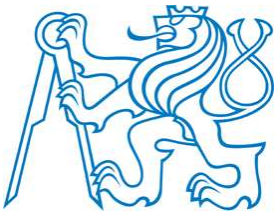


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Jiří Zeisek

Využití telematiky v MHD v Děčíně

Diplomová práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617 ..... Ústav logistiky a managementu dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jiří Zeisek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Využití telematiky v městské hromadné dopravě v Děčíně**

Název tématu (anglicky): Use of Telematics in City Public Transport in Děčín

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza současného stavu MHD v Děčíně, historie, linkové vedení
- Úvod do problematiky Smart City v České Republice, využití telematiky v dopravě
- Průzkum povědomosti občanů o Smart City
- Návrh vytvoření inteligentních zastávek - technologie, umístění a návrh prostředí a funkcí mobilní aplikace
- Ekonomické vyhodnocení zavedení telematiky v děčínské MHD

Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury:
Slavík, J. Smart City v praxi. Profipress, 2017

Eisler, J., Kunst, J., Orava, F. Ekonomika dopravního systému. Vyd. 1., Praha: Oeconomica, 2011

Duchoň, B. Inženýrská ekonomika. Vyd. 1., Praha: C. H. Beck, 2007

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.**
Ing. Ondřej Smíšek

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2017**
(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: **28. května 2019**
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

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Fakulta dopravní
L. S.

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy

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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jiří Zeisek
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 12. prosince 2018

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady a data ke zpracování této diplomové práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Zdeňku Říhovi, Ph.D. a Ing. Ondřeji Smíškovi za odborné vedení, konzultace a rady i inspirace, které mi poskytovali po celou dobu tvorby mé práce.

Prohlášení

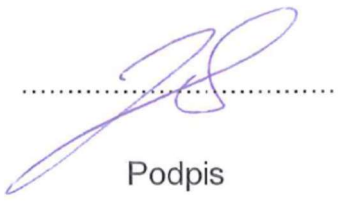
Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze

dne 28. května 2019



Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Využití telematiky v MHD v Děčíně

Diplomová práce

červen 2019

Bc. Jiří Zeisek

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na využití telematiky v MHD v Děčíně. Její konkrétní využití je v automatickém sčítání cestujících a v systému chytrých zastávek. Před návrhem nového řešení jsem provedl analýzu současného stavu. Následně jsem představil jednotlivé technologie. Po návrhu nového řešení jsem provedl ekonomické vyhodnocení.

ABSTRACT

This diploma theses focuses on the use of telematics in public transport in Děčín: its use in automated passenger count and smart bus stop infrastructure. I have analysed the current condition and introduced the individual types of technology. Following this, I have suggested a new solution for which I have done an economic evaluation.

KLÍČOVÁ SLOVA

Inovační cykly, průmysl 4.0, Smart City, Dopravní podnik města Děčína, automatické sčítání cestujících, chytrá zastávka, multikriteriální analýza.

KEYWORDS

Innovation cycles, Industry 4.0, Smart City, Dopravní podnik města Děčína, Automatic passenger counting, smart stop, multicriterial analysis.

Obsah

OBSAH **7**

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK **10**

1. ÚVOD **11**

2. DĚČÍN **12**

2.1. HISTORIE MĚSTA 12

2.2. DOPRAVA 13

2.2.1. Historie dopravy *13*

2.2.1.1. Přívozy na Labi 14

2.2.1.2. Železnice 14

2.2.1.3. Autobusy 16

2.2.1.4. Trolejbusy 17

3. INOVAČNÍ CYKLY V EKONOMICE **19**

3.1. KONDRATĚVŮV CYKLUS 19

3.2. KREATIVNÍ DESTRUKCE 20

4. SMART CITY **21**

4.1. TECHNICKO-ORGANIZAČNÍ PRVKY SMART CITY 22

4.1.1. Inteligentní mobilita *22*

4.1.2. Inteligentní energetika a služby *22*

4.1.3. Informační a komunikační technologie (ICT) *23*

4.2. PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE 23

4.2.1. Průmysl 4.0 ..... *24*

4.3. TVORBA SMART CITY 24

4.3.1. Tvorba Smart City z pohledu města *25*

4.4. SMART CITY V ČR 27

4.4.1. Zlín *27*

4.4.2. Pardubice *28*

4.4.3. Praha *28*

5. MOBILITA BUDOUCNOSTI **30**

5.1. INTEGROVANÝ DOPRAVNÍ SYSTÉM 30

5.1.1. Projekt MOS – multikanálový odbavovací systém *31*

5.1.2. Cíle a přínosy projektu *31*

5.1.2.1. Architektura MOS 32

5.1.3. INVIPO *32*

5.1.3.1. Online informování ... 32
5.2. Autonomní řízení ... 33
5.3. Parkování ... 34
5.4. Chytré zastávky MHD ... 34
5.4.1. Využití v praxi ... 35
5.4.2. Využití v Děčíně ... 36
6. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ... 37
6.1. Projekt Mobilita Děčín ... 37
6.2. Dopravní průzkum ... 38
6.2.1. Výsledky průzkumu ... 38
6.2.1.1. Vlastnictví dopravních prostředků ... 38
6.2.1.2. Vlastnictví časových jízdenek ... 39
6.2.1.3. Dostupnost MHD ... 41
6.3. Povědomost občanů Děčína o Smart City ... 42
6.3.1. Vyhodnocení průzkumu ... 43
6.4. Linkové vedení ... 44
6.5. Vozový park DPMD ... 46
6.6. Statistika přepravených osob ... 46
7. SLEDOVÁNÍ OBSAZENOSTI VOZIDLA ... 48
7.1. Kamerový systém ... 48
7.2. Infračervený systém ... 48
7.3. Ultrazvukové senzory a mikrovlnná čidla ... 49
7.4. Systém APC ... 49
7.4.1. Funkce systému: ... 49
7.4.2. Složení systému ... 50
7.4.2.1. Sledovací jednotka ... 50
7.4.2.2. Řídící jednotka ... 50
8. NÁVRH NOVÉHO SYTÉMU AUTOMATICKÉHO SČÍTANÍ CESTUJÍCÍCH A CHYTRÝCH ZASTÁVEK ... 51
8.1. Chytrá zastávka od BUSE s.r.o. ... 52
8.1.1. Informační panely ... 52
8.2. APC od ONE SYSTEM ... 53
8.2.1. Senzory ... 53
8.2.2. Záznamová jednotka ... 55
8.3. APC od ABIRAIL CZ s.r.o. ... 56
8.3.1. Senzory APC ... 57
8.3.2. Řídící jednotka ... 59
8.4. Návrh výsledného řešení ... 60

8.4.1. Umístění chytrých zastávek ... *60*
8.4.2. Výsledné varianty ... *61*
8.5. NAPOJENÍ SYSTÉMU APC DO DATOVÉ PLATFORMY ... 62
8.5.1. Napojení systému APC do CityDashboardu ... *63*
9. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ ... 63
9.1. POČET SENZORŮ A OSAZENÝCH VOZIDEL ... 64
9.2. NÁKLADY ... 64
9.2.1. Chytré zastávky ... *64*
9.2.2. APC od firmy ABIRAL CZ s.r.o. ... *66*
9.2.2.1. Počet čidel ... 66
9.2.2.2. Pořizovací náklady ... 67
9.2.2.3. Provozní náklady ... 69
9.2.3. APC od firmy ONE SYSTEM s.r.o. ... *69*
9.2.3.1. Počet čidel ... 70
9.2.3.2. Pořizovací náklady ... 70
9.2.3.3. Provozní náklady ... 71
9.3. NÁVRATNOST INVESTICE ... 72
9.3.1. Metoda ročních převedených nákladů ... *72*
10. VYHODNOCENÍ INVESTIC ... 74
10.1. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA ... 74
10.2. KRITÉRIA HODNOCENÍ ... 74
10.2.1. Pořizovací náklady ... *75*
10.2.2. Časová náročnost montáže ... *75*
10.2.3. Přesnost měření ... *76*
10.2.4. Vyhodnocovací software ... *76*
10.2.5. Nezávislost systému ... *76*
10.3. STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ ... 77
10.4. VÝPOČET NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY ... 79
10.4.1. Metoda WSA ... *80*
10.5. VÝSLEDEK MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZY ... 81
ZÁVĚR ... 82
ZDROJE: ... 85
SEZNAM OBRÁZKŮ: ... 90
SEZNAM TABULEK: ... 92
SEZNAM PŘÍLOH ... 94

Seznam použitých zkratek

- MHD
- ČR
- ČSR
- ČD
- SC – Smart City
- IDS – integrovaný dopravní systém
- DÚK – Doprava Ústeckého kraje
- LKA – Line Keeping Assistence
- ACC – Adaptive Cruise Control
- APA – Fully Automated Parking Assistance.
- APC – Automatic passenger counting
- PCU – centrální řídící jednotka
- DPMD – Dopravní podnik města Děčína
- DÚK – Doprava Ústeckého kraje
- AIR – activ infrared – aktivní infračervený senzor
- IR – infračervený senzor
- TOF – time off light

1. Úvod

„Smart City není žádné nové zaklínadlo. Je to jen kombinovaný pohled na město skrz optiku moderních technologií a flexibilního softwaru. To vše s patřičnou dávkou fantazie, empatie a selského rozumu. Je to postupná evoluce, ne revoluce.“ [11]

Lukáš Duffek,
duchovní otec platformy InVipo, Incinity

Koncept Smart City je v dnešní době velmi diskutované téma. Technologie Smart City zavádí různá světová města i česká města. Jinak tomu není ani v Děčíně, tedy ve městě, které jsem vybral pro zpracování mé diplomové práce.

Je řada různých způsobů, jak na Smart City nahlížet. Proto jsem vybral problematiku MHD s využitím telematických technologií. Dále je možno řešit Smart City z pohledu obyvatel, politiky, dopravy, ekologie, ekonomie atd.

Důvodem, proč jsem se zaměřil právě na MHD, je především to, že MHD by mělo být stěžejním prvkem mobility ve městě. Čím více lidí využívá služby MHD, tím je možné snižovat ekologický dopad dopravy ve městě. Na druhou stranu se město musí starat o to, aby veřejná doprava byla pro obyvatele dostupná, bezpečná a hlavně časově srovnatelná s vlastní dopravou.

Cílem této práce je nejprve zanalyzovat současný stav MHD v Děčíně. To obnáší uskutečnit průzkum mezi obyvateli města. Dalším krokem je zaměřit se na možné přepracování linkového vedení a rozmístění inteligentních zastávek. Důležitým krokem pro plánování linkového vedení je získávat a zpracovávat data z vozů MHD. Převážně jde o data o obsazenosti vozidla, zpoždění a o době jízdy. Posledním krokem bude ekonomické vyhodnocení celého řešení.

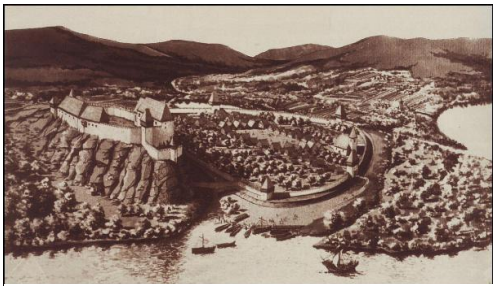
2. Děčín

Město Děčín je statutárním městem v okrese Děčín v Ústeckém kraji. Rozkládá se v údolí řeky Labe a Ploučnice. Nad soutokem těchto dvou řek se nachází ikona města, Děčínský zámek. Ve 13. století bylo město založeno Přemyslem Otakarem II. V současné době ve městě žije 49 tis. obyvatel, a to na rozloze 12 tis. km^2 a v nadmořské výšce 135 m. n. m. Město Děčín se dělí celkem na 35 částí.

Obrázek 1 – Děčínský zámek [1]

Jak bylo výše uvedeno, město bylo založeno ve 13. století Přemyslem Otakarem II. Dnešní Děčín se původně skládal ze dvou samostatných měst oddělených řekou Labe. Na pravém břehu Labe se rozkládalo město Děčín a na levém břehu Podmokly. Města se sloučila až v roce 1942 a vzniklo město s německým názvem Tetschen-Bodenbach (Děčín-Podmokly). Zkrácený název Děčín vznikl v roce 1947. [1] [2]

2.1. Historie města



Obrázek 2 - Historické město Děčín [1]

První zmínka o osídlení děčínské kotliny se datuje do roku 993. Jednalo se o provincii Děčín. Osídlování začalo v místě, kde se rozkládal labský brod, přes který procházela tehdejší obchodní cesta.

Ve 13. století bylo na zámecké skále založeno Přemyslovské hradiště. Bylo založeno jako správní centrum pro správu a ochranu labské vodní cesty. V první polovině 13. století byl postaven první kamenný hrad Přemyslem Otakarem II. Ve 14. století město pod hradem zasáhlo několik ničivých povodní. V důsledku toho se obyvatelé začali přesouvat na severní část podzámčí, která je ve vyšší nadmořské výšce.

V polovině 15. století město postihlo několik požárů, které byly důsledkem tažení husitů a válek Vartenberků s Lužickým Šestiměstím. V průběhu 16. a 17. století panství měnilo řadu majitelů až k rytířům z Bünau. Za jejich vlády došlo k velkému rozvoji města, a to díky rozšíření labského obchodu, řemeslné výroby a pořádávání výročních trhů. Rychlý rozvoj panství zastavila až 30-ti letá válka a stavovské povstání. V roce 1628 museli rytíři z Bünau panství prodat a prodali je Kryštofu Šimonovi z rodu Thunu. Thunové vlastnili město až do roku 1918.

30-ti letá válka, požáry a mor město změnily na bezvýznamné město. Po válce byl hrad přestaven na barokní sídlo.

V 18. století začal nový rozvoj města a byl zrušen statut pevnosti. Byla zde vystavená železnice, která roku 1851 spojila město s Drážďany. Díky rozvoji paroplavby se zde začal rozvíjet průmysl.

Obrázek 3 – Průmysl [1]

Po vzniku ČSR se pomalu obě města rozvíjela (Podmokly a Děčín) až do roku 1942, kdy se města spojila.

Obrázek 4 – Pastýřská stěna [1]

V šedesátých letech 20. století začala výstavba panelových domů na úkor tehdejšího historického centra. Po roce 1989 se vzhled města začal opět měnit. Začaly se opravovat domy a rozvíjelo se zázemí pro turisty. Město se celkově po odchodu sovětských vojsk výrazně měnilo a ruku v ruce s tím šlo i omezení lehkého a strojního průmyslu. Přesto se následky této doby se odstraňují dodnes. [1] [2]

2.2. Doprava

Doprava v Děčíně je v současné době obstarávána pouze autobusy (MHD a meziměstské) a vlaky (meziměstské). V historii byla však doprava na území města různorodější.

2.2.1. Historie dopravy

Veřejná doprava v tehdejším Děčíně a Podmoklech se začala výrazně vyvíjet v polovině 19. století, kdy byla, v roce 1851, otevřena trať mezi Děčínem a Drážďany. V tomto období se začal v Podmoklech rozvíjet průmysl, a proto se začala zvedat poptávka po přepravě osob, a to jak přes řeku, tak i v jednotlivých městech. [3]

2.2.1.1. Přívozy na Labi

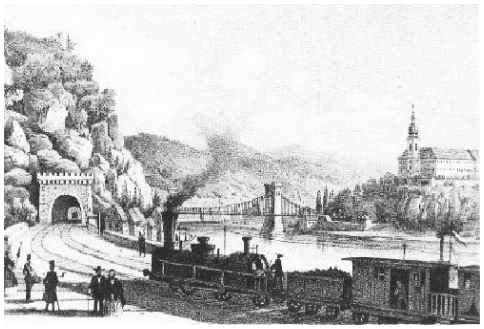
S rozvojem průmyslu v Podmoklech bylo nutné zajistit dopravu zaměstnanců do zaměstnání. Proto bylo nutné jednotlivá města propojovat přívozem, neboť je oddělovala řeka. Mezi Podmokly a Děčínem byly původně dva přívozy – horní (u dnešního Tyršova mostu) a dolní (u dnešního veslařského klubu). Z počátku přívozy umožnovaly přepravu vozů, byly to totiž tzv. prámové přívozy. Později je nahradily přívozy člunové pouze pro osoby.

Obrázek 5 – historický přívoz Děčín [3]

Osobní přeprava se začala rozvíjet, a to nejen na přepravu lidí mezi dvěma břehy. Sasko-česká plavební společnost začala provozovat lodní trasu pro osobní přepravu Litoměřice – Drážďany. Trasa sloužila, jak na přepravu obyvatel k rekreačním oblastem, tak i jako přeprava výrobků na trhy do sousedních měst a vesnic. Převážně osobní parníky dopravovaly obyvatele vesnic do měst a zpět.

Přívozy byly uchyceny na dně řeky řetězy nebo lany, ale tento systém komplikoval plavbu na řetězové trase. Později tyto přívozy nahrazovaly přívozy parní. [3]

2.2.1.2. Železnice



Obrázek 6 – železniční trať Podmokly [4]

Pro železniční dopravu v Podmoklech byl významným dnem 6. duben 1851, kdy přijel první parní vlak z Drážďan. Podmokelské nádraží se nacházelo v místě dnešního Hlavního nádraží. Avšak první mezistátní spoj mezi Podmokly a Saskem vyjel až 8. dubna 1851.

Železnice byla obrovskou konkurencí lodní dopravy, především té osobní. Zpočátku však jezdilo na železnici jen velmi málo spojů.

Drážní budova v Podmoklech byla vystavěna symetricky tak, aby splňovala rakouské i saské potřeby. Město Děčín nechtělo zůstat pozadu, protože železnice v Podmoklech přinesla velký rozvoj. Město Děčín s nádražím v Podmoklech bylo propojeno v roce 1855 silničním řetězovým mostem. Děčín a Podmokly se staly důležitým železničním uzlem a křižovatkou dalších tratí.

16. ledna 1869 byl zahájen provoz na České severní dráze, která vedla z Podmokel přes Děčín, Benešov nad Ploučnicí až do Varnsdorfu. Společnost České severní dráhy postavila první most přes Labe a Ploučnici dlouhý 34 m. Pro tuto dráhu se stalo hlavním sídlem dnešní nádraží Děčín – východ. Zde byla vybudována výtopna a technické zázemí. Roku 1872 byla propojena Česká Lípa s Benešovem nad Ploučnicí.

Obrázek 7 – železniční most přes Labe [4]

Od 2. října 1871 byla otevřena Duchcovsko – Podmokelská dráha, po které se do Děčína pod zámek, kde vzniklo nové překladiště, začalo přepravovat uhlí. V oblasti dnešního západního nádraží vznikla opravna a výtopna lokomotiv a vozů. Výstavbu železničního uzlu v Děčíně završila výstavba tratě po pravém břehu Labe, která vedla z Vídně přes, Znojmo, Mělník, Ústí nad Labem – Střekov do současné stanice Děčín – východ. Napojena byla na Pražsko – Drážďanskou dráhu 400 m dlouhým tunelem a mostem přes Labe dlouhým 100 m. Ten vyústil v Prostředním Žlebu.

Poslední vývojovou etapou děčínské železnice byla elektrifikace. První elektrická trať byla otevřena 4. února 1963 z Ústí nad Labem – Střekov do Děčín – Východ. Levý břeh Labe byl zelektrifikován o 22 let později. Jedinou významnou změnou od elektrifikace železnice bylo zrušení překladiště Děčín – město pod zámkem.

V 19. stoletím se stala železnice obrovskou konkurencí lodní dopravy. Vše vyústilo ve společnou spolupráci obou dopravních systémů v polovině 70. let 19. století. Bylo vybudováno nově překladiště, které napomohlo k rychlému rozvoji města.

Současné podmínky ve městě jak politické, tak i ekonomické spějí k budování integrovaného městského systému, který spojuje jak železniční, tak i lodní dopravu a MHD, ale i další autobusové dopravce. Vzorem pro IDS v Děčíně je Oberelbe-Tarif, který spojuju vlaky DB, MHD v Drážďanech, Pirně a Bad Schandau i autobusovou a osobní lodní dopravu. Snaží se o maximální nabídku pro cestující v německé části Euroregionu ELBE/LABE. [4]

2.2.1.3. Autobusy

Historie autobusové dopravy v Děčíně a Podmoklech se začala psát roku 1914, kdy zde vznikl první dopravní podnik v republice. Rozvoj začínal v době, kdy vznikaly nové průmyslové firmy a tím rostl počet obyvatel. Vznikala tak nová poptávka po přepravě osob. Jednalo se např. o přepravu dělníků, dětí do školy, zaměstnanců úřadů a lidí na nádraží. Bylo nutné propojit centrum města a průmyslové zóny i s okrajovými částmi města, které dříve propojeny nebyly.

Řešením této situace bylo zavedení městské hromadné dopravy, a to ve 2. polovině 19. století. Po celé republice začaly vznikat elektrické dráhy. Nejprve to bylo ve větších městech, později se tento trend rozšířil i do menších měst. Roku 1897 přišel s návrhem zavést tramvajovou trať Eduard Spalek. Navrhoval propojit východní nádraží, Podmokly, Jílové a Libouchec. Bohužel se jeho plán nikdy nerealizoval, protože byl velmi finančně a technicky náročný. Hlavním problémem byl řetězový most přes Labe, který technickými parametry provozu tramvají nevyhovoval.

Obrázek 8 – historický autobus v Děčíně [5]

Jediným možným řešením byl autobus, což bylo v té době netradiční řešení. První autobus byl uveden do provozu v Londýně roku 1899. Roku 1906 byl poprvé použit autobus v Čechách. Nebylo to však nic jednoduchého. Celý proces probíhal 6 let a postupoval takto:

- 6. 12.1900 – Henrich Hollerstein zažádal u pražského místodržitelství o udělení koncese pro přepravu osob a nákladu na trase Děčín, nádraží – Podmokly – Libouchec.
- 21. 12.1900 – Byla vydána koncese pro osobní a nákladní dopravu na výše zmíněné trase. K tomu mělo být využito 6 autobusů + 2 rezervní.
- 1902 – Předpokládané spuštění autobusové dopravy. Bohužel se tak nestalo.
- Jaro 1906 – Hollerstein přenechal koncesi Friedrichu Leinweberovi.
- 10. 4.1906 – Oznámení okresnímu hejtmanství záměru o zahájení autobusové dopravy na trasách Děčín, nádraží východ – Podmokly, nádraží a Děčín – nádraží východ – Oldřichov.
- 1. 6.1906 – Měl být dodán první autobus a ihned měl přijít do provozu na trati mezi Děčínem a Podmokly.
- 2. 6.1906 – Potvrzení oznámení o spouštění provozu.

Bohužel není možné potvrdit, jestli v tento den opravdu autobus vyjel. Podle některý dochovaných podkladů se předpokládá, že k tomu došlo až v druhé polovině srpna 1906.

