

U zastropování po 24 hodinách bude docházet k součtu všech jízd pro danou kartu a následně se bude kontrolovat, zda není překročena cena celodenní jízdenky daného IDS. Pokud bude cena překročena, cestujícímu se nestrhne více, než bude cena této jízdenky. Toto zastropování bude dostupné úplně pro každého automaticky a nebude potřeba se kdekoliv registrovat.

U zastropování po 1 měsíci bude docházet k součtu všech denních zastropování a systém bude hlídat, zda nebude překročena cena měsíčního kupónu a cestujícímu nebude stržena větší částka, než bude cena tohoto kupónu. Zde systém bude muset také hlídat, kudy cestující bude cestovat a správně určit cenu měsíčního kupónu, protože ta se bude odvíjet od počtu vybraných zón. Cestující se bude muset registrovat, například skrze e-shop, přiřadit si nosič, který bude využívat a ověřit si osobní údaje. V rámci tohoto systému nebude docházet ke stržení peněz za každý den, ale pouze za měsíc. Navíc se zde bude hlídat i součet jednotlivých měsíčních jízd a pokud již cena přesáhne cenu roční jízdenky, systém již nadále nestrhne žádné peníze a cestující už do konce ročního období bude jezdit zadarmo.

### 6.3 Dlouhodobé časové kupóny

Dlouhodobé časové kupóny budou sloužit jako standartní jízdenky, které budou platné v prostoru a času, který si cestující zvolí a zaplatí. Kupón se bude platit okamžitě při nákupu, například skrze e-shop. Cestující si bude moci zvolit, jaký nosič použije jako osobní identifikátor. Bude moci využít bankovní kartu, dopravní čipovou kartu, mobilní aplikaci nebo jinou čipovou kartu. Cestující bude muset mít v systému ověřeny osobní údaje. Cena bude u tohoto principu nejvýhodnější. Bude to dáno tím, že budu tímto principem učit cestující, aby pravidelně využívali veřejnou dopravu a z důvodu nejmenších nákladů na tento systém.

Způsob odbavení se bude lišit podle výběru dopravního prostředku. U MHD cestující nebudou muset provádět check-in/check-out na validátorech, pouze se při kontrole budou prokazovat identifikátorem. V regionální autobusové dopravě a v železniční dopravě cestující při nástupu a výstupu budou provádět check-in/check-out na validátorech. Následně dopravně zúčtovací centrum bude kontrolovat, zda se cestující budou pohybovat pouze po území, které budou mít zakoupené a pokud z tohoto území vycestují, bude vygenerována platba, která bude cestujícím stržena automaticky z bankovního karty, kterou budou muset při nákupu uvést jako garanci právě pro tyto případy. Při kontrole pak revizor bude kontrolovat, zda došlo při nástupu do vozidla k provedení operace check-in.

### 6.4 Mobilní aplikace

Mobilní aplikaci bude možno využít při odbavení dvěma různými způsoby. Při zakoupení dlouhodobého časového kupónu ji bude možno využít jako identifikátor. Při nástupu do regionálního autobusu nebo vlaku cestující bude provádět operace check-in/check-out pomocí 2D kódu, který aplikace vygeneruje. Pokud cestující vycestuje z území, které bude mít zakoupené, bude vygenerována platba, která bude cestujícímu stržena automaticky z bankovního karty, kterou cestující bude uvádět při registraci. Při cestování v rámci vozidel MHD cestující nebude muset provádět check-in/check-out.

V rámci jednotlivého jízdného si cestující bude moci zakoupit jízdenku v aplikaci ještě před nástupem do vozidla. Cestující následně při nástupu do regionálního autobusu bude řidiči hlásit zastávku, kam bude cestovat a načte 2D kód. Odbavovací zařízení bude následně vyhodnocovat, zda je jízdenka pro cestu platná. Cestující nebude provádět operace check-in/check-out. Ani při cestě vlakem nebo MHD cestující nebude provádět check-in/check-out.

Zde kontrolu bude provádět případný revizor, který následně bude vyhodnocovat, že cestující cestuje na platný jízdní doklad.

