

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU
PREMÁVKU NA ÚSEKOC
DOPRAVNÝCH SIETÍ
NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ
KATEGÓRIE**

Ing. Norbert Mondek

Dizertačná práca

2024

Doktorand

Ing. Norbert Mondek

Študijný program

P1041D040001 Technologie a management v dopravě

Študijný odbor/špecializácia

P1041D5001 Technologie a management v dopravě

Školiteľ

doc. Ing. Josef Bulíček, Ph.D.

Školiteľ špecialista

—

Školiace pracovisko

Katedra technologie a řízení dopravy

Prehlasujem:

Prácu s názvom Faktory ovplyvňujúce ďalšiu premávku na úsekoch dopravných sietí nahradených úsekmi vyššej kategórie som vypracoval samostatne. Všetky literárne pramene a informácie, ktoré som v práci využil, sú uvedené v zozname použitej literatúry.

Bol som oboznámený s tým, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, najmä so skutočnosťou, že Univerzita Pardubice má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o použitie tejto práce ako školského diela podľa § 60 ods. 1 autorského zákona, a s tým, že pokiaľ dôjde k použitiu tejto práce mnou alebo bude poskytnutá licencia o použití inému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávnená odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré na vytvorenie diela vynaložila, a to podľa okolností až do ich skutočnej výšky.

Beriem na vedomie, že v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, a smernicou Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práca zverejnená v Univerzitnej knižnici a prostredníctvom Digitálnej knižnice Univerzity Pardubice.

V Prešove dňa 11.11.2024

Norbert Mondek v. r.

Pod'akovanie

Touto cestou d'akujem môjmu školiteľovi, ktorým je pán Josef Bulíček, za konzistentnú, konštruktívnu a vecnú podporu počas celého môjho štúdia na Univerzite Pardubice. Zároveň patrí vďaka aj mojej rodine, ale osobitne mojej manželke za neustálu oporu a povzbudenie, ktorá mi dodávala nepretržité odhodlanie a zaobstarala čas na napísanie tejto práce.

Pod'akovanie patrí aj Univerzite Pardubice za poskytovanie grantov v rámci programu „Studentská grantová súťaž“, pomocou ktorých boli financované moje publikačné výstupy.

Anotácia

Predmetom dizertačnej práce je návrh a aplikácia metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí. Práca sa zaoberá skúmaním efektov a posúdením faktorov vplyvajúcim na dopravné a prepravné prúdy v cestnej a verejnej doprave. Za týmto účelom sú aplikované analytické nástroje a metódy štvorstupňového dopravného modelovania. Sledovaným výsledkom navrhnutého metodického postupu je vyhodnotenie posudzovaných variantov, s cieľom optimalizácie dopravných tokov s dôrazom na efektívne využitie infraštruktúry, a to najmä z pohľadu samospráv a periférnych oblastí. Výsledky práce majú praktický prínos pre strategické plánovanie obchvatov a s tým súvisiacu verejnú dopravu, a sú aplikovateľné v rôznych geografických, dopravných a infraštruktúrnych podmienkach. Práca tiež prináša vedecký prínos rozšírením poznatkov o dopravnej indukcii a vytvára univerzálnu metodiku aj pri teoretickom riešení obdobných dopravných problémov.

Kľúčové slová

cestná infraštruktúra, dopravná indukcia, dopravné modelovanie, nahradzovanie dopravných sietí, obchvat, rozhodovanie, verejná doprava

Title

Factors Influencing Further Traffic on Sections of Transport Networks Replaced by Higher-Category Sections

Annotation

The subject of this dissertation is the design and application of a methodology to support decision-making in the replacement of transport networks. The work focuses on examining the effects and evaluating the factors influencing traffic and transport flows in road and public transport. For this purpose, analytical tools and methods of four-step traffic modeling are applied. The aim of the proposed methodological procedure is to evaluate the considered alternatives, with the goal of optimizing traffic flows, emphasizing the efficient use of infrastructure, particularly from the perspective of local governments and peripheral areas. The results of the work have practical implications for the strategic planning of bypasses and related public transport, and they are applicable in various geographical, transport, and infrastructural conditions. The work also brings scientific value by expanding knowledge on traffic induction and creating a universal methodology for addressing similar theoretical transport problems.

Keywords

road infrastructure, transport induction, transport modelling, replacement of transport networks, bypass, decision-making, public transport

Obsah

Zoznam obrázkov	8
Zoznam tabuliek	10
Zoznam skratiek	11
1 Úvod	12
2 Prehľad súčasných vedeckých poznatkov a diskusia	14
2.1 Analýza súčasného stavu vedeckého poznania	15
2.2 Východiská pre výskumnú činnosť v cestnej doprave	24
2.3 Predpokladané faktory vplývajúce na cestnú dopravu	25
2.4 Východiská pre výskumnú činnosť v autobusovej doprave	29
2.5 Východiská pre výskumnú činnosť v železničnej doprave	30
2.6 Východiská pre výskumnú činnosť v mestskej hromadnej doprave	34
2.7 Predpokladané faktory vplývajúce na verejnú dopravu	35
2.8 Diskusia nad otázkami o odklonení z pohľadu individuálnej a verejnej dopravy a analýza dobrej praxe	36
2.8.1 Cestná doprava	36
2.8.2 Autobusová doprava	38
2.8.3 Železničná doprava	41
2.8.4 Mestská hromadná doprava	44
2.9 Čiastkové zhrnutia	45
2.9.1 Zhrnutie analýzy súčasného stavu vedeckého poznania	45
2.9.2 Zhrnutie východísk pre výskumnú činnosť	46
3 Cieľ dizertačnej práce	48
4 Metódy spracovania	50
4.1 Štvorstupňový dopravný model	50
4.2 Štatistická analýza	52
4.3 Metódy multikriteriálneho rozhodovania a odhadu váh kritérií	53
4.4 Komentár k vlastnému dopravnému modelovaniu	55
5 Vlastný výskum a jeho výsledky	57
5.1 Využitie analytických nástrojov	57
5.1.1 Cestná doprava	57
5.1.2 Autobusová doprava	68
5.1.3 Čiastkové zistenia	77
5.2 Využitie metód štvorstupňového dopravného modelovania	78
5.2.1 Cestná doprava	78
5.2.2 Autobusová doprava	85

5.2.3	Čiastkové zistenia	91
6	Návrh metodiky, jej aplikácia a prínosy pre vedu a prax.....	92
6.1	Metodika pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí.....	92
6.1.1	Cestná doprava	93
6.1.2	Verejná doprava	96
6.1.3	Multimodálne riešenie problému	100
6.2	Príklad aplikácie navrhutej metodiky.....	101
6.2.1	Cestná doprava	101
6.2.2	Autobusová doprava	110
6.3	Zhrnutie metodického postupu a prínosov pre vedu a prax.....	116
7	Záver	119
	Summary.....	121
	Literatúra.....	123
	Vlastné publikácie	132
	Zoznam príloh.....	133