I přes všechny tyto problémy byla linka mezi nádražími v Podmoklech a Děčíně první v republice. Další rozšíření linek přišlo až v roce 1924. [5]

2.2.1.4. Trolejbusy

Nápad na řešení tehdejší dopravní situace v Děčíně a Podmoklech trolejbusy a v příměstských oblastech autobusy, přišel po druhé světové válce. Dne 6. 6. 1946 vydalo ministerstvo dopravy povolení pro stavbu dvoucestné trolejbusová dráhy. Pro tyto účely byla založena společnost Trolejbusové dráhy města Děčína. První trasa měla vést z Podmokel přes Děčín na Stoliční vrch (dnešní zastávka Kamenická).

Varianta trolejbusové dopravy měla být pro město ekonomicky hospodárnější. Jednalo se hlavně o trasu Chrochvice – Podmokly – Děčín, které měly mít krátké intervaly spojů. Konkrétně to mělo být pouze 10–15 minut. Pro tyto potřeby byly vyhodnoceny autobusy jako nehospodárné, i z důvodu, že znečišťovaly ovzduší. I přes řadu potíží se vydal 6. 1.1950 na svoji trasu první trolejbus.

Obrázek 9 – trolejbus v Děčíně [6]

Následně byla vybudována síť trolejbusových linek v délce 25,16 km. Konkrétně se jednalo o 4 linky – Chrochvice – Kamenická, Bynov – Staré město, Chrochvice – Náměstí svobody, Gottwaldova – Náměstí svobody. Ve špičce síť obsluhovalo 18 trolejbusů a v sedle 12.

Vrcholem trolejbusové dopravy byl rok 1967, kdy bylo v provozu 26 vozidel. V tomto roce bylo přepraveno celkem 10 999 000 osob. Pro srovnání roku 1950 bylo převezeno pouze 3 487 000 cestujících. I přes velké úspěchy nebyly prostředky na další rozvoj trolejbusové dopravy. Také se stále oddalovala stavba nového mostu. Veškerá doprava byla provozována pouze přes jeden starý most přes Labe. Tím byl most na místě dnešního Tyršova mostu.

Obrázek 10 – autobus v Děčíně [6]

V letech 1969-70 se postupně začalo upouštět od trolejbusové sítě. Hlavní důvodem bylo časté poničení elektrického vedení jeřáby, které byly ve firmách v blízkosti tratě. Roku 1967 bylo přijaté ustanovení o postupné likvidaci trolejbusů až do předpokládané

kompletní likvidace roku 1980. Dne 14. 12. 1973 byly staženy poslední vozy. Po 23 letech provozu to byl konec trolejbusů v Děčíně.

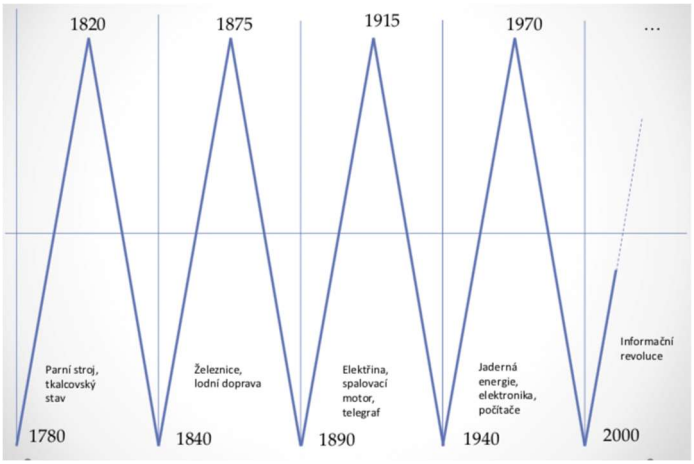
Od 15. 12. 1973 byl zajištěn provoz MHD pouze autobusy. V průběhu následujících měsíců probíhala demontáž trolejového vedeny. Všechny zbylé trolejbusy byly převezeny do Teplic. [6]

3. Inovační cykly v ekonomice

Inovační cykly, kterými se zabýval Alois Josef Schumpeter, jsou součástí sdílené ekonomiky. Inovace není pouze jednotlivá akce nebo událost, ale jde o proces řady akcí. Je to posloupnost činností, které vedou k nové inovaci. Tento proces můžeme sledovat např. ve vědě, technice, obchodu atd. Inovace se stane úspěšnou, pokud se jí povede uvést na trh (produktová inovace) nebo je reálně použitá v produkčním nebo řídícím procesu (procesní inovace) [38]

3.1. Kondratěvův cyklus

Kondratěvův cyklus v ekonomické praxi lze vysvětlit tvrzením, že ekonomický vývoj není plynulý. Trend jeho vývoje není vždy stálý. Nikolaj Dimitrijevič Kondratěv, na základě zkoumání těchto cyklů tvrdil, že každých 50 let dosáhne vrcholu jedna dlouhá technologická vlna.



Obrázek 11 - Kondratěvovy cykly [37]

V grafu jsou inovační cykly rozděleny do pěti období, které trvají cca 50–60 let. Ekonomika prochází jednotlivými částmi od vynálezu parního stroje až po současnost. Současný vývoj je velmi ovlivněn informačními technologiemi.

Kondratěvovy cykly jsou nazývány jako dlouhodobé, ale existují také kratší vlny např. Kuznětsovy (18 let), Juglarovy (9let) a Kitchinovy (4 roky) [37]

3.2. Kreativní destrukce

Jedná se o pojem definovaný Aloisem Schumpeterem, který označuje situaci, při které dochází vlivem průlomové inovace k zaniknutí starých oborů nebo firem.

Kreativní destrukce přináší nové technologie, na které nejsou tehdejší firmy připraveny. Pokud se jim nepodaří na nastalou situaci reagovat, vede to k jejich konci. Například se může jednat o videopůjčovny, které byly vytlačeny příchodem a rozmachem internetu. [39]

4. Smart City

Smart City znamená v překladu chytré město. Tímto pojmem se nazývá koncept využívající digitální, informační a komunikační technologie. Snaží se maximálně využívat moderní technologie hlavně takové, které napomáhají k ovlivnění kvality života v daném městě, a to takovým způsobem, aby docházelo ke sjednocení efektů mezi jednotlivými oblastmi (doprava, logistika, bezpečnost, energetika, správa budov atd.) Přínos spojení těchto technologií má přinést obyvatelům území, kde se tato technologie využívá, zvýšení kvality života. Hlavním cílem je efektivně využívat dostupné prostředky a případně hledat další nové prostředky, snižovat energetickou náročnost, negativní vlivy na životní prostředí, přinášet zefektivnění dopravy a sdílet a shromažďovat potřebná data. Po vytvoření jednotlivých Smart City se tyto města sdružují do Smart Regionu. [10] [17]

Čtyři úrovně Smart City:

- **Organizace a plánování** – získání a zpracování dat pomocí informačních technologií.
- **Komunitní život** – pomocí elektronického informačního systému může vedení města jednoduše komunikovat a případně od občanů získávat názory na aktuální situaci nebo plány do budoucna. Jinými slovy získávat od nich potřebná data.
- **Infrastruktura** – „inteligentní“ řízení pomocí informačních a komunikačních systémů. Jedná se především o energetiku, dopravu a správu budov.
- **Kvalita života** – zvyšování kvality života je cílem Smart City, město se tím stává pro obyvatele atraktivnějším. Tím, že je to velmi subjektivní veličina, je těžké si říct „a teď jsme na konci“.

Smyslem Smart City není pouze jen využívat množství různých dat nebo systémů, ale jde o hospodářský rozvoj města. Hlavním cílem je již výše zmíněná kvalita života. Dalším cílem je zlepšení kvality životného prostředí. Využívání moderních technologií není v tomto případě jen samoúčelné, ale především slouží k dosažení společných cílů.

Koncept Smart City je primárně směřován na velká města, kde jsou velké problémy s dopravou, parkováním atd. Jinými slovy na místa, kde je třeba naléhavě řešit problémy, které snižují kvalitu života. Stejný koncept však mohou využívat i menší města, která se poté spojí do tzv. Smart Regionu.

Hlavní iniciativou pro vznik a provoz chytrého města jsou především aktivity vedení města. Na druhou stranu, hlavní hnací silou jsou jednotlivé technologické organizace, které jsou do

problematiky zainteresované. Mohou to být průmyslové společnosti zabývající se elektrotechnikou, energetikou nebo informatikou. Zavádění tohoto konceptu může pro ně být velmi přínosné a představuje pro ně významnou tržní příležitost. Koncept tedy často vzniká při spolupráci města a průmyslem. [17]

4.1. Technicko-organizační prvky Smart City

Technicko-organizační prvky chytrého města můžeme rozdělit do tří hlavních skupin:

- Inteligentní mobilita
- Inteligentní energetika a služby
- Informační a komunikační technologie

4.1.1. Inteligentní mobilita

Do inteligentní mobility spadá vše, co se týká řízení a regulace dopravy ve městě. Spadá do toho jak doprava automobilová, tak i MHD, cyklisté atd.

K řízení a regulaci dopravy ve městě se využívá dopravní telematika, administrativní opatření nebo plánování rozvoje infrastruktury. Hlavní nástroj, který udává možnosti rozvoje infrastruktury je evropská metodika Plánů udržitelné mobility (SUMP).

Nedílnou součástí inteligentní mobility je podpora MHD, která by měla být uživatelsky co nejpříjemnější, ale taky by měla být konkurenceschopná vůči individuální dopravě, a to jak v době dojezdu, tak i v komfortu.

Důraz na ekologii se zajisté dotýká i tohoto odvětví. Důraz je kladen na ekologicky čistý pohon, což představují např. elektrobusy, tramvaje atd. Ekologicky čistý pohon by měl být odporován i v individuální dopravě a to tak, že po městě bude dostatek dobíjecích stanic, popřípadě podpora car sharingu elektrických vozidel. [17]

4.1.2. Inteligentní energetika a služby

Dopady života ve městě na životní prostředí jsou celosvětově velkým a hodně diskutovaným tématem. Proto se projekt Smart City snaží co nejvíce snížit dopad na životní prostředí. Města podporují zisk energie z obnovitelných zdrojů a snaží se tuto energii bezpečně zařadit do městské energetické sítě.

Využívá se inteligentního řízení spotřeby energie a také energetického hospodářství budov a podpory jejich energeticky úsporných řešení. To spočívá v tom, že je třeba zajistit, aby v budovách nedocházelo např. ke zbytečnému vytápění prostor tak, že se vše bude řídit automaticky. Také je důležité, aby byly budovy zateplené, a tudíž nebyly energeticky ztrátové.

Inteligentní řízení městských služeb pro efektivní využívání energie a přírodních zdrojů se využívá např. u pouličního osvětlení, efektivní využití odpadu, hospodaření s vodou. [17]

4.1.3. Informační a komunikační technologie (ICT)

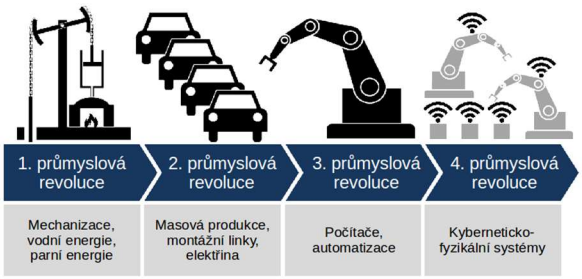
Informační a komunikační technologie jsou zaměřené jak na podporu infrastruktury, tak i na řízení města. ICT jde ruku v ruce s dopravní telematikou.

Technologie spadající do ICT:

- Inteligentní řízení veřejných služeb – osvětlení, parkování atd.
- Inteligentní řízení spotřeby energií – voda, elektřina atd.
- Bezpečnostní a monitorovací systém – ochrana občanů a majetku, detekce požáru a znečištění životního prostředí atd.
- Monitorovací a diagnostické systémy – detekce poruch v infrastruktuře
- Inteligentní platební systém – platba v MHD, za parkování atd.
- Ochranný monitorovací systém – pro vážně nemocné, postižené, důchodce atd.

4.2. Průmyslová revoluce

Průmyslová revoluce měla počátky v Anglii v období 18. století, kdy začaly vznikat první stroje, které měly lidem usnadnit výrobu.



Obr. 6 – Průmyslová revoluce [18]

Průmyslová revoluce má 4 stupně:

- Průmysl 1.0 – počátek mechanizace
- Průmysl 2.0 – vznik montážních linek
- Průmysl 3.0 – počátky automatizace
- Průmysl 4.0 – kyberneticko-fyzikální systémy

Pro koncept Smart City je nejdůležitější poslední stupeň průmyslové revoluce a to průmysl 4.0.

4.2.1. Průmysl 4.0

4. průmyslová revoluce přináší nový pohled na systémové změny, organizaci plošné sítě. Hlavní myšlenkou této části průmyslové revoluce je propojení všech strojů, tak aby spolu spolupracovaly a jednotlivé úkony na sebe navazovaly. Podstatou je digitalizace a rozšiřování vysokorychlostního internetu a nadále rozvoj chytrých technologií. [19] [20]

4.3. Tvorba Smart City

V této kapitole si představíme strategický koncept, jak nastartovat činnosti města vedoucí ke tvorbě funkčního Smart City. Tento koncept vychází z britských doporučení. Koncept obsahuje pět hlavních oblastí správy města. Konktrétně se jedná o:

- **Tvorba partnerství pro dodání kompletních řešení** – pro města je důležité zajistit bezchybné dohody a partnerství. Tím se zajistí, aby důležité městské podniky mohly navzájem spolupracovat a zefektivnit a provázat příležitosti pro tvorbu veřejných zájmů.
- **Tvorba základu pro široké využití městských dat** – je důležité zavést dohody mezi organizacemi, které zajišťují a shromažďují data. Dohody umožní využít data vygenerovaná městem s ohledem na každodenní život i z pohledu dlouhodobého plánování.
- **Použití digitálního modelování pro dodávky fyzického prostředí zaměřeného na občany** – je třeba zajistit, aby rozvoj měst probíhal s ohledem na potřeby občanů, obchodních parametrů a návštěvníků.
- **Zavést rozvojový prvek (digitální a komunikační infrastruktura)** – města potřebují zavést digitální a komunikační infrastrukturu, která bude podporovat nové služby a umožní tvorbu, sběr a přenos dat v reálnem čase.
- **Vývoj a testování nových obchodních modelů a procesů** – otevřený přístup k datům a bližší integrace mezi městskými systémy je třeba k zavádění nových transformačních modelů. Dále je zapotřebí změnit stávající procesy tak, aby z nich město i veřejnost mohly profitovat. [12]

4.3.1. Tvorba Smart City z pohledu města

Tvorbu Smart City lze sledovat z mnoha různých pohledů. Je nutné vytvořit různé plány, dohody, pracovní skupiny a spolupracovat s odborníky na danou problematiku.

Prvním krokem by mělo být **vytvoření strategického plánu**. Do přípravy plánu je třeba zahrnout dotčené organizace i širší veřejnost. Plán by měl být zaměřen na integrování služeb na pozadí infrastrukturních investic pro rozvoj digitálních technologií a dat. Cílem je umožnit transformaci města.

Identifikace zainteresovaných organizací, jež budou plnit konkrétní úlohy při vytváření prvotních infrastruktur v rámci nového rozvoje města nebo poskytování služeb občanům. Identifikace musí proběhnout ve chvíli, kdy budou dané nové oblasti rozvoje města.

Pro proces plánování a rozvoje města je nutné **sestavit pracovní skupinu**. Skupina by měla být složena z klíčových zaměstnanců všech zainteresovaných organizací. Úkolem skupiny je společné propojení organizací, příležitosti pro společný rozvoj a spolupráci, vhodné transformace veřejného prostoru (tzv. place – making) a také chytré technologie.

Jako další část pracovní skupiny jsou **externí odborníci**. Jsou to odborníci na danou problematiku, kteří především umí specifikovat funkce, které jednotlivé technologie budou plnit.

Hlavní úkolem pracovní skupiny je identifikovat **jednotlivé kroky spojené s novým rozvojem**. Tímto by se měly vymezit praktické přínosy jak pro zapojené městské organizace, tak i pro občany. Tyto kroky by měly být postupně použity až na úroveň celého města.

Dalším důležitým krokem je **vyhlásit politický závazek** k procesům otevřeného sdílení dat v rámci celého města.

Klíčové organizace, nejen v rámci pracovní skupiny, by měly **spolupracovat**, a to na vývoji praktických celoměstských obchodních modelů a v rámci zpřístupnění potřebných městských dat pro všechny zájemce. Při tom je třeba zajistit integritu a respektování zákona na ochranu osobních údajů.

Poskytování dat třetím stranám musí **odsouhlasená a jasně definovaná kritéria**. Měla by také obsahovat konkrétní podporu cílů Smart City.

Je třeba **využívat příležitosti** nabídek nových projektů, které nabízejí rozvojové a infrastrukturní možnosti pro testování použitelných procesů a obchodních modelů.

Data, která v rámci města shromáždím, musí **zmapovat** podmínky pro vytvoření obrazu datového prostředí: zdrojů, kvality dat, citlivosti dat a dostupnosti.

Data ze sociálních sítí lze využít jako vstup do plánování a rozvoje např. pro úpravu veřejných prostor. **Práce** s daty zahrnuje i citlivou analýzu.

Za účasti dotčených organizací je třeba organizovat **pracovní semináře** pro identifikaci všech oblastí pro jejich využití.

Pro plánování investic je dobré **zadat studii**, která zjistí, **jaké informační a komunikační technologie (ICT) infrastruktury město potřebuje.** Je zapotřebí zmapovat – které ICT systémy již město má. Tímto krokem se identifikují zdroje s největším potenciálem pro následné využití. Také se identifikují nedostatky a nespojitosti. Výsledkem by měl být základ pro konkrétní strategii.

Pro maximální využití vlastněného majetku partnerů města je potřeba **nastavit procesy správy a regulaci využití ICT infrastruktury**.

Aby obyvatelé a organizace mohli využívat získaná data, je zapotřebí **nastavit procesy k pořízení a uchování záznamů**. Jedná se o záznamy, kde se nezbytná infrastruktura nachází. Záznamy by měly být ve formátu GIS. Jednotlivé organizace záznamy přijmou, zpracují a dále předávají občanů.

Pro zavádění jednotlivých částí Smart City je třeba **zajistit nezbytné expertní personální obsazení**. Může se čerpat, jak z vlastních zaměstnanců, kteří jsou řádně vyškoleni, tak i z nových.

Smlouvy s jednotlivými dodavateli musí být nastaveny tak, aby umožnovaly případné následné přidání dodatečných funkcionalit za férové a transparentní ceny.

Je vhodné, aby v rámci místní samosprávy byl vybrán **aspoň jeden úředník**, který bude mít na starosti koordinování aktivit Smart City. Tím zaručí provázání různých agend a dosáhne se tak vše provázat do koherentního a integrovaného programu.

Vybraný úředník musí **zajistit pravidelnou komunikaci mezi klíčovými lidmi**. Jedná se o oblast plánování a rozvoje města. Všechny nově vzniklé příležitosti v rámci rozvoje a infrastruktury projektů se musí zahrnout do procesů plánování a rozvoje Smart City.

Je důležité, aby úředníci, kteří mají na starosti rozvoj a strategii města, **měli jasné pokyny, politickou podporu a efektivní mechanismy správy.** Tím se zjednodušuje a zrychluje příprava rozvojových programů Smart City.

Pro členy komise pro Smart City **pořádejte diskuze** nad tématy aplikace Smart City. [12]

4.4. Smart city v ČR

4.4.1. Zlín

Díky velkému nárůstu automobilové opravy ve městě, bylo třeba tuto situaci řešit. Jedno z řešení bylo osadit křižovatky inteligentními semafory. Semafory podle dat o intenzitě dopravy mohou lépe regulovat jednotlivé směry nebo umí udělat tzv. zelenou vlnu, kdy automobil jedoucí přímo po hlavní silnici konstantní rychlostí cca 50 km/h, má na všech semaforech zelenou. Těmito semafory je osazen 10 km dlouhý úsek. Je to cesta z centra města do Otrokovic, kde řidič protne celkem 27 křižovatek. Díky „zelené vlně“ se sníží průjezd úseku na 15 minut a řidič zastaví na křižovatce zhruba 2x.

Jistého pokroku se dostalo i MHD, kdy jsou autobusy a trolejbusy vybaveny čidly, která při příjezdu vozidla ke křižovatce s chytrým semaforem udělují přednostně možnost průjezdu na zelenou. Tímto se velmi snížila doba přejezdu mezi jednotlivými zastávkami. Součástím MHD je rovněž několik elektrobusů.

Ve Zlíně byla rovněž spuštěna integrační platforma Invipo, která sbírá data z připojených systémů a tím dokáže městu nabídnout jednotnou platformu pro monitorování a ovládání. Tím pádem je na jednom místě možné sledovat a spravovat křižovatky, digitální tabule dojezdové časy, objízdné trasy, zpoždění MHD a možnosti parkování. Výhledově by tato data měla být dostupná i pro obyvatele města skrze mobilní aplikaci a internetový portál. [15]

Nedílnou součástí inovací ve Zlíně je i snižování spotřeby elektrické energie. Energii šetří především ve veřejných budovách a to tak, že zavedli solární panely např. pro městské lázně. Další variantou je termoregulační topný systém pro základní školu. Investice do těchto technologií vyšly na 10 mil. Kč, ale roční úspora se pohybuje okolo 2,3 mil. Kč. [16]

4.4.2. Pardubice

Dne 4. dubna 2016 byla podepsaná spolupráce s pardubickou firmou Smart City Point. Tím se zavázali na spolupráci pro přípravu konceptu Smart City.

Hlavním důvodem spolupráce se technologický rozvoj města, který by usnadnil řešení problémů zdejší samosprávy. Jedná se např. o nedostatečnou plynulost dopravy, přemíru emisí, energetickou náročnost mnoha objektů a snížení negativních vlivů na životní prostředí.

Jedním z prvních kroků bude systém řízení parkování a bikesharing. Aby občané měli větší povědomí o chystaných změnách, bude otevřen Smart City Point Park, kde bude celá budoucí podoba města vizuálně znázorněná. [21]

4.4.3. Praha

Hlavní město Praha jde s dobou jako většina evropských měst. Drží se i trendu Smart City, na kterém usilovně pracuje. Snaží se chytré město modelovat podle dlouhodobých priorit města stanovených zejména strategickým plánem a sledováním světových technologických trendů v technologickém vývoji.

Bylo vybráno šest hlavních oblastí pro zavedení Smart technologií.

- **Mobilita budoucnosti** – plynulejší a pohodlnější doprava a parkování. Další variantou je využívání sdílených aut a tím se sníží počet aut ve městě.
- **Chytré budovy a energie** – získávání energie na provoz budov z nezávislých a ekologických zdrojů. Tím se sníží náklady na provoz a dopad na životní prostředí.
- **Bezodpadové město** – jde o kompletní zpracování a využití komunálního odpadu, ale i o odpadní a dešťovou vodu. Základem je optimalizace svozu odpadu na základě aktuálních dat v reálném čase např. z odpadkových košů.
- **Aktivní turistika** – zjednoduší turistům pohyb po městě a informuje je o zajímavých možnostech ve městě.
- **Lidé a městské prostředí** – zvýší bezpečnost v ulicích a pomohou dlouhodobě udržet vysokou kvalitu života. Data ze senzorů umožní zlepšovat životní prostředí.
- **Datová oblast** – bezpečná, transparentní a jednotná síť využije data o provozu města pro zvýšení komfortu a další rozvoj města.