## 7 POHLED NA ODBAVOVACÍ SYSTÉM DO BUDOUCNOSTI

V rámci budoucnosti odbavování cestujících ve veřejné dopravě se očekává, že se bude tento proces pro cestující co nejvíce zjednodušovat a zároveň co nejvíce zrychlovat.

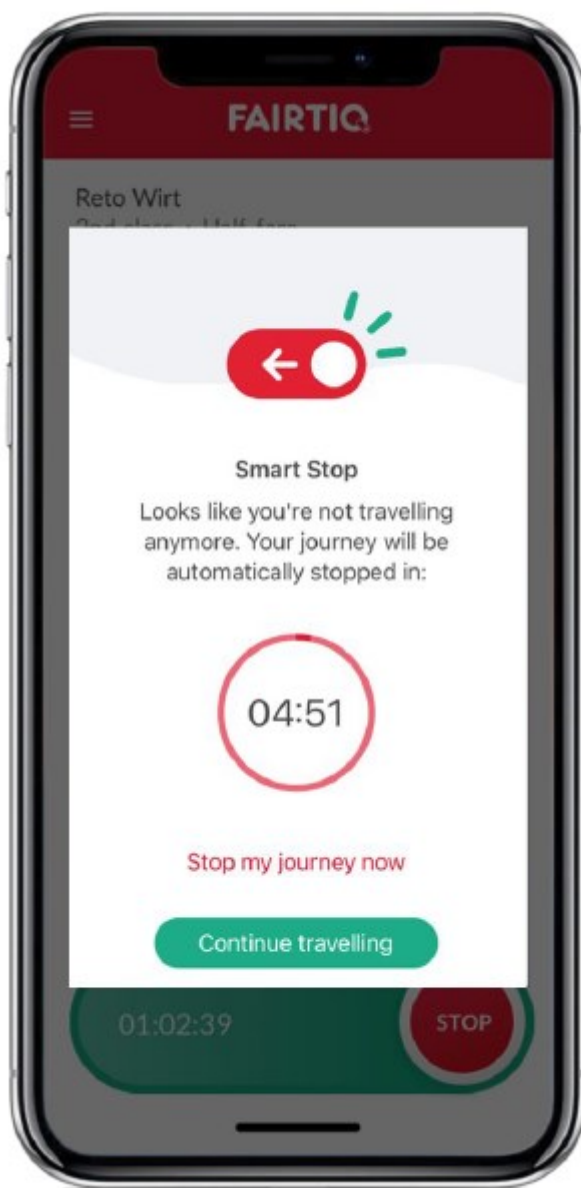
Ohledně zjednodušení je nejen u nás, ale i ve světě, je směr takový, aby cestující neřešili, jaký jízdní doklad si mají zakoupit, ale vše se dělo automaticky ve výpočetním tarifním jádru, které cestujícím spočítá nejvýhodnější jízdné a následně peníze strhne z jejich bankovního účtu. Objednatelé veřejné dopravy se díky tomuto způsobu odbavení, který sebou přináší snadnější používání celého odbavovacího systému, snaží nalákat více cestujících.

Ohledně rychlosti odbavení se předpokládá, že se vývoj bude ubírat dvěma směry:

- 1) Navyšování výkonu použitého HW a ladění SW v odbavovacích zařízeních, kde bude tendence zkracovat časy, které potřebují zařízení na čtení elektronických nosičů jízdních dokladů a jejich následné vyhodnocení.
- 2) Odstranění nutnosti vlastnit elektronický nosič jízdních dokladů. Tímto je myšleno, že k vytvoření elektronického záznamu o cestě cestujícího nebude potřeba přikládat nosič ke čtecímu zařízení. Jako náhrada může být využita například technologie rozpoznávání obličejů, kdy by byla u každých nástupních dveří umístěna kamera s technologií na rozpoznávání obličejů a každý uživatel by měl v rámci svého uživatelského účtu tyto údaje spárované s platební kartou. Tato technologie ovšem naráží prozatím na legislativní a technické překážky. Dále je ještě nutné vysledovat, zda by měli cestující k této technologii důvěru.

