

Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

Katedra aplikované ekonomie a ekonomiky

Bakalářská práce

Moderní prvky řízení dopravy a jejich využití v městských aglomeracích

Vypracoval/a: Markéta Dlouhá

Vedoucí práce: Ing. Jiří Alina, Ph.D.

České Budějovice 2024

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Markéta DLOUHÁ**
Osobní číslo: **E21177**
Studijní program: **B0411A050005 Finance a účetnictví**
Téma práce: **Moderní prvky řízení dopravy a jejich využití v městských aglomeracích**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované ekonomie a ekonomiky**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je zhodnocení využívání moderních prvků řízení dopravy v městských aglomeracích na základě provedené analýzy. Zaměření analýzy bude na ekonomické aspekty a financování prvků řízení dopravy.

Osnova:

1. Úvod a cíl práce.
2. Literární přehled – moderní prvky řízení dopravy, ITS (intelligent transport systems)
3. Moderní prvky řízení dopravy ve vybrané městské aglomeraci
4. Financování moderních prvků řízení dopravy
5. Analýza moderních prvků řízení dopravy ve vybrané městské aglomeraci
6. Zhodnocení moderních prvků řízení dopravy

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- Marada, M. (2010). *Doprava a geografická organizace společnosti v Česku*: Miroslav Marada a kol. Česká geografická společnost.
Svítek, M., & Postránecký, M. (2018). *Města budoucnosti*. Nadatur.
Peková, J. (2011). *Finance územní samosprávy: teorie a praxe v ČR*. Wolters Kluwer Česká republika.
Schmeidler, K. (2010). *Mobilita, transport a dostupnost ve městě*. Key Publishing.
Small, K., & Verhoef, E. (2007). *The economics of urban transportation*. (xvi, 276 s.) London: Routledge.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Alina, Ph.D.

Katedra aplikované ekonomie a ekonomiky

Datum zadání bakalářské práce: 19. ledna 2023
Termin odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2024



doc. RNDr. Zuzana Dvořáková Lišková, Ph.D.
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 13
370 05 České Budějovice



prof. Ing. Eva Kislingerová, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 13. března 2023

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce
panu Ing. Jiřímu Alinovi, Ph.D., především za jeho trpělivost a cenné rady.
V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za nesmírnou podporu a motivaci.

Markéta Dlouhá

Obsah

1. Úvod a cíl	9
2. Literární rešerše	11
2.1. Doprava	11
2.2. Řízení dopravy	18
2.3. Vybrané prvky ITS silniční dopravy	23
3. Metodika	33
4. Praktická část	36
4.1. Vybrané společnosti	36
OMEXOM GA ENERGO	36
CITIQ	37
VARS	38
SPEL	39
4.2. Financování prvků ITS v městských aglomeracích	42
4.3. Vyhodnocení moderních prvků řízení dopravy v městských aglomeracích	46
4.3.1. České Budějovice	50
4.3.2. Hradec Králové	54
5. Závěr	59
6. Summary	61
7. Seznam použitých zdrojů	62
8. Seznam obrázků a tabulek	65
9. Seznam příloh	66
10. Přílohy	67

1. Úvod a cíl

Ve většině zemí dochází k enormnímu rozvoji dopravy, a to především té silniční. Jinak tomu není ani v České republice, kde nastal největší zlom přibližně okolo roku 1990. Tato expanze způsobila rychlý nárůst počtu vozidel na dopravních komunikacích, přičemž celkový chod dopravy se postupně zhoršoval a kapacita vozovek by v průběhu času nedokázala pojmout takové množství. Snižovala se nejenom plynulost a bezpečnost osobní dopravy, ale především i její rychlost, což by vzhledem ke skutečnosti, že osobní přeprava byla vždy považována za nejrychlejší z pozemních druhů dopravy, znamenalo značné potíže.

Jelikož jsou v České republice na některých místech dodnes snahy o dobudování odpovídající infrastruktury, která bude splňovat základní požadavky současnosti, dopravní možnosti jsou stále docela omezené. V zájmu země by však mělo být, s ohledem na fakt, že se jedná o dopravní tepnu přepravy zboží, zajistit dostupné komunikace odpovídající kvality.

Rozvoj inteligentních dopravních systémů značně napomáhá ve zlepšení situace. Prvky ITS představují zařízení zabudovaná přímo na komunikacích, komunikační prostředí, poskytování informací a řízení dopravy pomocí technologií. Těmto systémům se podrobněji věnuje bakalářská práce, kde jsou uvedeny i vybrané společnosti poskytující prvky ITS a také zdroje financování.

Cílem bakalářské práce je zhodnocení využívání moderních prvků řízení dopravy v městských aglomeracích na základě provedené analýzy. Zaměření analýzy je na ekonomické aspekty a financování prvků řízení dopravy. Z problematiky financování jsou uvedeny především zdroje financí, které plynou z velké části z dopravních fondů a programů. Analýza zaměřená na ekonomické aspekty má za hlavní cíl zjistit změnu plynulosti dopravy, respektive zrychlení dopravního toku. Přínosy z těchto změn jsou následně vyčísleny v podobě úspory externích nákladů pro účastníky dopravy. Uspořený čas je zároveň oceněn v částce, kterou by jinak cestující mohli získat v pracovním procesu. V neposlední řadě je zde zmínka i o bezpečnosti, která je vyjádřena porovnáním počtů dopravních nehod za dvě období.

Moderní systémy zajišťují především udržitelnost dopravy do budoucna. Zlepšují plynulost dopravních toků pomocí eliminace kolon, tím dochází i ke zvětšení kapacit na komunikacích a využití plného potenciálu vozovek. S tím jsou spojené i zmírněné dopady na životní prostředí, což je také ve spojitosti s dopravou velice diskutované téma. Nejenže dochází k omezení vypouštění škodlivých látek do ovzduší, což je významným problémem především v městských aglomeracích, ale zabraňuje se například i hluku či vibracím.

Náklady vynaložené na budování ITS se ve většině případů vrátí právě ve formě přínosů z chodu dopravy, ale i třeba skrze zvýšení příjmů do rozpočtů měst, což se týká zpoplatnění některých prvků za jejich užívání.

Rozvojem prvků inteligentních dopravních systémů je možnost zajistit spolehlivý chod dopravy na desítek let dopředu.

2. Literární rešerše

Bakalářská práce se zaměřuje na dopravní téma, které je vztaženo na silniční dopravu. Uvedení vývoje dopravy a představení některých dopravních pojmů je důležité pro lepší orientaci v dalších částech práce.

2.1. Doprava

Již od historie je přemísťování nezbytnou součástí života každého jedince. Prvním dopravním prostředkem bylo kolo, díky kterému se začaly poprvé v Římě budovat upravované cesty. S vývojem společnosti, především dělby práce, se potřeba přepravy stupňovala, což vedlo i k rozvoji samotné dopravy do podoby, jak ji známe dnes. Obecně je pojem doprava definován jako pohyb prostředků po dopravní cestě. Podle toho, zda se jedná o přepravu osob či věcí, dělíme dopravu na osobní a nákladní. (Eisler, 2000)

Doprava v minulosti sloužila zejména pro překonávání vzdáleností. Je charakterizována jako přemísťování osob nebo věcí za pomoci rozmanitého počtu dopravních prostředků v čase a prostoru. Dnes ji můžeme označit jako ekonomicky sociální faktor rozvoje. Umožňuje lidem poznat svět, nefunguje už tedy jen primárně pro nezbytnou potřebu přepravy například do zaměstnání. Dokáže zvládnout tři důležité bariéry hospodářské činnosti – příležitosti, prostor a čas. (Zelený, 2004)

Podle Touška (2009) můžeme dopravu historicky datovat do čtyř fází. V prvním období v rozmezí od 11. až do 16. století docházelo k rozvoji především pobřežní a říční dopravy, která umožňovala cestování mezi severní Evropou a oblastmi ve středozemní pomoci vnitrozemských řek. Další období od 16. do 18. století je ve znamení plaveb na otevřeném moři. Tento pokrok zajišťuje možnost spojení mezi Evropou a pobřežními oblastmi Indie, jihovýchodní Asie a Afriky. Třetí období, tedy počátek 19. století až polovina 20. století, má za následek spojení říční, námořní a železniční infrastruktury ve vnitrozemí. Nejvíce dominantním a důležitým prvkem rozvoje je železniční doprava. Je nově také možností interakcí mezi Evropou a severní Amerikou. Období se vyznačuje přepravou osob a substrátů na velké vzdálenosti. Poslední období je datováno od poloviny 20. století do současnosti. Dochází ke vzniku více oborů

dopravy, z nichž největší obsazení představuje doprava silniční a letecká. Dnes je dopravní sektor velice rozmanitý, konkurenční, a zároveň nabízí obslužnost téměř pro všechny uživatele.

Právě v silniční dopravě je patrný neustálý rozvoj a nárůst, který v dnešní době způsobuje problém z pohledu vyřízení dostupných kapacit infrastruktury především v hustě obydlených oblastech či místech s větším počtem ekonomických aktivit. Negativní dopad se projevuje i na životním prostředí a zvyšuje se celková rizikovitost provozu. Ke zpomalení této expanze nepomáhá ani fakt, že motoristé využívají komunikace jako veřejný statek a neplatí tedy úplné náklady za používání. Výsledkem je tedy neustálá tendence růstu poptávky a nutnost rozšiřování kapacit, s čímž se samozřejmě pojí i otázka na úhradu těchto nákladů. (Toušek, 2009)

Dle zákona o pozemních komunikacích se pozemní komunikací rozumí dopravní cesta sloužící silničním a jiným vozidlům, případně chodcům, jejíž součástí jsou pevné části zajišťující správný chod a bezpečnost provozu. Pozemní komunikace je dělena na místní komunikace, silnice, dálnice a účelové komunikace.

Dálnicí se rozumí pozemní komunikace, která je určena na rychlé dálkové a mezistátní cesty pomocí silničních motorových vozidel. Je tvořena bez úrovnových křížení, obsahuje samostatné plochy pro vjezd a výjezd a má směrově oddělené jízdní pruhy. Rozdělení dálnic na I. a II. třídu je podle jejich dopravního významu a určení. Na tento typ komunikace je povolen přístup pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž maximální rychlost není pod limitem, který stanoví zvláštní předpis.

Silnice je dalším typem pozemní komunikace, která je veřejně přístupná pro silniční i jiná vozidla včetně chodců. Větší množství silnic tvoří tzv. silniční síť. I silnice rozdělujeme podle dopravního významu a podle svého určení do tří základních tříd. Silnice I. třídy slouží pro mezistátní a dálkovou dopravu. Pro meziokresní dopravu jsou určeny silnice II. třídy, silnice III. třídy fungují zejména pro propojení obcí či jejich napojení na jiné pozemní komunikace.

Místní komunikace je typická veřejně přístupná komunikace na území dané obce. Její rozdělení spočívá podle určení, dopravního významu a stavebně technického vybavení do čtyř tříd.

Účelová komunikace spojuje nemovitosti na žádosti vlastníků. Také plní funkci při obstarávání lesních nebo zemědělských pozemků. Jedná se i o komunikaci v uzavřeném prostoru, kde není přístup pro veřejnost a její rozsah a způsob určuje provozovatel nebo vlastník objektu.

Silnice I. třídy a dálnice jsou ve vlastnictví státu, u silnic II. a III. třídy je to kraj, ve kterém se komunikace nacházejí. Místní komunikace spadají pod jednotlivé obce. U účelových komunikací může být vlastníkem buď fyzická nebo právnická osoba. Správu dálnic a silnic I. třídy má za úkol pověřené Ředitelství silnic a dálnic s. p. (*Zákon č. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích, c2010*)

Subjekty dopravního sektoru

Do dopravního sektoru patří 4 základní skupiny subjektů, jimiž jsou:

- přímí uživatelé dopravy,
- operátoři dopravy,
- infrastrukturní agentury,
- vláda.

První skupina obsahuje přepravce a cestující, kteří si svoji přepravu zajišťují nákupem dopravních služeb, nebo využívají dopravních prostředků vlastních. Přímí uživatelé dopravy jsou zásadním subjektem v dopravním sektoru, neboť vytvářejí poptávku po službách dopravy a tím zároveň formují nabídku těchto služeb. Celková problematika, která v dopravě existuje, je způsobena právě chováním uživatelů a jejich volbě přepravy. Nabídka služeb pochází ze strany podnikatelských subjektů (operátorů výroby), které jsou buď přímo dopravní společnostmi, nebo přepravu zajišťují a s dopravci komunikují jménem svých klientů. Infrastrukturní agentury jsou vlastníci a správci komunikací, jejichž nabídka spočívá v zajištění dostatečných kapacit a údržby dopravních cest. Mimo jiné se starají o zajištění bezpečného provozu a poskytují rozmanité služby pro uživatele i operátory dopravy. Vláda vytváří dopravní politiku, skrze kterou navrhuje obecné podmínky činnosti, dlouhodobé cíle rozvoje v dopravě, a garantuje opatření mezinárodních smluv a podobných dohod. (Toušek, 2009)

Intenzita dopravy

Intenzita dopravy je stěžejním ukazatelem z pohledu vytíženosti komunikace. Vyjadřuje se na daném úseku pozemní komunikace pro počet vozidel v obou směrech za 24 hodin jako tzv. roční průměr denních intenzit (RPDI). Je měřena sčítáním automatickým, ale i ručním. Ke sčítání dochází v pravidelných pětiletých cyklech, kdy se provádí celostátní sčítání v ČR. Kromě tohoto způsobu je využíváno i automatických sčítačů, které jsou umístěné na vybraných místech silnic a dálnic. Ve zjišťování intenzity dopravy se mohou využít také moderní telematické systémy. Další alternativou je systém výkonového zpoplatnění s kamerovými systémy. Tímto způsobem se zaznamenávají i typy projíždějících vozidel. Pro výzkum problematiky je však nejdůležitější počet vozidel daného úseku z obou směrů za den. Z výsledků se rozhoduje o dalším plánování na komunikacích, respektive jejich rozšiřování či budování nových. Na základě nasbíraných dat lze předpovídat intenzitu dopravy do budoucna až na několik desetiletí.

Zaznamenávání intenzity dopravy silnic a dálnic všech tříd v ČR provádí Ředitelství silnic a dálnic ČR. Jen ve městě Praha sčítání zajišťuje Technická správa komunikací hlavního města Prahy – Úsek dopravního inženýrství. Odlišná metodika sčítání těchto institucí způsobuje občasně rozdíly ve výpočtech na okrajích Prahy, kde se vzájemně překrývají. Dalším rozdílem je, že Ředitelství silnic a dálnic do výpočtů zahrnuje veškeré dny v roce, zatímco pražská instituce počítá jen s pracovními dny. (*Intenzity dopravy*, c2002)

Ledvinová (2008, s. 69) říká, že „intenzita dopravy je definována jako počet vozidel, která projdou daným profilem komunikace za jednotku času. Je ovlivněná dopravními, staveními a povětrnostními podmínkami. Maximálních intenzit dopravního proudu je dosahováno při poměrně malých rychlostech v rozmezí mezi 35–45 km.h⁻¹.“

Kapacita dopravy

Kapacita dopravy se určuje pomocí maximálního objemu přepravy, který je schopna vozovka v daném místě a podmínkách pojmout za určité období. Měří se v tunových a osobových km, mohou se použít i převedené tunové km.