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Dekompozícia celého spektra výskumnej problematiky	14
Obr. 2 Možnosti napojenia sídel na vysokorychlostné železničné trate.....	31
Obr. 3 RPDI v mestách prvej kategórie.....	61
Obr. 4 RPDI v mestách druhej kategórie.....	63
Obr. 5 RPDI v mestách tretej kategórie	64
Obr. 6 Pomer dopravných intenzít na obchvatoch v jednotlivých mestách.....	66
Obr. 7 Medziročná zmena dopravných intenzít v jednotlivých mestách	67
Obr. 8 Časová úspora spojov pri jazde po obchvate.....	72
Obr. 9 Pomer spojov zachádzajúcich na autobusové stanovištia v jednotlivých sídlach	73
Obr. 10 Ukážka vytvoreného matematického modelu.....	76
Obr. 11 Namodelovaná dopravná sieť medzi mestami Pardubice a Chrudim	79
Obr. 12 Porovnanie výsledkov použitia metód FW a AON.....	80
Obr. 13 Dopravné toky vozidiel v riešenom území	81
Obr. 14 Distribúcia vozidiel rozdelená podľa kategórií ciest a smerov.....	83
Obr. 15 Pomer dopravného zaťaženia rozdelený podľa kategórií ciest a smerov	84
Obr. 16 Perimeter riešenej oblasti s vyznačenou cestnou a železničnou infraštruktúrou	85
Obr. 17 Zobrazenie riešených liniek na dopravnej sieti.....	88
Obr. 18 Del'ba prepravnej práce na riešenej relácii v jednotlivých variantoch.....	89
Obr. 19 Kartogram prepravného zaťaženia pre výhľadový stav	90
Obr. 20 Schematický diagram navrhutej metodiky pre cestnú dopravu.....	95
Obr. 21 Schematický diagram navrhutej metodiky pre verejnú dopravu.....	99
Obr. 22 Mapa riešenej dopravnej siete v okolí mesta Prešov	102
Obr. 23 Vypočítaný regresný model určený pre mesto Prešov.....	104
Obr. 24 Porovnanie prieskumných a modelových údajov v individuálnej doprave.....	105
Obr. 25 Prognózované intenzity dopravných prúdov v oblasti Prešova.....	106
Obr. 26 Kartogram dopravného zaťaženia	107

Obr. 27 Rozdielový kartogram dopravného zaťaženia.....	108
Obr. 28 Zjednodušená linková schéma skúmanej oblasti.....	110
Obr. 29 Porovnanie prieskumných a modelových údajov vo verejnej doprave.....	112
Obr. 30 Porovnanie počtu cestujúcich v autobusových spojoch v uvažovaných scenároch	113
Obr. 31 Kartogram prepravného zaťaženia.....	114

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v cestnej doprave	24
Tab. 2 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v autobusovej doprave	30
Tab. 3 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v železničnej doprave.....	32
Tab. 4 Spektrum údajov potrebných pre riešenie predmetnej problematiky	55
Tab. 5 Prehľad a popis použitých kategórií miest	58
Tab. 6 Zoznam miest vstupujúcich do výskumu a ich charakteristika.....	58
Tab. 7 Informácie o vedení ciest v mestách a zoznam sčítacích úsekov.....	60
Tab. 8 RPDÍ v mestách prvej kategórie vzťahnutý na výpočtové obdobie	63
Tab. 9 RPDÍ v mestách druhej kategórie vzťahnutý na výpočtové obdobie	64
Tab. 10 RPDÍ v mestách tretej kategórie vzťahnutý na výpočtové obdobie.....	65
Tab. 11 Rozdiel v dopravných intenzitách a ich distribúcia.....	68
Tab. 12 Vedenie tranzitných spojov autobusových liniek a ich porovnanie	70
Tab. 13 Prehľad požadovaných vstupov a produkovaných výstupov matematického modelu.....	75
Tab. 14 Prehľad modelových parametrov cestnej infraštruktúry	79
Tab. 15 Váha dopravného zaťaženia jednotlivých úsekov ciest	82
Tab. 16 Porovnanie cestovných časov v skúmaných variantoch.....	87
Tab. 17 Príklady a špecifikácia uplatniteľných kritérií	98
Tab. 18 Zoznam použitých sčítacích úsekov a zistených dopravných intenzít.....	103
Tab. 19 Zoznam zistených RPDÍ pred a po postavení obchvatu	105
Tab. 20 Rozsah spojov regionálnej autobusovej dopravy v skúmanom území.....	111
Tab. 21 Porovnanie súčasnej a posudzovanej situácie pri pretrasovaní vybraných spojov.....	112
Tab. 22 Referenčná Saatyho matica s vypočítanými váhami kritérií.....	115
Tab. 23 Hodnoty sledovaných kritérií v skúmaných variantoch.....	115
Tab. 24 Sumarizácia navrhutej metodiky nahradzovania dopravných sietí.....	117

Zoznam skratiek

AON	All-or-Nothing (metóda – pozn. autora)
CZ	Česko
FW	Frank-Wolfe (algoritmus – pozn. autora)
K+R	Kiss & Ride (parkovisko určené na naloženie/vyloženie cestujúceho – pozn. autora)
MHD	mestská hromadná doprava
P+R	Park & Ride (záchytné parkovisko – pozn. autora)
PUM	plán udržateľnej mobility
RPDI	ročný priemer denných intenzít
SK	Slovensko
VDF	volume delay function (odporová funkcia – pozn. autora)
VRT	vysokorýchlostná trať

1 Úvod

Doprava predstavuje potrebný, neustále sa rozvíjajúci a funkčný systém. V podstate ide o určitú interakciu dopravnej infraštruktúry a pohybujúcich sa vozidiel (cestných, ale aj dráhových), ktorej výsledkom je služba vo forme mobility obyvateľstva a tovaru. Doprava taktiež predstavuje vedný odbor, ktorý ponúka množstvo priestoru pre nové vedecké poznania a ich výskum. Prirodzenou súčasťou pokrokov v oblasti dopravy je výstavba nových častí dopravnej infraštruktúry, s čím súvisí dopravná indukcia (ako dopad rozvoja infraštruktúry) a s tým spojená zvyšujúca sa mobilita obyvateľstva v čase. Preto vznikajú v praxi otázky, ako sa vysporiadať s pôvodnými časťami dopravnej infraštruktúry, ktoré boli nahradené úsekmi vyššej kategórie (pri pôvodnej infraštruktúre je väčšinou všeobecne jej význam znížený), zároveň sú však dôležité aj samotné parametre nových úsekov. Ide predovšetkým o budúce využitie jednotlivých častí dopravnej siete. Z pohľadu existujúcich druhov dopravy nejde len o infraštruktúrne hľadisko, ale aj o samotnú technológiu dopravy, ktorá je významne naviazaná na parametre dopravnej siete.

Za účelom ustálenia a zjednotenia terminológie sa v rámci tejto práce definuje pojem obchvat (anglicky bypass), ktorý označuje dopravnú komunikáciu vyššej kategórie (vyššieho významu, resp. všeobecne s lepšími parametrami) vo vzťahu k jej smerovaniu okolo sídla, príp. jeho časti. Oficiálne zvyknú byť takéto stavby nazývané aj ako preložky, príp. ako stavby novej líniovej infraštruktúry (diaľničnej siete). Zámer tejto práce je širší, preto sú predmetom výskumu aj uvedené stavby, pretože synergicky plnia aj funkciu obchvatu. V tejto súvislosti je definovaný aj termín odklon, ktorý v tejto práci znamená presun vozidiel (cestujúcich, tovaru) z mestských ciest (pôvodnej, resp. nahradenej infraštruktúry) na obchvaty (nové úseky dopravnej siete).