Právě datová oblast je hlavním prvkem celého konceptu. Celoměstská datová platforma, která bude vybudována, umožní shromažďovat, vyhodnocovat a využívat městská data jako celek. Například u parkování řidič jednoduše a rychle zjistí kde je volné parkovací místo. [22]

5. Mobilita budoucnosti

Současná města se potýkají s neustálým nárůstem dopravy. Je to způsobeno větší dostupnosti automobilů, i skutečností, že obyvatelé měst chtějí vlastnit své auto. Mnohdy na rodinu připadá i několik aut. Bohužel města na tento trend reagují příliš pomalu, a to jak na množství parkovacích míst, tak i na kapacitu silnic.

Smart mobilita se snaží na tento trend reagovat. Je to pouze jen jedna z částí konceptu Smart City. Zajisté je velmi důležitá jak pro komfort obyvatel, tak i na dopad na životní prostředí. Konkrétně se chytrá mobilita zabývá tématy jako:

- snížení znečištění,
- zefektivnění dopravy – vyšší rychlost, zvýšení kapacity, snížení nákladů,
- zvýšení bezpečností,
- snížení hluku. [20] – str. 234

Aby mohlo město nějaký způsobem řešit problém s mobilitou, je zapotřebí nejprve analyzovat současný stav. K tomu je možné využít metodiku SUMP (Sustainable Urban Mobility Plans) jinými slovy vytvořit dopravní plán s maximálním využitím spolupráce mezi dopravou, energetikou a komunikačními systémy.

5.1. Integrovaný dopravní systém

IDS má za úkol nejen měřit intenzitu dopravy, ale hlavně by měl hustotu dopravy i regulovat. Tím by měla být doprava plynulejší a rychlejší. Data pro vyhodnocení aktuální situace budou sbírána z kamer, čidel a radarů. Dalším ze sledovaných faktorů je počasí, obsazenost parkovišť v okolí nebo nehody. Tato data nebudou sloužit jen k řízení dopravy, ale budou dostupná právě i pro vozy MHD, které tak budou moci reagovat na dopravní situaci před nimi. Data budou dostupná i pro složky IZS, které rovněž potřebují snížit čas dojezdu na minimum.

Druhotnou funkcí systému bude napojení na systém policie. Jakýkoli přestupek se tak nevyhne adekvátnímu potrestání. Další možností využití je, že obsluhu bezpečnostního pultu systém upozorní podle SPZ vozu na kradená auta, na platnost STK, měření emisí nebo uhrazené pojištění.

Systém regulace dopravy nemá za účel jen zvýšit bezpečnost nebo zrychlit dopravu, ale má za úkol snížit i ekologické následky provozu. Například tím, že ve městě na křižovatkách bude fungovat tzv. zelená vlna, tím se zvýší plynulost a sníží se produkování výfukových plynu a

sníží se i spotřeba paliva, protože automobily nebudou nuceny na každé křižovatce se rozjíždět. [13]

5.1.1. Projekt MOS – multikanálový odbavovací systém

Projekt MOS neboli multikanálový odbavovací systém řeší využití dopravy pro celý kraj. Konkrétně se tato platforma řeší pro kraj Středočeský a Prahu. Jiným slovy by se to dalo nazvat jako jednotné IDS.

5.1.2. Cíle a přínosy projektu

Cílem tohoto projektu je především důraz na cestující. Konkrétně je to zvýšení komfortu při přepravě, nové možnosti odbavení a správy jízdních dokladů, ale zároveň snaha zachovat stávající způsob, čímž je papírová jízdenka. Tento systém zajistí otevřený systém pro budoucí technologie.

Projekt MOS má řadu přínosů nejen pro cestující, ale i pro objednatele dopravy. Z pohledu cestujících přináší snazší nákup jízdenek, více možností, jak jízdenku pořídit. Je předpokladem pro zvýšení atraktivity a využívání dopravy, a především je to jednotný systém pro celý kraj. Pro objednavatele přináší hlavně otevřený systém, nižší náklady na distribuci jízdenek, nový a moderní odbavovací systém a nakonec jednodušší a kompletnější zisk dat. [14]

Obr. 4 – Změny z pohledu cestujících [14]

Když srovnáme současný stav s cílovým stavem, současný stav se skládá z několika různých systémů (PID, SID, atd.), při nákupu elektronické jízdenky je třeba navštívit kontaktní místo, SMS jízdenka je pouze na území Prahy, současný systém neumožňuje snadný další rozvoj. Oproti tomu cílový stav má stejné podmínky na území celého kraje, elektronické jízdenky se

dají pořídit jednoduše přes e-shop, pokročilá mobilní aplikace a jízdenky se dají platit kartou, mobilní aplikací atd. [14]

5.1.2.1. Architektura MOS

Obr. 5 – architektura MOS

5.1.3. INVIPO

Invipo je základním kamenem řídícího centra chytrého města. Jedná se o řídící systém, který se zabývá sběrem dat z jednotlivých technologií, které jsou k systému připojeny. Data se sjednotí na jedno místo, na plochu městského dispečinku.

Invipo se zaměřuje na usnadnění řízení města, zapojení servisních organizací, také na kvalitu života obyvatel. Zaměřuje se na informace pro řidiče o volných parkovacích místech a informuje obyvatele o kvalitě ovzduší. [29]

5.1.3.1. Online informování

Důležitou funkcí Smart city je co nejrychleji a nejpřesněji dostat informace o situaci ve městě k jejím obyvatelů. Toto je samozřejmě i klíčovou vlastností platformy Invipo. V reálném čase dovede shromažďovat data z množství různých databází a zdrojů. Tato data převádí do uživatelsky přívětivé formy a následně je zpřístupní online. Jednoduše si uživatel vybere odvětví, které ho zajímá (např. parkování, doprava, MHD). [28]

Obrázek 12 – Uživatelské prostředí Invipo [28]

5.2. Autonomní řízení

Autonomní vozidla jsou taková vozidla, které nepotřebují dohled při řízení. Jednotlivá auta by měla spolu navzájem komunikovat. Tím by se měla zlepšit plynulost dopravy, ale také její bezpečnost. Počítač totiž „dává pozor“ po celou dobu jízdy a neztrácí koncentraci tak jako řidič.

K rozlišení různých tříd autonomního řízení slouží mezinárodní stupnice, které přesně určuje, do jaké míry je vozidlo schopno samostatného pohybu. Definovala je organizace SAE International (Society of Automotive Engineers). [26]

Rozdělení tříd autonomního řízení:

- **Třída 0** – Vozidlo nepodléhající žádnému automatickému systému. Vždy je řízení pouze na řidiči. Maximálně může být vybaveno varovným subsystémem.
- **Třída 1** – Za každé situace musí být řidič schopen řídit automobil, který avšak může být vybavený systémy, které zvládnou složitější řídící funkce – udržování vozidla v jízdním pruhu (LKA - Line Keeping Assistence), adaptivní tempomat (ACC - Adaptive Cruise Control), plnoautomatické parkování (APA - Fully Automated Parking Assistance.
- **Třída 2** – Při selhání automatického systému řidič musí být schopný zasáhnout do řízení. Systém je schopen auto přidávat plyn i brzdit, avšak při zásahu řidiče se deaktivuje.
- **Třída 3** – Automobil se pohybuje zcela bez zásahu řidiče v určitém prostředí (freeway). Řidič musí být schopen převzít v případě nouze řízení.

- **Třída 4** – Systém je schopen zcela ovládat vozidlo až na výjimky nebezpečného prostředí (špatné počasí). V okamžiku, kdy je prostředí zcela bezpečné, smí řidič využít automatický systém. V tuto chvíli se nemusí věnovat řízení.
- **Třída 5** – Prostor pro řidiče v automobilu již není. Člověk pouze zadá cíl cesty a aktivuje systém. Auto se o celou cestu samo postará. [27]

5.3. Parkování

Systém na sledování volných parkovacích míst se dá považovat za modulární systém (systém lze kdykoli rozšířit). Díky tomu může město systém instalovat na nejproblematičtějších místech a později jej rozšiřovat dále. Tím se dají rozložit investice do několika let.

Základem systému je anonymní detekce obsazenosti parkovacích míst. Tato data se v reálném čase přesouvají do databáze, ze které je čerpá webová aplikace a díky tomu se informace dostane k uživatelů aplikace. Na základě těchto dat se zjišťují jak data ohledně obsazenosti, tak třeba i procentuální obsazení parkoviště. Systém na základě sebraných dat vyhodnotí stávající parkovací systém a případně nabídne lepší řešení.

Systém zvládne navádět řidiče k jednotlivým volným místům a tím efektivně využít celou plochu parkovišť. Jednou možností je speciální naváděcí webová aplikace (případně mobilní aplikace) a druhou možností je navigace pomocí směrových LED tabulí. Data ohledně obsazenosti může město poskytovat i třetím stranám, což jsou vývojáři navigací.

Pro úplný komfort řidičů jsou i inteligentní platby pomocí telefonu, platebními kartami, městskými kartami. Tak řidič zaplatí vždy jen za reálný čas parkování. [30]

5.4. Chytré zastávky MHD

Chytré zastávky jsou současným trendem v rozšiřování Smart City v MHD. Jsou jednoduchým prostředkem jak cestující, kteří se chystají využít nějaký prostředek MHD v reálném čase, zjistí dobu příjezdu konkrétních spojů a případně i několik dalších.

Data pro chytré zastávky se sbírají dvěma způsoby. Jedním je sledování aktuální polohy vozu pomocí GPS, tato varianta je nejpřesnější. Druhou variantou jsou čidla na jednotlivých zastávkách, která sledují čas odjezdu a příjezdu z jednotlivých zastávek. Doba jízdy mezi zastávkami se poté dopočítává. Druhý způsob sledování může být nepřesný hlavně v případě dopravních komplikacích.

5.4.1. Využití v praxi

Nejnovějším trendem v této oblasti je zastávka, kterou vybudovala společnost ČEZ ESCO. Tato zastávka je již v provozu v Brně na Moravském náměstí.

Zato zastávka je unikátní nejen v napojením na systém MHD, kdy cestující mají přehled o přijíždějících spojích, ale především je cílená na pohodlí a informovanost cestující. Cestující si zde mohou nabít mobilní telefon díky zabudovaným zásuvkám (v nejnovějších typech jsou vybaveny i bezdrátovým nabíjením mobilních telefonů). Hlavním Smart prvkem jsou dva velké dotykové monitory, které slouží cestujícím k hledání spojů v jízdních řádech, zjistit informace o aktuálních změnách v MHD nebo přečíst informace o kulturním dění ve městě. Zastávka je rovněž vybavena meteostanicí a tím např. poskytují lidem informace o množství poletavého prachu v ovzduší. Zároveň zobrazuje aktuální teplotu, vlhkost a UV index.

Je zde dbáno i na bezpečnost a ochranu proti vandalům. Zastávky jsou proto vybaveny dvěma kamerami a SOS tlačítkem, které po zmáčknutí přivolá pomoc. [31]

Obrázek 14 – Chytrá zastávka Moravské náměstí [31]

Obrázek 13 – Chytrá zastávka – pohled na monitor [31]

5.4.2. Využití v Děčíně

Prvek chytrých zastávek se využívá i v MHD v Děčíně. Již v květnu 2017 byla na zastávce Tyršova naistalován první inteligentní panel. Na tomto panelu jsou vidět spoje, které přijedou do stanice a doba, za kterou dorazí. V současné době jsou již čtyři takové stanice v provozu. [32]

Obrázek 15 - Inteligentní panel zastávka Tyršova [32]

6. Analýza současného stavu

6.1. Projekt Mobilita Děčín

Projekt Mobilita Děčín se zaměřuje na analýzu současného stavu mobility v Děčíně. Řeší problematiku parkování, provozu a řízení křižovatek a problematiku cyklistů. Dne 27. 4. 2017 by schválena tvorba strategického dokumentu Mobilita Děčín zastupitelstvem města Děčín.

Plán udržitelné mobility města (SUMP) je strategickým dokumentem, jenž má za úkol vytvoření podmínek pro uspokojení potřeb mobility lidí, firem a jejich okolí a také přispět k zlepšování kvality života ve městě. Tento plán představuje příležitosti pro dlouhodobé vize dopravy města za účasti zúčastněných organizací. Plán by měl pomoci občanům a organizacím najít možnosti udržitelné městské dopravy. Je v tom obsažena jak doprava veřejná, tak i soukromá, nákladní, pěší i parkování.

Projekt Mobilita má za úkol především zanalyzovat současný stav mobility v Děčíně a následně navrhnout nejlepší možné řešení s využitím dopravních systémů. Dokument se bude tvořit v souladu se Strategickým plánem rozvoje města Děčín až do roku 2050. Budou v něm zahrnuté materiály jednotlivých částí systému. Výsledkem bude řešení co nejefektivnější a ekonomicky nenáročné pokrytí území města dopravní obsluhou. Následně vznikne akční plán, který bude obsahovat návrh optimálních úprav systému dopravní obsluhy města.

Součástí dokumentu je návrh nového řešení tras jednotlivých systémů, křížících míst a vzájemnou kombinaci jednotlivých druhů dopravy. Pro zvýšení plynulosti a funkčnosti jednotlivých druhů dopravy budou navrženy možnosti pro organizační a preferenční opatření s minimálními negativními dopady na území. Bude kladen důraz na kvalitní zpracování a efektivitu zdůvodnění návrhu etapizace rozvoje. [23]

6.2. Dopravní průzkum

Dopravní průzkum probíhal mezi obyvateli Děčína ve dnech 13. 9. – 21. 11.2018. Sběr dat pomocí on-line aplikace. Mohli se jej zúčastnit domácnosti a obyvatelé s bydlištěm v Děčíně a osoby starší 6 let. Průzkum se zaměřoval na údaje o vlastnictví dopravních prostředků a časových jízdenek a dále uskutečněné cesty v pracovní a nepracovní den. Celkový vzorek průzkumu byl 1000 domácností. Počet jednotlivě dotázaných obyvatel byl 2656.

Domácnosti		N=1000
Typ domácnosti	Pouze jeden dospělý	28 %
	Více dospělých, bez dětí	26 %
	S dětmi do 18 let	46 %
Počet osob (6 let a více)	1 člen	30 %
	2 členové	31 %
	3 členové	15 %
	4 členové	19 %
	5 členů	4 %
	6 či více členů	1 %
Počet dětí 6-18 let	Bez dětí	61 %
	1 dítě	21 %
	2 děti	16 %
	3 či více dětí	2 %
Čistý příjem	Do 15.000 Kč	12 %
	15.001–30.000 Kč	31 %
	30.001–50.000 Kč	31 %
	50.001 Kč a více	13 %
	Neudáno	13 %
Nejvyšší vzdělání	Základní, vyučen/a	20 %
	Středoškolské, VOŠ	51 %
	Vysokoškolské	29 %
Počet ekonomicky aktivních	Nikdo	18 %
	Jeden člověk	40 %
	Dva lidé	36 %
	Tři lidé či více	7 %

Osoby		N=2656
Pohlaví	Muži	48 %
	Ženy	52 %
Věk	6-17 let	13 %
	18-29 let	15 %
	30-39 let	17 %
	40-49 let	17 %
	50-59 let	14 %
	60 let a více	24 %
Vzdělání	Základní	19 %
	Vyučen/a	32 %
	Středoškolské, VOŠ	35 %
	Vysokoškolské	14 %
Ekonomické postavení	Zaměstnanec	46 %
	Důchodce	22 %
	Žák, student, učeň	19 %
	OSVČ	5 %
	Podnikatel	2 %
	Nezaměstnaný	2 %
	Ostatní	4 %
Tělesná mobilita	Omezená	7 %
	Bez omezení	93 %

Městská část	Domácností N=1000	Osob N=2656
Centrum	172 (17 %)	411 (15 %)
Podmokly	136 (14 %)	349 (13 %)
Bynov	108 (11 %)	298 (11 %)
Letná	75 (8 %)	197 (7 %)
Staré Město	73 (7 %)	167 (6 %)
Nové Město	71 (7 %)	188 (7 %)
Boletice nad Labem	54 (5 %)	142 (5 %)
Chrochvice	50 (5 %)	115 (4 %)
Březiny	42 (4 %)	107 (4 %)
Bělá	27 (3 %)	70 (3 %)
Krásný Studenec	22 (2 %)	68 (3 %)
Nebočady	17 (2 %)	62 (2 %)
Horní Oldřichov	16 (2 %)	41 (2 %)
Folknáře	16 (2 %)	47 (2 %)
Václavov	14 (1 %)	39 (1 %)
Višnice	13 (1 %)	38 (1 %)
Jalůvčí	13 (1 %)	35 (1 %)
Dolní Žleb	11 (1 %)	44 (2 %)
Křešice	10 (1 %)	27 (1 %)
Popovice	7 (1 %)	17 (1 %)
Bechlejovice	6 (1 %)	13 (0 %)
Velká Veleň	6 (1 %)	21 (1 %)
Prostřední Žleb	5 (1 %)	15 (1 %)
Nová Ves	5 (1 %)	14 (1 %)
Chmelnice	5 (1 %)	15 (1 %)
Rozběsy	4 (0 %)	8 (0 %)
Loubí	4 (0 %)	15 (1 %)
Chlum	4 (0 %)	17 (1 %)
Lesná	4 (0 %)	10 (0 %)
Dolní Oldřichov	3 (0 %)	17 (1 %)
Přípeř	3 (0 %)	11 (0 %)
Horní Žleb	2 (0 %)	17 (1 %)
Čechy	2 (0 %)	11 (0 %)
Maxičky	1 (0 %)	10 (0 %)
Hoštice nad Labem	0 (0 %)	0 (0 %)

Obrázek 16 - Složení vzorku průzkumu [41]

6.2.1. Výsledky průzkumu

6.2.1.1. Vlastnictví dopravních prostředků

Jednou z částí průzkumu bylo zjistit, kolik z respondentů vlastní nějaký dopravní prostředek. Především se jednalo o auta, motorky a kola. Rovněž je ve srovnání i časová jízdenka na MHD.

Auto má k dispozici (soukromé či služební) 75 % domácností.

- více než 1 automobil má 28% domácností
- může ho nezávisle používat 64 % dospělých obyvatel
- využívají ho častěji muži, lidé středního věku, s vyšším vzděláním a příjmem, podnikatelé a OSVČ

Kolo má k dispozici 75 % domácností.

- může ho nezávisle používat 63 % obyvatel města
- využívají ho více lidé z domácností s vyšším příjmem, využití klesá po 50. roce věku
- není protipólem využití auta nebo motocyklu, ale doplňkem

Motorku má k dispozici 7 % domácností.

- může ji nezávisle používat 8 % dospělých obyvatel
- je využívána častěji občany z okrajových lokalit města
- využívají ji převážně muži, nejvíce podnikatelé, lidé vyššího středního věku, s vyšším příjmem
- neslouží jako náhrada osobního auta, ale jeho doplněk

Časovou jízdenku má alespoň jeden člověk ve 43 % domácností.

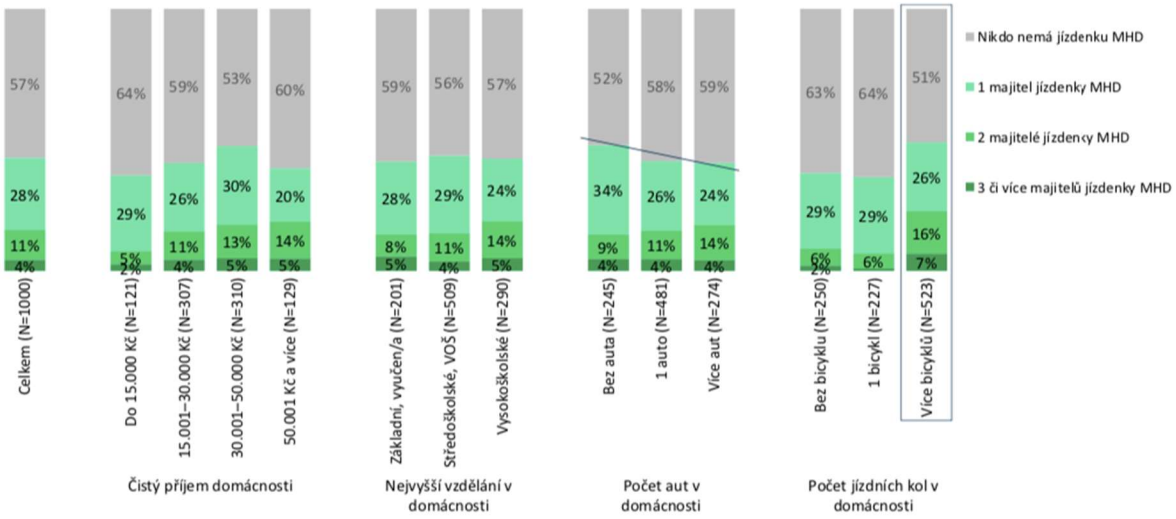
- časovou jízdenku má 26 % obyvatel města
- je více využívána ženami, lidmi s nižším vzděláním a příjmem
- typickým uživatelem je žák / učeň / student, je málo využívána podnikateli a OSVČ
- slouží jako náhrada individuální dopravy motorovým vozidlem

Obrázek 17 - Dopravní prostředky [41]

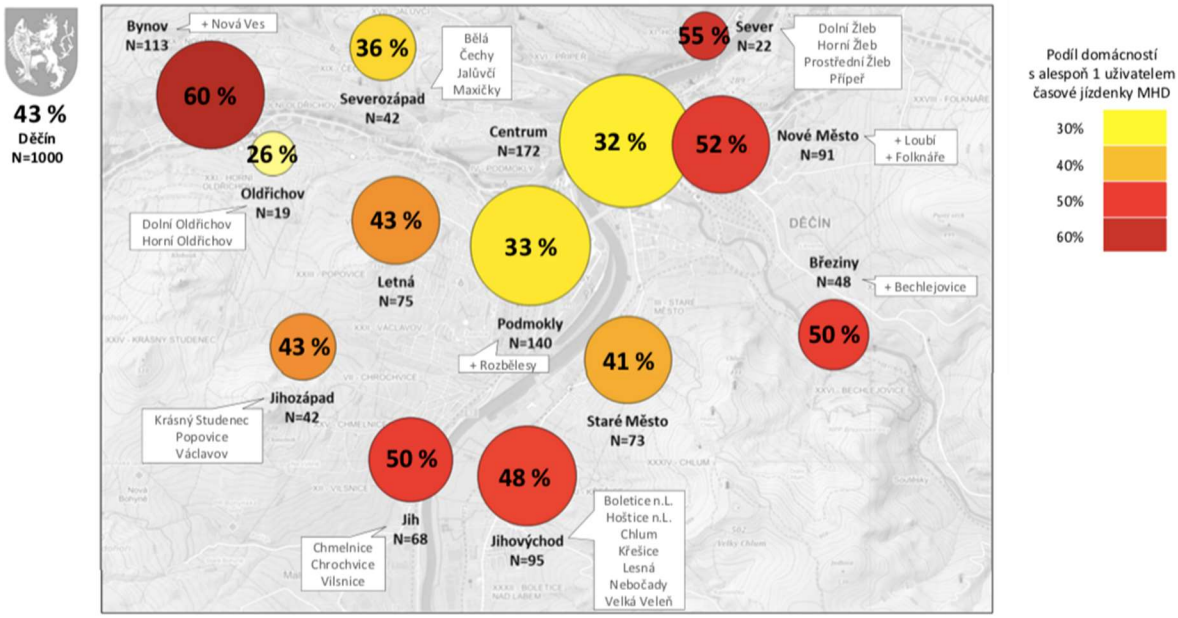
6.2.1.2. Vlastnictví časových jízdenek

Část průzkumu byla zaměřená rovněž na obyvatele vlastnící časovou jízdenku. Toto je část důležitá pro tuto práci. Pouze 40 % dotázaných domácností vlastní časovou jízdenku. V pohledu na jednotlivé dotázané je to 43 % z více jak 2600 lidí.