Základní prvky, které ovlivňují kapacitu dopravy:

- kvantitativní – kolik vozidel se vyskytuje na cestách za daný časový úsek a jaká je kapacita vozidel v určeném čase,
- kvalitativní – podle charakteru a druhu přepravy, přepravní rychlosti, pohotovosti, bezpečnosti, pravidelnosti a pohodlnosti. (*Kapacita dopravy*, c2011)

Michaela Ledvinová (2008, s. 69) definuje kapacitu komunikace jako „přípustnou intenzitu odpovídající konkrétním stavebním a dopravním podmínkám a požadované jízdě rychlosti. Maximální hodnot kapacity pozemních komunikací je tedy možné dosáhnout při ideálních dopravních, stavebních a povětrnostních podmínkách.“

Mobilita

Nedílnou součástí dopravy je pojem mobilita, která vyjadřuje co nejefektivnější přesun z jednoho místa na druhé a zároveň souvisí s kapacitami komunikací, respektive s jejich rozšiřováním, a rychlejšími dopravními prostředky.

S ohledem na mobilitu se diskutují zlepšení hlavně v oblastech:

- redukce znečištění,
- regulace provozu,
- zvyšování bezpečnosti,
- snižování hluku,
- časové náročnosti přemístění,
- snižování přepravních nákladů.

Ukázkovým příkladem je situace, kdy řidiči hledají parkovací místa. Častokrát zbytečně ztrácí mnoho času, mohou tvořit dopravní zácpy, a v neposlední řadě způsobují znečišťování prostředí zvyšováním emisí CO₂. Řešením tohoto problému je parkovací systém, který umožňuje zlepšení parkování nejen v parkovacích domech, ale i na veřejných prostranstvích. Jde především o možnost přidělování a rezervaci míst za určitých podmínek – o jakou se jedná lokalitu, čas, aktuální stav dopravy a kdo by měl být uživatelem. (Svítek & Postránecký, 2018)

Dopravní tok

Provoz na komunikacích lze popsat dvěma základními proměnnými, což je hustota a rychlost. Hustotou provozu se rozumí počet vozidel na silnici v daný moment a na daném úseku. Dopravní tok je tedy buď volný, nebo neprůjezdny. Ovlivnění toku je způsobeno skrze chování řidičů, kteří na silnicích jednají podle aktuálního počasí či dopravních informací. Ať už tedy na motoristy působí klimatické podmínky, záměrné řízení provozu, nebo třeba rozšíření komunikace, má to následný dopad na vývoj dopravního toku. Samotná teorie dopravního toku zahrnuje určité charakteristiky a analytické metody. Pod pojmem charakteristika je kapacita silnic, rozložení rychlosti jízdy a vztah mezi dopravním tokem a hustotou. Z pohledu analytických metod se zkoumá teorie dopravních vln (Stop and Go efekt) a mikroskopické simulační modely, které se zabývají jednáním řidičů na vozovce při interakci s jiným vozidlem. Makroskopické modely sledují průměrný stav provozu. (Annema et al., c2013)

Budoucí vývoj dopravy

V průběhu let se očekává neustálý nárůst všech druhů dopravy, nejvýznamnější, již zmíněný, u dopravy silniční. V této problematice existují dvě teorie. Jedna zastává názor skutečně zvyšující se hustoty dopravy, druhá vysvětluje věnovaný čas v dopravě jako konstantní. Tím naznačuje, že pokud motorista denně stráví na komunikacích průměrně 1,5 hodiny a zvýší se jeho potřeba kvůli delším cestám, jediným východiskem je rychlejší jízda automobilů. To znamená zvyšování kapacit budováním dálnic a výstavbou tunelů pro zamezení zdlouhavých objížděk. Jako další jsou možná zrušení některých úseků s omezenou rychlostí a neustálé zvyšování rychlosti dopravních prostředků.

Vývoj se zdá nezastavitelný, z těchto důvodů by mělo docházet ke spolupráci mezi jednotlivými dopravními obory a k zavádění potřebných restrikcí. Od pravidla nejkratší trasy se pravděpodobně bude přecházet k pravidlu trasy, která nabízí dostatečnou kapacitu. Řidiči budou muset mít dobré znalosti ohledně počítačů a technologií vůbec, protože právě inteligentní dopravní systémy budou sledovat a informovat o možnostech průjezdu, o dopravních zácpách, kolizích, a o celkovém stavu na komunikacích. Další důležitá znalost by měla být ohledně charakteristiky dopravního proudu, což znamená vztahy mezi rychlostí, kapacitou, hustotou a intenzitou provozu. Budou tak přispívat k plynulejší a rychlejší dopravě.

Moderní prvky infrastruktury způsobují, že čím dál tím méně jsou dopravní prostředky závislé na rozhodnutí řidiče, ale jsou ovládány spíše moderními technologiemi. (Schmeidler, 2010)

2.2. Řízení dopravy

Hlavním cílem inteligentních dopravních systémů je optimalizace dopravy, což způsobuje zrychlování dopravních toků, zlepšení ekologických dopadů, zvýšení bezpečnosti, spokojenosti a podobně. Následující kapitola představuje jejich rozvoj, obecné fungování a rozdělení.

Intelligent transport systems (ITS)

Inteligentní dopravní systém koordinuje s informační a telekomunikační technologií. Jeho hlavním cílem je zajistit rychlejší přepravu, zvýšit bezpečnost cestujících a v neposlední řadě dopřát komfort účastníkům dopravy.

Základní funkce ITS:

- management bezpečnosti – představuje existenci bezpečnostních a záchranných prostředků v dopravě,
- platby elektronickou formou – jedná se především o zpoplatněnou infrastrukturu,
- zajišťování procesů v dopravě – koordinace dopravy, správa infrastruktury,
- podpora dopravy cestujících – informace poskytnuté před zahájením i během cesty, navigace,
- kontrola dodržování předpisů,
- dopravní databáze – registr s daty.

Management dopravy je komplexní systém, ve kterém hraje klíčovou roli efektivní sběr dat z více zdrojů a jejich následná správná integrace. Mezi klasické zdroje se automaticky řadí dopravní senzory, existuje ale i řada jiných zdrojů, jako jsou například plovoucí nebo kooperativní vozidla, záznamy signálů z mobilních telefonů, snímky ze satelitů a další.

Do zpracování dat zasahují automatizované systémy společně s lidským faktorem. Nedílnou součástí by měly být také úvahy a znalosti plynoucí z příslušných dat a jejich následný management. Dále je potřeba spojit řídicí centrum s ostatními systémy. (Svítek & Postránecký, 2018)

Velká města jsou opatřena systémy, které sledují a zaznamenávají dopravní situace. Základem těchto individuálních zařízení je řídicí centrum, ve kterém se promítá veškerá zaznamenaná aktivita na komunikacích a vyhodnocuje se intenzita provozu.

Vzhledem k aktuální situaci dochází buď k mechanické nebo automatické úpravě dopravy skrze signální plány SSZ (světelné signalizační zařízení). Jako součást se zde nachází i informace z datového centra, které vypovídají například o nehodách, různých kolizích, o obsazenosti parkovišť apod.

Řídící centrum má za úkol:

- monitorovat světelné křižovatky a sledovat na ní umístěné detektory – tj. zajišťovat základní informace pro řízení dopravy,
- následně řídit provoz na křižovatkách světelné signalizace,
- sbírat data, jako jsou:
 - intenzita dopravy, její obsazenost, přibližné délky dob na znamení volno nebo stůj (pro analýzu dopravního toku a tvorbu budoucích signálních plánů),
- zaznamenávat a archivovat provozní a chybová hlášení,
- online vizualizovat křižovatky a vytvořené signální plány pro lepší přehled a možné nalezení lepších dopravních řešení. (Čapka, 2021)

Evropská unie usiluje o dopravní systém, který bude prospěšný jak pro občany, tak pro obchod, a umožní jednodušší propojení mezi jejími jednotlivými částmi. Zavádí tedy Inteligentní dopravní systém, jehož hlavním cílem je splnit dílčí cíle EU v oblastech bezpečnosti, ekologie, hospodárnosti, a zároveň dosáhnout udržitelného rozvoje přepravy. Vývojem ITS chce do budoucna zasáhnout nejlépe všechny členské státy EU. Některé státy tak mají možnost integrace svých současných dopravních systémů.

Nejdůležitější cíle EU z pohledu problematiky ITS:

- zajistit služby vedoucí ke zlepšení kontroly a řízení silniční dopravy, poskytovat informace o dopravních zácpách, navigaci, platbách přes internet a bezpečnosti,
- vytvořit vyspělou a sjednocenou síť vysokorychlostních vlaků v železniční dopravě,
- v dopravě letecké efektivně využívat vzdušný prostor, fungovat na základě požadavků v ohledu řízení, kontroly a plánování přepravy, a také sjednotit postupy a pokud možno vybavení dodavatelům letecké dopravy,

- v námořní dopravě se jedná především o systémy informující o připlouvání a odplouvání, dále zajistit vyšší bezpečnost díky možnému spojení mezi přístavní a pobřežní linkou, a v neposlední řadě možnost navigace z pevniny,
- obecně integrace dosavadních zařízení v oblasti řízení provozu pro veškeré dopravní oblasti. (Zelený, 2004)

Řízení dopravy ve městě

Cílem inteligentního systému dopravy je nejen již zmíněná plynulost a bezpečnost provozu, ale také snižování emisí a udržitelnost měst, známá pod pojmem Green ITS.

Vybudování nových technologických pokroků je v dnešní době záležitost několika měsíců, avšak potenciál těchto technologií bude dříve či později vyčerpán. Je tedy potřeba neustále reagovat na rozvíjející se dopravu.

Jednou z variant je například systém elektronického mýtného, který nabízí levnější průjezd v nočních hodinách pro regulaci hustoty provozu přes den nebo třeba zvýhodňuje šetrnější dopravu k životnímu prostředí ve městech. Nicméně ani tato regulace nebude do budoucna stačit.

Dalším konkurenceschopným regulačním nástrojem může být rozvoj veřejné hromadné dopravy, především železniční. Pokrok v železničních sítích by měl spočívat hlavně ve zvýšení kapacit na přepravu, celkovém zrychlení spojů, jejich návaznosti a komfortu cestujících.

Do budoucna je očekáván vznik tzv. multimodální jízdenky, která bude zajišťovat tu nejrychlejší možnost cestování veřejnou osobní dopravou po celé České republice. Bez ohledu na trasu nabídne nejlépe navazující spoje od různých dopravců pro komfortní a rychlý přesun. Tato představa by se měla týkat veškeré veřejné dopravy spolufinancované z veřejných rozpočtů. (Svítek & Postránecký, 2018)

Současným trendem je neustálý vývoj veškerých oborů dopravy, avšak s rozdílnými tempy růstu. Konkrétně u automobilové dopravy dochází k enormnímu vzrůstu, oproti tomu například železniční přeprava spíše stagnuje. Ve spojitosti s tím dochází i k obrovskému rozmachu individuální automobilové dopravy, která je dnes velkým trendem. Nelze ovšem opomenout ekonomické kontraproduktivní dopady tohoto nerovnoměrného rozvoje, jako jsou zejména ekologické a kapacitní problémy. Dochází

k finančně náročným výstavbám tunelů a k celkovému rozšiřování pozemních komunikací, které bohužel nedokážou plnohodnotně napravit vzniklou situaci. Hlavní předností individuální dopravy je rychlost, ale realitou jsou dopravní zácpy ve městech a celkové zpomalení dopravy. Proto se ukazují tendence tíhnoucí k hromadné dopravě, která sice zdaleka nedosahuje takového rozvoje, ale zajišťuje poměrně pohodlnou a rychlou přepravu z důvodu využívání dopravních cest, které jsou zcela nezávislé. (Zelený, 2004)

Nadměrná poptávka po osobní dopravě způsobuje ekologické, sociální i prostorové přetížení. Často bývá uměle vyvolaná rozhodnutím uživatelů, kteří z volně dostupných komunikací těží jako z veřejných statků, na které neplatí odpovídající náklady za spotřebu. Experti konstatují, že co se týče dopravy ve velkoměstech, do budoucna nelze zajistit finančně dostupné a politicky možné řešení. Již zmiňovaná hromadná doprava je krátkodobým východiskem, na které se nelze spolehnout kvůli nákladům na provoz, údržbu, a veškerým ostatním souvisejícím investicím. (Pernica, 2001)

Petr Pernica a spol. (2001) ve své knize uvádí, že *„zajištění kvality služeb obdobné kvalitě poskytované individuální dopravou by v konsolidovaných, tj. funkčně výkonných oblastech velkých měst vyžadovalo buď ohromné investice (např. automaticky řízené metro) nebo velmi nákladný provoz (park autobusů vyhovující jak kolísání přepravních proudů, tak ekologii).“* (s. 41)

Základní rozdělení ITS v městském prostředí

Škála členění prvků ITS je velice široká, přibližnou konstrukci zobrazuje následující rozdělení.

Systemy řízení dopravy – v tomto okruhu se nachází systémy pro detekci dopravních kolon, obecné monitorování dopravního provozu, koordinaci světelných křižovatek či ovládání informačních proměnných tabulí pro řidiče.

Inteligentní semaforey – světelná zařízení, která zaznamenávají aktuální provoz a nastalým situacím se přizpůsobují pro optimalizaci dopravního toku.

Systemy sledování provozu – to zahrnuje zejména kamerové systémy a senzory, jejichž záznamy slouží pro informování o aktuální situaci na vozovkách a o současném stavu komunikací.

Informační systémy pro cestující – fungují skrze vytvořené webové platformy či mobilní aplikace, kde cestující získávají aktuální informace o veřejné dopravě, včetně dojezdových časů, zpoždění, objížďkách a další.

Systémy pro optimalizaci veřejné dopravy – jsou to především GPS technologie, které monitorují a následně řídí veřejnou dopravu, hlavním účelem je zajištění spolehlivosti a efektivity.

Inteligentní parkovací systémy – jádrem jsou dopravní senzory, které zaznamenávají dostupnost parkovacích míst a tyto informace jsou dále předávány motoristům skrze informační tabule nebo mobilní aplikace.