Typickým príkladom úsekov vyššej kategórie sú cestné obchvaty sídel, s čím je úzko spätá dopravná situácia v mestách. So vznikom obchvatov súvisí aj následná zmena technológie vo verejnej doprave, a to najmä z pohľadu liniek, ktoré sú pomerne bežne pretrasované na obchvaty. Takáto, často aj vynútená zmena, sa týka najmä liniek autobusovej dopravy, ale má dopad aj na ostatné subsystemy, často najmä na mestskú dopravu. V prípade železnice môže ísť o budúce využitie potenciálne nahradenej trate, napríklad vysokorýchlostnou traťou (VRT). Alternatívnych scenárov a uplatnení je teda možné skúmať pomerne mnoho, pričom aj keď je každý úsek špecifický, tak určité spoločné črty naprieč jednotlivými dopravnými módami celkom pravdepodobne existujú. Práve ich nájdenie a rozbor predstavuje určitú bázu pre stanovenie cieľov práce a hypotézy, a je teda predmetom vedeckého skúmania v dizertačnej práci.

Na základe uvedeného je teda možné stanoviť rozsah riešeného problému z hľadiska druhov dopravy, ktorým sa je možné v rámci vedecko-výskumnej činnosti zaoberať. Ide o subsystemy cestnej individuálnej a verejnej dopravy, železničnej dopravy a mestskej hromadnej dopravy. Takéto spektrum riešených tém je však s ohľadom na rozsah a zameranie dizertačnej práce príliš široké, čo vyplynulo aj zo záveru štátnej doktorskej skúšky autora. Z týchto dôvodov je rozsah dizertačnej práce zredukovaný len na cestnú a súvisiacu autobusovú dopravu, čo v plnom rozsahu pokrýva požiadavky na riešenie vedecko-výskumnú činnosť v rámci dizertácie. V prípade cestnej dopravy ide teda predovšetkým o sledovanie vplyvu obchvatov na dopravnú situáciu z pohľadu

počtu vozidiel (osobných, nákladných). Určitou podmnožinou, ktorá je ale v práci sledovaná separátne, je autobusová doprava, ktorej trasovanie vychádza primárne z dostupnosti a parametrov cestnej infraštruktúry.

Ako základná veličina, ktorou je možné popísať využívanie jednotlivých úsekov dopravnej siete, je uvažovaná intenzita dopravy v jednotlivých úsekoch, a to v počte dopravných kompletov prechádzajúcich profilom úseku za jednotku času. Takto je možné pomerne presne porovnávať intenzity dopravy v určitých časových horizontoch, pričom na základe analýzy konkrétnych pomerov je možné kvalifikovať či kvantifikovať faktory vplývajúce na využívanie nahradených úsekov dopravnej infraštruktúry. Z hľadiska vedeckého prístupu je preto dôležité poznať aj minulé scenáre, pretože na základe poznania minulosti je možné nájsť aj určité paralely pre prognózovanie, resp. modelovanie ďalšieho vývoja.

Výsledkom vedeckej činnosti, realizovanej v rámci spracovania dizertačnej práce, je vytvorenie metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí alebo ich častí. Práve pre posudzovanie budúcich scenárov je potrebné nájsť určitý rámec a metódy, v ktorom a s ktorými bude možné toto prognózovanie vykonávať. Predmetom uvedenej metodiky je, okrem určitej kvantifikácie vplyvu novej časti infraštruktúry na nahradzované úseky, aj metodický postup rozhodovania o týchto nových častiach dopravnej siete (najmä vo vzťahu k dopravnej situácii v obchádzaných sídlach). Celkovo je teda výstupom metodiky určitý návod, ako z hľadiska miestnych aktérov pristupovať k prognózovaniu dopadov a prínosov nových dopravných úsekov a poznanie, ktoré faktory a ako významne túto problematiku ovplyvňujú.

V kontexte uvedenej problematiky je potrebné zdefinovať aj rozlišovaciú úroveň, s ktorou je v dizertačnej práci uvažované. Pretože ide o komplexne skúmanú problematiku s dôrazom na všeobecnosť, tak pri výbere výskumnej oblasti je uplatnený princíp, že by mala byť dostatočne veľká na to, aby obsahovala čo najviac z riešených druhov dopravy, a zároveň nie príliš rozsiahla, aby bolo možné zistenia v požadovanej miere zovšeobecniť. Na základe uvedeného je stanovené pozorovanie na úrovni miest, príp. aglomerácii, a to v rámci Česka a Slovenska, pri ktorých je možné skúmať tranzitné aj miestne dopravné a prepravné toky, ktoré sú pre splnenie cieľa práce najdôležitejšie.

Predmetom dizertačnej práce je v prvej časti súhrn vedeckých poznatkov a diskusia nad riešenou problematikou. Na tomto základe sú následne prezentované podporné tézy ďalšieho skúmania a cieľ vedecko-výskumnej činnosti vykonanej v rámci tejto práce. **Cieľom dizertačnej práce je zhodnotenie efektov obchvatov a posúdenie zistených faktorov v kontexte skúmanej problematiky.** Za týmto účelom je v kapitole 3 stanovená hypotéza dizertačnej práce, ktorá je však vzhľadom na zameranie práce a vystihnutie sledovaného cieľa súhrnná a všeobecná. V kapitole 4 je potom predstavené spektrum metód, ktoré sú použité jednak pre overenie platnosti stanovenej hypotézy, ale taktiež aj pre ďalšie riešenie dizertačnej práce v kapitole 5. V záverečnej kapitole 6 je predstavený výsledok vedecko-výskumnej činnosti autora, a to **metodický postup pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí, ktorý predstavuje významný prostriedok pre naplnenie cieľa dizertačnej práce.**