Objednatelé veřejné dopravy dále mají záměr vše elektronizovat. Zde se předpokládá, že dojde ke zrušení prodeje papírového jízdného. Jako náhrada pro cestující, kteří například nevlastní nebo nechtějí využívat bankovní kartu, existuje možnost si zakoupit ultralight čipovou kartu, kterou lze využívat např. jako elektronickou peněženku. Tímto směrem jde i Dopravní podnik Ostrava, který je průkopníkem elektronizace jízdného. V rámci elektronizace jízdného se dále předpokládá zrušení prodeje jízdních dokladů u řidičů regionálních autobusů. Zde se předpokládá, že cestující budou využívat samo odbavení. Tento krok by měl mít pozitivní dopad na jízdní řády z důvodu, že se celý proces nástupu cestujících zrychlí.

Budoucnost mají i mobilní aplikace, kde se předpokládá podobný trend. Cestující si nebude muset dopředu volit jaký duh jízdného potřebuje, ale v aplikaci pouze provede akci nástup a výstup z vozidla a aplikace díky poloze a jízdnímu řádu zjistí, odkud, čím a kam cestující cestuje a po skončení jízdy vypočítá nejvýhodnější jízdné. Průkopníkem této metody je aplikace Fairtiq viz obr. 29. Aplikace byla vyvinuta stejnojmennou společností ze Švýcarska a je využívána v celém Švýcarsku, ve 2 regionech ve Francii a v desítkách měst v Německu. Aplikace má i zajímavou funkci nazvanou Smart Stop, kdy aplikace pomocí GPS pozná, že už cestující necestuje dopravním prostředkem a ukončil jízdu.[54]



Obrázek 29 Náhled na aplikaci Fairtiq se zobrazení funkce Smart Stop [54]



## ZÁVĚR

V České republice existuje několik druhů IDS, které jsou specifické pro jednotlivé kraje. Organizátoři veřejné dopravy si řeší odbavovací systémy samostatně a rozhodují se pro konkrétní typy technologií dle vlastního uvážení. V důsledku toho prozatím neexistuje jednotnost a otevřenost systému, což je pro cestující komplikovanější, protože při cestování mezi kraji se setkávají s různými technologiemi odbavení, se kterými se musí seznamovat. Jako problém se jeví i fakt, že některé IDS jsou z hlediska technologií pro odbavení cestujících mnohem dále než jiné IDS, což mohou cestující, zejména v krajích se zastaralými technologiemi, vnímat negativně. V současnosti však nelze jednoznačně říci, který IDS se jeví jako nejlepší a mohl být vzorem pro ostatní.

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout ideální systém pro odbavení cestujících, který by zajistil otevřenost a jednotnost systému a zároveň vyhověl požadavkům cestujících a nevytvářel zbytečné bariéry. Při návrhu ideálního odbavovacího systému byl použit princip otevřenosti, kdy se neupřednostňuje určitá technologie odbavení na úkor ostatních z důvodu, že u některých skupin cestujících se na takové technologie vztahují určitá zákonná omezení. Rovněž byla využita analýza chování cestujících, z které bylo zjištěno, že současný trend spočívá ve využívání systému check-in/check-out, který funguje na principu, kdy cestující udělá elektronický záznam při nástupu i výstupu z vozidla a následně systém na základě vyhodnocení vytvořeného záznamu spočítá optimální jízdné. Tento způsob odbavení je proto základem pro navrhovaný odbavovací systém. Systém check-in/check-out může pro některé cestující přinášet určitý diskomfort z toho důvodu, že při nástupu a výstupu musí provést výše zmíněný záznam. Z analýzy také vyplynulo, že bankovní karty jako nosiče jízdních dokladů si důvěru mezi cestujícími moc nevybudovaly. Hlavním důvodem je strach cestujících ze zneužití peněz na bankovním účtu, ke kterému je bankovní karta vázána. I když cestující vnímají tento způsob odbavení negativně, je třeba podotknout, že tato technologie je vysoce zabezpečena a s údaji na bankovní kartě se nikde v systému nepracuje, protože se využívá tzv. token. Výhodou bankovní karty je to, že si cestující nemusí pořizovat další identifikátor. Dalším zjištěním, které vyplynulo z provedené analýzy, je stoupající trend v používání mobilních aplikací ve veřejné dopravě sloužících k nákupu jízdného. V rámci některých dopravních systémů, které jsou na území ČR, jsou využívány mobilní aplikace, avšak nejsou pokaždé stejné a téměř každý IDS má svoji vlastní aplikaci. Výhodou je, že rámci aplikace je možné zakoupit nejenom jízdné, ale i vyhledat spojení, zjistit polohu spoje, zobrazit jízdní řád, prohlédnout si mimořádnosti v dopravě a využít mobilní aplikaci