Technologie pro bezpečnost – využívání senzorů a kamerových systémů pro sledování bezpečnosti na komunikacích včetně pozorování chování chodců, zároveň pro informování o dopravních kolizích. (OpenAI, 2023)

2.3. Vybrané prvky ITS silniční dopravy

Představení funkcí a vlastností systémů je nejdůležitější část pro pochopení jejich užitečnosti. Prvky ITS jsou hojně zastoupeny v městských aglomeracích České republiky a jejich implementace nadále pokračuje.

- **Proměnlivé dopravní značení**

Jedná se o značky, které jsou podél dopravní komunikace a jsou umístěné několik kilometrů před dopravní situací, na kterou varují. Jejich obsahem je právě přibližný popis o tom, co se na komunikaci děje, a slouží tak jako bezpečnostní prvek pro projíždějící řidiče. Takové značky se nazývají jako nevýlučné, protože každý motorista je má možnost dobře vidět a přizpůsobit tomu své chování na komunikaci včas. Obsah dopravního značení se mění podle aktuální situace na vozovce. (Zelený, 2004)

- **Radio Data System–Traffic Message Channel (RDS–TMC)**

Přenos dopravních informací pomocí rádia, které informaci dekoduje a poskytne ji tak řidiči. Jde především o aktuální zprávy v okruhu 30–100 km od místa, kde se motorista pohybuje. Zpravodajství je tedy dostatečně pružné z geografického hlediska, jazykové dostupnosti (vysílání je vždy v jazyce nastaveném řidičem bez ohledu na oblast výskytu), množství poskytnutých informací a jejich rychlosti doručení. Do budoucna se plánuje i selektování informací podle oblastí, které řidiče momentálně zajímají, jako například parkování. (Zelený, 2004)

Služba, která poskytuje řidičům aktuální informace o dopravě během jízdy. Tento signál je u nás šířen přes frekvence Českého rozhlasu Radiožurnál společně s rádiem Plus.

RDS

Jedná se o systém, který přenáší doplňkové informace sítí VKV FM rádiových vysílačů. FM vysílače mají pásmo v rozmezí CCIR 87,5 až 108,0 MHz. V praxi to funguje díky otáčení knoflíku na rádiu směrem doleva či doprava. Mezi základní přenášené informace patří název programu (PS, Programme Service) a informace o čase (CT).

TMC

Tato služba obsahuje již širší a pro řidiče důležitější informace, čímž jsou právě zprávy o aktuálním dění v dopravě. Je označována jako dynamická navigace. Řidič dostává informace o dopravních nehodách, uzavírkách či jiných kolizích na komunikacích. Může tedy díky tomu včas zareagovat a například změnit původně zamýšlený směr jízdy, aby předešel zbytečnému zdržení.

Služba TMC spolehlivě funguje i skrze satelitní radiové vysílání nebo digitální rádio. Aktuální informace se v autě zobrazí buď přímo na displeji, nebo je lze zaregistrovat jen poslechem. Každá z dopravních událostí má podobu fráze, která pochází z tzv. standardu Alert C, jež je základním pilířem pro TMC zprávy. V případě výskytu dopravní kolize, řidič obdrží frázi, která se nejvíce podobá aktuálnímu dění na vozovce v jeho okolí. Zdrojem informací o dopravě je nejčastěji policie, automatické detektory proudu v dopravě, centra řízení dopravy a kamerové systémy.

RDS-TMC V ČR

V České republice se se systémem setkáme v Praze, kde funguje pomocí FM-RDS, což znamená přenos informací skrze rádia. Nejvýznamnějším poskytovatelem systému v ČR je ale NDIC – Národní dopravní informační centrum, který je správcem podsystému JSDI – Jednotný systém dopravních informací pro ČR. (*RDS-TMC*, c1997-2024)

- **Elektronický výběr mýtného**

Elektronické mýtné definuje zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích. Úhradě mýtného podléhá minimálně čtyřkolové silniční motorové vozidlo využívající zpoplatněnou pozemní komunikaci, jehož maximální povolená hmotnost přesahuje 3,5 tuny. Účel mýtného spočívá v návratnosti nákladů, které byly na komunikace vynaložené. Dalšími náklady jsou externí, které vznikly samotným provozem vozidel na zpoplatněných komunikacích (emise CO₂, hluk, znečištění ovzduší).

Provozovatelem systému elektronického mýtného je Ministerstvo dopravy, což zahrnuje i výběr poplatků. Tuto funkci může převést na organizaci, kterou samo vytvoří. Provozovatel systému společně s Ministerstvem dopravy spolupracují s Policií České republiky. Existující evropská služba elektronického mýtného poskytuje zjednodušení systému činnostmi, které umožňují propojení systémů mýtného minimálně

ve čtyřech státech Evropské unie. To zahrnuje libovolné užívání zpoplatněných komunikací silničními vozidly ve všech spolupracujících zemích, přičemž stačí jedno elektronické zařízení, které nevyžaduje rozdílná nastavení pro každý systém daného státu. (*Zákon č. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích, c2010*)

Poplatky se hradí elektronickou cestou a jejich výběr je tak efektivnější pro řidiče i dopravce. Řidiči se nemusí kvůli úhradě zastavovat na mýtnicích, takže dochází k úspoře pohonných hmot i času obou stran. Tento systém přesně sleduje, jaké vozidlo (nákladní či osobní) projíždí zpoplatněnou komunikací, kdy projíždí, jakou vzdálenost ujelo, jaké je zrovna období, zda je daná krajina průjezdu ekologicky hodnotnější a jakou má projíždějící vozidlo přibližně hmotnost. (Zelený, 2004)

Poplatky jsou dané typem vozidla a vzdáleností, kterou vozidlo na komunikaci ujede.

Částka mýtného se určuje na základě systému elektronického mýtného (SEM), díky němuž jsou dostupné informace ohledně vzdálenosti ujeté na zpoplatněných pozemních komunikacích. Dále eviduje údaje o mýtném, o výběrech mýtného a jejich úhradách. Nedílnou součástí tohoto systému je elektronické zařízení, které musí mít každé vozidlo cestující po zpoplatněných komunikacích, nejvíce známé pod pojmem palubní jednotka. Toto zařízení je nepřenositelné a je přiřazené ke konkrétnímu vozu, které má registraci v systému elektronického mýtného.

Mýtné se jednoduše vypočítá součinem mezi sazbou mýtného a absolvované vzdálenosti po zpoplatněné komunikaci. Sazby se mohou určit podle emisní třídy vozu, počtu náprav, druhu vozidla, části dne, období v roce či dne v týdnu.

Provozovatelem systému je ve smyslu zákona Ředitelství silnic a dálnic České republiky. (*Systém výběru mýtného, 2019*)

Obrázek 1: Přehled výběru mytného na pozemních komunikacích v ČR



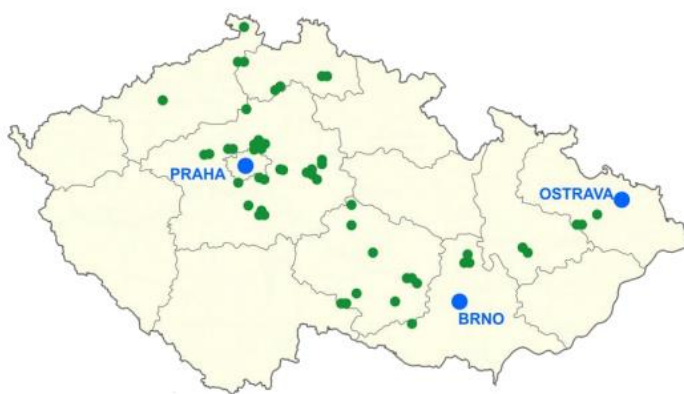
Zdroj: (MYTOCZ, 2019)

- **Inteligentní dynamické zpomalovací semaforey, signalizace na přechodech**

Tento prvek automaticky reaguje na vozidla přesahující povolenou rychlost a je zároveň kompatibilní se signalizačním zařízením na přechodu. Zajišťuje tedy vyšší bezpečnost v místech s početným výskytem chodců a zároveň dopravních nehod. Ke správnému fungování celého procesu slouží videodetektor, který zároveň zachycuje vjezdy na komunikaci ze stran, kolony či jiné dopravní kolize. Má ještě spoustu dalších výhodných funkcí. Eviduje přestupky, které způsobí motoristé průjezdem na červenou signalizaci. Dokáže vozidla počítat, měřit jejich rychlost nebo je kategorizovat. Další tzv. SW vybavení, které je dodávané k tomuto zařízení, představuje pracoviště vyhodnocující data z dopravy. Jsou to informace o konkrétním počtu vozidel, která nezastavila na červenou signalizaci. Kolik vozidel bylo semaforem zastaveno, počty automobilů snižujících svoji rychlost a v neposlední řadě samotná účinnost semaforu vyjádřená v procentech. Systém dokáže perfektně pracovat bez lidského faktoru, v hojně nabídce ho má společnost DOSIP Servis s.r.o. (*Dynamické zpomalovací semaforey, signalizace na přechodech, nedatováno*)

Dalším systémem využívaným na světelných křižovatkách je tzv. SYDO Traffic Redlight neboli detekce jízdy na červenou. Zaznamenává porušení červené signalizace a následně provádí čtení RZ (použití záznamu jen v případě potřeby), pořizuje snímky a videa na komunikaci, poskytuje záznamy při kolizích či řešení dopravních situací, eviduje statistické záznamy o jednání vozidel, vozidla klasifikuje (nákladní, osobní, dodávky) a ukládá pořízené snímky a záznamy. Tento prvek poskytuje společnost GEMOS CZ, která nabízí i výše zmíněné dynamické zpomalovací semaforey a přechody, jejichž rozšíření můžeme vidět na obrázku. (*Detekce jízdy na červenou - SYDO Traffic Redlight, c2024*)

Obrázek 2: Rozšíření inteligentních semaforů od firmy GEMOS



Zdroj: (GEMOS CZ, c2024)

- **Včasné informace o nehodách**

Správná a pohotová informovanost o dopravních nehodách má příznivý vliv na úsporu času v dopravě. Díky rychlosti šíření dat může v řídicím centru dopravy docházet ke včasnému přesměrování dopravních toků a minimalizaci dopravních kolizí či zácp. Další velká výhoda automatizovaného systému spočívá v kontaktu s bezpečnostním centrem, které dokáže zasáhnout ve velice krátkém časovém intervalu a poskytnout pomoc účastníkům provozu, kteří mohou být v ohrožení života.

Jedná se o systémy nazývané May–Day, které zasahují bezprostředně po vzniku dopravní nehody nebo při nebezpečných situacích. Ve vozidlech využívá vybrané bezdrátové komunikační prostředí společně se systémy, které určují aktuální polohu, ty jsou z velké části na bázi GPS. Jednotky zásahu tak mají okamžitě daný cíl trasy a

většinou se zvládnou skrze komunikační prostředí předem připravit na vzniklou situaci.

Hlášení o nehodě může proběhnout buď manuálně stisknutím alarmového tlačítka ve voze, nebo automaticky pomocí senzorů identifikujících nehodu (Crash senzor), případně aktivací airbagů.

Do automobilů se implementují tzv. elektronické záznamníky nehod. Umožňují získat přesnější přehled a informace o nehodě. Funguje to na základě mnoha senzorů, které zaznamenané skutečnosti posílají do elektronického zařízení. V případě autonehody, záznamník má v paměti přibližně 30 vteřin před nehodou a 15 vteřin po ní. Dochází k záznamu zejména rychlosti vozidla, akceleraci, směru. Z údajů o vozidle to jsou konkrétně otáčky, poloha volantu, stav světel a ostatních indikátorů, případný záznam z kamer ve vozidle a z mikrofonu. (Příbyl & Svítek, 2001)

- **Úsekové a okamžikové měření rychlosti**

Úsekové měření je nejvíce zastoupeným měřením rychlosti v České republice díky jeho automatizaci. Pro státní orgány či obce se jedná o pohodlný způsob výběru pokut za nedodržení povolené rychlosti, čímž se tato měření považují za velice výhodný příjem do kasy těchto celků.

Měření probíhá na různě dlouhých úsecích komunikací, přičemž začátek a konec měřeného úseku je označen čarou napříč jízdního pruhu. Projíždějící automobily sledují kamery, které zaznamenávají čas příjezdu a odjezdu ze zóny, podle čehož se následně vypočítá doba, kterou vůz v měřeném pásmu strávil. Pomocí zjištěného času a vzdálenosti úseku systém vypočítá průměrnou rychlost vozu a vyhodnotí, zda došlo k překročení povolené rychlosti. Někteří motoristé zpomalí až po vjezdu do měřeného úseku a spoléhají se, že jejich průměrná rychlost nebude překračovat rychlost povolenou. Proti tomuto však existuje opatření tzv. kombinovaného měření společně se stacionárními radary, kde dochází k měření rychlosti již při vjezdu do úseku, což spolehlivě funguje například v pražské ulici Libocká.

Přibližně 500 měřených úseků se momentálně vyskytuje na území České republiky. Statisticky, podle ministerstva dopravy, každý třetí řidič v těchto zónách překročí povolenou rychlost. V praxi, například u pražského magistrátu, dochází při za-

znamenáném přestupku k okamžitému zaslání pokuty příslušnému provozovateli vozidla. Částka 600 Kč uspokojí překročení povolené rychlosti do 20 km/h. Překročení do 40 km/h má cenu 1000 Kč. Při významnějších přestupcích se případ přesouvá rovnou ke správnímu řízení.

Měřené úseky na území ČR prochází relativně častými změnami, aktuální informace poskytují stránky Ředitelství silnic a dálnic na svých interaktivních mapách. (*Jak fungují úseková měření, c2006–2024*)

Okamžité měření rychlosti zobrazí řidiči jeho aktuální rychlost při projíždění před radarem, který snímá rychlost již 80 metrů dopředu. Slouží jak pro samotné projíždějící řidiče, tak pro okolí. Základní prvky jsou mikrovlnný vysílač – radar a přijímač, který je zabudovaný v zařízení s ostatní elektronikou. Další součástí je číslicový ukazatel složený z výkonných červených LED diod, jež ukazuje motoristovi jeho aktuální rychlost. Největší uplatnění má tento systém na začátcích obcí, v místech s omezenou nebo sníženou rychlostí či na úsecích komunikací s vysokou nehodovostí. Také zajišťuje vyšší bezpečnost v částech obcí s vyšším výskytem chodců, což jsou zejména školy, školky, nemocnice, přechody pro chodce a podobné. (*Varianty cedulí ukazatelů rychlosti vozidel, c2024*)

- **Chytré parkování**

Parkovací kapacity na komunikacích jsou s narůstajícím množstvím vozidel čím dál více omezené. Jejich množství je předurčené a konečné, je tedy potřeba zavést regulaci formou systému řízení dopravy v odvětví parkování či možné rozšiřování parkovacích kapacit pomocí stavebních úprav. Parkování je součástí konceptu dopravy v klidu. Cílem řízení a kontroly parkování není pokrytí zvyšující se poptávky. Prioritním bodem je zajistit možnost parkování pro rezidenty, posléze poskytnout tuto možnost i návštěvníkům v míře, která je pro dané území přijatelná a únosná. Pro účinné fungování nových systémů parkování je třeba akceptace ze strany veřejnosti. Proto se veškeré změny zahrnují do legislativy, která zároveň ukládá sankce a provádí opatření při nedodržování podmínek.