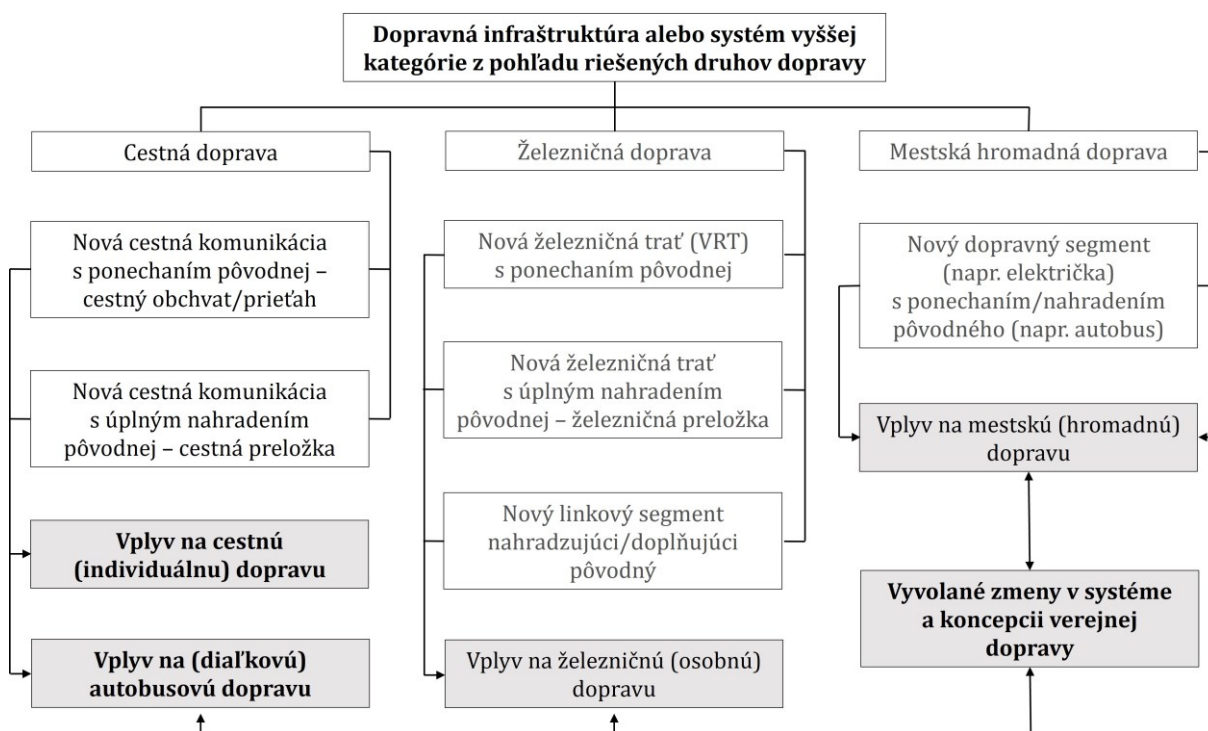
2 Prehľad súčasných vedeckých poznatkov a diskusia

Predmetom tejto kapitoly je analýza súčasného stavu poznania v oblasti témy nahradzovania dopravných sietí. Tento rozbor je zameraný z dôvodu komplexnosti na všetky subsystemy dopravy, ktoré sú relevantné vo vzťahu k predmetnej téme, teda venuje sa aj oblastiam, ktoré nie sú vo vlastnom výskume dizertačnej práce ďalej rozvíjané. Okrem zhodnotenia dostupnej literatúry je text venovaný aj bližšiemu rozboru skúmanej problematiky z pohľadu jednotlivých druhov dopravy. V ďalšej časti sú uvedené predpokladané faktory, ktoré majú na základe vedeckého poznania súčasného stavu určitý vplyv na využívanie dopravných sietí.

Prepravné, resp. dopravné prúdy vznikajúce v rámci mesta a väčších pozorovaných oblastí je možné vo všeobecnosti rozlíšiť na základe rôznych kritérií. Podľa [1] existujú 4 základné typy dopravných prúdov (tokov) v rámci mestských oblastí, a to:

1. tranzitné toky prechádzajúce mestom (sledovanou oblasťou),
2. toky pochádzajúce z mesta (oblasti) a idúce mimo mesta (oblasti),
3. toky prichádzajúce z oblasti mimo mesta (oblasti) s cieľom cesty v meste (oblasti),
4. toky realizované len v rámci mesta (sledovanej oblasti).

Uvedené typy tokov predstavujú základné triedenie, pričom ďalej sa dopravné a prepravné prúdy môžu deliť podľa smeru, určenia, dôležitosti a pod. Ich bližší rozbor a prípadná modifikácia je taktiež predmetom tejto kapitoly, pričom na takto definovanom základe je založené aj vlastné riešenie práce a metodika. Dôležitú časť prehľadu tvorí aj diskusia venovaná možnostiam odklonu dopravy, resp. východiskám riešených problémov v jednotlivých druhoch dopravy (obr. 1).



Obr. 1 Dekompozícia celého spektra výskumnej problematiky

Zdroj: autor

Pozornosť je upriamená najmä na tie problémy, ktorým sa má zmysel venovať či už v tejto alebo inej vedeckej činnosti. Bielo podfarbené prvky patria k príčinám a sivou podfarbené k následkom. Tučným písmom je vyznačený rozsah riešenej problematiky vo výskumnej časti dizertačnej práce a sivým písmom vedecky bližšie nesledované komponenty (vysvetlenie vid' časť 2.9.2).

2.1 Analýza súčasného stavu vedeckého poznania

V rámci bádania po informáciách týkajúcich sa predmetnej témy je potrebné pracovať takmer výlučne so zahraničnou literatúrou. V rámci Česka a Slovenska je možné čerpať predovšetkým praktické informácie z oblasti cestnej dopravy a čiastočne aj mestskej hromadnej dopravy. V prípade železničnej dopravy je nutné čerpať aj z praktických a teoretických poznatkov z krajín s rozvinutým systémom vysokorýchlostných tratí (napr. Nemecko, Francúzsko, Španielsko). Je samozrejme pravdou, že aj v tuzemsku v nedávnej histórii (od druhej polovice 20. storočia) došlo k výstavbe nových úsekov železničných tratí, ale to predovšetkým pri preložkách, zdvojkolaženiach a obdobných stavbách a v relatívne krátkych úsekoch. Pôvodné (nahradzované) úseky tratí však často zanikli. Taktiež k týmto preložkám nedochádzalo v tak významnej miere, aby bolo možné sledované efekty sledovať a zovšeobecňovať. Podobne je to aj v prípade MHD, kde je potrebné sledovať mestá s rozvinutými dopravnými systémami vo viacerých módoch (autobusy, električky, metro a pod., príp. iné nekonvenčné druhy dopravy).

Ani samotnej analýze využívania cestnej infraštruktúry nie je v tuzemsku z pohľadu rozširovania vedeckých poznatkov venovaná významnejšia pozornosť. S výnimkou analýz pravidelných sčítaní dopravy prevláda v tejto problematike skôr praktický prístup pri riešení konkrétnych problémov. Komplexný pohľad riešiaci tému obdobnú vedeckému zameraniu tejto práce sa objavuje málokedy. V praxi je možné nájsť rôzne strategické dokumenty (napr. PUM – Plán udržateľnej mobility), tie však väčšinou riešia konkrétne opatrenia len na určitom území, navyše s prioritným zameraním na udržateľné formy dopravy. Existujú taktiež rôzne stratégie rozvoja dopravy (tzv. masterplány), tie sa však zameriavajú najmä na globálne hľadisko s nízkou rozlišovacou úrovňou. Práve preto môže táto práca priniesť z vedeckého pohľadu nový rozmer poznania.