Dle průzkumu nelze určit nějaké pravidlo, dle kterého si určitá skupina lidí pořizuje časovou jízdenku. Jediná vazba je na vlastnictví auta. Pokud domácnost auto nevlastní, tak 48% domácnostní vlastní časovou jízdenku. Pokud je v domácnostní jedno a více aut, tak časovou jízdenku vlastní 41 % domácností.



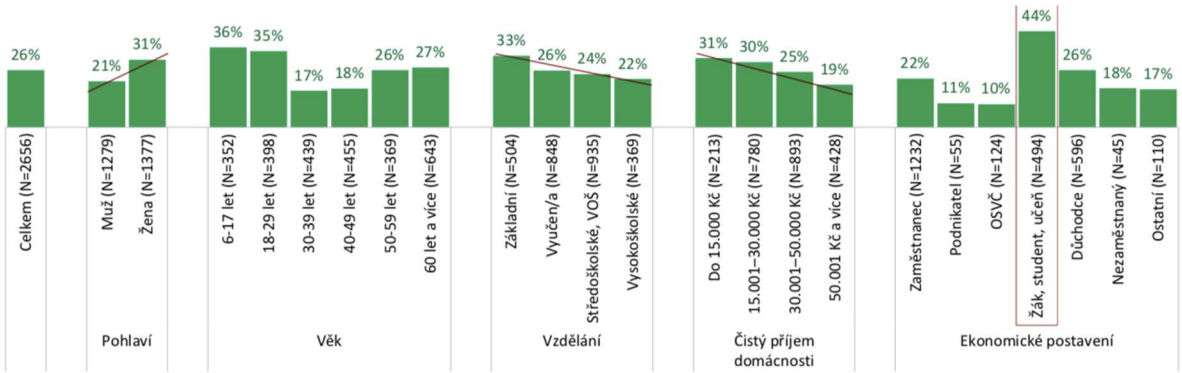
Obrázek 18 - Vlastnictví časových jízdenek (domácnosti) [41]



Obrázek 19 - Vlastnictví časových jízdenek (mapa) [41]

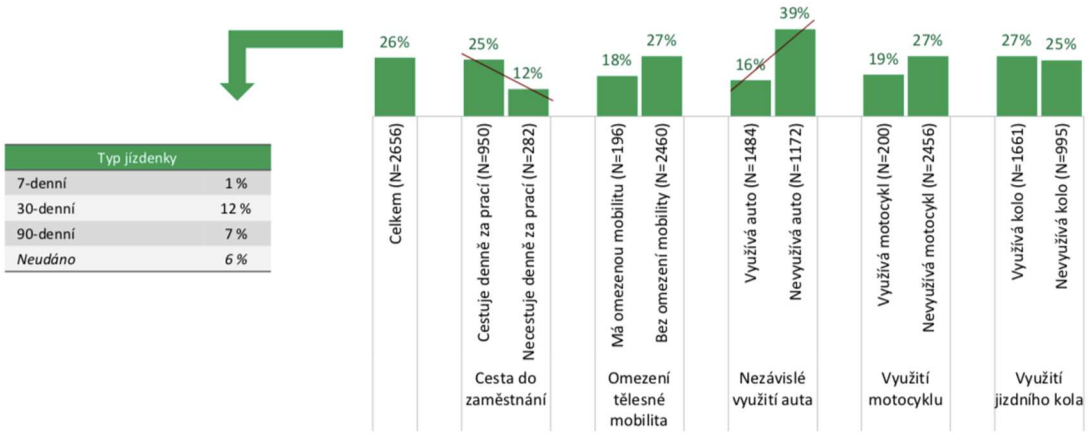
Co se týká jednotlivých obyvatel, bez ohledu na domácnosti, zde již můžeme pozorovat řadu závislostí např. dojíždění do práce a do školy, pohlaví nebo věk.

Jak je z grafu patrné, více využívají časové jízdenky ženy. Co se týká věku, jízdenku využívají žáci školou povinní a mladí lidé do 29 let. Tyto dvě skupiny může spojovat jak škola, tak i to, že nevlastní řidičský průkaz a dále časté přesuny v rámci města. Rovněž můžeme vypozorovat skutečnost, že čím vyšší je příjem jedince, tím nižší pravděpodobnost je, že využívá časovou jízdenku.



Obrázek 20 - Vlastnictví časové jízdenky (jednotlivci) [41]

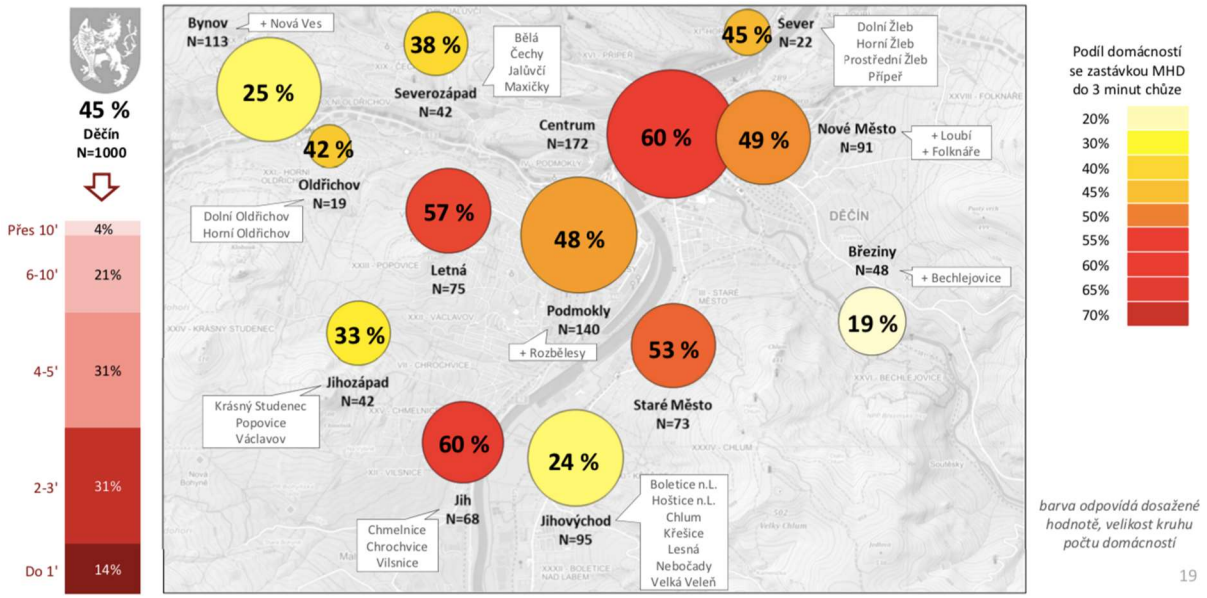
Vlastnictví časových jízdenek, jak už bylo uvedeno výše, je ovlivněno především vlastnictvím automobilu. U následujícího grafu je to velmi patrné. Pouhých 16 % lidí využívajících auto vlastní časovou jízdenku. A ještě jeden prvek je zde patrný. 25 % dotázaných, kteří denně dojíždí od zaměstnání, vlastní časovou jízdenku.



Obrázek 21 - Vlastnictví časových jízdenek 2. část (jednotlivci) [41]

6.2.1.3. Dostupnost MHD

Dostupnost zastávek MHD se v jednotlivých částech Děčína velmi liší. Pokud si vezmeme centrum města, tak zde má 60% z dotázaných domácností zastávku do 3 minut chůze od domu, ale pokud vezmeme okrajové části města např. Bynov, tak zde už má zastávku do 3 minut chůze od domu pouhých 25%.



Obrázek 22 - Dostupnost MHD (domácnosti) [41]

6.3. Povědomost občanů Děčína o Smart City

Průzkum povědomosti občanů Děčína o Smart City jsem prováděl v období měsíce dubna a května roku 2019. Celkový počet respondentů je 271. Respondenti byly z 66% obyvatelé Děčína.

Z průzkumu vyplynulo, že pojem Smart City zná 57,9% dotázaných, zbylých 42,1% dotázaných se s tímto pojmem nikdy nesetkalo. Pokud se podíváme na jednotlivé oblasti Smart City, se kterými se respondenti setkali, s převahou vítězí Smart doprava (55,4%) a Smart bydlení (44,6%).

Smart ekonomika	44	16,2 %
Smart doprava	150	55,4 %
Smart životní prostředí	37	13,5 %
Smart bydlení	121	44,6 %
Smart lidé	26	9,5 %
Smart vláda	4	1,4 %
S žádným	66	24,3 %
Jiná...	0	0 %
Celkem odpovědí	448	-

Tabulka 1 - Obeznámenost respondentů s jednotlivými prvky Smart City [autor]

Jakmile byla položena otázka: „S jakými prvky Smart City jste se setkal / a přímo v Děčíně?“ odpovědi byly oproti předchozí otázce značně odlišné. 52,6% dotázaných odpovědělo, že s žádným, 32,9% se Smart dopravou a 13,2% se Smart bydlením.

Smart ekonomika	14	5,3 %
Smart doprava	89	32,9 %
Smart životní prostředí	4	1,3 %
Smart bydlení	36	13,2 %
Smart lidé	11	3,9 %
Smart vláda	0	0 %
S žádným	143	52,6 %
Jiná...	14	5,3 %
Celkem odpovědí	311	-

Tabulka 2 - Obeznámenost respondentů s jednotlivými prvky Smart City v Děčíně [autor]

Poslední částí průzkumu byla otázka: „Jak vnímáte současný rozvoj Smart City?“. 36,8% dotázaných odpovědělo, že výše investic neodpovídá výsledkům a 27,1% odpovědělo, že je to naopak velmi přínosné. Ale 18,4% respondentů uvedlo, že je to zcela zbytečné.

Je to velmi přínosné	75	27,6 %
Je to přínosné na úkor vysokých investic	46	17,1 %
Výše investic neodpovídá výsledkům	100	36,8 %
Je to zcela zbytečné	50	18,4 %
Celkem odpovědí	271	-

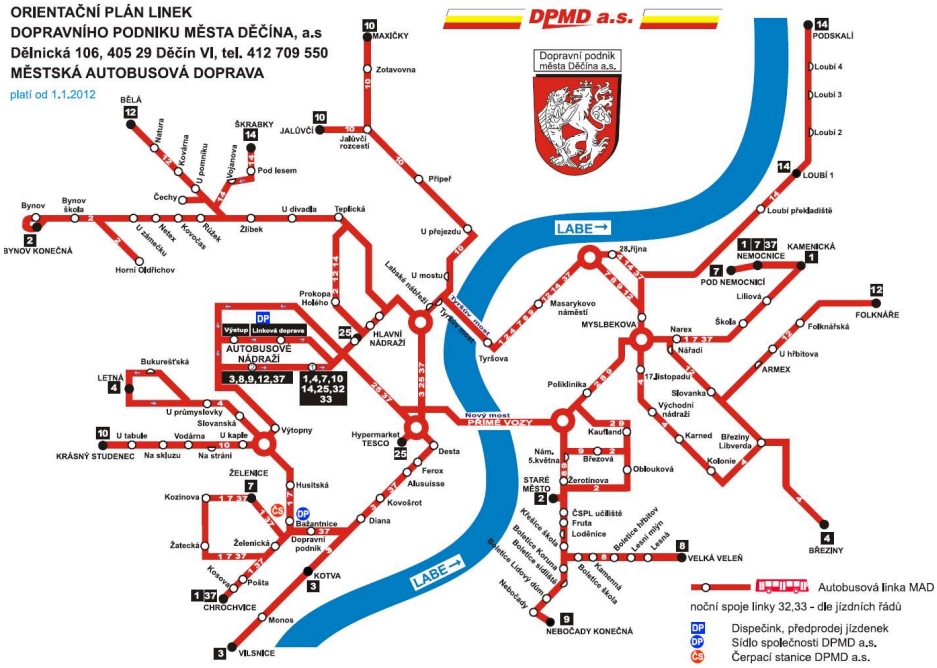
Tabulka 3 - Vnímání současného rozvoje Smart City [autor]

6.3.1. Vyhodnocení průzkumu

Mohlo by se zdát, že s pojmem Smart City nejsou obeznámeni spíše starší občané, ale není tomu tak. Neznalost pojmu v rámci všech věkových skupin rovnoměrná. To, že více dotázaných se setkalo s prvkem Smart dopravy a Smart bydlení mě nepřekvapuje, protože tyto prvky jsou mezi lidmi nejvíce rozšířené a diskutované. Ostatní prvky jako je Smart ekonomika, vláda apod. již nejsou pro běžného obyvatele tolik známé, protože se s nimi v běžném životě nesetkají. A co se týká otázky smyslu Smart City, ta rovněž může být ovlivněna neznalostí celé problematiky a také tím, že běžní obyvatelé města do pozadí Smart City neproniknou, proto nemohou objektivně posoudit výsledky jednotlivých investic.

6.4. Linkové vedení

První linkové schéma je z roku 2012. Konkrétně začalo platit 1. 1. 2012. Město bylo obsluhováno linkami 1–14, 25, 37 a nočními linkami 32, 33.

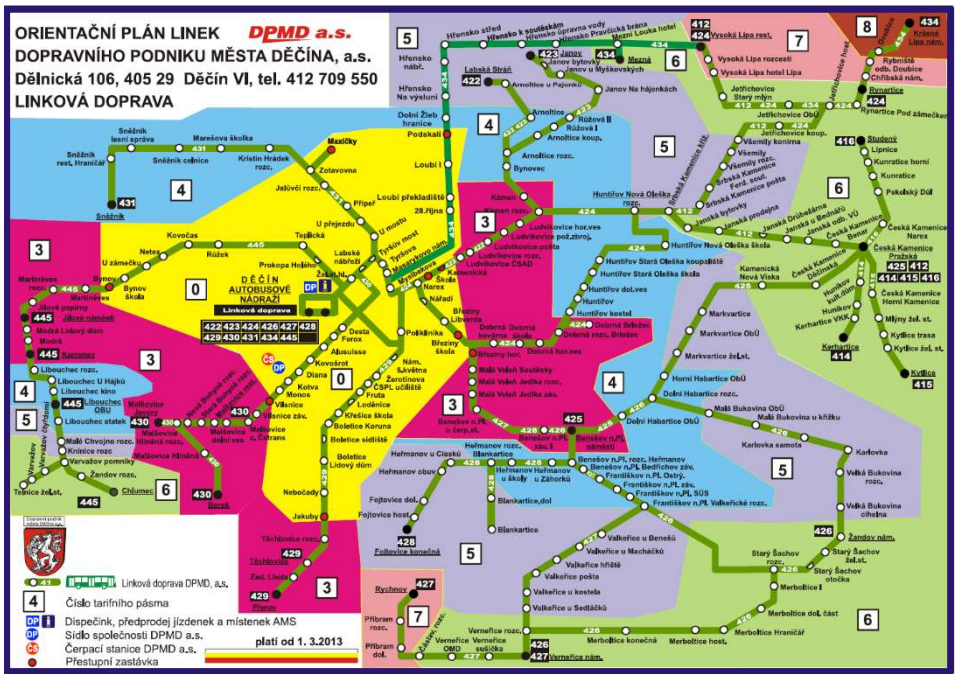


Obrázek 23 - Linkové vedení MHD Děčín (2012) [24]

Jak je patrné ze schématu, nejvíce vytížena trasa je od Hlavního nádraží přes Tyršův most, Masarykovo náměstí až na zastávku Myslbekova. Tímto místem projíždí hned několik linek. Konkrétně přes zastávku Masarykovo náměstí projíždí 10 linek.

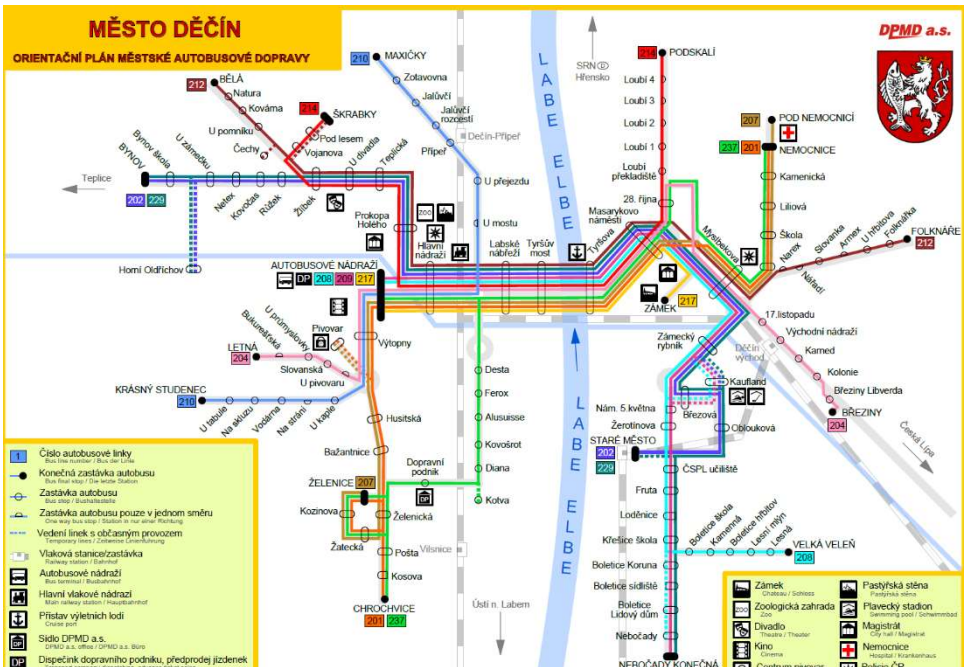
Na linkovém vedení z roku 2013, které přišlo v platnost 1. 3. 2013, je znázorněna obsluha okolních vesnic a blízkých měst. Tyto linky vedou na všechny světové strany, směrem od i do Děčína. Děčín je tak spojen s městy jako Česká Kamenice a Benešov nad Ploučnicí. Tyto spoje lze využít i za účelem turistiky, neboť vedou i na řadu turistických míst. Konkrétně se jedná o Sněžník (rozhledna Děčínský Sněžník), Mezná louka (Pravčická brána), Hřensko a Jetřichovice.

Převážná většina spojů se protíná na autobusovém nádraží v Děčíně.



Obrázek 24 - Linkové vedení (2013) [24]

V roce 2017 přichází v rámci MHD zásadní změna, kdy jsou veškeré linky přečíslované, např. z linky č. 2 je nově linka 202 nebo z linky č. 14 je 214. Změny nabyly účinnosti 10. 12. 2017. Tyto změny se zaváděly z důvodu zařazení Děčína do integrovaného dopravního systému Doprava Ústeckého kraje (DÚK). V tomto integrovaném systému jsou zavedena jednotlivá města celého kraje a číslování linek odlišuje jednotlivá města prvním ze tří číslic. Proto všechny děčínské linky začínají číslicí 2.



Obrázek 25 - Linkové vedení MHD Děčín (2017) [24]

6.5. Vozový park DPMD

Vozový park v současné době disponuje 77 vozy s datem výroby od roku 2004 až po rok 2018. V současné době probíhá postupná obnova vozového parku. Konkrétně v roce 2018 přibylo 18 nových vozů značky MAN. Konkrétně se jedná o typ Lion´s City B.2007.46.010.

Typ autobusu	Celková hmotnost	Užitná hmotnost	Maximální rychlost	Počet kusů
Mercedes Benz				
Mercedes Benz O 530 GA22	28000	16280	60	**1**
Mercedes Benz Citaro G	28000	16280	60	**1**
Mercedes Benz Conecto	28000	16000	90	**7**
Mercedes Benz	5000	1850	90	**1**
Mercedes Benz 0 530 A22	17800	11200	90	**5**
Mercedes Benz 628.3	20000	11000	60	**3**
Mercedes Benz Citaro 0530	18000	11200	60	**5**
Mercedes Benz 0 530 L Citaro	25000	13700	60	**13**
904.6KA	6600	2800	100	**1**
MAN				
MAN Lion´s City G B.2007.46.012	19500	11500	95	**3**
MAN Lion´s City B.2007.46.010	27800	17687	89	**18**
IRISBUS				
IRISBUS PS09D1	19000	11250	90	**3**
IRISBUS CITELIS PS	19000	11250	70	**5**
Irisbus Domino	19000	18000	100	**1**
Irisbus PS09D2	18000	11500	70	**5**
Karosa				
B 951.1713	17800	10200	70	**4**
C 954.1360	21000	10800	100	**1**

Tabulka 4 - Vozový park DPMD [25]

Nové vozy jsou důležitým prvkem pro rozvoj chytrého města. Disponují na všech vstupech i výstupech rámy sčítajícími nástupy a výstupy cestujících.

6.6. Statistika přepravených osob

V této části diplomové práce se zaměřím na reálný počet převezených osob za období leden 2016–září 2018. Počty cestujících vycházejí z počtu zakoupených jízdenek u řidiče včetně předplacených karet.

Od 1. 7. 2016 je DPMD zařazen do DÚK (doprava Ústeckého kraje). Díky tomu může být počet přepravených osob až o 20% větší.

Dle přiložené tabulky o vývoji počtu obyvatel v Děčíně, by úbytek obyvatel města neměl mít významný vliv na počet přepravených osob. Od 1. 1. 2016 do 1. 1. 2018 ubylo ve městě pouze 546 obyvatel.