Způsoby úhrady za parkování

Platba v hotovosti po příjezdu funguje na základě předplacení očekávané doby využití parkoviště. Před vypršením tohoto času musí vozidlo parkoviště opustit, nebo si předplatit další čas na parkování. Princip hotovostní úhrady před odjezdem spočívá ve vyzvednutí lístku při příjezdu na parkoviště, na kterém je uvedeno číslo lístku, čas a datum. Když vozidlo opouští parkovací objekt, parkovací lístek se vkládá do platebního automatu, který určí částku k zaplacení. Po uhrazení může motorista opustit parkovací plochu. (Příbyl & Svítek, 2001)

Elektronické platby za parkování způsobují především jistotu parkovacího místa předem a značnou úsporu času například při prodloužení parkování. Když se zrovna motorista nenachází v blízkosti parkovacího automatu, může dobu prodloužit odkudkoliv pomocí telefonu. Město Plzeň zavedlo od 1. listopadu 2021 novou aplikaci s názvem ParkSimply Plzeň, která nabízí evidenci a úhradu parkovného elektronickou formou. Aplikace funguje po celé metropoli, uživatel má možnost zaplatit si parkovací místo či prodloužit dobu stání. Stačí jen zadat registrační značku vozidla (SPZ), která se uloží do evidence, a poté je na ni vytvořen virtuální parkovací lístek. Hlavním cílem projektu je rozšířit tento systém ve všech parkovacích zónách města Plzeň. Velkou výhodou je i pro skútry a motocykly, kterým bylo stání na parkovacích místech zakazováno z důvodu nesplnění podmínky, která vyžadovala předložení lístku za předním sklem. (*Aplikace pro úhradu parkovného*, c2019)

Chytré parkování se testuje a zavádí také v Pardubicích, Praze, Písku, Brně, Benešově a mnoho dalších městech.

Technologie

Zemní parkovací senzor je bezdrátové zařízení zabudované ve vozovce, které funguje na základě infračerveného záření. V případě překrytí senzoru vrstvou sněhu se orientuje pomocí elektromagnetické indukce. Je odolné vůči teplotám v rozmezí od -10 °C až do +55 °C. Životnost baterie se udává přibližně 5–7 let, přičemž ji lze v případě potřeby jednoduše vyměnit. Zařízení je vůči mechanickým vlivům odolné díky své kvalitě a plochému tvaru, který je přínosný zejména při údržbě v zimních měsících.

Radarové senzory (systém Advanced Parking Management) jsou umístěné na fasádách domů či v pouličních lampách a podávají informace o obsazenosti parkovacích míst městu, které poté tato data zpracovává a poskytuje řidičům. Principem fungování systému jsou mikrovlny, které jsou vysílány ze senzoru do předem určeného místa. Když narazí na překážku, vrátí se zpět do senzoru, který vyhodnotí, zda se jedná o objekt na parkovacím místě a jak je přibližně velký. Je zde menší rozlišení než u kamerových systémů. Výhodou však je, že senzor poskytuje jen schéma, takže nezasahuje do práva ochrany osobních údajů. Ani u těchto radarů nedochází k častým poškozením kvůli nepříznivému počasí.

Navigační systémy pro parkovací služby kooperují s ultrazvukovými senzory, které jsou umístěné nad jednotlivými místy a vysílají ultrazvukové signály. Tím měří vzdálenost pod sebou, v případě změny senzor pozná obsazenost a tuto informaci pošle do datového koncentrátoru. Tato data jsou následně zpracována a obsazenost je zobrazena na navigačních tabulích, podle kterých se řidiči orientují a hledají místa. Tabule ukazují počet volných míst a jejich místo, tzn. ve které uličce či patře. Nejideálnější je propojení těchto systémů s mobilními aplikacemi či navigacemi v automobilech. (*Parkovací systémy*, c1996–2024)

Parkoviště typu P+R

Systém nazývaný jako Park and Ride spočívá v propojení osobní dopravy mimo město s městskou hromadnou dopravou v centru. Základem pro fungování je strategické rozmístění parkovišť automobilů v blízkosti zastávek MHD. Dalším motivačním prvkem pro využívání hromadné dopravy je cenová politika, která by měla motoristy odradit od dopravy do centra vlastním automobilem.

Kroky pro úspěšné fungování systému:

- kvalita MHD a její cenové zvýhodnění,
- koncept tarifu spočívající ve výhodnější ceně při využití parkovacího místa a následného zakoupení jízdenky,
- kratší doba trvání cesty hromadnými prostředky oproti vlastní dopravě,
- kampaň s informacemi pro řidiče.

Z technického hlediska se funkce parkoviště dělí na tyto části:

- systém navádějící vozidla na parkoviště,

- technologická obslužnost vlastního parkoviště P+R,
- začlenění parkoviště do městského systému, komunikační zařízení. (Příbyl & Svítek, 2001)

3. Metodika

Bakalářská práce na téma „Moderní prvky řízení dopravy a jejich využití v městských aglomeracích“ analyzuje využití moderních prvků řízení dopravy se zaměřením na silniční dopravu. Sleduje zavedení prvků skrze zdroje financování a ekonomické aspekty. Cílem je představit již aplikované systémy, uvést jejich fungování a zhodnotit přínosy.

Hlavními výzkumnými otázkami je, jak inteligentní dopravní systémy působí na plynulost dopravního toku a jaké jsou jejich přínosy.

Před sepsání bakalářské práce proběhlo studium knih o dopravě, odborných článků, webových stránek Ministerstva dopravy ČR a fondů, které poskytují zdroje financování. Dále bylo čerpáno z vybraných zákonů, příspěvků v dopravních novinách či časopisech.

Nejdůležitějšími zdroji pro analýzu byly: Ředitelství silnic a dálnic, data od společnosti SWARCO, dokumenty Univerzity Karlovy a webový soubor od Vlastimila Melichara s názvem Ocenění externích účinků a nákladů kongesce, ze kterého byly zjištěny následující možné výpočty.

Postup pro výpočet externích nákladů kongesce:

externí náklady kongesce = odchylka v době cestování * hodnota cestovního času
* intenzita dopravy. (1)

- Externí náklady kongesce = náklady (v tomto případě přínosy), které vzniknou zpomalením (zrychlením) dopravního toku.
- Odchylka v době cestování = časový rozdíl projetí konkrétního městského úseku.
- Hodnota cestovního času = ocenění času, který člověk stráví na cestách. Při vyčíslení se zohledňuje konkrétní dopravní provoz. V bakalářské práci je použit průměrný obecný odhad pro osobní automobil.
- Intenzita dopravy = Vyjadřuje se na daném úseku pozemní komunikace pro počet vozidel v obou směrech za 24 hodin jako tzv. roční průměr denních intenzit (RPDI).

Tento postup byl ve výpočtech rozdělen na dvě části:

hodnota průměrného cestovního času * odchylka v době cestování = hodnota úspory cestovního času v Kč pro 1 osobní vozidlo, (1a)

intenzita dopravy * hodnota úspory cestovního času v Kč = hodnota úspory času pro intenzitu dopravy v Kč. (1b)

Další výpočet byl použit pro ocenění uspořené času, který by mohli řidiči strávit v zaměstnání:

hodinová sazba * úspora času za den pro celou intenzitu dopravy = hodnota potenciálních příjmů v Kč za den. (2)

- Hodinová sazba = je uváděna minimální hodinová sazba pro vyjádření pozitivních přínosů i za minimální mzdu.

V poslední části výpočtů je porovnání vynaložených nákladů se společenskými přínosy, které byly na základě dostupnosti dat vyčísleny. Přínosy jsou i přes přesné uvedení ve formě odhadů, protože například i získané hodnoty jsou zjištěné průměry. Analýza by musela být prováděna přesným měřením na každém z úseků měst, které má zabudované ITS, aby došlo ke zhodnocení v celé aglomeraci. To by zahrnovalo konkrétně spočítanou intenzitu dopravy na každé trase, přesné vyčíslení hodnoty cestovního času na základě daného dopravního provozu a zároveň konkrétní časovou odchylku určité trasy. Zmíněná data by měla být ideálně zjišťována pro každý časový interval provozu zvláště, což v základu obsahuje běžnou dopravu a dopravní špičku.

Téma inteligentních dopravních systémů je obsáhlou problematikou. Zavádění inteligentních systémů se v aglomeracích neustále rozvíjí s ohledem na jejich pozitivní dopady. Ministerstvo dopravy, města či kraje se ale ve většině případech podrobně nezabývají vyčíslením těchto přínosů. Bakalářská práce se tedy snaží alespoň obecně zobrazit, jakých výsledků by díky ITS mohli individuální řidiči i celá městská doprava dosahovat.

V teoretické části jsou vysvětleny dopravní pojmy jako intenzita dopravy, kapacita dopravy, dopravní tok a věci související. Další dílčí část se zaměřuje na vybrané prvky ITS, které se využívají v městských aglomeracích ČR. Zároveň jsou popsány i jejich funkce a možné přínosy.

Praktická část zmiňuje některé z firem, které se zabývají výrobou a implementací prvků ITS. Dále představuje způsoby financování těchto systémů. Posledním bodem je zhodnocení zavedených prvků na území Českých Budějovic a Hradce Králové se zaměřením na konkrétní úseky. Zde jsou vyčísleny zjištěné náklady na pořízení a také výpočty potencionálních společenských přínosů.

4. Praktická část

4.1. Vybrané společnosti

Následující kapitola se zabývá některými podniky, jejichž hlavní činností je výroba a implementace dopravních prvků. Vybrané společnosti jsou v bakalářské práci již zmíněné u některých ITS, které jsou v městských aglomeracích ČR zavedeny. Představení podnikových činností je důležité pro uvědomění, že nezajišťují jen dodávku výrobků. Každý z nich funguje jako nástroj, který sestavuje ideu Smart City. Činnost společností se díky tomuto myšlení zabývá tedy nejen výrobou, ale i plánováním ideálního chodu města a inovacemi. Sběr dopravních dat pomáhá ve vylepšování jejich projektů a zajišťuje návrh nových opatření. Poté dochází k aplikaci ITS a další spolupráci v městském provozu.

OMEXOM GA ENERGO

Společnost poskytuje svými službami kompletní dodávku na projekt Smart City. Zajistí studii možnosti provedení, navrhne plány, sestaví teoretické schéma, instaluje, provede školení a následně poskytuje i potřebnou údržbu a servis.

SMART řešení – důsledky technologií:

- zajištění vyšší bezpečnosti,
- ochrana veřejného prostranství,
- výrazné zlepšení plynulosti provozu,
- úspora energií.

Smart City Polygon je konkrétní projekt, který zabezpečuje a aplikuje podnik OMEXOM GA Energo, jež zahrnuje nejmodernější chytré technologie pro lepší a jednodušší život lidí zejména ve větších městech. Svůj podíl na projektu má společnost E.ON Česká republika. (*SMART řešení*, c2024)

Technologie poskytované v dopravní infrastruktuře:

- problematika elektrických automobilů,
- LED obrazovky poskytující potřebné informace,
- Smart technologie – přechody pro chodce,
- řízení dopravy v klidu,

- kamerové systémy. (*Dopravní infrastruktura, c2022*)

Příkladem realizace projektu je chytré parkoviště v Písku, čemuž se věnuje i společnost CITIQ s.r.o., která se podílela na projektu Smart parking v Brně, a také společnost Spel a.s., jejíž instalace proběhla v Benešově. V následující tabulce jsou uvedeny pořizovací náklady za technologie a služby.

Tabulka 1: Pořizovací ceny technologií a služeb

	OMEXOM	CITIQ	SPEL
Cena detektoru za kus	3 685 Kč	5 000 Kč	4 000 Kč
Cena za montáž jednoho kusu	2 015 Kč	550 Kč	1500 Kč
Počet detektorů	1 349		
Cena detektorů celkem	7 689 300 Kč	7 486 950 Kč	7 419 500 Kč
Software	1 199 999 Kč	-	881 000 Kč
Měsíční údržba		4 990 Kč	12 500 Kč
Počáteční investice celkem	7 809 299 Kč	7 486 950 Kč	8 300 500 Kč
Náklady za rok	187 500 Kč	59 880 Kč	150 000 Kč

Zdroj: (Simona Adamová, 2016)

CITIQ

Společnost, která si také přezdívá jako datově řízené město. Snaží se zajišťovat sběr dat z měst a obcí, především o jejich životních kvalitách, a to co nejméně nákladným způsobem. Vytváří digitální modely měst (krajů, firem), ve kterých aplikuje umělou inteligenci na základě získaných dat. (*CITIQ, c2021*)

Digitální sčítání dopravy

I v dnešní době probíhá sčítání dopravy ručně. Jsou buď dlouhé intervaly, kdy dochází ke sčítání jednou za pět let, nebo intervaly krátké, během kterých je sčítání hotové za pár dnů. Tento systém však není zcela spolehlivý, protože nezachytí plně odpovídající podobu dopravního proudu, čímž jsou například dopravní špičky, různé

akce a podobné náročnější situace. Výsledky ručního sčítání se samozřejmě z velké části také odvíjí podle zodpovědnosti sčítačů.

Automatické sčítání funguje na základě senzorické sítě IoT magnetometrů, které poskytují data každých pět minut o počtu vozidel, jejich rychlosti a délce. Systém tedy spolehlivě odhadne stav na vozovce. Na základě informací se může modelovat doprava, její uzavírky a bezpečnost.

Parkování

Systém poskytující informace o obsazenosti parkovišť skrze automatizované sledování. Motoristé získávají přehled o parkovacích místech pomocí mobilních aplikací a informačních tabulí. Systém významně přispívá i k rozvoji parkovací politiky ohledně odhadování parkovacích kapacit, cen za parkovné a části dne, kdy je největší dopravní vytížení.

Hlavní fungování celého systému tvoří sada senzorů, které jsou umístěné jen na vjezdech a výjezdech z parkovacích objektů. Není tak třeba rozsáhlých kamerových systémů či větší počet senzorů, které by byly zabudované v každém parkovacím stání. Jde tedy o jednu z nejlevnějších forem tohoto systému.