V prvej časti je zhromaždená literatúra venujúca sa problematike cestnej dopravy vo vzťahu k dopravnej infraštruktúre. Jedným z faktorov, ktoré sú v rámci cestnej dopravy skúmané, je vyhodnotenie zmeny premávky na mestských komunikáciách po odklone dopravy mimo mesta z hľadiska dopadov na miestne obyvateľstvo. Tomuto sa venuje článok [2], ktorý sleduje dopad na ľudí z pohľadu hluku. Ide o tzv. ex-ante (pred odklonením) a ex-post (po odklonení) hodnotenie hluku vplývajúceho na obyvateľov žijúcich pozdĺž bývalej hlavnej komunikácie, ktorá je nahradená cestou vyššej kategórie. Snahou tohto článku je poskytnutie pravdivého obrazu o zmenách v hlukovom zaťažení obyvateľstva. Tento faktor začína mať s postupujúcim časom čím ďalej tým väčšie opodstatnenie, pretože hlukové limity sú prísne (hlavne pre nočné hodiny) a môžu mať dopad na reguláciu dopravy na trasách nahradených komunikáciami vyššej kategórie. V uvedenom článku dospeli autori meraním hluku na hlavnej komunikácii v meste Cheb pred a po vybudovaní obchvatu mesta k výsledku, že síce došlo k odkloneniu predovšetkým ťažkej nákladnej dopravy z mesta, ale zároveň došlo k zvýšeniu intenzity dopravy

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

tzv. indukovanou dopravou. Bolo zistené, že zlepšenie hlukovej situácie ex-ante a ex-post nie je štatisticky významné. Hluková záťaž patrí spolu s emisnou medzi tzv. externality [3], ktoré sú pomerne často riešeným a diskutovaným problémom v mestách [4]. Prirodzene, v každom konkrétnom prípade môže byť výsledok takýchto štúdií iný. Môže to súvisieť jednak s akustickými podmienkami a emisnými parametrami vo všeobecnosti (ako ďaleko je nová komunikácia, aký je tam terén), ale taktiež aj s atraktivitou pôvodnej komunikácie, pretože niekedy je jej použitie časovo alebo aj finančne výhodnejšie.

Zásadný je však vo viacerých zdrojov zmieňovaný efekt dopravnej indukcie, pretože poukazuje na jeho skutočnú existenciu, čím sa celkovo v mnohých mestách zvyšujú externality dopravy. Okrem iného k tomuto došlo napr. v mestách Stockholm [5] a Zagreb [6]. Preto je potrebné odhaliť princípy a faktory pôsobiace na vývoj dopravnej situácie po odklonení dopravy, čo môže spätne napomôcť aj v oblasti prognóz hlukovej a emisnej záťaže. Určitý pozitívny vplyv na externality môže mať aj použitie koľajovej dopravy v meste. Teda v prípade verejnej dopravy ide o nahradenie nižšieho segmentu liniek (napr. autobusy, trolejbusy) subsystémami dráhovej dopravy (elektrická, metro, rýchlodráha), ktorá je vďaka nezávislej dopravnej ceste považovaná za systém vyššej kategórie. Na základe vykonaných empirických štúdií [7] v stredne veľkých mestách v Európe bolo potvrdené zlepšenie v oblasti dopravných externalít, a to práve v súvislosti s vyšším a efektívnejším využitím dráhovej dopravy v týchto mestách.

Ďalším faktorom, ktorý podľa dostupnej literatúry vplýva na využívanie dopravnej infraštruktúry, je tzv. lokalizačný posun. Ten môže spôsobiť premiestnenie alebo zatvorenie niektorých existujúcich prevádzok nachádzajúcich sa pri pôvodnej (nahradenej) ceste, alebo tiež môže dopomôcť k vytvoreniu nových obchodných príležitostí. Takáto zmena polohy určitých prevádzok môže spôsobiť aj efekt dopravnej indukcie, pretože vplyvom presunu napr. obchodov z centra na perifériu dôjde k zvýšenej mobilite aj v samotnom centre mesta (napr. kvôli zhoršenej dostupnosti verejnou dopravou, pešou chôdzou a pod.). Uvedený faktor ale spadá najmä medzi ekonomické efekty, ktoré sú skúmané v článku [8]. V ňom je okrem iného uvedené, že medzi pozitíva obchvatov patrí najmä presun ťažkej nákladnej dopravy z centra mesta a taktiež otvorenie nových priemyselných lokalít pozdĺž novej trasy (obchvatu), čo priťahuje nové investície do širšieho okolia daného mesta. Medzi negatívne vplyvy sa radí zvýšenie rozľahlého komerčného a obytného priestoru s nízkou hustotou zástavby, čo vytvára vysoké nároky na životné prostredie a infraštruktúru. Uvedený článok sa zaoberá hodnotením obchvatov vybraných stredne veľkých miest v USA, a to z pohľadu dopravného zaťaženia a taktiež uvedených ekonomických dopadov.

Uvedená publikácia teda poskytuje obdobné závery ako predchádzajúca, a to, že obchvaty nemusia nevyhnutne viesť k zníženiu objemu dopravy v centre mesta, pretože presun nákladných vozidiel na obchvat indukuje novú miestnu dopravu v rámci mesta. Výsledkom je teda často malá alebo žiadna zmena celkovej úrovne dopravy, ktorá je ale spojená so zlepšenými cestovnými príležitosťami pre miestnych obyvateľov v rámci mestských ciest. S tým súvisí aj pozitívny vplyv na udržateľnosť mestského systému životného prostredia, pretože množstvo emisií vzniká práve z dopravy [9]. Na druhej strane však môže vplyvom lokalizačného posunu dôjsť k celkovým

úsporám energie v globálnom pohľade, pretože nová infraštruktúra predstavuje priaznivejšie prepojenie s ostatnými dopravnými sieťami. Určitý pozitívny partikulárny dopad na životné prostredie predstavuje v súvislosti s uvedeným aj zníženie spotreby vozidiel [10]. Výstavba obchvatov však z environmentálneho pohľadu spôsobuje aj určité negatíva, napr. vo forme záberu úrodnej pôdy v okolí miest [11].

Ako už čiastočne vyplýva z doteraz uvedeného prehľadu literatúry, tak faktory ovplyvňujúce premávku na dopravných sieťach je potrebné brať do úvahy už pred samotnou výstavbou nových dopravných spojení. Účelom tejto aktivity je zaistenie, aby výhľadová infraštruktúra splňovala požiadavky kladené na daný druh cestnej komunikácie. Dopravným modelovaním je možné prognózovať intenzity dopravy na sledovanej časti infraštruktúry, pričom jednou z možností je použitie štvorstupňového dopravného modelu. Okrem tradičného dopravného modelovania však existujú aj iné metódy, ktorých predmetom je zistenie delby prepravnej práce (modal split). Ide napríklad o dvojstupňovú metódu získavania údajov zloženú z tzv. analýzy K-means (algoritmus zhukovej analýzy) a rozhodovacieho stromu, pričom účelom je získanie interpretovateľného modelu pre modal split na úrovni mesta [12]. Pokročilejšou numerickou metódou je prispôbený dvojstupňový algoritmus paralelného výpočtu [13], ktorý okrem modal splitu rieši aj problém priradenia dopravy na dopravnú sieť. Efektívne riešenie tohto problému v rozsiahlych dopravných sieťach je kritickým problémom vo väčšine dopravných štúdií.