Datum	Muži (do 15.let)	Muži (nad 15.let)	Ženy (do 15.let)	Ženy (nad 15.let)	Změna	Celkem
1.1.2018	3 757	19 970	3 660	21 608	-297	48 995
1.1.2017	3 802	20 046	3 714	21 730	-220	49 292
1.1.2016	3 816	20 136	3 729	21 831	-29	49 512
1.1.2015	3 817	20 138	3 697	21 889	-226	49 541

Tabulka 5 – Vývoj počtu obyvatel v Děčíně [35]

Statistika MAD Děčín po období

	počet přepravených cestujících celkem											
číslo linky	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
1	104 529	103 071	104 960	106 339	111 576	104 854	78 732	83 068	98 914	104 410	107 343	99 553
2	144 468	147 130	145 419	131 990	113 518	130 126	78 869	97 276	121 857	123 994	133 219	119 626
4	56 570	57 273	56 412	60 702	61 688	57 077	32 748	34 661	55 008	56 027	60 166	52 760
5	8 211	8 884	8 273	8 617	8 474	7 921	0	0	0	0	0	0
6	8 155	8 297	7 894	8 188	8 030	7 674	0	0	0	0	0	0
7	58 626	62 384	58 747	63 327	64 955	61 880	36 039	42 733	54 578	55 903	61 436	58 007
8	10 590	10 607	10 735	12 472	12 775	11 668	8 532	9 303	11 713	11 903	12 004	10 609
9	83 532	86 153	86 985	76 871	79 082	76 894	47 360	57 071	69 645	67 702	74 192	65 466
10	18 602	19 174	18 541	19 847	20 172	19 930	13 677	14 631	17 441	17 536	18 092	16 643
12	20 109	20 811	20 629	21 402	22 462	21 333	14 949	15 526	20 908	20 310	21 474	18 728
14	7 056	7 631	7 613	7 566	8 088	7 551	5 119	5 737	7 280	7 335	7 557	6 465
17	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	29 102	30 593	25 613	32 017	22 798	28 622	33 588	29 738	27 832
32	696	605	616	584	579	501	545	495	457	610	616	825
33	1 156	1 025	1 005	828	790	759	766	719	625	821	830	1 029
37	14 481	15 401	15 290	15 758	15 925	14 943	9 474	11 491	13 413	13 898	15 580	13 757
celkem	536 781	548 446	543 119	563 593	558 707	548 734	358 827	395 509	500 461	514 037	542 247	491 300

Tabulka 6 - Počet přepravených osob 2016 [25]

Statistika MAD Děčín po období 2017

	počet přepravených cestujících přes terminál v buse celkem											
číslo linky	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
1	102 821	96 079	109 285	105 578	110 607	103 029	92 565	89 742	95 378	105 530	104 890	94 970
2	131 578	117 060	141 841	113 309	131 362	128 433	84 905	97 471	111 828	131 444	129 836	104 923
4	58 035	50 183	59 710	52 940	56 078	53 220	35 629	38 766	53 270	59 196	60 136	49 727
7	62 504	55 658	66 430	55 732	60 611	60 995	39 883	47 399	53 678	62 685	62 289	51 601
8	10 978	10 394	12 163	11 190	12 166	12 090	9 071	10 067	10 826	12 141	12 085	10 076
9	71 618	64 749	79 572	69 921	71 673	70 355	46 822	55 988	62 532	72 055	70 857	57 308
10	18 119	16 222	19 499	16 650	18 844	18 865	13 717	15 915	19 044	19 116	18 603	16 000
12	19 877	17 643	21 980	19 658	21 199	21 361	16 184	18 015	18 732	21 343	20 742	17 993
14	6 665	6 061	7 036	6 117	6 697	6 682	5 104	5 403	5 523	6 684	6 664	5 722
29	24 626	24 576	25 909	38 553	31 631	26 482	33 272	22 833	29 373	26 969	28 482	33 691
32	771	653	661	786	714	621	619	536	545	611	587	828
33	932	843	933	989	1 039	950	940	932	918	933	977	1 239
37	14 005	13 627	15 434	13 839	14 188	14 650	7 700	7 443	11 563	14 522	15 137	12 197
celkem	522 529	473 748	560 453	505 262	536 809	517 733	386 411	410 510	473 210	533 229	531 795	456 275

Tabulka 7 - Počet přepravených osob 2017 [25]

Statistika MAD Děčín po období 2018

	počet přepravených cestujících přes terminál v buse celkem											
číslo linky	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
201	98 543	87 185	101 932	98 927	106 027	101 784	83 024	86 793	95 923	0	0	0
202	126 691	108 277	121 011	119 028	124 390	118 539	82 128	92 770	107 653	0	0	0
204	55 196	46 340	52 827	52 491	53 131	49 541	32 060	35 133	51 001	0	0	0
207	61 240	52 847	59 263	57 601	60 303	62 088	39 381	44 172	53 220	0	0	0
208	11 826	9 961	10 838	12 104	12 161	11 516	8 994	9 357	10 623	0	0	0
209	68 513	58 847	66 161	66 840	66 552	66 350	47 218	53 691	61 439	0	0	0
210	18 512	18 852	19 092	17 967	19 802	19 521	13 931	14 393	16 774	0	0	0
212	20 019	16 499	19 862	20 231	21 608	20 040	15 593	16 382	18 752	0	0	0
214	6 021	5 347	6 113	6 266	6 596	6 067	5 469	5 872	5 952	0	0	0
229	23 524	22 440	29 937	29 946	33 043	28 688	29 880	22 346	33 689	0	0	0
232	680	517	545	497	621	637	506	484	485	0	0	0
233	1 006	801	899	787	854	823	755	749	789	0	0	0
237	14 642	14 499	14 952	13 349	12 625	8 231	9 980	10 586	12 464	0	0	0
celkem	506 413	442 412	503 432	496 034	517 713	493 825	368 919	392 728	468 764	0	0	0

Tabulka 8 - Počet přepravených osob 2018 [25]

7. Sledování obsazenosti vozidla

7.1. Kamerový systém

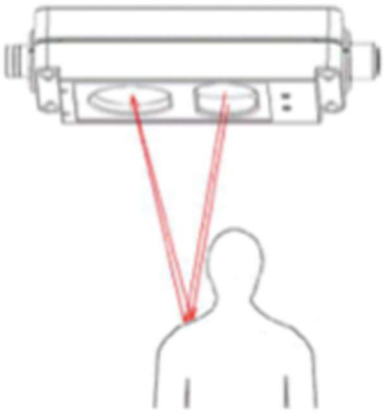
Kamerový systém pro sledování obsazenosti je založen na dvojici kamer (tzv. stereokamerový systém). Stereokamerové snímání umožňuje prostorové vidění. Díky tomu je zaručena funkce sčítání za různých světelných podmínek. Díky pořízenému záznamu videa lze zpětně znovu analyzovat záběry.

Obrovskou výhodou tohoto systému je možnost rozlišovat předmět např. kočárek, invalidní vozík, jízdní kolo atd.

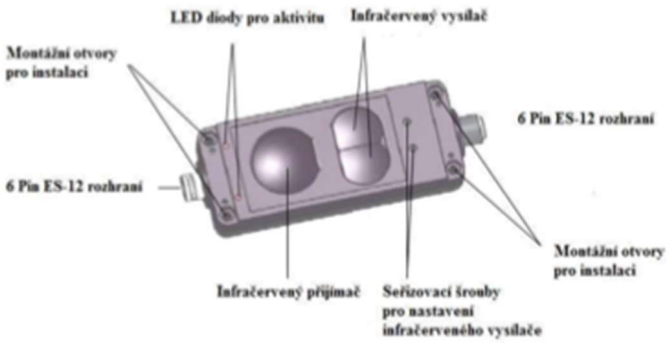
Problémem tohoto řešení je zákon o ochranně osobních údajů. Důsledkem toho je, že při pořizování videozáznamu musí být všichni cestující o pořizování záznamu plně informováni.

7.2. Infračervený systém

Další variantou pro sčítání cestujících je sčítání pomocí infračervených čidel. V praxi se označuj AIR (activ infrared). Sčítání funguje tak, že infračervené senzory aktivně vysílají paprsek, který se následně odráží od předmětu (osoby), který jej přeruší. Odražený paprsek je zpracován IR přijímačem a následně je zpracován do elektronické podoby.



Obrázek 26 Zaměření cestujícího [42]



Obrázek 27 – Senzor AIR [42]

7.3. Ultrazvukové senzory a mikrovlnná čidla

Princip funkčnosti čidel je na vyhodnocení času odezvy signálu. Ultrazvukové senzory obsahují membránu, která vytváří akustické vysokofrekvenční vlnění. Frekvence vlnění leží nad slyšitelností lidského ucha. Vlnění se šíří prostorem rychlostí zvuku, a jakmile narazí do překážky, část vlnění se vrátí zpět k senzoru, kde je detekován a vyhodnocen přijímačem.

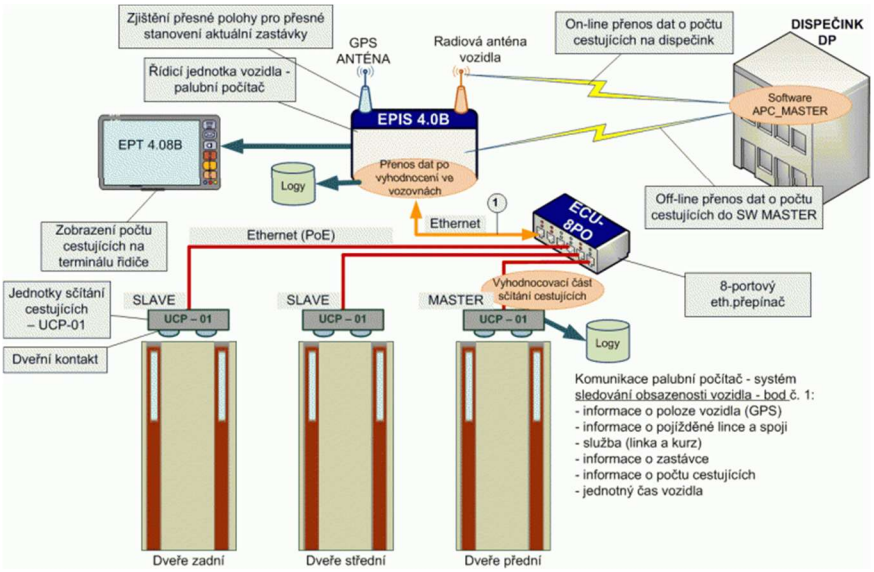
Mikrovlnná čidla fungují podobně ultrazvukové. Rozdíl je, že mikrovlnná čidla využívají místo ultrazvuku elektromagnetickou energii. [36]

7.4. Systém APC

Systém APC (automatic passenger counting) jinými slovy systém automatického sčítání cestujících. Systém je určen pro sledování vytíženosti jednotlivých vozů nebo zastávek a díky tomu vytvářet statistiky využití nejen vozidel.

7.4.1. Funkce systému:

- Sledování počtu cestujících ve voze – obsazenost vozidla v určitý čas.
- Sledování vytíženosti spojů – počet cestujících v určitém místě.
- Sledování vytíženosti zastávek.
- Bezpečnostní kamera umístěna nade dveřmi. [33]



Obrázek 28 – Schéma APC [33]

7.4.2. Složení systému

- Senzory,
- komunikační rozvod dat po vozidle,
- řídící jednotka,
- komunikační systém vozidla s dispečinkem.

Systém APC lze dodat do kteréhokoli vozu. Stačí využít pouze čidlo sledovací jednotky, které slouží pro samotné sčítání a řídící jednotku na zpracování dat. Pokud je zapotřebí data z vozidla přenést na server, tak se vozidlo osadí GSM modemem. [33]

7.4.2.1. Sledovací jednotka

Sledovací jednotka je vybavena vysoce výkonnou řídící jednotkou, která slouží ke sčítání cestujících a následnému zpracování obrazu. Obraz je on-line zpracován a převeden na číselnou podobu dat. Díky tomuto postupu není jednotka v rozporu se zákonem na ochranu osobních údajů. Výsledným výstupem jednotky je počet nastupujících a vystupujících cestujících ve dveřích, nad kterými je umístěná jednotka. Dále data jsou odeslána do palubního systému vozidla a dále na server. [34]

7.4.2.2. Řídící jednotka

Řídící jednotka neboli PCU je centrální částí celého APC. Jedná se o část systému, do kterého jsou napojeny jednotlivé senzory. Data o počtu cestujících jsou ze senzorů přenesena do řídící jednotky, která je spravuje a převede do potřebného formátu. Pokud je řídící jednotka vybavena GSM modemem, data může odesílat v reálném čase. Pokud je vybavena pouze WIFI modemem, může je odesílat např. jen v depu. Pokud nemá žádný modem, bez fyzického napojení přímo na řídící jednotku, data nezískáme.

8. Návrh nového sytému automatického sčítaní cestujících a chytrých zastávek

V této kapitole celkově shrnu informace z předchozích kapitol a reálně je aplikuji na město Děčín.

Pro začátek je důležité odpovědět na otázku: „Proč chce město Děčín řešit systém APC a rozšířit počet chytrých zastávek.“

Město Děčín ani dopravní podnik města Děčína v současné době neví, kolik přesně přepraví cestujících. I když se vždy nastupuje pouze předními dveřmi a jízdenka se kupuje u řidiče, po zavedení krajské a časové jízdenky cestujícím stačí pouze ukázat řidiči papírovou jízdenku. V tu chvíli nikdo neví, jak často ani v jakém místě se dotyčný pohybuje. Důležitým údajem je rovněž počet přepravených cestujících mezi konkrétními zastávkami. Další variantou sledování může být možnost sledování počtu kočárků nebo invalidních vozíků přepravených autobusy. Technologie stereokamerových senzorů obou výrobců a infračerveného senzoru od firmy ONE SYSTEM umí pomocí čidel kategorizovat do různých skupin (např. dospělí, děti), rovněž i rozliší invalidní vozíky a jízdní kola.

Sledování obsazenosti autobusů je přínosné při plánovaní jízdních řádů a linkového vedení, protože snadno pomocí systému APC zjistíme, kolik cestujících se přepravuje mezi konkrétními stanicemi, na konkrétních linkách, v konkrétní denní dobu.

Co se týká rozšíření počtu chytrých zastávek, zde se jedná o rozšíření současného počtu. Rozšíření by mělo být provedeno v rámci nejvíce vytížených zastávek tak, aby tato technologie pomohla co největšímu počtu cestujících. Celý princip spočíván v chytrém panelu, který zobrazuje příjezdy jednotlivých spojů. Pokud jsou sledované reálné polohy autobusů, je možné zobrazovat reálnou dobu příjezdu vč. zpoždění.

8.1. Chytrá zastávka od BUSE s.r.o.

Firma BUSE s.r.o. již v současné době dodává chytré zastávky pro město Děčín. V současné době jsou již 4 takovéto zastávky instalovány. [49]

8.1.1. Informační panely

Podstata chytrých zastávek spočívá v informační LED panelu s automatickou regulací svitu. To zaručuje velmi dobrou čitelnost i na přímém slunci. Informační panel je doplněn akustickým systémem, který reprodukuje informace z panelu a zprávy přijaté z řídícího centra. Panel je napojen na komunikační st‘ (WIFI, LAN atd.) a tím může komunikovat s řídícím centrem.

Hlavní předností chytrého panelu je aktuálnost zobrazených údajů, které se v reálném čase aktualizují. Díky tomu lidé, kteří čekají na svůj spoj, přesně vědí, kdy dorazí. V případě problému panel funguje v off-line režimu a zobrazuje data z uloženého jízdního řádu. Dalším benefitem pro cestující je Wi-Fi hotspot, který mohou volně využívat.

Technické parametry

- Jednostranné nebo oboustranné provedení,
- 2,4 nebo 6 řádků zobrazených informací,
- možnost využití venku i vevnitř,
- aktuální informace v reálném čase,
- integrovaná bezpečnostní kamera,
- vzdálená zpráva zařízení a možnost náhledu kamery,
- WIFI hotspot pro cestující. [49]

Obrázek 29 - Informační panel BUSE [49]

8.2. APC od ONE SYSTEM

„Jsme česká společnost zabývající se dodávkou bezpečnostních a informačních systémů pro dopravní aplikace, zejména informační a kamerové systémy a systémy pro automatické počítání cestujících – APC pro drážní vozidla, autobusy, trolejbusy, TIR i složky IZS. V rámci České republiky jsme partnerem společností DRESEARCH GmbH a DEROVIS GmbH, které patří ke špičce světového na trhu. Současně využíváme produkty dalších světově prověřených výrobců např. AXIS, MOXA, BELDEN, BOSCH, IRIS, HELLA, MYMEX a další.“ [40]

Hlavní činnosti firmy jsou kamerové systémy pro dopravní aplikace, nebo datové a informační systémy, bezpečnost dat atd.

Co se týká automatického sčítání cestujících, tak firma ONE SYSTÉM nabízí systém založený na:

- senzorech,
- záznamové jednotce,
- softwaru pro vyhodnocení dat.

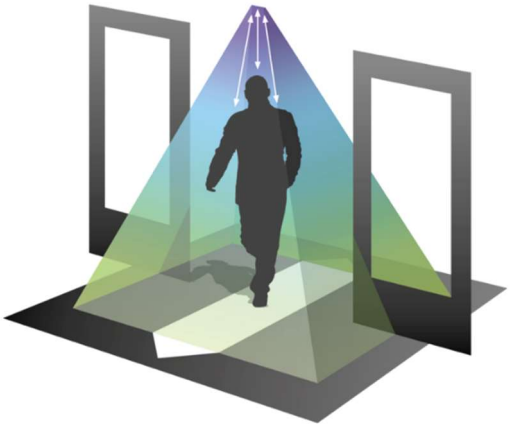
Podobně jako firma ABIRIL CZ nabízí tato firma dvě varianty sčítání cestujících. Jedná se tedy o infračervené a stereokamerové senzory. Zásadním rozdílem mezi firmou ABIRAIL a ONE SYSTÉM je to, že druhá jmenovaná disponuje otevřeným rozhraním API, což znamená, že využívá více dodavatelů jednotlivých senzorů.

8.2.1. Senzory

Firma nabízí dva druhy senzorů. Jedná se o variantu infračerveného a stereokamerového senzoru. Jak již bylo zmíněno, každý z těchto senzorů dodává firmě jiný dodavatel. Konkrétně se jedná o firmu HELLA KGaA Hueck&C, která dodává stereokamerové senzory a o firmu IRIS GmbH, která dodává infračervené senzory.

Infračervené čidlo – IRMA MATRIX

- Přesnost snímání: 97%
- Hmotnost: 260 g
- Napájení: 24 VDC
- Krytí: IP65
- Chlazení: pasivní
- Rozměry: 58x36x188 mm
- Možnost rozlišování jízdních kol
- Schválení pro autobus, tramvaj, trolejbus, železniční vozidlo [46]



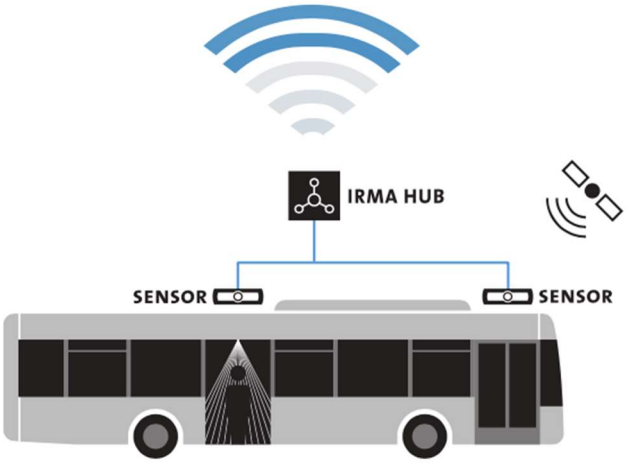
Obrázek 30 - Grafické znázornění snímání [46]

Čidla se zpravidla instalují do dveřního prostoru tak, že stačí vždy jedno čidlo do jednoho dveřního prostoru. Instalace je možná jak povrchová, tak jej lze zabudovat. Čidla fungují na bázi TOF (time off light), což znamená, že čidlo vypočítává vzdálenost objektu světla a následného odrazu zpět do senzoru.

Čidlo se skládá ze dvou nezávislých detekčních systémů, díky kterým má možnost poznat směr pohybu osoby.

Čidla IRMA mají díky konektorům ethernet možnost ke snadnému připojení k síti a následně sdílet data z čidel v reálném čase. K práci s daty v reálném čase slouží služba IRMA onAir. Zapotřebí je mít v autobusu IRMA HUB, který dále odešle data ke zpracování.

Ve 4. kvartálu roku 2019 firma IRIS vydá 6. generaci senzoru IRMA. Konkrétně se jedná o IRMA 6. Senzor by měl mít lepší rozlišení a tím pádem i přesnější výsledky.



Obrázek 31 - IRMA onAir [47]

Čidla jsou propojena pomocí sítě ethernet do switche, který je následně propojený se záznamovou centrální jednotkou. [46] [47]

Stereokamerový senzor – APS-R-POE

- Přesnost snímání: 98%
- Hmotnost: 430 g
- Krytí: IP65
- Rozměry: 140,8 x 98,2 x 35 mm
- Možnost rozlišování jízdních kol, dětí a dospělých [52]

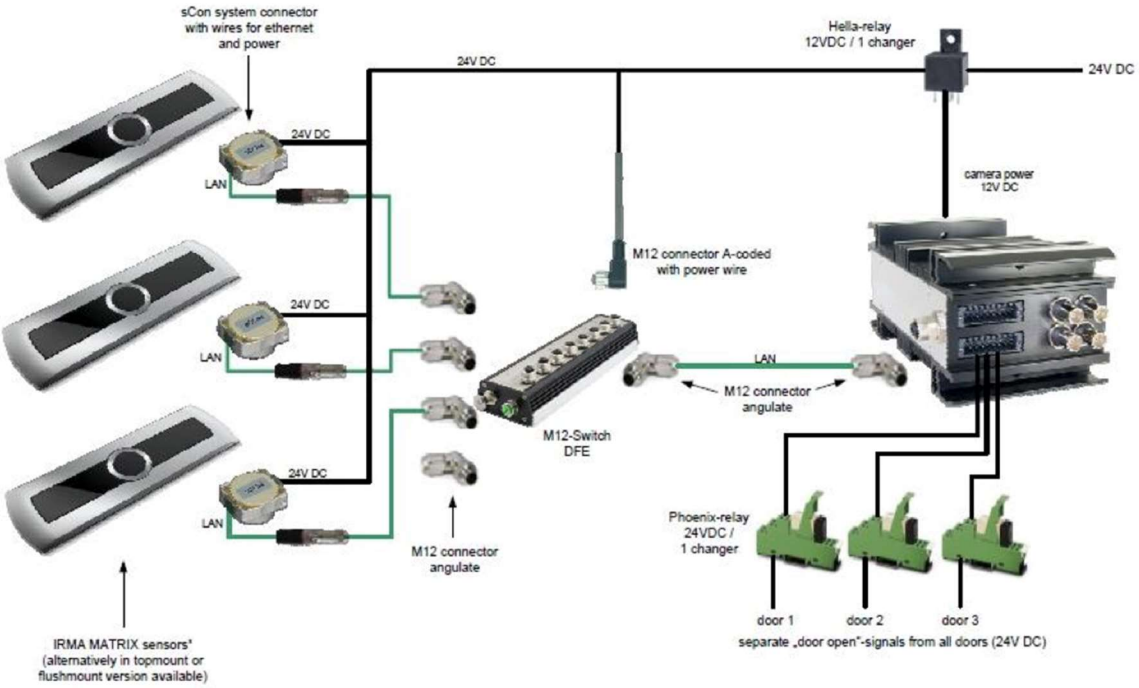
Senzor APS-R-POE dodává firma Hell. Tento senzor funguje na bázi stereokamer. Umisťují se do dveřního prostoru. Zpravidla se umístí vždy jen jedno čidlo do jedněch dveří. Do každého čidla vede ethernet a tím je i zároveň čidlo napájeno. [52]

Obrázek 32 - Senzor APC-R-POE [52]

8.2.2. Záznamová jednotka

Záznamová jednotka je řídícím centrem celého systému. Jednotka vyhodnocuje data a pomocí datového modulu s WIFI a 4G odesílá data v reálném čase. Výhodou oproti konkurenci může být možnost obrazových záznamů přímo v jednotce, takže je možnost se k záznamům kdykoli vrátit. Jednotku dodává firma DResearch Fahrzeugelektronik GmbH.