Předpověď námrazy

Systém automaticky pomocí IoT senzorů (meteostanice, měření teploty povrchu, dešťoměry a podobně) spolehlivě předpovídá příchozí námrazu, a to již 2 hodiny předem. Tato data jsou vždy po zjištění automaticky zasílána údržbě komunikací. (CITIQ, c2021)

VARs

Společnost VARs poskytuje služby zákazníkům přes dvě desetítky let, ale především vytváří inovace a návrhy v oboru řízení dopravy a správy dopravní infrastruktury. Hlavním cílem modernizace a tvorby nových projektů je efektivita a udržitelnost. Jejich zkušenosti, vědomosti a technologie jsou základními pilíři pro vývoj inovací. (VARs Brno – O nás, [cca 2004])

Dopravní telematika

Základem veškerého rozhodování v dopravě jsou získaná data, která se mohou považovat za relevantní. Zdroje dat se propojují, vyhodnocují, zpracovávají a následně se přesouvají do jednotlivých rozhraní. Tímto procesem vznikne obraz o aktuálním stavu dopravy, podle něhož se následně řídí provoz na daných komunikacích. Vysílané informace jsou doručovány buď přímo řidičům, nebo například složkám integrovaného záchranného systému.

V dopravě může nastat mnoho rozdílných situací, na jejichž řešení je zapotřebí disponovat ověřenými postupy. Společnost VARS má navržené komplexní multikriteriální řídicí scénáře, díky nimž umí snadno a pohotově jednat a zároveň ovlivňovat dopravu skrze řídicí systémy. Současně pomocí technologií dokáže předvídat vývoj dopravy, zaměřuje se tedy i na aplikaci preventivních opatření v případě potřeby, nebo na poskytování pomoci dispečerům při rozhodování v dané situaci. Systémy také zajišťují kontrolní řízení ohledně dopadů.

Dalším odvětvím společnosti je zajišťování dispečerských pracovišť a datových center. Podnik poskytuje veškeré vybavení pro dispečery a jejich pracoviště, což zahrnuje i systémy velkoplošného zobrazení a obdobné moderní audiovizuální techniky. Zabezpečuje malá centra až po velké dispečinky, kde je kladen velký důraz na spolehlivost zařízení. Systémy jsou instalovány i na celostátní úrovni a jejich činnost poskytuje dispečerům skvělý přehled o dopravní situaci a ulehčuje veškeré rozhodování.

Jak již bylo několikrát řečeno, zjištěná data jsou zpracována a poskytována informačním centřům, která tyto informace předávají do provozu řidičům. Dochází tak tedy k propojení dat získaných společnostmi s veřejností. Motoristé díky zveřejňovaným informacím denně ušetří nespočet hodin času. (*Dopravní telematika*, [cca 2004])

SPEL

Společnost SPEL a.s. se mimo jiné zaměřuje i na dopravní telematiku.

Dopravní telematika je zjednodušeně řečeno propojení mezi informačními systémy, telekomunikačními technologiemi a dopravní infrastrukturou. Nejzásadnějšími cíli jsou zvýšení efektivity v dopravě, bezpečnosti provozu a zvýšení přepravní výkonnosti.

SPEL a.s. spravuje jakékoliv prvky telematiky co se týče dálnic a městských komunikací.

SOS hlásky

Jedná se především o komunikační zařízení, která poskytují hovory přes reproduktor, který lze nastavit na více možností jazyků. Komunikace probíhá skrze ovládaný grafický displej pomocí zabudovaných tlačítek. Tlačítka slouží i k přivolání pomoci v případě nouze. SOS hlásky zároveň fungují jako přípojná rozhraní například pro meteorologické stanice, sčítače dopravy či kamery.

Kamerové systémy

Hlavní činností kamer je sledování celkového stavu dopravy, stavu vozovek a klimatických podmínek s jejich následným dopadem na komunikacích. Od toho se poté odvíjí údržba a správa silnic a dálnic, řízení provozu či jiné potřebné zásahy vzhledem k aktuálnímu stavu.

Dopravní sčítače

Sčítače dopravy poskytují data o počtu projíždějících vozů, jejich rychlosti a také kategorii. Jsou umístěny v každém z jízdních pruhů a mohou fungovat buď jako samostatná jednotka, nebo jsou zabudované do komplexního systému více zařízení. Data ze sčítačů se získávají buď skrze napojený počítač, nebo na dálku.

Vážení vozidel za jízdy

Systém dokáže zvážit a zaznamenat váhu příslušného vozu za jízdy, a to i v případech vyšších rychlostí. Měří se váha celého vozidla, ale i váha připadající na nápravy a jednotlivá kola. Systém spolupracuje s kamerovými dohledy, kdy při překročení povolené váhy je automaticky vygenerován vážní lístek společně s kamerovými snímky, které jsou zasílány přímo správnímu orgánu.

Meteostanice

Na základě pozorování informují o rychlosti a směru větru a o aktuálním stavu vozovky, zda je suchá, mokrá, je náledí a podobně. Meteostanice zajišťují cenné informace pro účastníky provozu, pro řídicí centra a zároveň pro správce údržby komunikací. Pomocí dat z meteostanic může být doprava odkloněna z krizových úseků, nebo se alespoň dostane k motoristům upozornění na možný výskyt komplikací.

Úsekové měření rychlosti

Účel měření rychlosti je primárně určen pro plynulý chod dopravního proudu, pro vyšší bezpečnost na vozovkách a také pro snížení hluku. Konkrétně úsekové měření rychlosti zabezpečuje stabilní chod provozu, a tím tedy odbourává vznik nevyžádaných kolon. Jeho funkcí je měřit průměrnou rychlost automobilů v dané části vozovky. (*Dopravní telematika, c2024*)

Společnost SPEL a.s. také operuje s projektem Smart City, jehož velkou část tvoří chytré parkování.

System chytrého parkování přináší do rozpočtu měst významně vyšší příjmy, což je pro představu v rozmezí o 80 až 120 procent více. (*Smart City, c2024*)

Například ve městě Jičín je nově možnost od 12. 6. 2023 používat na parkování mobilní aplikaci Smart4City poskytnutou od společnosti SPEL a.s. Tento počín tedy i pro obyvatele města Jičín představuje možnost placení parkovného online a pohodlné prodloužení parkovací doby skrze aplikaci. (*Aktuality, c2024*)

4.2. Financování prvků ITS v městských aglomeracích

Zdroje financování ITS v městských oblastech jsou z většiny zajišťovány dotacemi státu a Evropské unie.

Akční plán rozvoje ITS

Ministerstvo dopravy zveřejnilo na svých webových stránkách v roce 2015 dokumenty, které obsahují plány na rozvoj ITS s výhledem do roku 2050. Plán představuje záměry, které by na území ČR mohly být realizovány. Zároveň zobrazuje důležité zdroje financování, které jsou stěžejní pro projekty ITS v oblasti financí vůbec. Z těchto dokumentů jsem čerpala následující informace.

Dne 15. 4. 2015 byl usnesením vlády České republiky schválen projekt Akční plán rozvoje ITS. Na tento projekt byl sestaven implementační plán, který shrnoval a detailně představoval projektové záměry, jejich posouzení, postupy realizace a také jejich zdroje financování.

Akční plán představuje především cíle v rozvoji ITS. Ty jsou založeny zejména na nedostatcích v dosavadních systémech, dále na rozhodnutí Dopravní politiky ČR (v období 2014 až 2020 s predikcí do roku 2050), na povinnostech podle právních předpisů a ostatních souvisejících dokumentech.

Projekt byl zpracován pro všechny druhy dopravy jako zdárné řešení pro rozvoj, zároveň pro provázanost mezi jednotlivými druhy dopravy.

Mezi projektové záměry Akčního plánu rozvoje ITS patří například rekonstrukce či pořízení dalších dopravních detektorů a kamer. Kamerové systémy hlavně pro výstavu dispečerů NDIC a zároveň pro dispečery dohlížející na stav povrchu vozovek a na povětrnostní podmínky, včetně provozu na silnicích. Jako další jsou renovace a nákupy čidel a řídicích jednotek do meteorologických stanic, které zaznamenávají teplotu vzduchu i povrchu, směr a sílu větru, přicházející srážky, viditelnost a další jevy. Správná funkčnost těchto čidel a jednotek je zásadní pro řidiče, protože skrze proměnná dopravní značení, která jsou napojena na meteorologické stanice, se dozývají aktuální informace o klimatických podmínkách a stavu vozovek.

Pro sledování průjezdu vozidel jsou zaváděny další detektory, pomocí nichž se vypočítávají doby průjezdů sledovanými úseky a následně se předpovídají možnosti

vzniku dopravních kolon. Dalšími prvky jsou nová úseková měření rychlosti na více vybraných místech dálnic. Automatizované vysokorychlostní váhy, které jsou zcela bezobslužné a kontrolují každé nákladní vozidlo nad 12 tun, zda nepřekračuje povolenou maximální váhu a neohrožuje tak bezpečnost provozu a zároveň nepoškozuje komunikaci. Také je snaha o rozvoj účinného liniového řízení dopravy na nejvíce vytížených úsecích dálnic, společně s vybavením řídicích center.

I v oboru komunikačních systémů dochází k modernizaci a zavádění prostředí pro komunikaci mezi vozidlem a infrastrukturou a vozidlem s vozidlem druhým. Jiným kooperativním systémem je například varování řidičů před výskytem vozidla údržby či mobilního vozíku. Tento prvek je považován za opravdu potřebný, a to na základě četnosti záznamů o nehodovosti z minulých let kvůli špatné viditelnosti a následnému střetu automobilu s vozidlem správy komunikací.

Zdroje financování Akčního plánu rozvoje ITS

V následujícím přehledu se nachází souhrn projektových záměrů, jejichž realizace začala přibližně na konci roku 2015. Je zde odhad nákladů prvků v jednotlivých letech a také odhadované zdroje financování. Obvyklým investorem v silniční dopravě je Ředitelství silnic a dálnic.

Státní rozpočet

2016

- Vznik evropského standardu DATEX II pro výměnu dopravních informací – 2 mil. Kč.
- Opatření pro lepší získávání a výměnu dopravních informací – 4,3 mil. Kč.
- Zavedení datového formátu DATEX II do NDIC – 3,3 mil. Kč (rok 2017 – 3,3 mil. Kč).
- Tvorba plánu dalšího rozvoje NDIC s výhledem na 10 let – 2,5 mil. Kč.
- Tvorba systému pro kontrolu spolehlivosti získaných a poskytovaných dopravních informací – 1,7 mil. Kč.

2017

- Dynamické lokalizace dopravních informací v různých datových formátech pro podporu rozvoje NDIC – 1,7 mil. Kč (rok 2018 – 0,8 mil. Kč, 2019 – 1,7 mil. Kč).

- Zkouška systému eCall 112 před spuštěním do provozu – 5 mil. Kč (rok 2018 – 5 mil. Kč).

Operační program Doprava 2 (OPD 2)

Operační program doprava má tři podoby, přičemž hlavní náplní činnosti je udržitelnost dopravy a eliminace překážek na frekventovaných síťových infrastrukturách.

Především se jedná o:

- propojení regionů se sítí TEN-T (transevropská dopravní síť),
- dokončení páteřní infrastruktury,
- zvýšení kvality a vylepšení fungování,
- eliminace užších míst na frekventovaných komunikacích,
- udržitelnost dopravy s ohledem na kvalitu ve městech.

V časovém rozmezí 2014–2020 byl program podle objemu finančních prostředků na prvních příčkách operačních programů v ČR co se velikosti a rozsahu týče. Případalo na něj přibližně 123 miliard korun.

Součástí programu jsou tzv. prioritní osy, které obsahují přehled čerpání. Ze čtyř os se druhá a třetí věnují silniční infrastruktuře. Druhá osa zobrazuje infrastrukturu na síti TEN-T, kde proběhly investice do rozšiřování a vylepšování silnic a dálnic, a zároveň o zavádění inteligentních dopravních systémů ve městech. Třetí osa se zabývá silniční infrastrukturou mimo síť TEN-T, kde je opět zaměření na rozšiřování a modernizaci silnic a dálnic.

Operační program doprava má na starosti Ministerstvo dopravy, které zde vykonává řídicí funkci skrze orgán Odbor fondů EU. Zdroje financování programu jsou Fond soudržnosti a Evropský fond pro regionální rozvoj. (*Operační program Doprava – Základní informace*, c2022)

Nástroj pro propojení Evropy (CEF)

Nástroj pro propojení Evropy je program, jehož primárním úkolem je financování staveb a modernizace sítě TEN-T (transevropská dopravní síť). Řídí ho Evropská komise, Ministerstvo dopravy zde funguje jako národní kontaktní místo pro úsek CEF, který se zabývá dopravou. Program se podle období také rozděluje do CEF1 (2014 až 2020) a CEF 2 (2021 až 2027). (*CEF – Nástroj pro propojení Evropy*, c2024)

Státní fond dopravní infrastruktury (SFDI)

Vlastní zdroje (rozpočty rezortních organizací Ministerstva dopravy nebo ČD a.s.)

Konkrétní položky ostatních zdrojů financování v rámci Akčního plánu rozvoje ITS jsou uvedeny v příloze č. 1.

Zdroje financování obecně

- Veřejné financování, které zahrnuje státní rozpočet, městské a regionální rozpočty a dotace včetně grantů,
- soukromé financování, kam patří investice ze strany dopravních společností a PPP (veřejně privátní partnerství),
- financování formou poplatků a mýtného,
- mezinárodní finanční instituce,
- investice jako podpora výzkumu a vývoje.

Zdroje od dodavatelských společností v rámci soukromého financování jsou nejčastěji poskytovány za účelem vlastní propagace na trhu. Prostředky z PPP jsou dle nejrůznějších studií ideálním zdrojem pro pohotový rozvoj dopravní infrastruktury včetně modernizací. Tento systém však nemá v České republice velké zastoupení a zdroje finančních prostředků jsou většinou nestabilní a nespolehlivé, což je jedním z hlavních důvodů pomalého rozvoje dopravních sítí a prvků ITS.

Výběr mýtného a poplatků za parkování je dalším fungujícím zdrojem financí v ČR. Jednotlivé městské aglomerace mají snahu zavádět chytré mobilní aplikace pro pohodlné placení parkovného, které následně tvoří část městských rozpočtů.

4.3. Vyhodnocení moderních prvků řízení dopravy v městských aglomeracích

Z prostudovaných dokumentů jasně vyplývá, že budování a rozvoj ITS v České republice značně napomáhá dopravnímu provozu, především v ohledu plynulosti, bezpečnosti, využití plného potenciálu komunikací, životního prostředí a pohodlí. Stěžejním krokem pro vylepšování a udržitelnost dopravy je zajištění potřebných modernizací, v čemž bohužel Česká republika ve srovnání s ostatními zeměmi zaostává. Největším problémem v české dopravě je tedy její nedostatečná aplikace moderních technologií a rozvoj dopravních sítí jako takových.