Obdobnú problematiku, ale s použitím iného algoritmu, rieši článok [14]. Jeho témou je predstavenie modifikovaného algoritmu projekcie gradientu založeného na konkrétnej ceste, pričom výsledkom je zistenie delby prepravnej práce a priradenie dopravy na dopravnú sieť. Vo fáze vývoja je aj tzv. Best-Worst metóda, ktorá je založená na princípe multikriteriálneho rozhodovania. Na základe záverov článku [15] dosahuje aplikácia uvedenej metódy porovnateľné výsledky ako štandardne používané algoritmy dopravného modelovania. Použitie metódy Best-Worst si teda vyžaduje výrazne menej nákladov a času v porovnaní s nutnosťou vykonania potrebných prieskumov pri bežne používaných metódach, avšak nevýhodou je nepružnosť posudzovaných alternatív. Dostupné sú aj pomerne zložité stochastické metódy, ktoré ako vstupné údaje používajú okrem iného aj dopravnú situáciu v reálnom čase. Dôležité ale je, že následne je možné tieto vstupy použiť na určenie budúceho dopravného zaťaženia, a to ako z pohľadu vozidiel [16], tak aj z pohľadu verejnej dopravy [17]. Použitie týchto metód si však vyžaduje veľké množstvo vstupných dát, čo je vzhľadom na potrebný veľký počet pozorovaní ťažko realizovateľné.

Medzi predmetné spôsoby riešenia, ktoré sú však náročnejšie na rozsah vstupných dát, patria aj metódy založené na empirických štúdiách. Ako príklad je možné uviesť použitie multimodálnych makroskopických fundamentálnych diagramov [18]. V tomto prípade autori ako prví navrhli metodiku na zohľadnenie dodatočných (externých) oneskorení v tvare makroskopických fundamentálnych diagramov, pričom odvodili aj vektorový prístup k odhadu multimodálnych makroskopických fundamentálnych diagramov (dvoj a trojmodálnych). Úskalím však je, že v súčasnosti neexistujú žiadne trojmodálne údaje na úrovni dopravných sietí, pomocou ktorých by sa dali odvodiť vhodné odporové funkcie a overiť tak navrhovaný vektorový prístup.

Určité zjednodušenie oproti uvedenému prístupu predstavuje článok [19], ktorého predmetom je matematický model pre analýzu dopravných sietí, ktorý funguje na makroregionálnej úrovni. Tento model má špecifickú štruktúru pozostávajúcu z dynamickej siete, ktorá je tvorená rovnakým typom prvkov nadobúdajúcich hodnotu z intervalu od 0 po 1, pričom táto hodnota zohľadňuje rýchlosť vozidla v závislosti na intenzite premávky v danom úseku. Na príklade maďarského mesta Győr je prezentovaná funkčnosť tohto modelu, ktorý využíva tzv. Ljapunovu metódu. Ide o metódu z odboru kybernetika, ktorá umožňuje študovať stabilitu systému bez nutnosti riešiť pohybové diferenciálne rovnice, a to na základe lineárneho modelu. Na tomto modeli je možné otestovať dopad uvažovaných opatrení v rámci dopravnej infraštruktúry, pričom jeho výhodou je predovšetkým výpočtová nenáročnosť.

V rámci skúmania problematiky obchvatov je možné inšpirovať sa článkom [20], v ktorom je predstavený zjednodušený model predikcie intenzity dopravy na plánovanom obchvate. Pri vytváraní tohto modelu bolo jednou z hlavných vstupných požiadaviek to, aby údaje vstupujúce do výpočtu bolo možné získať jednoducho. Tým je možné dosiahnuť rýchly a nenáročný spôsob odhadu dopravného zaťaženia na navrhovanej dopravnej infraštruktúre. Vstupom do modelu sú štatistickými metódami vypočítané priemerné denné intenzity na pôvodnej (nahradenej) a novej infraštruktúre, pričom ako nástroj kalibrácie boli použité dáta zo štúdií uskutočniteľnosti ôsmich miest v Bosne a Hercegovine. Okrem denných intenzít ešte do výpočtov vstupujú charakteristiky pôvodných a nových ciest, ako je ich dĺžka, počet napojení a doba strávená jazdou po pôvodnej nahradenej a novo vybudovanej infraštruktúre.

Po zhromaždení všetkých potrebných vstupných dát nasleduje simulácia dopravnej prevádzky s využitím užívateľského ekvilibria podľa Wardropovej vety¹ v rámci skúmanej oblasti, pričom táto sa vykonáva opakovane. Počet iterácií vychádza zo zákonitosti použitých štatistických metód s využitím normálneho rozdelenia pravdepodobnosti a smerodajnej odchýlky. Výsledný model je možné interpretovať ako pomer intenzity premávky na plánovanej a existujúcej ceste, pričom pomocou regresnej analýzy sú zisťované odchýlky predpokladaných budúcich dopravných intenzít od simulovaných hodnôt. Nástroje pre simuláciu dopravnej premávky majú svoje uplatnenie aj z pohľadu určenia optimálneho počtu jazdných pruhov na cestných obchvatoch, príp. prietahoch. Napríklad v rámci publikácie [21] je použitý tzv. celulárny automat, ktorý simuluje pohyb vozidiel v jazdných pruhoch na viacpruhových komunikáciách. V tomto prípade však uvedená simulácia reprezentuje v podstate mikrosimulačný nástroj, ktorý v kontexte riešenej témy a stanovenej rozlišovacej úrovne (makro a mezoskopická úroveň) predstavuje až príliš vysokú mieru podrobnosti.

Problematike vyťaženia vnútromestských ciest zo sieťového pohľadu sa venuje publikácia [22], ktorá okrem iného potvrdzuje avizovanú skutočnosť, že plánovanie novej cestnej infraštruktúry v mestách, či už ide o jednotlivé alebo sieťové komunikácie, si vyžaduje preverenie účinným a kvalitným dopravným modelom. Takýto model by mal byť schopný poskytnúť prehľad

¹ Užívateľské ekvilibrium je podľa prvej Wardropovej vety rovnovážny stav, kedy výberom inej, doteraz nevyužívanej trasy, nie je možné cestovný čas ďalej znížiť. Na všetkých využívaných trasách medzi dvoma mestami je teda dosahovaný rovnaký cestovný čas, ktorý je nižší, ako na niektorej z nevyžívaných trás. [61]

o mobilite v súčasnom stave a tiež prognózovať budúce správanie obyvateľov po vybudovaní novej infraštruktúry, ktorá nahrádza (doplňuje) tú pôvodnú. Výsledky dostatočne kvalitného dopravného modelu poskytujú informácie o správaní sa obyvateľov pri rôznych uvažovaných alternatívach (možnostiach vedenia trasy), a tým uľahčujú rozhodovanie o konečnom výbere trasy, ktorá má odkloniť čo najviac vozidiel z mesta a maximalizovať úspory cestovného času. Sledovanie a dosiahnutie uvedených efektov znamená vysoké sociálno-ekonomické prínosy pre skúmanú oblasť. V rámci citovaného článku [22] predstavuje praktický príklad vykonanie prípadovej štúdie pre španielske mesto Badajoz, v rámci ktorého sú porovnávané rôzne varianty vedenia a napojenia obchvatu na samotné mesto.