Nevýhodou této jednotky je nemožnost pořízení varianty bez záznamu videa. Tím se zvyšují pořizovací náklady na jednotku. Pokud tedy zákazník nestojí o záznam videa, může toto řešení považovat za zbytečnou investici. Pořizovací cena je vyšší než u jednotky ABIRAIL CZ. [46]



Obrázek 33 - Schéma zapojení [46]

8.3. APC od ABIRAIL CZ s.r.o.

Společnost ABIRAIL CZ s.r.o. zahájila svoji činnost v roce 2013, kdy vznikla, jako startup v oboru železniční, silniční, městské a vodní dopravy se zaměřením na poskytování odborných konzultací, analýz a souvisejících informačních technologií (ICT) a zařízení. V roce 2014 rozšířili svoji činnost o oblast průmyslové automatizace.

Firma se rovněž zabývá technologií pro sčítání cestující a zároveň nabízí kompletní systém, který je založený na:

- senzorech pohybu,
- řídící jednotce,
- aplikaci ABIRUN APC.

Aplikace ABIRUN APC slouží ke zpracování a vyhodnocení dat získaných z jednotlivých čidel. Avšak mobilní vozovou část systému firmě dodává obchodní partner DILAX Intelcom GmbH. [43]

8.3.1. Senzory APC

Firma ABIRAIL CZ s.r.o., která dodává celý systém APC, využívá jako dodavatele infračervených i stereoskopických senzorů německou firmu DILAX.

Firma ABIRAIL CZ se zabývá sčítáním cestujících, jak pomocí infračervených čidel (IRS-320), tak i pomocí stereoskopických senzorů (PRT-400). To, jakou technologii firma navrhne využít, se odvíjí dle konkrétní situace. Vlastnosti jednotlivých čidel jsou řešeny v kapitole „Sledování obsazenosti vozidla“.

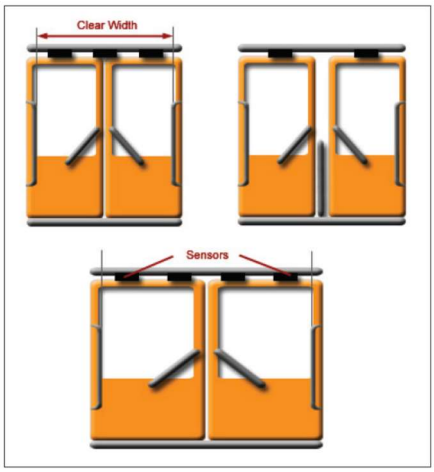
Infračervené čidlo (IRS-320)

Obrázek 34 - Čidlo IRS-320 [45]

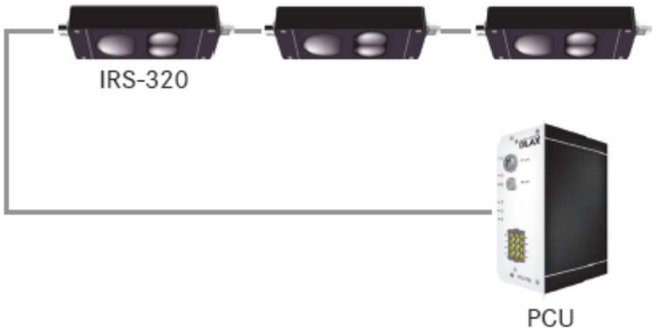
- Přesnost: 95% na 1000 osob
- Hmotnost: 90 g
- Napájení: 12 V DC
- Proud: max 60 mA (vzdálenost)
- Krytí: IP65
- Chlazení: pasivní
- Rozměry: 100 x 42 x 25,4 mm
- Schválení pro autobus, tramvaj, trolejbus, železniční vozidlo [45]

Aby bylo čidlo bylo schopné určit pohyb cestujícího, je třeba, aby obsahovalo dvě infračervená čidla, následně se sleduje, který z paprsků čidla se odrazí dříve. Toto všechno je zapotřebí, abychom mohli oddělit vystupující a nastupující cestující. Tím, že jsou oba senzory blízko vedle sebe, odpadá varianta, že by čidlo vyhodnotilo dva cestující jdoucí blízko za sebou jako jednoho cestujícího.

Rovněž je zapotřebí počítat s tím, kolik čidel je zapotřebí do dveřního prostoru. Vše je závislé na šířce.



Obrázek 36 - Počet čidel v závislosti na šířce dveří [45]



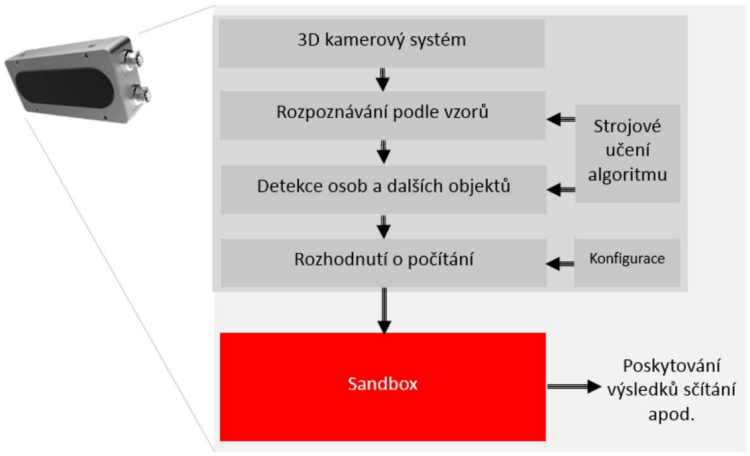
Obrázek 35 - Napojení čidla do systému [45]

Stereoskopický senzor PRT-400

Stereoskopický senzor je rozměrově obdobný jako infračervené čidlo. Avšak rozdíl je v přesnosti sčítání a také v tom, že stereoskopické čidlo zvládne rozeznat i různé předměty.

- Přesnost: 99%
- Hmotnost: 350 g
- Proud: max 60 mA (vzdálenost)
- Krytí: IP65
- Chlazení: pasivní
- Rozměry: 150 x 70 x 33 mm
- Schválení pro autobus, tramvaj, železniční vozidlo [45]

Obrázek 37 - stereoskopický senzor [45]



Obrázek 38 - Systém sčítání osob [45]

8.3.2. Řídící jednotka

Datový koncentrátor PCU-210

Jednotka PCU je centrální řídící jednotka pro sčítání cestujících. Shromažďuje data z jednotlivých senzorů a digitálních vstupů a následně převádí přijaté informace na reálná čísla. Výstupem jsou např. počty cestujících.

- APC sensor: až 16x
- 5x In, 4x out
- 1x LAN (M12 nebo RJ45 konektor)
- Napájení: 16,8 - 45 V DC
- Management napájení
- Komunikace: RS 485, Ethernet
- Rozměry: 109,6 x 144 x 50,2 mm
- Teplota: -25°C – +70°C
- Rozšíření (18 typů):
    - SIM karta
    - GSM (FME)
    - GPS (SMB/m)
    - Wi-Fi (SMA) [45]

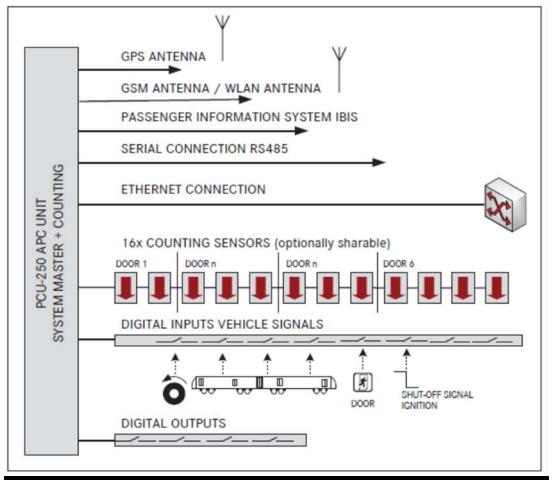
Obrázek 39 - Datový koncentrátor [45]

Řídící jednotka se dodává ve dvou variantách:

- jednotka PCU slave,
- jednotka PCU GSM.

Jednotka PCU slave slouží jako základní model tak, že získaná data zůstávají pouze v jednotce. Na druhou stranu jednotka PCU GSM může získaná data v reálném čase odesílat a dále se mohou zpracovávat. Přece jen toto řešení je v rámci Smart City vhodnější varianta.

Do jednotky se vždy zapojují jednotlivá čidla na sčítání cestujících. Rovněž jednotka zaznamenává, zda jsou dveře autobusu otevřené nebo zavřené. Toto je důležité pro správnou funkci systému. Jinými slovy, když jsou dveře zavřené, tak je čidlo neaktivní.



Obrázek 40 - Systém PCU [45]

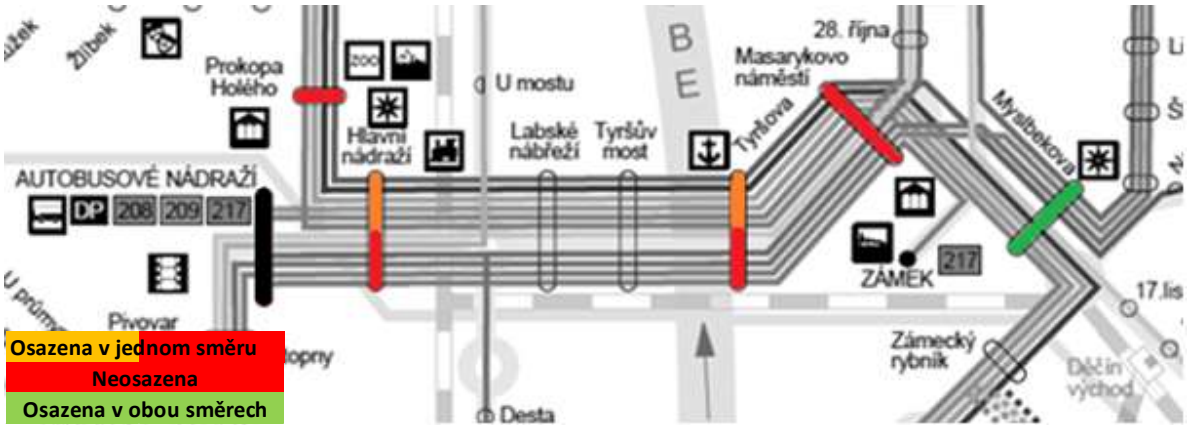
8.4. Návrh výsledného řešení

V závislosti na potřebách řešení této práce, vyberu variantu se stereoskopickými čidly. Důvodem je skutečnost, že právě tato čidla jsou vhodná pro sledování obsazenosti vozidla kočárky, invalidními vozíky atd.

Pokud budeme počítat s kompletním vybavením vozového parku, bude zapotřebí vybavit celkem 57 autobusů.

8.4.1. Umístění chytrých zastávek

Co se týká chytrých zastávek, bude zde zapotřebí větší investice, neboť město disponuje pouze čtyřmi zastávkami. Není však zapotřebí všechny zastávky předělávat na Smart. Převážně by se měly rekonstruovat přestupní zastávky a zastávky v centru města. To proto, že jejich funkci bude doplňovat možnost zjištění aktuálního stavu prostřednictvím mobilních telefonů.



Obrázek 41 – Návrh umístění chytrých zastávek (výřez) [24] [autor]

Hlavní místa pro umístění chytrých zastávek jsou místa s velkým pohybem lidí a rovněž páteřní uzly. V současné době jsou osazeny zastávky Tyršova (směr Hl. nádraží), Hl. nádraží (směr Tyršova) a Myslbekova v obou směrech.

Současný stav chytrých zastávek bych doplnil o 8 dalších zastávek. V první řadě bych doplnil zastávky Tyršova a Hl. nádraží tak, aby byly panely v obou směrech. Nově bych vybavil stanice Prokopa Holého a Masarykovo náměstí. Obě dvě stanice ve všech směrech. Ve všech zastávkách jak již osazených, tak i navržených je velká koncentrace lidí a rovněž jsou to přestupní stanice.

8.4.2. Výsledné varianty

V této části shrnu jednotlivá řešení od jednotlivých výrobců. Oba výrobci využívají dvě technologie sčítání, a to pomocí infračervených a stereokamerových senzorů. Až na infračervené čidlo od firmy ABIRAIL CZ postačí do dveřního prostoru pouze jedno čidlo. U infračerveného čidla firmy ABIRAIL CZ počet instalovaných čidel závisí na šířce dveřního prostoru. V našem případě bude ve všech variantách zapotřebí tři čidla.

Firma	Technologie	Počet čidel (ks)		Celkem (ks)
		Třídveřový BUS	Čtyřdveřový BUS	
ABIRAIL CZ	Infračervené	35 x 3 x 3	22 x 4 x 3	579
	Stereokamerové	35 x 3	22 x 4	193
ONE SYSTÉM	Infračervené	35 x 3	22 x 4	193
	Stereokamerové	35 x 3	22 x 4	193

Tabulka 9 - Počet senzorů [autor]

Tím, že jsou obě firmy schopny poskytnout velmi podobné služby v rámci APC, bude hlavním kritériem cena. Jedinou nevhodnou variantou bude APC pomocí infračervených senzorů od firmy ABIRAIL CZ, neboť tato technologie není schopná sčítat invalidní vozíky a kočárky. U firmy ONE SYSTÉM jsou vhodné obě technologie.

8.5. Napojení systému APC do datové platformy

Základní částí celého projektu Smart City jsou bezpochyby data. Je potřeba disponovat velkou částí různých dat, protože čím víc dat máme, tím je Smart City chytřejší a může lepe tvořit různé predikce vývoje apod. Díky sběru dat máme řadu nejrůznějších informací, proto je třeba data následně vyhodnocovat. Docílíme tak efektivního řízení určitých částí infrastruktury města, úsporu nákladů na provoz města atd.

Co se týká systému APC, tedy automatického sčítání cestujících v MHD, tento systém slouží právě ke sběru dat. Základními údaji jsou počty přepravených cestujících, počty vystupujících a nastupujících cestujících v konkrétních zastávkách nebo vytíženost jednotlivých linek, ale i data o pozici vozidla. Následně po vyhodnocení dat můžeme přesněji plánovat jednotlivé linky, vytvářet jízdní řád a tím zvyšovat efektivnost celého MHD. Z údajů o pozici vozidla ve spojení s dalšími údaji o dopravě na území města, můžeme „předpovídat“ zpoždění autobusů a následně tyto informace poskytovat cestujícím skrze chytré zastávky nebo CityDashboard.

Aby systém APC se mohl plně přizpůsobit platformě Smart City, je zapotřebí aby, poskytoval opendata (otevřená data). Jinými slovy jde o to, aby se data ze systému APC mohla přiřadit do datové platformy Smart City a tím je mohly využívat i jiné části Smart City. Pokud by systém APC fungoval na principu vendorlock, tedy na principu uzavřeného systému výrobce, může

být pro Smart City nemožné data ze systému získat a nadále s nimi pracovat. V tu chvíli město může použít pouze systém dodavatele systému APC. Tím padá důležitá funkce Smart City, a to je sdílení dat mezi různými částmi systému.

8.5.1. Napojení systému APC do CityDashboardu

CityDashboard v překladu městská nástěnka, je užitečný systém, který nejen obyvatelům, ale i vedení města může přinášet řadu důležitých informací za účelem zlepšení kvality každodenního života ve městě.

Jedná se o zpracování velkého množství dat, které musí být co nejefektivnější. Toto je základní myšlenkou Smart City. Systém má automaticky vyhodnocovat data a zároveň je interpretovat. K tomu je zapotřebí sbírat veškerá využitelná data v předem dané formě, tj. úplná, strojově čitelná, propojitelná, s dostupnými standardy.

Při zaměření na dopravu, dopravní část CityDashboardu by měla integrovat data o dopravě ve městě i jeho okolí. Základními informacemi bývají informace o MHD, dopravní situaci ve městě, železniční dopravě, pěší dopravě, car-sharingu atd. Uživatelům tyto informace přinášejí možnost zjistit, jak jsou parkoviště zaplněná, jestli je město autem průjezdné nebo jak je MHD zaplněné, což je také předmětem této práce.

Aby mohl být systém APC plně integrován do CityDashboardu, je zapotřebí, aby data, která budou ze systému vystupovat, plnila všechna potřebná kritéria. Ve chvíli, kdy systém APC bude plně komunikovat s CityDashboardem, budou mít obyvatelé města plný přehled o tom, jak jsou jednotlivá vozidla zaplněna, jaká mají zpoždění a případně za jak dlouho dojedou do cílové stanice.

Jedním z důležitých prvků CityDashboardu by měla být umělá inteligence. To by znamenalo posun celého systému na úplně jinou úroveň. Systém by mohl upravovat např. jízdní řád, podle toho, že v určitou denní dobu je silnější provoz, že v MHD cestuje více cestujících, a doba jízdy mezi zastávkami prodlužuje.

9. Ekonomické vyhodnocení

V této kapitole se zaměřím na ekonomické vyhodnocení navrhovaných řešení. Převážně se bude jednat o zřízení chytrých zastávek a osazení stávajících autobusů systémem pro automatické sčítání cestujících. Ve vyhodnocení bude uvedeno celkové množství použitých komponent. Cenové vyhodnocení bude rozděleno podle jednotlivých firem.

9.1. Počet senzorů a osazených vozidel

Varianty obou firem budou vycházet ze stejného počtu osazených vozidel. Konkrétně se jedná o 35 „krátkých“ autobusů a o 22 kloubových autobusů. Budeme tedy uvažovat o kompletní modernizaci vozového parku. Mezi osazované autobusy nebudeme počítat ty, které byly zakoupeny v roce 2018. Ty jsou již sčítací technologií vybaveny.

Co se týká počtu senzorů, budou se lišit u jednotlivých dodavatelů i technologií. Počty senzorů budou rozepsány vždy u jednotlivých dodavatelů a technologií.

9.2. Náklady

Náklady lze definovat jako spotřebu práce a prostředků, které vyjádříme v penězích. Jinými slovy se dá říct, že náklady představují určitý vstup do podniku. V okamžiku, kdy firmě vznikají náklady, je s tím spojen úbytek majetku nebo vznik závazků. V rámci ekonomického vyhodnocení budu pracovat s pořizovacími a provozními náklady. [48]

Pořizovací náklady, jak je již z názvu patrné, obsahují náklady pouze na pořízení technologie. Konkrétně sem spadají náklady na vybudování chytrých zastávek, pořízení senzoru APC, řídících jednotek a softwaru.

Provozních náklady jsou pak náklady na provoz zařízení. Ty mohou obsahovat náklady na údržbu a čištění, náklady na energie a podobně.

9.2.1. Chytré zastávky

Stávající chytré stanice jsou dodávány firmou BUSE s.r.o., proto jsem zvolil stejného dodavatele tak, aby byla zaručena kompatibilita celého systému. Bohužel se mi nepodařilo získat od firmy BUSE s.r.o. aktuální cenovou nabídku. Proto jsem pro výpočet zvolil cenu instalace, které v Děčíně byla uskutečněna v roce 2017 (zastávka Tyršova) a 2018 (zastávka HL. nádraží).

Na zastávku Tyršova byl instalován LED oboustranný informační panel zobrazující 6 řádků informací. Panel nese označení BS 153.9/2. Cena obsahuje veškeré práce spojené s montáží. Celková cena je 224 000 Kč bez DPH. [50]

Co se týká zastávky Hl. nádraží, zde byl instalován jednostranný informační LED panel zobrazující informace v 6 řádcích. Panel nese označení BS 153.9/ 1 a uvedená cena je rovněž s kompletními náklady za montáž panelu. Celková cena je 207 000 Kč bez DPH. [51]

Pořizovací náklady

Celkové pořizovací náklady se skládají z pořízení světelných LED panelů jednostranných BS 153.9/1 nebo oboustranných BS 153.9/2. Další nedílnou součástí jsou náklady na montáž, které jsou dle kupní smlouvy na zastávku Hl. nádraží 18 000 Kč bez DPH za 1 kus. [51]

Název zastávky	Směr	Popis	Cena montáže (Kč bez DPH)	Cena panelu (Kč bez DPH)	Cena celkem (Kč bez DPH)
Tyršova	Centrum	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
Masarykovo náměstí	Myslbekova	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
	Autobusové nádraží	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
Hl. nádraží	Centrum	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
	Autobusové nádraží	1x jednosranný, 1x oboustranný panel	2 x 18 000	189 000 + 206 000	431 000
Prokopa holého	Teplická	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
	Hl. nádraží	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
Celkem					1 724 000

Tabulka 10 - Náklady na zastávky [50] [51]

Dle tabulky vyplývá, že celkové pořizovací náklady vychází na 1 724 000 Kč bez DHP. Celkově se jedná o 8 chytrých zastávek. Konkrétně počítám s montáží čtyř jednostranných a čtyř oboustranných informačních panelů.

Provozní náklady

Mezi provozní náklady u chytrých zastávek můžeme počítat náklady na SIM kartu pro přenos dat mezi jednotlivými informačními panely a řídícím střediskem.

9.2.2. APC od firmy ABIRAL CZ s.r.o.

Jak bylo o firmě ABIRAL CZ psáno v předchozí kapitole, nabízí dvě možná řešení. První varianta je sčítání pomocí infračervených čidel a druhá varianta využívá stereoskopických čidel. Obě varianty mají své specifické vlastnosti a možnosti využití.

Infračervené senzory firmy ABIRAIL nejsou vhodné pro řešení této práce. Důvodem je skutečnost, že senzory nejsou schopny rozlišit např. invalidní vozíky nebo kočárky. Avšak i přes tento nedostatek je do výsledného ekonomického vyhodnocení zařadím, a to z důvodu srovnání výsledné ceny.

9.2.2.1. Počet čidel

Infračervené čidla

Pro tuto variantu je zapotřebí do každého dveřního prostoru umístit tři infračervené senzory IRS-320. Pro celkový počet 35 ks třídveřových a 22 ks čtyřdveřových autobusů je zapotřebí 579 ks infračervených senzorů.

Stereoskopická čidla

Co se týká stereoskopických senzorů, ty jsou na počet senzorů mnohem přívětivější. Tento senzor stačí pouze jeden v každém dveřním prostoru. Proto na stejný počet autobusů jako u infračervených senzorů stačí pouze 193 senzorů.

Firma	Technologie	Počet čidel (ks)		Celkem (ks)
		Třídveřový BUS	Čtyřdveřový BUS	
ABIRAIL CZ	Infračervené	35 x 3 x 3	22 x 4 x 3	579
	Stereokamerové	35 x 3	22 x 4	193

Tabulka 11 - ABIRAIL CZ počet senzorů [autor]

9.2.2.2. Pořizovací náklady

Pořizovací náklady jsou přímo závislé na počtu osazovaných spojů, a tedy i na celkovém počtu použitých senzorů. V této části se zaměřím na výpočet ceny jednotlivých senzorů, jednotky PCU a softwaru.