Asociace pro rozvoj infrastruktury v ČR na svých webových stránkách v roce 2021 aktualizovala publikaci Stav dopravní infrastruktury v ČR. V dokumentu je obsažen vývoj infrastruktury za posledních 10 let a z toho vyvozené závěry, které by mohly pomoci pro rychlejší rozvoj další infrastruktury. V bakalářské práci jsou krátce shrnuty nejpodstatnější informace o tom, jaké má doprava dopady na ekonomiku ČR a jejich možné vylepšení. Je vysvětlen i aktuální systém financování se snahou poukázat na efektivnější způsoby, které by mohly opět zajistit lepší expanzi kvalitní infrastruktury.

Ekonomické hledisko

Kvalita silniční sítě je jedním z primárních předpokladů pro silnější ekonomiku. Statistika Světového ekonomického fóra vytvořená v roce 2019 ukazuje, že silnice a dálnice v České republice jsou svou kvalitou na příčce jako 5. nejhorší v celé EU. Celosvětové umístění je až v 8. desítce zemí. ČR má v porovnání se sousedními zeměmi v roce 2006 jednu z nejkvalitnějších dopravních komunikací, dnes toto místo zastává Polsko.

Studie z roku 2019 podle Raiffeisenbank ukázaly, že špatná kvalita dopravní sítě zasáhne státní rozpočet v řádech miliard korun ročně. Aktuální situace dopravních spojení způsobuje složitější hledání zaměstnání a zároveň mnohdy neumožní lidem najít práci, která by pro ně byla z platového hlediska přínosnější. Rozvoj společností se situuje především v blízkosti kvalitních dopravních spojů, dochází tedy k nerovnostem mezi jednotlivými oblastmi a stagnuje prosperita.

Celkový blahobyt obyvatel je dalším bonusem kvalitních sítí. Studie Raiffeisenbank také říká, že na dokončení dálniční sítě by byly potřeba investice ve výši přibližně 3 % HDP, což by následně zvýšilo HDP v ČR o více než 6 %.

V tom případě:

- by došlo ke zvýšení průměrných mezd za rok až o 25 tisíc korun,
- v oblastech bez dálničních spojů (Jihočeský a Karlovarský kraj) by obyvatelé vydělávali ještě více, k tomu by poklesla nezaměstnanost,
- predikce zvýšení HDP v ČR je přibližně o 330 miliard korun.

Financování

Zdroje financování a nejasné priority jsou slabými stránkami ve výstavbě silnic a dálnic, kde je potřeba věnovat se klíčovým projektům pro zlepšení chodu dopravy. Častým zvykem totiž je diskutovat spíše o plánech, jejichž příprava není tolik náročná.

Na realizaci staveb je potřeba pohlížet dlouhodobě, stanovit dlouhodobý plán a s tím i dlouhodobé zdroje financování, protože skoro žádný projekt nelze stihnout za krátký časový interval. Krátkodobé financování je problémem například u Státního fondu dopravní infrastruktury, u něhož panuje nejistota kvůli každoročním výkyvům v rozpočtu, není tedy spoleh na dlouhodobé zdroje financí skrze neustálé obavy o dostatek prostředků.

Česká republika plánuje do konce roku 2030 vybudovat dálnice o celkové délce 750 km a silnice 1. třídy také v délce 750 km. Dalším cílem je modernizace stávajících komunikací o přibližné délce 280 km. Investiční výdaje ze strany Ředitelství silnic a dálnic jsou další vizí v letech 2022 až 2030, jejichž výše je odhadována na 680 miliard korun. Z těchto prostředků by mělo jít skoro 60 % do dálnic a přes 90 % na novostavby. Ve výsledku po odečtení očekávaných dotací z Operačního programu Doprava 3 se bude jednat o částku přibližně přes 600 miliard korun. Průměrné investiční výdaje od ŘSD by se v porovnání s uplynulým desetiletím (v roce 2022) měly zvýšit 3,6krát za rok.

Výstavba dálnic však v ČR není zdaleka tak rychlá. Za poslední desetiletí bylo v plánu zprovoznit 17 dálnic, z tohoto počtu jich bylo dokončeno pouze 5, což dohromady tvoří 142 km dálnic. Dálniční síť tedy dosáhla rozšíření o pouhých 12 %. Dalším plánem podle Ministerstva dopravy je dokončit realizaci základní dálniční sítě v roce 2050, avšak podle hlášení Nejvyššího kontrolního úřadu to s aktuálním tempem výstavby není reálné.

Ředitelství silnic a dálnic má své vize a plány, které jsou ale samy o sobě nejisté. Jak je již výše zmíněno srovnání ČR s Polskem, tak i ostatní sousední země mají v rozvoji dopravních sítí lepší výsledky. S největší pravděpodobností je důvodem výběr zdroje financování. Zdroje nepochází jen z vlastních prostředků či fondů, ale i soukromého kapitálu z PPP projektů, který je očividně podle pokroků okolních zemí funkčním a spolehlivým investorem.

Dokončení dálničních sítí a zavádění moderních prvků v dopravě by mělo být ve vlastním zájmu ČR. Jak ze zmíněného ekonomického hlediska, tak z pohledu dalších vyjmenovaných aspektů. Za užitečné by mohlo být považováno i přehodnocení zdrojů financování uskutečňovaných projektů z důvodu vyšší efektivity.

Rozvoj dopravní infrastruktury působí na velké množství aspektů. Pro stát i samotné účastníky provozu jsou kromě financování a ekonomického hlediska důležité i další jevy. Celková udržitelnost dopravy, bezpečnost dopravy, pohodlí a dopady na životní prostředí se řadí mezi ostatní významné skutečnosti.

Udržitelnost dopravy

Z uvedených faktů je tedy zřejmé, že další rozvoj ITS je klíčový pro udržitelnost dopravy. Ta spočívá především v plynulém provozu bez kolon a ve snižování dojezdových časů. Tomu napomáhají prvky, jako například kamerové systémy, inteligentní semaforey či jiné inteligentní prvky na křižovatkách, pomocí jejichž instrukcí z aktuálního dění v provozu lze dopravu regulovat tak, aby nedocházelo k tvorbě kolon.

Bezpečnost

Nehody jsou běžným jevem, který se na komunikacích vyskytuje každý den. Pro prvky ITS je jedním z primárních cílů zvýšení bezpečnosti. To zajišťují především

systemy informačního charakteru, což poskytuje například systém včasného informování o nehodách. Inteligentní dynamické zpomalovací semaforey či úseková a okamžitková měření rychlosti jsou dalšími prvky, které zvyšují bezpečnost na vozovkách.

Životní prostředí

ITS pomocí svých vlastností působí pozitivně na ekologické dopady. Jelikož je v ČR rozvoj silniční dopavy poměrně prudký, dochází tak ke značným spotřebám energií a pohonných hmot. Zmiňované systémy zrychlují dopravu, zkracují tedy cestovní doby. Tím jsou šetrnější jak ke spotřebě paliv, tak v dopadech na životní prostředí.

4.3.1. České Budějovice

Pro začátek analýzy jsou nastíněny dva projekty, kde jsou uvedeny vynaložené náklady a jejich zdroje financí. Tyto realizace významně ovlivňují chod dopravy ve městě. Dalším krokem je zobrazení dopadů implementace prvků ITS na vybraných úsecích.

Dopravní detektory

Ve městě České Budějovice došlo v roce 2017 k výstavbě 114 detektorů na preferovaných komunikacích, společně s tím bylo pořízeno 14 kamerových systémů. Projekt byl spolufinancován z Operačního programu Doprava, přičemž příspěvek z fondů EU činil 8 125 150 Kč. Celkové náklady projektu byly ve výši 9 998 106,58 Kč. V druhé etapě proběhla instalace a zprovoznění těchto telematických zařízení. Společnost AŽD Praha dodala tyto systémy a provedla i následnou aplikaci. (*Strategické detektory a kamerový dohledový systém v Českých Budějovicích*, c2024)

I zde bylo zavedení přínosem především pro lepší predikci a hodnocení inženýrů na základě sledování provozu, zároveň pro řízení světelných křižovatek, které jsou na dopravních detektorech závislé.

Detektory jsou nedílnou součástí velkého množství systémů ITS. Jejich hlavním úkolem je zaznamenávat informace, podle kterých se následně řídí celý provoz. Mají vypovídající schopnost o aktuálním dění na vozovce. Nejčastěji detektory fungují pomocí indukčních smyček. Na zmíněných světelných křižovatkách smyčky zajišťují automatické přepínání semaforů podle provozu. Výhodou je tak plynulejší dopravní tok a úspora času řidičů. Avšak ani tyto systémy nejsou stoprocentně spolehlivé. Smyčky jsou zabudované pár centimetrů pod povrchem a jejich umístění je těsně před křižovatkou. Problém může nastat, pokud automobil zastaví ve větší vzdálenosti od smyček, které ho v takové situaci nezpozorují a nedojde k přepnutí semaforu. S tímto jevem mají potíže spíše cyklisté či motorkáři. I samotná implementace smyček může způsobit dopravní zdržení, jelikož se jedná o stavbu na křižovatce. Oproti tomu následné několikaleté fungování (přibližná životnost se uvádí na 10 let) a efektivní korigování dopravy je pravděpodobně větším přínosem.

Kamerové systémy jsou dnes zaváděny častěji, protože nevyžadují při aplikaci zásah do vozovky. Jejich nevýhodou je větší nepřesnost při nepříznivém počasí, v takovém případě jsou méně spolehlivé.

Detektory nalezneme v dalších systémech, jako je chytré parkování, inteligentní dálnice či systém WIM. Jejich uplatnění je opravdu základním pilířem pro fungování velkého množství moderních technologií v dopravě. Instalace těchto zařízení není příliš finančně ani časově náročná, firmy nabízejí nepřeborné množství druhů produktů a doba životnosti je nad míru uspokojivá. Ve většině případech se jedná o kvalitní výrobky, které během používání nevyžadují zvláštní údržbu. Přínosem je již zmíněná udržitelnost dopravy, informativnost a snížení zbytečných emisí.

Dopravní informační a řídicí centrum

Realizace tohoto projektu se uskutečnila v roce 2023. Je to komplexní systém, na jehož základě sledují příslušní dispečeri stav dopravy, což zahrnuje hustotu provozu, vznik kolon či jiných mimořádných situací. Pro správné fungování je důležitý spolehlivý přenos informací od technologií přes dispečery až k řidičům. Sběr dat poskytují aplikované dopravní detektory, kamerové systémy a ostatní používané inteligentní prvky. Dalším zdrojem informací je Národní dopravní informační centrum. Na základě získaných dat středisko poskytuje přehled o aktuálním dění motoristům, nebo samo ovlivňuje dopravu přímo skrze koordinaci světelných křižovatek. (Ferebauer, c2021)

Jak uvádí společnost VARS Brno, celková hodnota zakázky činila 103 783 917 Kč, přičemž finanční podpora EU z Operačního programu Doprava byla ve výši 93 681 524,87 Kč. Se systémem bylo dodáno ještě 104 kusů světelných signalizačních zařízení a detektorů, 11 rozhraní, 134 parkovacích automatů a přes 70 000 kusů FCD vozidel. FCD vozidla fungují pomocí zabudovaného zařízení v automobilu jako dobrý zdroj o polohových datech a aktuální dopravní situaci. (*Dopravně informační řídicí centrum České Budějovice*, [cca 2004])

Analýza se vzhledem k šířce tématu musí zaměřit na konkrétní městskou trasu, ve které se zhodnotí její stav pomocí poskytnutých dat. Průzkum města jako celku by byl s ohledem na dostupné informace spíše nereálný.

Úsek Rudolfovska třída – Na Sadech – Žižkova třída

- **zrychlení dopravního toku**

Roční průměr denních intenzit dopravy podle dat Ředitelství silnic a dálnic v posledním roce sčítání je v tomto úseku přibližně 13 680 osobních vozidel. Zrychlení průjezdu na této trase je podle informací od společnosti SWARCO o průměrně 2,5 minuty. Podle studií Univerzity Karlovy s názvem Oceňování cestovního času a jeho spolehlivosti v běžném provozu a v kongesci – metoda a odhady pro ČR, je hodnota průměrného cestovního času automobilem ve výši 222 Kč za 1 hodinu. Po přepočtu (podle vzorce 1a z metodiky) tedy vznikne úspora v hodnotě 9,25 Kč.

$$222/60 * 2,5 = 9,25 \text{ Kč}$$

Řidič osobního vozidla tedy na této trase díky zvýšení plynulosti dopravního toku ušetří náklady ve výši 9,25 Kč denně za předpokladu jednoho projetí úsekem. Při každodenním průjezdu by tato hodnota v měsíci o 30 dnech mohla být ve výši 277,5 Kč. Za rok se může jednat o částku až 3 330 Kč. Pro denní průměr veškerých osobních vozidel by mohla být úspora za daných podmínek (podle vzorce 1b z metodiky) 126 540 Kč za den a 45 554 400 Kč za rok. (3 796 200 Kč za měsíc)

$$9,25 * 13 680 = 126 540 \text{ Kč/den}$$

Roční průměr denních intenzit se v pracovní dny pohybuje okolo 15 928 osobních vozidel, ve volných dnech kromě svátků to je 8 060 osobních vozidel. Odhady hodnot úspor cestovního času činí 9,25 Kč při předpokladu jednoho projetí úsekem za den, za měsíc 277,5 Kč, za rok 3 330 Kč. Po součinu s dopravní intenzitou v pracovní dny (opět podle vzorce 1b z metodiky) by to mohla být částka ve výši 147 334 Kč za den a 53 040 240 Kč za rok. (4 420 020 Kč za měsíc)

$$9,25 * 15 928 = 147 334 \text{ Kč}$$

- **ocenění úspory času**

V případě trvání doby průjezdu úsekem o 2,5 minuty déle, časový rozdíl by za měsíc činil přibližně 75 minut, za rok 900 minut neboli 15 hodin. Pro průměr všech

řidičů v pracovních dnech by se jednalo o přibližně 664 hodin za den. Úsporu času celého dopravního toku je možné ocenit například i na čas, který by jinak řidiči mohli strávit v práci (podle vzorce 2 z metodiky). Všichni účastníci provozu by za jeden den i při minimální hodinové sazbě 112,50 Kč mohli dohromady získat 74 700 Kč. (2 241 000 Kč za měsíc, 26 892 000 Kč za rok)

$$112,50 * 664 = 74\,700 \text{ Kč}$$

- **vývoj počtu dopravních nehod**

Z pohledu bezpečnosti, na úseku Rudolfovska třída až Žižkova třída přes ulici Na Sadech bylo zaznamenáno od 1.1.2023 do 31.3.2023 celkem 14 nehod. Od 1.1.2024 do 31.3.2024 10 nehod. Web Dopravní nehody v ČR vede statistiku těchto informací, kde jsou nehody zaznamenány na mapách i v grafech.