jako identifikátor jízdního dokladu. Mobilní aplikace, kromě již zmíněného nabízí také možnost platit parkovné se zvýhodněním při využití veřejné dopravy nebo turistické informace daného kraje, jako jsou např. typy na výlety nebo kulturní akce. Všechny mobilní aplikace pro validaci jízdenek využívají 2D kódy, které jsou zobrazovány na displeji a jsou zabezpečeny asymetrickým šifrováním. V rámci mobilních aplikací se začíná prosazovat i nový princip nákupu jízdného, kdy si cestující nemusí zakoupit jízdní doklad dopředu, ale provede v aplikaci operace k zahájení a ukončení cesty a aplikace následně spočítá nejvýhodnější cenu jízdného.

Závěrem by se dalo říci, že stanovený cíl bakalářské práce byl splněn a pokud budou organizátoři veřejné dopravy jednotlivých krajů chtít, mohou vytvořený návrh odbavovacího systému použít ve svých IDS, případně může posloužit jako dobrá inspirace.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JAREŠ, Martin. Integrovaná doprava v praxi: jedna jízdenka, jeden tarif, jeden jízdní řád, jedna síť. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05896-1
- [2] PID [online]. Praha: Pixelfield, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://pid.cz/>
- [3] IDOL [online]. Liberec: Beneš & Michl, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://new.iidol.cz/>
- [4] Doprava Ústeckého kraje. Www.kr-ustecky.cz [online]. Ústecký kraj: WEBHOUSE, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.kr-ustecky.cz/doprava-usteckeho-kraje/ms-275463/p1=275463>
- [5] IDOK [online]. Karlovy Vary: ANTEE, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.idok.info/>
- [6] IDPK [online]. Plzeň: Beneš & Michl, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.idpk.cz/cz/>
- [7] OREDO [online]. GOLEM GROUP, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.oredo.cz/>
- [8] IDSOK [online]. Olomouc: Palec.net, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.idsok.cz/>
- [9] MobilOK\_new. Google Play [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://play-lh.googleusercontent.com/ZSgRfCbZmHfkluxM5ewmvGBan37F\\_tNscDzmB6RwmudeeFy8AxkKuAIEmbPWTU42320=w5120-h2880-rw](https://play-lh.googleusercontent.com/ZSgRfCbZmHfkluxM5ewmvGBan37F_tNscDzmB6RwmudeeFy8AxkKuAIEmbPWTU42320=w5120-h2880-rw)
- [10] IDSJMK [online]. 2020 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.idsjmk.cz/index>
- [11] Pípní a jed'! [online]. Brno: BootstrapMade, 2020 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.pipniajed.cz/>
- [12] ODIS [online]. Ostrava, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://kodis.cz/>
- [13] DPO [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.dpo.cz/>
- [14] Ultralight čipová karta. Www.cnews.cz [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/wp-content/uploads/2019/01/ostrava-dpo-kreditni-jizdenka.jpg>