Infračervené senzory

V případě infračervených senzorů je jejich počet vyšší, a to z důvodu, že do dveřního prostoru v tomto případě jsou zapotřebí tři senzory.

Konkrétní náklady na pořízení jednoho senzoru IRS-320R jsou 5 640 Kč bez DPH a k tomu náklady na montáž jsou 336 Kč bez DPH. Pokud tyto ceny aplikuji na třídveřový autobus, tak celkové náklady jsou 53 784 Kč bez DPH a u čtyřdveřové varianty jsou 71 712 Kč bez DPH. Pořizovací náklady na celkové množství osazených autobusů jsou 3 460 104 Kč bez DPH. [53]

Stereokamerové senzory

Při použití stereokamerových senzorů je výrazně nižší počet instalovaných senzorů. V každém dveřním prostoru postačí instalace pouze jednoho senzoru.

Náklady na jeden senzor jsou 19 258 Kč bez DPH a k tomu náklady na montáž jsou 336 Kč bez DPH. Pokud tuto cenu aplikuji na osazené všech třídveřových autobusů, tak výsledná cena je 2 057 370 Kč bez DPH a v případě čtyřdveřových je to 1 724 272 Kč bez DPH. [53]

Jednotka PCU

Jednotka PCU je stěžejní částí systému, neboť se stará o záznam dat a jejich následný přesun. Kvůli potřebě zpracování dat v reálném čase musí disponovat GSM modulem s anténou. Náklady na tuto jednotku jsou 28 896 Kč bez DPH. [53]

Software

Cena licence software je přímo závislá na počtu osazených vozidel. Výpočet ceny je pomocí dynamického výpočtu, kde je zahrnuta fixní cena a cena za datový konektor pro každé vozidlo. V tomto případě se jedná v celkovém počtu 57 vozidel přibližně o cenu 157 890 Kč bez DPH.

V neposlední řadě je třeba systém namontovat a kalibrovat. Cena tohoto úkonu se pohybuje okolo 50 000 Kč bez DPH. Záleží na náročnosti celého úkonu. [53]

	Jednotková cena (Kč bez DPH)	Autobusy		Celkem (Kč bez DPH)
		Třídveřové	Čtyřdveřové	
Počet vozidel	-	35	22	57
Počet čidel	-	315	264	579
Cena senzorů vč. Montáže (Kč bez DPH)	5 976	1 882 440	1 577 664	3 460 104
Cena PCU (Kč bez DPH)	28 896	1 011 360	635 712	1 647 072
Kalibrace a montáž	50 000	-	-	50 000
Software	157 890	-	-	157 890
Celkem (Kč bez DPH)		2 893 800	2 213 376	5 315 066

Tabulka 12 - AIRAIL CZ pořizovací náklady infračervené senzory [53]

	Jednotková cena (Kč bez DPH)	Autobusy		Celkem (Kč bez DPH)
		Třídveřové	Čtyřdveřové	
Počet vozidel	-	35	22	57
Počet čidel	-	105	88	193
Cena senzorů vč. Montáže (Kč bez DPH)	19 594	2 057 370	1 724 272	3 781 642
Cena PCU (Kč bez DPH)	28 896	1 011 360	635 712	1 647 072
Kalibrace a montáž	50 000	-	-	50 000
Software	157 890	-	-	157 890
Celkem (Kč bez DPH)		3 068 730	2 359 984	5 636 604

Tabulka 13 - AIRAIL CZ pořizovací náklady stereokamerové senzory [53]

Do celkových nákladů nejsou zahrnuty náklad na kabeláž, lišty pro vedení kabelů a podobně. Uvedené ceny se mohou od reálné ceny poptávky lišit. [53]

9.2.2.3. Provozní náklady

Provozní náklady celého systému na jeden měsíc se skládají z nákladů na údržbu, což obnáší: udržovat senzory v čistotě, popřípadě odstranění nečistot. Senzory mohou být překryté např. samolepkami. Náklady na tuto údržbu se jsou vyčísleny průměrně na 500 Kč bez DPH na jedno vozidlo měsíčně. Celkové provozní náklady na všechny vozidla jsou 28 500 Kč bez DPH měsíčně. Částka je závislá na počtu dveří i počtu senzorů. [53]

9.2.3. APC od firmy ONE SYSTEM s.r.o.

Druhou variantou ekonomického vyhodnocení je APC od firmy ONE SYSTEM. Tato firma rovněž disponuje dvěma technologiemi sčítání cestujících, a to infračervené a stereokamerové senzory. V rámci cenového vyhodnocení počítám s osazením 57 vozů. Výhodou tohoto systému je, že systém na vyhodnocení dat ze senzoru je, oproti ABIRAIL CZ, zdarma.

9.2.3.1. Počet čidel

Počet čidel pro toto řešení je stejný, jak pro infračervené, tak i stereokamerové senzory. Pro obě technologie stačí vždy montáž jednoho senzoru do dveřního prostoru. Senzory jsou sice omezeny šířkou dveřního prostoru. Pro vozy, které jsou v rámci Děčína v provozu, dostačuje vždy pouze jeden senzor.

Firma	Technologie	Počet čidel (ks)		Celkem (ks)
		Třídveřový BUS	Čtyřdveřový BUS	
ONE SYSTÉM	Infračervené	35 x 3	22 x 4	193
	Stereokamerové	35 x 3	22 x 4	193

Tabulka 14 - ONE SYSTEM počet senzorů [autor]

9.2.3.2. Pořizovací náklady

Pořizovací náklady jsou u firmy ONE SYSTEM závislé na počtu osazovaných vozů. Jak bylo psáno výše u obou technologií, stačí instalovat vždy pouze jeden senzor do jednoho dveřního prostoru.

Senzory

Náklady na pořízení senzorů a jejich montáž je 31 280 Kč bez DPH za infračervené senzory. V případě stereokamerového senzoru je cena 30 059 Kč bez DPH. Cena je vždy za jeden senzor. Pokud tuto cenu aplikuji na konkrétní vozidla, tak v případě třídveřového vozidla je celková cena 93 840 Kč bez DPH za infračervené senzory a 90 177 Kč bez DPH za stereokamerové senzory. V případě kloubových čtyřdveřových vozidel se jedná o cenu 125 120 Kč bez DPH za infračervené senzory a 120 236 Kč bez DPH za stereokamerové senzory. [53]

Záznamová jednotka

Záznamová jednotka pro senzory APC je instalována v každém vozidle pouze jednou. K jednotce je nejprve připojen switch a následně do něj jednotlivé senzory. Jednotka je rovněž vybavena datovým modulem s WIFI a 4G tak, aby data z vozidla mohla být odesílaná

v reálném čase. Cena jednotky je 38 640 Kč bez DPH za jedeno vozidlo. V ceně není obsažena dodávka switchů. [53]

Software

Cena licence je u této firmy zcela zdarma.

	Jednotková cena	Autobusy		Celkem (Kč bez DPH)
		Třídveřové	Čtyřdveřové	
Počet vozidel	-	35	22	57
Počet čidel	-	105	66	171
Cena senzorů vč. Montáže (Kč bez DPH)	31 280	3 284 400	2 064 480	5 348 880
Cena záznamové jednotky (Kč bez DPH)	38 640	1 352 400	850 080	2 202 480
Celkem (Kč bez DPH)		4 636 800	2 914 560	7 551 360

Tabulka 15 - ONE SYSTEM pořizovací náklady infračervené senzory [53]

	Jednotková cena	Autobusy		Celkem (Kč bez DPH)
		Třídveřové	Čtyřdveřové	
Počet vozidel	-	35	22	57
Počet čidel	-	105	66	171
Cena senzorů vč. Montáže (Kč bez DPH)	30 059	3 156 195	1 983 894	5 140 089
Cena záznamové jednotky (Kč bez DPH)	38 640	1 352 400	850 080	2 202 480
Celkem (Kč bez DPH)		4 508 595	2 833 974	7 342 569

Tabulka 16 - ONE SYSTEM pořizovací náklady stereokamerové senzory [53]

9.2.3.3. Provozní náklady

Firma ONE SYSTEM uvádí tato čidla jako bezúdržbová, ale zajisté je třeba i u nich dbát o čistotu, tak jako v předchozím řešení. Proto zde budu rovněž počítat s náklady 500 Kč bez DPH na údržbu jednoho vozidla měsíčně. Celkem se tedy jedná o 28 500 Kč bez DPH měsíčně. [53]

9.3. Návratnost investice

U tohoto projektu nelze objektivně počítat s návratností systému. Je to zapříčiněno tím, že systém má především fungovat pro cestující tak, aby jim usnadnil a zpříjemnil cestu.

Jedinou možností jak by město, případně dopravní podnik, mohly počítat s návratností této investice je skutečnost, že díky přesným datům o přepravě cestujících, by mohly zefektivnit plánování spojů. Jinými slovy, by ze sledování kapacity převezených cestujících mohlo vyplynout, že některé linky nejsou efektivní, což by mělo za následek snížení počtu spojů a naopak. Některé linky by vykazovaly přetíženost, a to by mohlo vést ke zvýšení počtu spojů na lince.

9.3.1. Metoda ročních převedených nákladů

Metoda ročních převedených nákladů je vhodná právě pro tento projekt, protože je určená pro neziskové projekty. Jinými slovy nepočítá s budoucími příjmy.

Metoda se zakládá na tom, že vynaložené náklady převedeme pomocí koeficientu na roční náklady. Vypočtené roční náklady a k tomu připočtené provozní náklady dohromady tvoří převedené roční náklady (E_C). [54]

$$E_C = I \cdot k_0 + C_m + C_0$$

kde:

I … investiční, kapitálové náklady

k_0 … koeficient pro výpočet ročního odpisu investice

C_m… roční náklady na údržbu

C_0 … roční náklady uživatelů

Výpočet koeficientu (k_0) bude vypočten následovně:

$$k_0 = \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

kde:

i … úroková míra

t … počet let životnosti

Úroková míra (i) je 2,02% ze dne 30. 4. 2019 [56]. Co se týká životnosti, jak již bylo napsáno výše, životnost systému je 10 let.

Výsledné roční převedené náklady, vypočítané na základě předchozích vzorce, jsou uvedeny v následující tabulce.

Firma	Technologie	Pořizovací náklady (Kč bez DPH)	Provozní náklady (Kč bez DPH)	Roční převedené náklady (Kč bez DPH)
ABIRAIL CZ	Infračervené	5 315 066	28 500	565 322
	Stereoskopické	5 636 604	28 500	597 797
ONE SYSTÉM	Infračervené	7 551 360	28 500	791 187
	Stereokamerové	7 342 569	28 500	770 099

Tabulka 17 - Roční převedené náklady [autor]

10. Vyhodnocení investic

V rámci této kapitoly se zaměřím vyhodnocení možných investic na pořízení a provoz systému automatického sčítání cestujících. Jednotlivé varianty všech firem budou porovnány a následně vyhodnoceny, jak z pohledu technologií, tak i z pohledu financí.

10.1. Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza se používá k výběru nejlepší varianty z několika různých možností. Máme *m* různých možností, které podléhají *n* kritériím. Varianty, které máme na výběr, pro nás představují konkrétní rozhodovací možnosti, které mohou být realizovatelné a zakládají se na nějakém logickém smyslu. Kritéria jsou pak jednotlivá hlediska, podle kterých jednotlivé varianty hodnotíme. Cílem celé metody je najít takovou variantu, která bude podle kritérií optimální. Podle výsledků rovněž můžeme varianty seřadit do nejlepší k nejhorší. [7]

$$Y = \begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} f_1 & f_2 & \cdots & f_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{array}$$

kde:

y_{ij} … hodnocení i-té varianty podle j-tého kritéria Sloupce v matici odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám.

10.2. Kritéria hodnocení

Na základě hodnotících kritérií se rozhoduje o nejvhodnější variantě. Kritéria můžeme dělit podle několika různých hledisek:

- **maximalizační** – nejvyšší hodnota kritéria je nejlepší variantou,
- **minimalizační** – nejnižší hodnota kritéria je nejlepší variantou.

Vždy je nejlepší pracovat s kriteriální maticí, která obsahuje stejné povahy kritérií, tedy všechna jsou maximalizační nebo naopak jsou všechna minimalizační.

Dalším způsob dělení kritérií je podle kvantifikace a to:

- **kvantitativní** – hodnoty je možno objektivně změřit,
- **kvalitativní** – hodnoty není možno objektivně změřit. Hodnoty bývají subjektivně odhadnuty uživatelem. [7]

10.2.1. Pořizovací náklady

U systému APC jsou pořizovací náklady stěžejním kritériem, protože jak firma ABIRAIL CZ, tak i ONE SYSTEM mají velmi podobný způsob pojetí technologií, neboť pro řadu zákazníků je stěžejní právě cena. Náklady na celý systém jsou vysoké a jsou přímo úměrné množství osazených vozidel.

Jedná se o kritérium kvantitativní, neboť jednotlivé hodnoty byly získány matematickým výpočtem. Dále můžeme kritérium zařadit mezi minimalizační, protože je nejnižší hodnota nejlepším řešením.

10.2.2. Časová náročnost montáže

Při osazování systému APC do většího počtu vozidel MHD je toto zásadní kritérium pro plánování jednotlivých montáží. Montáž nelze provést najednou do všech vozidel. V tu chvíli by nebylo město dopravně obhospodařované. Proto se v rámci kritéria určí doba na osazení jednoho typu vozidla, tak že v tomto časovém intervalu budou obsažené veškeré potřebné činnosti. Pokud budeme znát tento časový údaj, bude jednodušší naplánovat modernizaci jednotlivých vozidel.

Jedná se znovu o minimalizační kritérium, protože půjde o co nejnižší časovou náročnost montáže. Rovněž se jedná o kritérium kvantitativní. Doba instalace lze změřit.

Čas montáže je u obou firem odlišný. Především je to zásluhou různého počtu senzorů u jednotlivých variant. U varianty firmy ABIRAIL CZ budeme řešit montáž tří infračervených senzorů, nebo jednoho stereoskopického senzoru v jedno dveřním prostoru. Kdežto u firmy ONE SYSTEM se řeší u obou variant montáž jednoho senzoru do dveřního prostoru. Konktrétně je jedná u firmy ABIRAIL CZ o 64hodin a u firmy ONE SYSTEM o 34 hodin na montáž ACP do jednoho vozidla. [53]

10.2.3. Přesnost měření

Přesnost systému APC je rovněž důležité kritérium, protože od něj se odvíjí celková efektivita celého sčítání cestujících a přesnost celého systému. Přesnosti jednotlivých čidel se pohybují okolo 95%. Senzory firmy ONE SYSTEM mají přesnost 97% pro infračervený, 98% pro stereokamerový senzor. Senzory firmy ABRIAL CZ disponují přesností 95% pro infračervený a 99% pro stereoskopický senzor. Toto kritérium řadíme mezi maximalizační. Zde nám jde o co nejvyšší přesnost.

10.2.4. Vyhodnocovací software

Kritérium pro vyhodnocovací systém je kritérium odrážející se ve výsledné ceně systému. Vyhodnocovací systém totiž dopravnímu podniku slouží k celkové správě dat a možnosti sledovat různé sestavy a přehledy. Tím, že Děčín s touto technologií začíná, je zajisté žádoucí, aby dodavatel APC poskytoval i možnost dodání vyhodnocovacího softwaru.

Toto kritérium zařadíme mezi maximalizační, protože je vhodnější, aby výsledná varianta toto kritérium splňovala. Protože oba dodavatelé tuto službu poskytují, bude kritérium postavené ve smyslu, který z dodavatelů jej poskytne zdarma a který ne. Pro kvantifikaci tohoto kritéria zvolíme dvě základní hodnoty:

- 0 – software je součástí APC a není zdarma,
- 1 – software je součástí APC a je zdarma.

10.2.5. Nezávislost systému

Nezávislost systému znamená, že v případě potřeby je možnost doplnit nebo vyměnit původní senzory od jednoho dodavatele nějakým jiným dodavatele, a to tak, že jednotlivé subsystémy spolu budou spolupracovat. Toto umožnuje komunikační protokol API, kterým disponuje pouze firma ONE SYSTEM.

Kritérium je maximalizační, neboť pro provozovatele je tato možnost lepší v tom, že může efektivněji rozvíjet celý systém a nemusí být vázaný pouze na jednoho dodavatele. Pro kvantifikaci kritéria jsou zvoleny dvě hodnoty:

- 0 – systém je závislý,
- 1 – systém není závislý.

10.3. Stanovení vah kritérií

Pro správné vyhodnocení jednotlivých kritérií je potřeba stanovit váhy hodnotících kritérií. Pro stanovení vah bude použita Saatyho metoda, která určuje kolikrát je jedno kritérium významnější než to druhé. V Saatyho matici kritéria nabývají hodnot od 1 do 9, kdy jednotlivé hodnoty odpovídají:

- 1 – kritéria jsou stejné významná,
- 3 – první kritérium je slabě významnější než druhé,
- 5 – první kritérium je dosti významnější než druhé,
- 7 – první kritérium je prokazatelně významnější než druhé,
- 9 – první kritérium je absolutně významnější než druhé. [55]

Pro snížení preferencí jedné z dvojic můžeme použít hodnoty 2,4,6,8.

V následující tabulce bude konkrétně použita Saatyho matice podle pěti kritérií, které byly v předchozí části popsané. [8]

	Pořizovací náklady	Časová náročnost montáže	Přesnost měření	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
Pořizovací náklady	1	5	5	3	2
Časová náročnost montáže	1/5	1	3	1/5	1/3
Přesnost měření	1/5	1/3	1	1/5	1/3
Vyhodnocovací software	1/3	5	5	1	4
Nezávislost systému	1/2	3	3	1/4	1

Tabulka 18 - Saatyho matice [autor]

Před další výpočtem je nejprve nutné určit, zda je získaná Saatyho matice konzistentní. To zjistíme vypočtením hodnoty I_S pomocí vzorce:

$$I_S = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

kde:

λ_{max}… největší vlastní číslo Saatyho matice

n … počet kritérií [8]

Aby byla výsledná matice konzistentní, musí být výsledek nižší než 0,1. V tomto případě je výsledek 0, takže matice je konzistentní.

Proto můžeme pokračovat k dalšímu kroku, a to výpočtu hodnoty vah. Tu zjistíme prostřednictvím geometrického průměru:

$$G_i = (\prod_{i-1}^{n} s_{ij})^{1/n}$$

kde:

s_{ij}… počet bodů daného kritéria v řádku

n … počet kritérií [8]

Výsledky tohoto výpočtu jsou zaneseny v následující tabulce.

Kritérium	Pořizovací náklady	Časová náročnost montáže	Přesnost měření	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
Váha kritéria	2,825	0,525	0,315	2,091	1,024
Pořadí	1.	4.	5.	2.	3.

Tabulka 19 - Váhy hodnotících kritérií [autor]

Na základě vypočítaných dat z tabulky lze zjistit, že stěžejním kritériem jsou pořizovací náklady. Toto je samozřejmě důležité kritérium, protože pořizovací cena určuje, zda město potažmo dopravní podnik bude schopný celý projekt financovat. Naopak kritérium s nejnižší váhou je přesnost. To je způsobeno tím, že se jednotlivé senzory od sebe příliš neliší.

10.4. Výpočet nejvhodnější varianty

Výpočet nejvýhodnější varianty probíhá pomocí multikriteriální analýzy, ke kterému je třeba sestavit multikriteriální matici. Matice obsahuje jednotlivá kritéria, variant a jejich hodnoty.

Firma / Kritérium		Pořizovací náklady (Kč bez DPH)	Časová náročnost montáže (hod)	Přesnost měření (%)	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
ABIRAIL CZ	Infračervené	5 315 066,00	64	95	0	0
	Stereoskopické	5 636 604,00	64	99	0	0
ONE SYSTEM	Infračervené	7 551 360,00	34	97	1	1
	Stereokamerové	7 342 569,00	34	98	1	1

Tabulka 20 - Kriteriální matice [53]

Pro stanovení hodnot jednotlivých variant použijeme metodu lineárních dílčích užitkových funkcí. Pro výpočet je důležité mít kritéria vždy jednoho typu. Tím, že v multikriteriální tabulce máme různé druhy kvantifikace kritérií, je zapotřebí minimalizační kritéria přepočítat na maximalizační. To dopočítáme tak, že z minimalizačního kritéria vezmeme maximální hodnotu a od té následně odečteme jednotlivé kriteriální hodnoty. Výsledek se nachází v následující tabulce. Přepočítaná kritéria jsou pořizovací náklady a časová náročnost montáže.

Firma / Kritérium		Pořizovací náklady (Kč bez DPH)	Časová náročnost montáže (hod)	Přesnost měření (%)	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
ABIRAIL CZ	Infračervené	2 236 294,00	0	95	0	0
	Stereoskopické	1 914 756,00	0	99	0	0
ONE SYSTEM	Infračervené	0,00	30	97	1	1
	Stereokamerové	208 791,00	30	98	1	1
Kvantifikace		Maximalizační	Maximalizační	Maximalizační	Maximalizační	Maximalizační

Tabulka 21 - Přepočítaná kriteriální matice [53]

Následujícím krokem výpočtu je určení bazálního a ideálního vektoru všech navržených variant. Ideální vektor je nejvyšší hodnota daného kritéria a bazální vektor je naopak minimální hodnota daného kritéria.

Kritérium	Pořizovací náklady (Kč bez DPH)	Časová náročnost montáže (hod)	Přesnost měření (%)	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
Ideální vektro	2 236 294,00	30	99	1	1
bazální vektor	0	0	95	0	0

Tabulka 22 - Bazální a ideální vektor kriteriální matice [53]

Posledním krokem vyhodnocovací metody pomocí multikriteriální analýzy je sestavení normované kriteriální matice. To provedeme podle následujícího vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}$$

kde:

r_{ij}... hodnota v normované matici

y_{ij}... hodnota v přepočítané kriteriální matici

D_j... bazální hodnota

H_j... ideální hodnota [9]

Firma \ Kritérium		Pořizovací náklady (Kč bez DPH)	Časová náročnost montáže (hod)	Přesnost měření (%)	Vyhodnocovací software	Nezávislost systému
ABIRAIL CZ	Infračervené	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Stereoskopické	0,856	0,000	1,000	0,000	0,000
ONE SYSTEM	Infračervené	0,000	1,000	0,500	1,000	1,000
	Stereokamerové	0,093	1,000	0,750	1,000	1,000

Tabulka 23 - Normovaná kriteriální matice [autor]

10.4.1. Metoda WSA

Metoda WSA slouží ke konečnému výpočtu optimálního řešení pomocí váženého součtu. S ohledem na skutečnost, že už známe váhy jednotlivých kritérií, dosadíme je do následujícího vzorce:

$$\sum_{j=1}^{k} v_j \cdot r_{ij}$$

kde:

v_j ... váha kritéria

r_{ij} ... hodnota v normované kriteriální matici [9]

		Vážený součet
ABIRAIL CZ	Infračervené	2,825
	Stereoskopické	2,734
ONE SYSTEM	Infračervené	3,798
	Stereokamerové	4,140

Tabulka 24 - Vážený součet [53]

10.5. Výsledek multikriteriální analýzy

Na základě výsledku z metody WSA se jeví jako nejlepší varianta systému APC od firmy ONE SYSTEM se stereokamerovými senzory.