Porovnání investic s přínosy

Jmenovaný projekt, kdy došlo k realizaci dopravního a informačního řídicího centra v Českých Budějovicích za 103 783 917 Kč, jehož působnost sahá přes celé město, se porovná s možnými vyčíslenými přínosy pro občany viz. výše, které jsou jen na zanedbatelném úseku vůči rozloze města. Hodnota uspořené cestovního času za rok při ročních průměrech denních intenzit by se mohla pohybovat okolo 45 554 400 Kč, ušetřený čas přepočtený na minimální hodinovou sazbu při ročních průměrech denních intenzit v pracovní dny by mohl činit 26 892 000 Kč za rok. Z toho plyne celková úspora z výše vybraných aspektů v přibližné hodnotě 72 446 400 Kč za rok.

$$45\,554\,400 + 26\,892\,000 = 72\,446\,400 \text{ Kč/rok}$$

4.3.2. Hradec Králové

Další analýza je provedena v konkrétním úseku města Hradce Králové.

Inteligentní dopravní systém (IDS)

Město se rozhodlo zrealizovat koncem roku 2021 kompletní projekt inteligentních systémů v dopravě, jejichž hlavní účel je optimalizace dopravy skrze technologie sběru dat, řízení dopravy a zařízení informačního charakteru. Další snahou je díky této inovaci rozvést spojení mezi blízkými státními či krajskými komunikacemi, případně s nedalekým městem Pardubice.

Součástí projektu byla dodávka modernizací na řízení světelné signalizace, což zahrnuje 4 přechody pro chodce a 34 křižovatek. Jsou to inovace, které preferují vozidla MDH či integrovaného záchranného systému. Dále vybavení inteligentními kamerovými systémy, včetně systémů penalizačních, které reagují na překročení povolené rychlosti či na jízdu na červenou. (“Hradec Králové uvedl do provozu inteligentní dopravní systém”, c2004–2024)

Celý systém má hodnotu 330,6 milionu korun včetně DPH. V ceně jsou zahrnuty i náklady na 6 let provozu, servis a ostatní služby. Město získalo dotaci od Operačního programu Doprava ve výši necelých 158 milionů korun. (*IDS - Inteligentní dopravní systém*, 2018)

Zavedením kompletně nového řízení dopravy pomocí inteligentního systému instalovaného společností Cross Zlín dochází ve městě Hradec Králové ke značné optimalizaci celé dopravy.

Preference vozidel MHD na křižovatkách je důležitým přínosem pro město i cestující. Pomocí kooperace mezi světelnými zařízeními a jednotlivými vozy dochází ke zkrácení dopravních časů bez zbytečných zpoždění. Přínos pro cestující je zkrácení doby strávené přesunem. Záruka plynulejšího provozu, vyšší bezpečnosti a úspory nákladů je pozitivem pro město. Dodržování jízdních dob nezpůsobuje zbytečná zdržení, město tedy nemusí vypravovat více vozidel, čímž uspoří jak náklady na vozidla, tak náklady na zaměstnance.

Dalším pozitivem je eliminace dopravních zácp, což zároveň snižuje emise a šetří účastníkům provozu čas. Je dokázáno, že k největší produkci emisí dochází při jízdě rychlosti 15 km/h a méně. Stejně tak i spotřeba pohonných hmot, kdy rychlost 20

km/h a nižší způsobuje největší spotřebu paliv. Z pohledu časového vytižení, jak zobrazuje tabulka, došlo v Hradci Králové k úsporám u zvýhodňovaných vozidel MHD, ale i u osobních automobilů.

Tabulka 2: Vliv dynamického řízení SSZ

	Průjezdnost	Zdržení
Preference IZS	Zvýšení o 40 až 60 %	
Preference MHD		Snížení o 30 %
Kapacita průjezdu	Zvýšení o 10 až 20 %	
Nadstavbové systémy		Snížení o 10 %

Zdroj: (Dopravní noviny, 2023)

Mrštíkova ulice – Palachova ulice

- **zrychlení dopravního toku**

Pokud by bylo bráno v potaz, že kapacita průjezdu se na určité trase zvýší o přibližně 15 % a doba trvání průjezdu této trasy bez zbytečných zdržení by trvala osobním automobilem 4 minuty, výsledkem by bylo zrychlení času průjezdu na 3,4 minut. Podle příspěvku Univerzity Karlovy s názvem Oceňování cestovního času a jeho spolehlivosti v běžném provozu a v kongesci – metoda a odhady pro ČR, průměrná hodnota cestovního času 1 člověka činí 222 Kč za 1 hodinu. Po přepočtu (podle vzorce 1a z metodiky) by odhadovaná výše ušporených nákladů při zrychlení doby průjezdu byla přibližně 2,22 Kč.

$$222/60 * 0,6 = 2,22 \text{ Kč}$$

V případě čerpání dat z Ředitelství silnic a dálnic z roku 2020, roční průměr denních intenzit je okolo 18 061 osobních vozidel. Úspora času na tomto úseku odhadem činí 0,6 minuty a po převedení na průměrnou hodnotu cestovního času 1 člověka jsou to již zmíněné 2,22 Kč. Poté úspora nákladů na cestovní čas pro celou intenzitu (podle vzorce 1b z metodiky) by mohla být ve výši 40 095,42 Kč za den, 14 434 351,2 Kč za rok. (1 202 862,6 Kč za měsíc)

$$2,22 * 18 061 = 40 095,42 \text{ Kč}$$

Roční průměr denních intenzit činí 18 678 osobních vozidel za předpokladu pouze pracovních dnů, ve volných dnech kromě svátků to je 16 498 osobních automobilů.

Opět při úspoře 2,22 Kč na jednoho řidiče v kombinaci s průměrem denních intenzit v pracovní dny by se (podle vzorce 1b z metodiky) mohlo jednat o částku 41 465,16 Kč za den, 14 927 457,6 Kč za rok. (1 243 954,8 Kč za měsíc)

$$2,22 * 18\ 678 = 41\ 465,16\ \text{Kč}$$

- **ocenění úspory času**

Úspora času by tedy pro 1 řidiče představovala 0,6 minuty na jeden průjezd za den, za měsíc by to činilo 18 minut, za rok 216 minut neboli 3,6 hodin. Pro roční průměr denních intenzit vozidel v pracovní dny by to mohlo být přibližně 187 hodin za den. Pokud se tento čas opět převede například na dobu, kterou by mohli řidiči být v práci (podle vzorce 2 z metodiky), tak všichni dohromady by při minimální hodinové sazbě 112,50 Kč za hodinu mohli za jeden den získat 21 037,5 Kč. (631 125 za měsíc, 7 573 500 Kč za rok)

$$112,50 * 187 = 21\ 037,5\ \text{Kč}$$

- **vývoj počtu dopravních nehod**

Podle statistického webu Dopravní nehody v ČR bylo v rozmezí od 1.1.2023 do 31.3.2023 zaznamenáno 5 nehod, o rok později ve stejném termínu byly nehody pouze 2. Nehodovost je dalším znakem vyspělosti pozemních komunikací, přičemž inteligentní dopravní systémy by měly počty nehod snižovat, což se podle dat na tomto úseku pravděpodobně daří realizovat.

- **případová studie na preferenci MHD**

Doba trvání projetí trasy z ulice Mrštíkova do ulice Palachova by mohla autobusem trvat přibližně 16 minut. Za předpokladu, že by se snížila veškerá běžná zdržení na trase o 30 %, výsledná doba trvání průjezdu by byla přibližně 11,2 minut, to znamená úsporu času 4,8 minut. Podle příspěvku Univerzity Karlovy s názvem Oceňování cestovního času a jeho spolehlivosti v běžném provozu a v kongesci – metoda a odhady pro ČR, průměrná hodnota cestovního času 1 člověka je 222 Kč za 1 hodinu. Závěrem by tedy mohlo být (podle vzorce 1a z metodiky), že cestující městskou hromadnou dopravou budou dosahovat přínosů ve výši 17,76 Kč za ušetřený čas při přepravě tímto úsekem.

$$222/60 * 4,8 = 17,76\ \text{Kč}$$

Dle hodnot ze sčítání dopravy od Ředitelství silnic a dálnic z roku 2020, roční průměr denních intenzit je přibližně 308 autobusů. Pokud by byla brána průměrná denní intenzita počtu autobusů, úspora nákladů za rychlejší dobu projetí by mohla být (podle vzorce 1b) až 5 470,08 Kč pro všechny autobusy za den, 1 969 228,8 Kč za rok. (164 102,4 Kč za měsíc)

$$17,76 * 308 = 5\,470,08 \text{ Kč}$$

Roční průměr denních intenzit v pracovní dny činí 369 autobusů, ve volné dny kromě svátků přibližně 152 autobusů. Opět za předpokladu, že jeden autobus na této trase ušetří odhadované náklady na zpoždění ve výši 17,76 Kč, pro průměr denních intenzit autobusů v pracovní dny (podle vzorce 1b) se může jednat o částku až 6 553,44 Kč za den, 2 359 238,4 Kč za rok. (196 603,2 Kč za měsíc)

$$17,76 * 369 = 6\,553,44 \text{ Kč}$$

V případě, že v jednom autobusu by se přepravovalo v průměru 50 osob, každý by při snížení zdržení mohl dosahovat úspory cestovních nákladů ve výši přibližně 17,76 Kč, protože každý cestující by se po trase přepravil o 4,8 minut rychleji. Po přepočtu lze uvést, že 50 osob v jednom autobusu by mohlo dohromady získat až 240 minut neboli 4 hodiny času navíc. To je odchylka, kterou lze opět ocenit průměrnou hodnotou cestovního času 1 člověka ve výši 222 Kč za 1 hodinu (podle vzorce 1a z metodiky). Může se tedy odhadovat, že by celý autobus ušetřil náklady na čas ve výši 888 Kč díky zrychlení trasy o 4,8 minut.

$$4 * 222 = 888 \text{ Kč}$$

Při průměru 308 autobusů za den, přičemž by každý přepravoval 50 osob, tato částka (podle vzorce 1b z metodiky) by mohla činit 273 504 Kč za 1 den a případně až 98 461 440 Kč za rok.

$$888 * 308 = 273\,504 \text{ Kč}$$

Porovnání investic s přínosy

Město Hradec Králové koncem roku 2021 vybudovalo nový inteligentní dopravní systém se zaměřením především na inovaci křižovatek. Celý tento projekt měl hodnotu přibližně 330,6 milionů korun včetně DPH, ve které je zahrnut i případný potřebný servis či opravy na dobu 6 let. Operační program Doprava přispěl dotací do

této realizace částkou necelých 158 milionů korun. Přínosy ITS jsou vyčísleny na konkrétním úseku, který je provozem inteligentních prvků také ovlivněn. Úspora nákladů za snížení cestovního času pro roční průměr denních intenzit osobních automobilů činí odhadem 14 434 351,2 Kč za rok. Pokud by se čas získaný navíc ocenil minimální hodinovou sazbou, řidiči by mohli při průměrné denní intenzitě v pracovní dny získat až 7 573 500 Kč ročně. V případě preference MHD za předpokladu, že by 1 autobus průměrně přepravoval 50 osob při průměrné denní intenzitě 308 autobusů, roční úspora cestovních nákladů přepravovaných osob by mohla činit až 98 461 440 Kč. Tyto potencionální ušetřené náklady s případnými přínosy z využití času v pracovním procesu jsou dohromady v přibližné výši 120 469 291,2 Kč za 1 rok.

$$14\,434\,351,2 + 7\,573\,500 + 98\,461\,440 = 120\,469\,291,2 \text{ Kč}$$

Investované prostředky, které po odečtení dotací činí přibližně 172,6 milionů, jsou v porovnání s potencionálními přínosy zanedbatelné. Inteligentní dopravní systémy mají životnost desítky let, přičemž v Hradci Králové je garance oprav v ceně na dalších 6 roků. Vyčíslené přínosy jsou uvedeny za pouhý 1 rok a na jednom z mnoha úseků, kde se systémy využívají. Výsledkem by tedy mohl být předpoklad pro vysokou účinnost a efektivitu těchto systémů a o snahu dalšího rozšiřování inteligentních prvků.

5. Závěr

Hlavní cíl bakalářské práce spočíval ve zhodnocení moderních prvků řízení dopravy na základě ekonomických aspektů a financování. Z dostupných dat bylo zjištěno, že na projekty ITS má největší dotační podíl Operační program Doprava. Výzkumnými otázkami bylo, jak inteligentní dopravní systémy působí na plynulost dopravního toku a jaké jsou jejich přínosy.

Ve zkoumaných oblastech se na základě poskytnutých informací od společnosti SWARCO a také ze článků Dopravních novin potvrdilo, že prvky ITS významně přispívají ke zrychlování dopravních toků. Uspořené náklady na cestování jsou stěžejními přínosy pro účastníky provozu. Tyto náklady se týkají osobních automobilů, ale i například cestujících v MHD.

Z analýzy ve vybraném úseku Českých Budějovic by podle odhadů mohl každý řidič na trase Rudolfovská třída – Na Sadech – Žižkova třída ušetřit náklady ve výši přibližně 9,25 Kč za den. Pro roční průměr denních intenzit by odhadovaná hodnota mohla činit 126 540 Kč za den.

Ze zkoumaného úseku Mrštíkova ulice – Palachova ulice v Hradci Králové vyplynulo, že zrychlení dopravního toku může mít za následek úsporu nákladů na cestování osobním automobilem ve výši 2,22 Kč za den, což by pro průměrnou denní intenzitu mohlo činit 40 095,42 Kč za den.

V bakalářské práci je uvedena i případová studie, ve které jsou sledovány dopady na cestovní náklady podle predikcí, které vyjadřují snížení zdržení pro MHD pomocí prvků ITS. Výsledkem by mohly být úspory nákladů pro cestující v autobuse ve výši 17,76 Kč za den. Pokud se zohlední průměr denních intenzit, částka může za 1 den dosáhnout až 5 470,08 Kč. Pokud by se předpokládalo, že se v průměru linkou MHD přepravuje 50 osob a přepočty nákladů by se týkaly tohoto množství, výsledkem by mohly být úspory nákladů ve výši 273 504 Kč.

Uspořený čas byl převeden i na dobu, kterou by jinak řidiči mohli strávit v zaměstnání.

Jako shrnutí bylo uvedeno porovnání investic a odhadovaných přínosů ze zrychlení dopravních toků. V obou městech se aplikace inteligentních systémů projevila jako výhodná investice.

Bylo zjištěno i snížení počtu nehod na vybraných komunikacích. Může se tedy předpokládat, že ITS mají zásluhu na vyšší bezpečnosti.

Inteligentní dopravní systémy mají opravdu široký dopad, který by se dal zkoumat z mnoha hledisek. Tato bakalářská práce se zaměřovala především na dopady z pohledu plynulosti dopravních toků a jaké jsou následné přínosy, které byly v praktické části odhadem vyčísleny.