- [15] IDZK [online]. Zlín: dgstudio, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.idzk.cz/>
- [16] Příklad karet Zetka a ODISka [online]. Facebook, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1260957621159914&set=pb.100017370645696.-2207520000.&type=3>
- [17] VZORY JÍZDNÍCH DOKLADŮ A PRŮKAZŮPLATNÝCH V IDS JMK: JEDNORÁZOVÉ A PŘENOSNÉ PŘEDPLATNÍ JÍZDENKY. Verze 160812. Brno: Kordis jmk, 2016.
- [18] VZORY JÍZDNÍCH DOKLADŮ A PRŮKAZŮPLATNÝCH V IDS JMK: NEPŘENOSNÉ PŘEDPLATNÍ JÍZDENKY. Verze 120101. Brno: Kordis jmk, 2012.
- [19] BEZPEČNOST MIFARE KARET. Brno, 2012. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [20] Příklady dopravních čipových karet [online]. Facebook, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1261439711111705&set=pb.100017370645696.-2207520000>.
- [21] Kryptologie Moderní kryptologie: Symetrické blokové šifry [online]. Zlín, 2021 [cit. 2023-04-11]. Prezentace. FAI UTB. Vedoucí práce Doc. Ing. Roman Šenkeřík, Ph.D.
- [22] SAM (Security Access Module). Wwww.xt-card.cz [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.xt-card.cz/reseni/sam-security-access-module/>
- [23] Mikroelektronika [online]. Vysoké Mýto: Pixel Design, 2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.mikroelektronika.com/cs>
- [24] Zabezpečení čipových karet v systémech odbavování cestujících. Wwww.busportal.cz [online]. 2005, 10.10.2005 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.busportal.cz/clanek/zabezpeceni-cipovych-karet-v-systemech-odbavovani-cestujicich-1464>
- [25] HSM and SAM Cards. Wwww.cardlogix.com [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.cardlogix.com/product-category/smart-cards/sim-secure-access-module-sam-card/>

- [26] Př5 Funkční a technické požadavky. Zakazky.operatorict.cz [online]. Praha: OICT, 2017, 23.10.2017 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://zakazky.operatorict.cz/document\\_download\\_182.html](https://zakazky.operatorict.cz/document_download_182.html)
- [27] SDT [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [http://www.telematika.cz/conf\\_cz.php](http://www.telematika.cz/conf_cz.php)
- [28] DPMP [online]. Pardubice: Dopravní podnik města Pardubic, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.dpmp.cz/>
- [29] Odbavení checkin-checkout cestujících: Metodika pro odbavení cestujících technologií checkin/checkout. Verze: 1.2. Brno, 2016. Dostupné také z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Ostatni-metodiky/Odbaveni-checkin-checkout-cestujicich/Odbaveni-checkin-checkout-cestujicich.pdf.aspx>
- [30] DPMÚL [online]. Ústí nad Labem: Dopravní podnik města Ústí nad Labem, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://dpmul.cz/>
- [31] Global Payments [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.globalpayments.cz/cs-cz>
- [32] ČSOB [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.csob.cz/>
- [33] LICHNER, Dušan. Cestovné lístky, prosím--: pohľad na vývoj cestovných dokladov na železnici. Žilina: EDIS - vydavateľstvo Žilinskej univerzity, 2008. ISBN 978-80-8070-801-6.
- [34] ODISapka [online]. Ostrava: Koordinátor ODIS, 2020 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.odisapka.cz/>
- [35] SMĚTÁK, Martin. Využití QR kódů v běžné praxi. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2020, 73 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/48019>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav počítačových a komunikačních systémů. Vedoucí práce Chramcov, Bronislav.
- [36] WOODFORD, Chris. QR Code® and 2D barcodes. Www.explainthatstuff.com [online]. 2023, 18. 2. 2023 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/how-data-matrix-codes-work.html>

- [37] JANKO, David. Lekce 2 - Symetrická a asymetrická kryptografie. Itnetwork.cz [online]. 2022, 27.7.2022 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/bezpecnost/symetricka-a-asymetricka-kryptografie>
- [38] Whatare digitalsignatures, howitworks. [online]. Dostupné z: <https://www.docuSign.com/how-it-works/electronic-signature/digital-signature/digital-signature-faq>
- [39] ODP [online]. Olomouc: 4WORKS Solutions [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.odp.cz/>
- [40] Historické portfólio společnosti Mikroelektronika. Vysoké Mýto, 2018.
- [41] Přenosná osobní pokladna na bázi terminálu CASIO IT-9000 pro univerzální odbavení cestujících v osobní dopravě: Produktový list. Verze 16 (červen 2019). Olomouc, 2019.
- [42] APTIS (Accountancy and Passenger Ticket Issuing System). 2018. Dostupné také z: <https://web.archive.org/web/20180723032005/http://www.stannsulyn.dsl.pipex.com/machines/aptis.pdf>
- [43] APTIS. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2007, 7. 10. 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/APTIS>
- [44] Procesy MSK. Ostrava, 2022.
- [45] DRDLA, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. Vydání: 3. upravené. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopavní fakulta Jana Pernera, 2021. ISBN 978-80-7560-361-6
- [46] MOJŽÍŠ, Vlastislav, Milan GRAJA a Pavel VANČURA. Integrované dopavní systémy. Praha: Powerprint, 2008. ISBN 978-80-904011-0-5.
- [47] PERALLOS, Asier. Intelligent transport systems: technologies and applications. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons, 2016. ISBN 978-1-118-89478-1.
- [48] PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopavní systémy a dopavní telematika. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03122-5.
- [49] PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopavní systémy a dopavní telematika II. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.