Jedná se tedy o variantu s jedním senzorem APS-R-POE v každém dveřním prostoru. Senzor rovněž umí zaznamenaný obraz uložit do řídící jednotky. Řídící jednotka je vybavena modulem WIFI a 4G pro odesílání dat v reálném čase. V rámci celého systému je dodáván software na zpracování dat, který je dodáván zdarma. Největším benefitem firma ONE SYSTEM je otevřené rozhraní API.

Celkové náklady na tuto variantu jsou 7 342 569 Kč bez DPH, což je varianta s druhými nejvyššími náklady. Hlavní výhodou oproti variantám od firmy ABRAIL CZ je nezávislost systému, dodání vyhodnocovacího softwaru zdarma a rychlost montáže. A co se týká variant firmy ONE SYSTEM, výhodou stereokamerových senzoru oproti infračerveným je pouze cena a možnost záznamu videa.

Závěr

Tato práce se zabývá tématikou využitím telematiky v MHD. Konkrétně se jedná o propojení Smart City se systémem automatického sčítání cestujících. Hlavním úkolem práce je návrh řešení na pořízení systému APC a také návrh na umístění chytrých zastávek na území města Děčína.

Aby bylo možné navrhnout nějaké řešení, bylo zapotřebí analyzovat současný stav děčínského MHD. K analýze jsem využil projekt Mobilita Děčín, který je součástí plánu udržitelné mobility města. Konkrétně se jednalo o průzkum využívání MHD, kde se zjistilo, že pouze 26 % z 2656 dotázaných využívá časovou jízdenku. Z toho vyplývá, že převážné množství respondentů využívá jinou variantu přepravy než je MHD. Převážně se jedná o jízdní kola a auta. V rámci průzkumu „Povědomost občanů Děčína o Smart City“, který jsem prováděl mezi obyvateli Děčína, vyplynulo, že 42,1% z 271 dotázaných vůbec tento pojem nezná a 55,2% koncept Smart City považuje za nepotřebný a vnímá investice jako přemrštěné.

Na analýzu současného stavu navazuje část týkající se návrhu nového řešení, kde řeším systém APC a chytré zastávky. Systém APC funguje na bázi infračervených nebo stereokamerových senzorů. Jednotlivé senzory jsou umístěny ve dveřním prostoru. U infračervených jsou většinou potřeba tři senzory (závisí na šířce dveřního prostoru) a u stereokamerových většinou postačí jeden senzor. Jednotlivé senzory zaznamenají počty nastupujících a vystupujících cestujících. Data následně odesílají po kabelu do řídící záznamové jednotky. Ta je zpracuje a pomocí WIFI nebo 4G modemu odešle dále do systému, kde se vyhodnotí, zpracují a dále použijí. Jednotky rovněž umí sledovat jízdní data jednotlivých autobusů. Zpracovaná data lze využít například v chytrých zastávkách. Ty disponují zobrazovacím panelem, kde jsou vidět jednotlivé spoje a čas příjezdu. Rovněž jsou vybaveny 4G modemem tak, aby mohly fungovat v reálném čase.

Pro systém APC jsem vybral dva dodavatele, a to firmu ABIRAL CZ s.r.o. a ONE SYSTEM. Oba dva dodavatelé využívají technologii infračervených a stereokamerových senzorů. Rozdíly mezi nimi jsou zejména v ceně a v množství používaných senzorů. Hlavní rozdílem ve prospěch firmy ONE SYSTEM je, že dodává vyhodnocovací software zdarma a využívá protokol API, který umožňuje kombinovat v rámci jednoho řešení více dodavatelů, popřípadě technologií. Pro chytré zastávky jsem vybral dodavatele BUSE s.r.o. na základě toho, že v rámci města již instaloval několik takových zastávek (panelů).

Co se týká systému APC, došel jsem k závěru, že je třeba touto technologií modernizovat 57 vozidel. Z pohledu chytrých zastávek je zapotřebí modernizovat 8 zastávek.

Kapitola ekonomického zhodnocení navrhovaných variant se nejprve zabývá chytrými zastávkami. Celkové náklady na instalaci čtyř jednostranných a čtyř oboustranných panelů je 1 724 000 Kč bez DPH. Jedná se tedy o modernizaci osmi zastávek. Celkové náklady jsou v následující tabulce.

Název zastávky	Směr	Popis	Cena montáže (Kč bez DPH)	Cena panelu (Kč bez DPH)	Cena celkem (Kč bez DPH)
Tyršova	Centrum	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
Masarykovo náměstí	Myslbekova	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
	Autobusové nádraží	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
Hl. nádraží	Centrum	Jednostranný panel	1 x 18 000	189 000	207 000
	Autobusové nádraží	1x jednosranný, 1x oboustranný panel	2 x 18 000	189 000 + 206 000	431 000
Prokopa holého	Teplická	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
	Hl. nádraží	Oboustranný panel	1 x 18 000	206 000	224 000
Celkem					1 724 000

Tabulka 25 - Náklady na zastávky [50] [51]

Jak již bylo výše uvedeno, u systému APC jsou na výběr dva dodavatelé, mezi kterými byly velké rozdíly v pořizovacích nákladech.

Varianta		Investiční náklady (Kč bez DPH)	Roční náklady na údržbu (Kč bez DPH)	Celkové náklady (Kč bez DPH)
Firma	Technologie senzorů			
ABIRAIL CZ	Infračervené	5 315 066	28 500	5 343 566
	Stereoskopické	5 636 604	28 500	5 665 104
ONE SYSTÉM	Infračervené	7 551 360	28 500	7 579 860
	Stereokomerové	7 343 569	28 500	7 372 069

Tabulka 26 - Přehled celkových nákladů APC [53]

Jak je patrné z tabulky, mezi firmami je rozdíl v ceně, a to přibližně 2 mil. Kč bez DPH. Důvodem je, že firma ONE SYSTEM má dražší jednotlivá čidla, a to proto, že mají již v sobě více technologií a umožňují přímo ukládat zaznamenaný obraz do záznamové jednotky.

Při vyhodnocení jednotlivých řešení byla využita multikriteriální metoda. Bylo určeno pět kritérií:

- pořizovací náklady,
- časová náročnost montáže,
- přesnost měření,
- vyhodnocovací software a
- nezávislost systému.

Po posouzení všech těchto kritérií jsem vyhodnotil jako nejlepší variantu od firmy ONE SYSTEM s využitím technologie stereokamerových senzorů. Sice se jednalo o druhou nejdražší variantu, ale ostatní kritéria pro využití této varianty byla důležitější.

Posledním krokem řešení této problematiky je získaná data ze systému APC zpracovat a poskytnout jak vedení města a dopravního podniku, tak i běžným obyvatelů města. Proto je zde řešena množnost napojit systém APC do CityDashboardu. Tím docílíme využití dat nejen pro sledování obsazenosti autobusů, ale tato data se mohou využít i dále v jiných sektorech města.

Podle mého názoru je systém APC z dlouhodobého hlediska přínosný. V současné době město nemá přehled o počtu převezených cestujících. Tím, že dopravní podnik i vedení města budou mít k dispozici taková data, mohou lépe plánovat jízdní řád nebo jednotlivé spoje a tím může tak docházet k finančním úsporám. Mnoho běžných obyvatel nevidí do pozadí celého systému, a proto nemohou objektivně posoudit jeho důležitost a efektivnost. Na druhou stranu v Děčíně je Smart City poměrně novým systémem, a proto teprve čas ukáže správnost rozhodnutí a návratnost investice.

Pro obyvatele města jsou především přínosné chytré zastávky. Díky nim mají cestující na zastávkách informace o jednotlivých spojích a uvidí přesný čas příjezdu včetně zpoždění. Na zastávkách, které nebudou vybaveny touto technologií, budou cestující tyto informace moci sledovat pomocí CityDashboardu přes webový prohlížeč ve svém telefonu. Proto si myslím, že po instalaci celého systému jej ocení i běžní obyvatelé města. Tím, že technologie není mezi lidmi rozšířená, bude chvíli trvat, než si na ni zvyknou a ocení jí.

Zdroje:

[1] HISTORIE, FAKTA A ZAJÍMAVOSTI. In: Idecin.cz [online]. [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: http://www.idecin.cz/o-meste-decin/zakladni-informace

[2] Informace a zajímavosti o městě Děčín. In: STATUTÁRNÍ MĚSTO DĚČÍN: OFICIÁLNÍ WEBOVÝ PORTÁL [online]. 2013 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: http://www.mmdecin.cz/informace-a-historie-mesta

[3] PŘÍVOZY NA LABI. In: DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA DĚČÍNA [online]. 2019 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: https://www.dpmdas.cz/Historie/Privozy_na_Labi.php

[4] MĚSTO A ŽELEZNICE. In: DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA DĚČÍNA [online]. 2019 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: https://www.dpmdas.cz/Historie/Mesto_a_zeleznice.php

[5] ZAČÁTEK AUTOBUSOVÉ DOPRAVY V DĚČÍNĚ. In: DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA DĚČÍNA [online]. 2019 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: https://www.dpmdas.cz/Historie/Prvni_autobusy.php

[6] TROLEJBUSY V DĚČÍNĚ. In: DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA DĚČÍNA [online]. 2019 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: https://www.dpmdas.cz/Historie/Trolejbusy_v_Decine.php

[7] ŠUBRT, Tomáš et al., 2011. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-345-2.

[8] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ, 2010. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 2. přeprac. vyd. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-59-0.

[9] KALČEVOVÁ, Jana, [b.r.]. Kriteriální matice a hodnocení variant. Jana Kalčevová [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-KriterialniMatice.pdf

[10] O Smart City. In: Smart City v praxi [online]. c2012 – 2019 [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/o_smart_city.php

[11] SLOVNÍČEK TERMÍNŮ PRO SMART CITY [online]. c2017 [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: http://www.dotaceeu.cz/getmedia/131652b9-569e-47d1-83ba-ac6d31b1fc9a/Invipo_Dictionary_CS.pdf

[12] BÁRTA, David. JAK SE PUSTIT DO SMART CITY?. In: City:one [online]. 2019, 21.5.2019 [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: https://www.cityone.cz/jak-se-pustit-do-smart-city/t6286

[13] Hradec a Barcelona: pionýři Smart Cities. In: Chytrý region: Královehradecký kraj [online]. 2018, 7. 2. 2018 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: https://www.chytryregion.cz/cs/novinky/2018-02-hradec-a-barcelona-pionyri-smart-cities

[14] Multikanálový odbavovací systém [online]. [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2018/integrovana-doprava-2018/prezentace/beranek_michal_multikanalovy-odbavovaci-system---ict-operator.pdf

[15] DVOŘÁK, Zdeněk. Město Zlín ukáže, jak inteligentní technologie pomáhají lidem. In: OFICIÁLNÍ STRÁNKY STATUTÁRNÍHO MĚSTA ZLÍNA [online]. 2017, 16.5.2017 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: http://www.zlin.eu/mesto-zlin-ukaze-jak-inteligentni-technologie-pomahaji-lidem-aktuality-3642.html

[16] OH. Města sází na „chytré“ aplikace, semafory snižují zpoždění trolejbusům. In: Idnes.cz: Zlínský kraj [online]. 2017, 21.3.2017 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: http://www.zlin.eu/mesto-zlin-ukaze-jak-inteligentni-technologie-pomahaji-lidem-aktuality-3642.html

[17] SLAVÍK, Jakub. Co to je a jak funguje inteligentní město – Smart City. In: Proelektrotechniky.cz[online]. 2015, 27.1.2015 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/38.php

[18] Diagram znázorňující 4 industriální revoluce včetně průmyslu 4.0. In: Proelektrotechniky.cz [online]. 2019 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0#/media/File:Industry_4.0_(cs).png

[19] Průmysl 4.0. In: SIEMENS [online]. c1996-2019 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: https://www.siemens.cz/prumysl40/

[20] POSTRÁNECKÝ, Michal a Miroslav SVÍTEK. Strategie hodnotových inovací: tvorba, rozvoj a měřitelnost inovací. Praha: NADATUR, 2018. ISBN 9788072700585.

[21] POPIS PROJEKTU. In: Czechsmartcitycluster.com [online]. 2016, 13.10.2016 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: http://czechsmartcitycluster.com/codeless_portfolio/smart-city-pardubice/

[22] Vize Prahy roku 2030. In: Smart Prague [online]. 2017 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: https://smartprague.eu/

[23] O PROJEKTU. In: Statutární město Děčín: SUMP[online]. 2017 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: https://www.mobilitadecin.cz/o-projektu

[24] DPMD, [cit. 2018-12-11]. Interní materiály. Děčín: Dopravní podnik města Děčína

[25] DPMD, [cit. 2019-01-11]. Interní materiály. Děčín: Dopravní podnik města Děčína

[26] AUTOWEB.CZ. Autonomní řízení dopodrobna. In: AUTOWEB [online]. 2018, 9.3.2018 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: https://www.autoweb.cz/autonomni-rizeni-dopodrobna-si-predstavit-peti-stupni-automatizace/

[27] SVÍTEK, Miroslav. Chytrá (Smart) Mobilita. In: Czech bcsd [online]. 2016 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: https://www.cbcsd.cz/chytra-smart-mobilita/

[28] HAMALČÍKOVÁ, Kamila. "Mozek" pro chytrá města Invipo usnadňuje život lidem ve Zlíně i v tureckém Izmiru. In: Elektřina.cz [online]. 2017, 13.12.2017 [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: https://www.elektrina.cz/mozek-pro-smart-city-invipo-od-incinity

[29] Invipo [online]. [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: https://www.invipo.com/materials/invipo_brochure_CS.pdf

[30] BÁRTA, David. Chytré pouliční parkování. In: Smart Cities [online]. [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: https://www.scmagazine.cz/casopis/01-13/chytre-poulicni-parkovani_locale_cs/

[31] VOBECKÁ, Kristýna. Chytrá řešení v Brně. In: Obnovitelně.cz [online]. 2018, 28.9.2018 [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: http://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/570/chytra-reseni-v-brne-mesto-ziskalo-zastavku-ktera-umi-zavolat-pomoc/

[32] VEPŘOVSKÁ, Jitka. Chytrých zastávek bude v Děčíně víc. In: Děčínský deník [online]. 2017, 21.9.2017 [cit. 2019-01-12]. Dostupné z: https://decinsky.denik.cz/zpravy_region/v-decine-pribudou-chytre-zastavky-kde-budou-20170921.html

[33] SČÍTÁNÍ CESTUJÍCÍCH. In: Herman elektronika[online]. 2015 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: http://www.herman.cz/produkty/vybava/senzoricke-systemy/scitani-cestujicich/

[34] SLEDOVACÍ JEDNOTKA UCP-02 SYSTÉMU APC. In: Herman elektronika [online]. 2015 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: http://www.herman.cz/produkty/vybava/senzoricke-systemy/scitani-cestujicich/sledovaci-jednotka-ucp-02/

[35] POČET OBYVATEL OBCE DĚČÍN. In: MISTOPISY.CZ [online]. 2019, 1.1.2019 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/370/decin/pocet-obyvatel/

[36] VOJÁČEK, Antonín. POČET OBYVATEL OBCE DĚČÍN. In: MISTOPISY.CZ [online]. 2005, 2.11.2005 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz//clanek/2005110201

[37] POSTRÁNECKÝ, Michal a Miroslav SVÍTEK. Strategie hodnotových inovací: tvorba, rozvoj a měřitelnost inovací. Praha: NADATUR, 2018. ISBN 9788072700585.

[38] VLČEK, R. Strategie hodnotových inovací: tvorba, rozvoj a měřitelnost inovací. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-048-5.

[39] Kreativní destrukce může zaútočit třeba i na vaši firmu, pustťe se do inovací včas. In: Marketingové noviny [online]. 2017, 4.12.2017 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: http://www.marketingovenoviny.cz/kreativni-destrukce-muze-zautocit-treba-i-na-vasi-firmu-pustte-se-do-inovaci-vcas/

[40] O nás. In: ONE SYSTEM s.r.o. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://www.onesystem.cz/o-nas/

[41] Dopravní průzkum Děčín. Praha: NMS MARKET RESEARCH, 2018.

[42] In: Vöv UTP [online]. c2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://www.voev.ch/de/Willkommen

[43] Abirail. In: Abirail [online]. c2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: http://www.abirail.cz

[44] Infrared sensor with glass cover IRS-320R. In: Easy Spares [online]. c2019 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: http://www.abirail.czhttps://easysparesmarketplace.siemens.com/en/Global-Rolling-Stock/Infrared-sensor-with-glass-cover-IRS-320R/p/A2V00002197397

[45] ABIRAIL CZ, [cit. 2019-03-11]. Interní materiály. Brno: ABIRAIL CZ.

[46] IRMA MATRIX. In: Iris [online]. c2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://www.iris-sensing.com/products/irma-matrix/

[47] Connected to IRMA onAir. In: IRMA on Air[online]. c2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: https://www.irmaonair.com/

[48] Náklad. In: TESTY z účetnictví [online]. c2006-2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: http://www.testyzucetnictvi.cz/slovnicek-ucetnich-pojmu.php?pojem=naklad

[49] Inteligentní zastávky. In: BUSE [online]. c2017 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://www.buse.cz/cs/inteligentni-zastavky

[50] Inteligentní zastávky. In: REGISTR SMLUV [online]. c2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://smlouvy.gov.cz/smlouva/5861335

[51] Kupní smlouva – informační panel na zastávce MAD "Hlavní nádraží". In: REGISTR SMLUV [online]. c2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://smlouvy.gov.cz/smlouva/6281727

[52] Technical details. In: Hella Aglaila [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://people-sensing.com/public-transport/#technical-details

[53] VEISEROVÁ, Bc. Veronika. Výběr vhodného systému automatického sčítání cestujících v tramvaji Pražské [online]. Pardubice, 2016 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/67855/VeiserovaV_VyberVhodneho_JN_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Jiří Nožička, Ph.D.

[54] Nákladová metoda. In: Ekonomické otázky[online]. c2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: http://ekonomie-otazky.studentske.cz/2009/02/nakladovou-metodu-pouzivame-pri-ruznych.html

[55] Saatyho metoda. In: Slideplayer [online]. c2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/3193934/

[56] PRIBOR 3M. In: Kurzycz [online]. c2000-2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/tabulka-2-urokove-sazby-financnich-trhu/pribor-3m/

Seznam obrázků:

Obrázek 1 – Děčínský zámek [1] 12

Obrázek 2 - Historické město Děčín [1] 12

Obrázek 3 – Průmysl [1] 13

Obrázek 4 – Pastýřská stěna [1] 13

Obrázek 5 – historický přívoz Děčín [3] 14

Obrázek 6 – železniční trať Podmokly [4] 14

Obrázek 7 – železniční most přes Labe [4] 15

Obrázek 8 – historický autobus v Děčíně [5] 16

Obrázek 9 – trolejbus v Děčíně [6] 17

Obrázek 10 – autobus v Děčíně [6] 17

Obrázek 11 - Kondratěvovy cykly [37] 19

Obrázek 12 – Uživatelské prostředí Invipo [28] 33

Obrázek 13 – Chytrá zastávka – pohled na monitor [31] 35

Obrázek 14 – Chytrá zastávka Moravské náměstí [31] 35

Obrázek 15 - Inteligentní panel zastávka Tyršova [32] 36

Obrázek 16 - Složení vzorku průzkumu [41] 38

Obrázek 17 - Dopravní prostředky [41] 39

Obrázek 18 - Vlastnictví časových jízdenek (domácnosti) [41] 39

Obrázek 19 - Vlastnictví časových jízdenek (mapa) [41] 40

Obrázek 20 - Vlastnictví časové jízdenky (jednotlivci) [41] 40

Obrázek 21 - Vlastnictví časových jízdenek 2. část (jednotlivci) [41] 41

Obrázek 22 - Dostupnost MHD (domácnosti) [41] 41

Obrázek 23 - Linkové vedení MHD Děčín (2012) [24]..... 44

Obrázek 24 - Linkové vedení (2013) [24]..... 45

Obrázek 25 - Linkové vedení MHD Děčín (2017) [24]..... 45

Obrázek 26 Zaměření cestujícího [42] Obrázek 27 – Senzor AIR [42] 48

Obrázek 28 – Schéma APC [33]..... 49

Obrázek 29 - Informační panel BUSE [49]..... 52

Obrázek 30 - Grafické znázornění snímání [46]..... 54

Obrázek 31 - IRMA onAir [47]..... 54

Obrázek 32 - Senzor APC-R-POE [52]..... 55

Obrázek 33 - Schéma zapojení [46] 56

Obrázek 34 - Čidlo IRS-320 [45]..... 57

Obrázek 35 - Napojení čidla do systému [45] 58

Obrázek 36 - Počet čidel v závislosti na šířce dveří [45] 58

Obrázek 37 - stereoskopický senzor [45]..... 58

Obrázek 38 - Systém sčítání osob [45]..... 59

Obrázek 39 - Datový koncentrátor [45] 59

Obrázek 40 - Systém PCU [45] 60

Obrázek 41 – Návrh umístění chytrých zastávek (výřez) [24] [autor] 61

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Obeznámenost respondentů s jednotlivými prvky Smart City [autor] 42

Tabulka 2 - Obeznámenost respondentů s jednotlivými prvky Smart City v Děčíně [autor] .. 42

Tabulka 3 - Vnímání současného rozvoje Smart City [autor] 43

Tabulka 4 - Vozový park DPMD [25] 46

Tabulka 5 – Vývoj počtu obyvatel v Děčíně [35] 47

Tabulka 6 - Počet přepravených osob 2016 [25] 47

Tabulka 7 - Počet přepravených osob 2017 [25] 47

Tabulka 8 - Počet přepravených osob 2018 [25] 47

Tabulka 9 - Počet senzorů [autor] 62

Tabulka 10 - Náklady na zastávky [50] [51] 65

Tabulka 11 - ABIRAIL CZ počet senzorů [autor] 67

Tabulka 12 - AIRAIL CZ pořizovací náklady infračervené senzory [53] 68

Tabulka 13 - AIRAIL CZ pořizovací náklady stereokamerové senzory [53] 69

Tabulka 14 - ONE SYSTEM počet senzorů [autor] 70

Tabulka 15 - ONE SYSTEM pořizovací náklady infračervené senzory [53] 71

Tabulka 16 - ONE SYSTEM pořizovací náklady stereokamerové senzory [53] 71

Tabulka 17 - Roční převedené náklady [autor] 73

Tabulka 18 - Saatyho matice [autor] 77

Tabulka 19 - Váhy hodnotících kritérií [autor] 78

Tabulka 20 - Kriteriální matice [53] 79

Tabulka 21 - Přepočítaná kriteriální matice [53] 79

Tabulka 22 - Bazální a ideální vektor kriteriální matice [53] 79

Tabulka 23 - Normovaná kriteriální matice [autor] 80

Tabulka 24 - Vážený součet [53] 80

Tabulka 25 - Náklady na zastávky [50] [51] 83

Tabulka 26 - Přehled celkových nákladů APC [53] 83

Seznam příloh

1) Dopravní průzkum Děčín