Podobný prístup je uvedený aj v článku [23], v ktorom sú pre americké mesto Baton Rouge porovnávané rôzne alternatívy smerovania vozidiel, predovšetkým za účelom redukcie dopravných kongescií na mestských cestách. Do budúcnosti je, za účelom optimalizácie toku vozidiel na mestských cestách, predpokladané využitie inteligentných dopravných systémov, ktoré budú s využitím moderných technológií smerovať vozidlá na menej zaťažené cestné komunikácie [24]. V súčasnosti je však použitie týchto technológií limitované, pričom v praxi sa takéto technológie vyskytujú prevažne v rámci skúšobnej prevádzky a experimentálneho testovania. Faktom však je, že všadeprítomnosť dát a plošné pokrytie tzv. internetom vecí (angl. Internet of Things) umožňuje zabezpečiť veľmi flexibilnú reakciu používateľov dopravy na aktuálny dopyt po dopravných sieťach, čo môže predstavovať inovatívne spôsoby zdieľanej mobility v budúcnosti [25], teda je tu určitý presah medzi viaceré druhy dopravy.

Pomerne často je predmetom výskumu aj modal split medzi individuálnou a verejnou dopravou. Porovnáva sa napríklad cesta do práce autom po diaľnici a autobusom po cestách nižšej kategórie. Článok [26] skúma, s využitím exponenciálne rozloženého náhodného meškania na diaľnici, problém spoločného rozhodovania o modal split a plánovaní ciest v dopravnej sieti pozostávajúcej z diaľnice a ciest nižšej kategórie. Zistením je, že s nárastom očakávanej neistoty v individuálnej doprave sa viac používateľov dopravy presúva do spojov tranzitných liniek vedených cez mestá, čo má za následok skrátenie trvania dopravnej špičky na diaľnici. Podobná problematika bola riešená aj v článku [27], kde autori skúmali faktory ovplyvňujúce del'bu prepravnej práce pri dochádzaní do práce v stredne veľkých európskych mestách. Jedným zo zistení je, že vykonávanie politiky v prospech verejnej dopravy (znižovanie cestovného a zvyšovanie počtu autobusov) pravdepodobne zvýši podiel verejnej dopravy pri cestách do práce.

K podobnému záveru došiel aj autor v článku [28]. V tomto prípade bolo zistené, že ponuka hmatateľných stimulov, ktoré zlepšujú parametre použitej cesty, ako je cestovný čas a finančné náklady na cestu, môže viesť k zmene cestovného správania z hľadiska prechodu na iné udržateľné druhy dopravy. S tým súvisí aj úspora emisií spôsobená zmenou dlhodobých návykov dochádzania autom. Toto zistenie podporuje článok [29], pričom ďalej uvádza, že pre budúcnosť je potrebné vykonávať pozitívnu intervenciu v prospech udržateľného cestovného správania. Tá by mala prebiehať cielene na skupinu ľudí v predproduktívnom veku, pričom by mala byť prispôbená špecifickým podskupinám, ako sú študenti stredných škôl, študenti vysokých škôl

a ich pracujúci rovesníci. Vzhľadom na potrebu cestovania na dlhšie vzdialenosti je zo strany štátu dôležitá intervencia multimodálneho životného štýlu s cieľom podpory využívania kombinácií verejnej a individuálnej dopravy.

Kombinácia použitia viacerých subsystémov dopravy je pomerne často riešená aj v rámci logistiky, konkrétne v nákladnej doprave. V týchto prípadoch sú však sledované iné ukazovatele, avšak podobné ako pri preprave cestujúcich. Na rozdiel od cestujúcich je možné prepravu tovaru vopred usmerniť, preto nie je potrebné predikovať správanie cestujúcich. Medzi často riešený problém patrí optimálne rozdelenie objemu nákladu medzi cestnú a železničnú dopravu [30], pričom tento problém je ďalej rozširovaný napríklad o podrobné modelovanie rôznych tokov železničnej dopravy [31]. Pri preprave cestujúcich však vstupujú do rozhodovacieho procesu aj individuálne preferencie užívateľov dopravy, dostupnosť jednotlivých druhov dopravy a samozrejme časové hľadisko, pričom uvedené faktory vplyvajú aj na samotný dopyt po preprave.

Dôležitým procesom v rámci dopravného modelovania je preto skúmanie súčasného a budúceho dopytu po doprave. Tomuto sa venuje článok [32], zameraný okrem uvedeného aj na rozhodovanie cestujúcich. Na ohodnotenie a stanovenie váh rozhodovacích kritérií sú v tomto použité metódy multikritériálneho rozhodovania. Podobný prístup je použitý aj v publikácii [33]. Je zrejme, že takáto analýza musí byť vykonaná, resp. prispôsobená každému druhu dopravy zvlášť. Je teda nutný určitý individuálny prístup, pretože aj samotné riešené situácie podliehajú jedinečnosti, a to ako z pohľadu veľkosti mesta, tak aj z rôznych sociálno-ekonomických faktorov [34]. Tieto faktory je možné skúmať a overovať s pomocou rôznych ekonomických modelov, príp. modelov spojených s oblasťou regionálneho rozvoja. Nejde však o jednoduchú problematiku, pretože prepravný dopyt je väčšinou derivatívny a závisí okrem iného aj na prognóze primárnych dôvodov, ktoré ho vytvárajú.

Proces dopravného modelovania je v súčasnosti v oblasti dopravy veľmi populárny. Je často používaným nástrojom na odhad budúcich intenzít na cestách, križovatkách či v spojoch verejnej dopravy [35]. V komplexnom pohľade je tak vlastne možné skúmať zaťaženie určitej časti dopravnej siete každým druhom dopravy zvlášť, ale aj celkovo z pohľadu verejnej dopravy ako jedného spoločného, naviazaného a integrovaného systému bez ohľadu na druh použitého dopravného prostriedku. Napríklad v rámci železničnej dopravy bolo zistené, že dostupnosť spojov a ich frekvencia tvorí kľúčové prvky v rámci dopytu po preprave. Jedná z možných metódik hodnotenia dostupnosti železničných spojov v sieťovom pohľade je uvedená v článku [36], v rámci ktorého je ako podklad použitá slovenská železničná sieť. Podobné kľúčové prvky vplyvajúce na dopyt aj po ostatných druhoch dopravy sú tak jedným z dôležitých vstupov pre výskumnú činnosť, ktorá je jednou z náplní dizertačnej práce.