[50] HORSKÝ, Jiří. Zkušenosti s elektronickým odbavováním cestujících a systémy pro řízením dopravy v IDS JMK. Brno, 2021.

[51] REGIONÁLNÍ ORGANIZÁTOR PRAŽSKÉ INTEGROVANÉ DOPRAVY. Statistika aktivních identifikátorů. Praha, 2023.

[52] KOORDINÁTOR ODIS S. R. O. Statistika ODIS. Ostrava, 2023.

[53] Telmax [online]. Vysoké Mýto: AnFas, 2015 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.telmax.eu/cs/default.aspx>

[54] Fairtiq [online]. 2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://fairtiq.com/en/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

IDS	Integrovaný dopravní systém
IT	Informační technologie
UID	User identifier
ID	Identifikace
SAM	Security Access Module
QR	Quick Response
AŽD	Automatizace železniční dopravy
JIPES	Jízdenkový prodejní elektronický systém
APTIS	Accountancy and Passenger Ticket Issuing System
ODP	Olomoucké dopravní podniky
POP	Přenosná osobní pokladna
ČD	České dráhy
MHD	Městská hromadná doprava
HW	Hardware
SW	Software



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Tarifní pásma PID [2] .....	12
Obrázek 2 OPUSCARD [3].....	13
Obrázek 3 Mobilní aplikace MobilOK_new [9].....	14
Obrázek 4 Schéma PÍPNI a JEĎ! [11].....	15
Obrázek 5 Ultralight čipová karta [14] .....	16
Obrázek 6 Příklad karet Zetka a ODISka [16].....	16
Obrázek 7 Vzor jednotlivého (vlevo) a papírového (vpravo) jízdního dokladu IDS JMK [17][18] .....	18
Obrázek 8 Rozměr karty dle standartu ISO/IEC 7810 [19].....	20
Obrázek 9 Umístění antény ve vyznačené zóně [19].....	20
Obrázek 10 Příklady dopravních čipových karet [20] .....	22
Obrázek 11 Příklad SAM modulu [25].....	24
Obrázek 12 Schéma systému check-in/check-out [27].....	26
Obrázek 13 Logo společnosti Global Payments (nahore) a ČSOB (dole) [31] [32] .....	27
Obrázek 14 Struktura QR kódu [36].....	30
Obrázek 15 Princip elektronického podpisu [38] .....	31
Obrázek 16 JIPES .....	32
Obrázek 17 APTIS [43] .....	33
Obrázek 18 Model USV24A [23] .....	34
Obrázek 19 Model USV24C [23] .....	34
Obrázek 20 Model OCC [23].....	35
Obrázek 21 POP s HW TELXON [39].....	36
Obrázek 22 Casio IT-3000 [39] .....	37
Obrázek 23 Casio IT-9000 [39] .....	38
Obrázek 24 Karetní validátor CVB s 2D skenerem [23] .....	39
Obrázek 25 Statistika PID [51] .....	41
Obrázek 26 Statistika ODIS [52] .....	42
Obrázek 27 Statistika IDS JMK [50] .....	43
Obrázek 28 Odbavovací zařízení Telmax [53] .....	48
Obrázek 29 Náhled na aplikaci Fairtiq se zobrazení funkce Smart Stop [54] .....	56