Téma moderní prvky řízení dopravy jsou rozsáhlou problematikou, která by se mohla dále podrobněji analyzovat. V úvahu by připadalo zkoumat veškeré úseky, na kterých jsou prvky ITS implementovány, to především pro přesnější vyhodnocení přínosů v celém městě. Pro detailnější analýzu by bylo vhodné provádět výzkum i v různých časových intervalech za celý den, které jsou rozdílné svými dopravními charakteristikami. Pro úplnost by se také měly zahrnout veškeré dopravní prostředky silniční dopravy.

6. Summary

The bachelor's thesis on the topic "Modern elements of traffic management and their use in urban agglomerations" deals with selected modern elements of traffic management, such as intelligent transport systems, which mainly include information and telecommunication technologies. It is focused on road transport and the issue of passenger vehicles.

In the theoretical part, traffic concepts such as traffic intensity, traffic capacity, traffic flow and related matters are explained. Another subsection focuses on selected elements of ITS that are used in urban agglomerations of the Czech Republic. At the same time, their functions and possible benefits are also described.

The aim is to evaluate the introduction of elements from the point of view of economic aspects and sources of financing. The main question is how ITS affects the flow of traffic.

The analysis is focused on České Budějovice and Hradec Králové. In these cities, some of the established systems are listed and then possible benefits on specific sections are evaluated.

Keywords: Intelligent Transport Systems, road transport, economic aspects, sources of financing, transport sustainability, urban agglomerations.

7. Seznam použitých zdrojů

Eisler, J. (2000). *Ekonomika dopravy*. Fortuna.

Pernica, P. (2001). *Doprava a zasílatelství*. ASPI Publishing.

Pernica, P. (2001). In P. Pernica, *Doprava a zasílatelství* (p. 41). ASPI Publishing.

Příbyl, P., & Svítek, M. (2001). *Inteligentní dopravní systémy* (1st ed.). Ben.

Schmeidler, K. (2010). *Mobilita, transport a dostupnost ve městech*. KEY Publishing.

Svítek, M., & Postránecký, M. (2018). *Města budoucnosti*. Nadatur.

Toušek, R. (2009). *Management dopravy*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta.

Zelený, L. (2004). *Rozvoj dopravy ve světě*. Oeconomica.

ELEKTRONICKÁ LITERATURA

Aktuality. (c2024). SPEL. Retrieved March 17, 2024, from <https://www.spel.cz/aktuality>

Annema, J. A., Wee, B. van, & Annema, J. A. (c2013). In *The Transport System and Transport Policy* (1st ed., pp. 125–127). Edward Elgar Publishing. https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=UwJWfgoOeEC&oi=fnd&pg=PA125&dq=traffic+flows&ots=4hiXHDL0-K&sig=NrLmIbbLDbe8AVkMX3LPkth-jBM&redir_esc=y#v=one-page&q=traffic%20flows&f=false

Aplikace pro úhradu parkovného. (c2019). Správa informačních technologií Plzeň. Retrieved March 4, 2024, from https://www.sitmp.cz/projekty_detail/aplikace-pro-uhradu-parkovneho/

Brůhová Foltýnová, H. (2009). *Doprava a společnost. Ekonomické aspekty udržitelné dopravy*. Karolinum. https://www.researchgate.net/publication/332383770_Doprava_a_spolecnost_Ekonomicke_aspekty_udrzitelne_dopravy#fullTextFileContent

CEF – Nástroj pro propojení Evropy. (c2024). Ministerstvo dopravy. Retrieved March 19, 2024, from <https://www.mdcr.cz/CEF>

CITIQ. (c2021). Retrieved March 16, 2024, from <https://www.citiq.cz/>

Čapka, A. (2021). *Inteligentní dopravní systémy*. Vysoká škola logistiky o.p.s. v Přerově. https://www.researchgate.net/publication/374166225_INTELIGENTNI_DOPRAVNI_SYSTEMY

Detekce jízdy na červenou – SYDO Traffic Redlight. (c2024). GEMOS CZ. Retrieved February 14, 2024, from <https://www.gemos.cz/red.php>

Dopravně informační řídicí centrum České Budějovice. ([cca 2004]). VARS. Retrieved March 31, 2024, from <https://www.vars.cz/reference/dirc-ceske-budejovice/>

Dopravní infrastruktura. (c2022). Smart City Polygon. Retrieved March 15, 2024, from <https://smart-citypolygon.cz/nase-reseni/dopravni-infrastruktura/>

Dopravní telematika. (c2024). SPEL. Retrieved March 17, 2024, from <https://www.spel.cz/dopravni-telematika>

Dopravní telematika. ([cca 2004]). VARS. Retrieved March 16, 2024, from <https://www.vars.cz/dopravni-telematika/>

Dynamické zpomalovací semaforey, signalizace na přechodech. (nedatováno). DOSIP Servis s.r.o. Retrieved February 14, 2024, from http://www.dosipservis.cz/zpomalovací_semafor.html

Ferebauer, P. (c2021). *Dopravní informační a řídicí centrum.* Statutární město České Budějovice. Retrieved March 31, 2024, from <https://www.c-budejovice.cz/dirc>

Hradec Králové uvedl do provozu inteligentní dopravní systém. (c2004–2024). *Dopravní noviny*, (6), 1. <https://www.dnoviny.cz/informatika/hradec-kralove-uedl-do-provozu-inteligentni-dopravni-sytem>

IDS – Inteligentní dopravní systém. (2018). Hradec Králové. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.hradeckralove.org/ids-inteligentni-dopravni-system/d-45860>

Intenzity dopravy. (c2002). Ceskedalnice.cz. Retrieved February 21, 2024, from <https://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/intenzity-dopravy/>

Jak fungují úseková měření. (c2006–2024). AntiRadary.NET. Retrieved March 8, 2024, from <https://www.antiradary.net/usekove-mereni/>

Kapacita dopravy. (c2011). Doprava-info. Retrieved February 21, 2024, from <https://doprava-info.webnode.cz/vyuka/kapacita-dopravy/>

Ledvinová, M. (2008). Dopravní význam a kapacita pozemních komunikací. *Perner's contacts*, 3(4), 69. <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/1317/1101>

OpenAI. (2023). ChatGPT (Verze 3.5.) [Software]. <https://chat.openai.com/c/6e2d9b75-14d3-4eee-81a2-6ba2e1a6be5c>

Operační program Doprava – Základní informace. (c2022). Operační program Doprava. Retrieved March 19, 2024, from <https://www.opd.cz/stranka/zakladni-informace>

Parkovací systémy. (c1996–2024). Siemens. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.siemens.cz/smartcities/parkovaci-systemy>

RDS-TMC. (c1997-2024). Radiožurnál. Retrieved March 6, 2024, from <https://radiozurnal.rozhlas.cz/rds-tmc-nase-navigace-vase-pohodova-jizda-7197956>

Smart City. (c2024). SPEL. Retrieved March 17, 2024, from <https://www.spel.cz/smart-city>

SMART řešení. (c2024). OMEXOM. Retrieved March 15, 2024, from <https://www.gaenergo.cz/sluzby/smart-reseni/>

Strategické detektory a kamerový dohledový systém v Českých Budějovicích. (c2024). Operační program Doprava. Retrieved March 25, 2024, from <https://www.opd.cz/projekt/Strategicke-detektory-a-kamerovy-dohledovy-system-v-Ceskyh-Budejovicich---I-etapa>

Systém výběru mytného. (2019). MYTOCZ. Retrieved March 6, 2024, from <https://www.mytocz.eu/cs/emytne/system-elektronickeho-vyberu-mytneho>

Varianty cedulí ukazatelů rychlosti vozidel. (c2024). GEMOS CZ. Retrieved March 8, 2024, from <https://www.gemos.cz/speed-radar-sign.php>

VARs Brno – O nás. ([cca 2004]). VARs. Retrieved March 16, 2024, from <https://www.vars.cz/o-nas/>

Zákon č. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích. (c2010). Zákony pro lidi. Retrieved February 21, 2024, from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13?text=dopravn%C3%AD%20kongesce>

8. Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZKY

Obrázek 1: Přehled výběru mýtného na pozemních komunikacích v ČR.....	26
Obrázek 2: Rozšíření inteligentních semaforů od firmy GEMOS	27

TABULKY

Tabulka 1: Pořizovací ceny technologií a služeb.....	37
Tabulka 2: Vliv dynamického řízení SSZ.....	55

9. Seznam příloh

Příloha 1: Zdroje financí Akčního plánu rozvoje ITS	68
--	-----------

10. Přílohy

Příloha 1: Zdroje financí Akčního plánu rozvoje ITS

Státní fond dopravní infrastruktury (SFDI)

2016

- Doplnění informačních portálů na D a R – 25,5 mil. Kč
- Doplnění a modernizace stávajících telematických systémů – 15 mil. Kč
(rok 2017 – 15 mil. Kč, 2018 – 15 mil. Kč)
- Výstavba WIM na dálnicích – 24,8 mil. Kč
- D2 km 2,0–60,0 modernizace SOS – 20,3 mil. Kč (rok 2017 – 20,3 mil. Kč)
- D5 km 5,0–56,0 modernizace kabelové trasy – 18,8 mil. Kč
- D1 km 220–245 modernizace telematiky – 6,8 mil. Kč
- Úsekové měření rychlosti na D – 1,8 mil. Kč (rok 2017 – 1,8 mil. Kč, 2018 – 1,8 mil. Kč)
- Liniové řízení dopravy na D – 30 mil. Kč (rok 2017 – 30 mil. Kč, 2018 – 30 mil. Kč)

2017

- Implementace detektorů průjezdnosti vozidel – 3 mil. Kč
- Telematická opatření pro zvýšení bezpečnosti dopravy v rizikových lokalitách – 7,5 mil. Kč (rok 2018 – 7,5 mil. Kč)

2018

- D10 výstavba telematických systémů – 15 mil. Kč
- D46 výstavba telematických systémů – 7,5 mil. Kč

Operační program Doprava 2 (OPD 2)

2016

- Doplnění informačních portálů na D a R – 144,5 mil. Kč
- Doplnění a modernizace stávajících telematických systémů – 85 mil. Kč
(rok 2017 – 85 mil. Kč, 2018 – 85 mil. Kč, 2019 – 85 mil. Kč, 2020 – 85 mil. Kč)
- Výstavba WIM na dálnicích – 140,3 mil. Kč
- D2 km 2,0–60,0 modernizace SOS – 114,8 mil. Kč (rok 2017 – 114,8 mil. Kč)
- D5 km 5,0–56,0 modernizace kabelové trasy – 106,3 mil. Kč

- D1 km 220–245 modernizace telematiky – 38,3 mil. Kč
- Úsekové měření rychlosti na D – 10,2 mil. Kč
(rok 2017 – 10,2 mil. Kč, 2018 – 10,2 mil. Kč, 2019 – 10,2 mil. Kč, 2020 – 10,2 mil. Kč)
- Liniové řízení dopravy na D – 170 mil. Kč
(rok 2017 – 170 mil. Kč, 2018 – 170 mil. Kč, 2019 – 170 mil. Kč)
- Obnova technologií dispečinku národního dopravního informačního centra (NDIC) – 25,5 mil. Kč
- Systém pro plošné kontinuální monitorování dynamiky dopravních proudů – 161,5 mil. Kč
(rok 2017 – 21,3 mil. Kč, 2018 – 21,3 mil. Kč, 2019 – 21,3 mil. Kč, 2020 – 21,3 mil. Kč)
- Vybudování Kooperativního ITS koridoru MIROŠOVICE – RUDNÁ – 46,8 mil. Kč

2017

- Implementace detektorů průjezdnosti vozidel – 17 mil. Kč
- Telematická opatření pro zvýšení bezpečnosti dopravy v rizikových lokalitách – 42,5 mil. Kč (rok 2018 – 42,5 mil. Kč)

2018

- D10 výstavba telematických systémů – 85 mil. Kč (rok 2019 – 85 mil. Kč, 2020 – 85 mil. Kč)
- D46 výstavba telematických systémů – 42,5 mil. Kč (rok 2019 – 42,5 mil. Kč, 2020 – 42,5 mil. Kč)

Nástroj pro propojení Evropy (CEF)

2016

- Zavedení evropského standardu DATEX II pro výměnu dopravních informací – 8 mil. Kč
- Opatření pro zlepšení sběru a výměny stávajících dopravních informací – 0,9 mil. Kč
- Implementace datového formátu DATEX II do NDIC – 0,7 mil. Kč (rok 2017 – 0,7 mil. Kč)

- Vytvoření strategického plánu dalšího rozvoje NDIC s výhledem na 10 let, a to v souladu s technickými a organizačními opatřeními stanovenými v Akčním plánu rozvoje ITS – 0,5 mil. Kč
- Stanovení/vytvoření systému kontroly kvality sbíraných a poskytovaných dopravních informací – 0,3 mil. Kč
- C-ROADS CZ – 88,4 mil. Kč (rok 2017 – 88,4 mil. Kč, 2018 – 88,4 mil. Kč, 2019 – 88,4 mil. Kč, 2020 – 88,4 mil. Kč)

2017

- Dynamické lokalizace dopravních informací v různých datových formátech pro podporu rozvoje NDIC – 0,3 mil. Kč (rok 2018 – 0,2 mil. Kč, 2019 – 0,3 mil. Kč)

Vlastní zdroje (rozpočty rezortních organizací Ministerstva dopravy nebo ČD a.s.)

2016

- Obnova technologií dispečinku národního dopravního informačního centra (NDIC) – 4,5 mil. Kč
- Integrace nových datových zdrojů do NDIC – 7,5 mil. Kč
- Vývoj a implementace nových funkcionalit a upgrade stávajících modulů NDIC – 7 mil. Kč
- Zajištění geografické redundance NDIC – 27 mil. Kč
- Systém pro plošné kontinuální monitorování dynamiky dopravních proudů – 28,5 mil. Kč (rok 2017 – 3,8 mil. Kč, 2018 – 3,8 mil. Kč, 2019 – 3,8 mil. Kč, 2020 – 3,8 mil. Kč)
- Rozšíření prostorových dat o příhraniční oblasti pro zajištění mezinárodní interoperability informací z ITS – 12 mil. Kč
- Vybudování Kooperativního ITS koridoru MIROŠOVICE – RUDNÁ – 8,3 mil. Kč (rok 2018 – 8 mil. Kč, 2019 – 8 mil. Kč, 2020 – 8 mil. Kč)
- C-ROADS CZ – 15,6 mil. Kč (rok 2017 – 15,6 mil. Kč, 2018 – 15,6 mil. Kč, 2019 – 15,6 mil. Kč, 2020 – 15,6 mil. Kč)

Zdroj: (Ministerstvo dopravy, 2015)