Široké spektrum publikácií je venovaných len čisto technickým parametrom cestných obchvatov. Pri stanovenej rozlišovacej úrovni v dizertačnej práci tu však nie je priestor na detailnú technickú rešerš každého skúmaného obchvatu. Niektoré z technických charakteristík sa ale neskôr môžu ukázať ako pomerne významné, môžu teda vstupovať do celkového zhodnotenia aj pri určitom zovšeobecnení v rámci makro a mezoskopického pohľadu. Z tohto dôvodu je účelné ich v tomto

prehľade uviesť, pretože je rozdiel, či je obchvat dvojpruhový alebo štvorpruhový, či a ako často obsahuje úrovňové alebo mimoúrovňové križovatky a pod. V rámci doterajších známych vedeckých poznatkov sú obchvaty aj bez bližšieho spojenia s technologickými aspektami (vyťaženosť, presmerovanie apod.) riešené z hľadiska usadenia do terénu, najmä so zreteľom na sklony či polomery zákrut. Pre interakciu osobných a ťažkých nákladných vozidiel sú často navrhované aspoň čiastočne viacpruhové obchvaty, a to predovšetkým v členitejšom teréne. V článku [11] bola zistená vyššia cestovná rýchlosť a stabilita cestnej premávky práve v spojení s vyšším počtom jazdných pruhov, a to minimálne v konfigurácií 2+1 (dva pruhy v jednom smere a jeden pruh v smere opačnom). V tejto súvislosti vznikli aj komplexnejšie vyhodnotenia, napr. rôzne optimalizačné modely, ktorých výstupom je optimálna trasa vo vzťahu k technickým parametrom komunikácií [37]. V rámci týchto výpočtov je použitá multikriteriálna analýza [16], príp. aj lineárne programovanie [38].

Z pohľadu využívania obchvatov má pomerne veľký význam ich technické prevedenie, pretože ich kvalita a životnosť určitým spôsobom vstupujú do rozhodovacieho procesu používateľov dopravných sietí. Preto sa je možné v praxi [39] stretnúť s analýzou kvality povrchu vozovky (asfaltu, príp. betónu) na obchvatoch miest. Životnosť komunikácie má dopad na periódu cyklickej obnovy, kedy sa na určitý čas zhorší kvalita premávky na tejto ceste. Určitú výzvu predstavuje podľa [40] budúca výstavba cestných obchvatov v spojení so železničnými, kedy je potrebné zabezpečiť často v zložitých miestnych podmienkach ich vhodnú vzájomnú interakciu. Pri vyhodnocovaní efektov obchvatov miest v globálnom (makroskopickom) pohľade je takmer nemožné detailne sledovať uvedené technické špecifikácie vozovky a obchvatov ako takých. Ide v podstate o detaily, ktoré vplývajú na marginálnu časť vozidiel či iných užívateľov dopravy. Dôležité je sledovať najmä kapacitu novej infraštruktúry (počet jazdných pruhov) a jej prepojenie s pôvodnou infraštruktúrou. Toto sú na základe analýzy súčasného stavu vedeckého poznania kľúčové faktory, ktorým je potrebné venovať pri spracovaní dizertačnej práce náležitú pozornosť.

Kým vyššie uvedené literárne zdroje sú z pohľadu témy tejto práce zamerané predovšetkým na cestnú a na nej vykonávanú verejnú dopravu, tak z hľadiska úplnosti je dôležitý aj pohľad na nahradzovanie infraštruktúry vyššou kategóriou v prípade železničnej dopravy. Na toto sa dá pozrieť z dvoch uhlov pohľadu, aj keď sú si vo svojej podstate dosť podobné. Jednu rovinu skúmaného problému predstavuje sieť konvenčných tratí, v rámci ktorých dochádza v podmienkach Česka a Slovenska k výstavbe nových tratí len výnimočne. Určitým príkladom a skutočnosťou hodnou zreteľa je zmena trasovania, resp. výstavba nových konvenčných tratí v minulosti. Za príklad určite stojí napr. presun diaľkových vlakov (expresný segment) v rámci relácie Praha – Brno najprv zo severnej trate cez Českú Třebovou na južnú trať cez Havlíčkův Brod, a následne opäť z južnej na severnú trasu. Je tu teda vidieť istý vplyv modernizovanej infraštruktúry na zmenu koncepcie v prevádzke určitých liniek. Podobných, hoci menej významných zmien trasovania je možné v histórii českej i slovenskej železnice nájsť viacero. Pri pohľade do súčasnosti a budúcnosti tu preto určite existuje symbióza v súvislosti s plánovanou výstavbou siete vysokorýchlostných tratí v Česku. Preto je v tomto smere potrebné zamerať sa na druhú rovinu problému, teda výstavbu VRT, ktoré na dopravnú situáciu v rámci železničnej dopravy vplývajú pomerne dramaticky. Keďže v rámci Česka je výstavba vysokorýchlostných tratí

v súčasnosti len v rovine predprojektovej a projektovej prípravy, je potrebné pri hľadaní poznatkov pracovať so zahraničnými skúsenosťami a zdrojmi.

Na problematiku železničnej dopravy v zmysle riešenej témy sa je možné pozrieť z rôznych hľadísk. Často sú v literatúre riešené možnosti obsluhy nácestných sídel vysokorýchlostnými vlakmi, pretože existuje niekoľko názorov na otázku umiestnenia staníc na vysokorýchlostných tratiach [41]. V článku o VRT v Južnej Kórei [42] autori porovnávajú prevádzkové možnosti obsluhy územia z existujúcich staníc vysokorýchlostných tratí. Na základe prípadovej štúdie charakterizovali dva typy staníc, a to na základe rozdielov v ich lokalizácii, ktoré sú dané predovšetkým miestnymi pomermi. Prvým typom sú stanice umiestnené v centre mesta, ktoré sú v pôvodnej polohe a vznikli modernizáciou niekdajších konvenčných tratí. S ich lokalizáciou súvisí nutné zníženie traťovej rýchlosti VRT na úroveň konvenčných tratí. Na druhej strane, dôvodom pre zachovanie týchto staníc bol predovšetkým silný dopyt po železničnej doprave. Druhým typom sú železničné stanice nachádzajúce sa v periférnych oblastiach mesta, ktoré vykazujú vysoký dopyt po železničnej doprave, ale vzhľadom na už rozvinutú a zastavanú mestskú oblasť tam nie je dostatok miesta pre vedenie novej trate. V rámci siete VRT v Južnej Kórei je 43 % staníc v centrách miest, zatiaľ čo 57 % staníc má horšiu dostupnosť v podobe staníc v periférnej oblasti. V rámci zhodnotenia uvedenej publikácie však ide predovšetkým o zistenie možných oblastí, ktorým sa je možné v rámci vedeckej činnosti v budúcnosti venovať. Je jasné, že situácia v Česku je iná ako v Južnej Kórei, a preto je potrebné všetky situácie posudzovať individuálne, resp. podľa určitých spoločných či rozdielnych znakov.

Podobná analýza, ale s mierne iným zameraním, je obsahom článku [43]. Predmetom je časopriestorová analýza prístupových možností a dochádzkového času na železničné stanice vysokorýchlostných tratí, ktoré sú umiestnené v mestách a v rámci periférnych oblastí. Autori sa zameriavajú na porovnanie dostupnosti s využitím verejnej dopravy a taxislužby v španielskych mestách. V zásade bolo zistené, že v každom časovom období dňa je využitie taxislužby rýchlejšie v porovnaní s verejnou dopravou. Obdobné zistenie platí aj pri porovnaní vysokorýchlostných vlakov a lietadiel na stredne dlhých prepravných vzdialenostiach, kedy má pomerne značný vplyv na výsledok interakcia porovnávaných druhov dopravy s ostatnými subsystémami dopravy [44]. Opäť však ide o individuálne zistenie, ktoré je možné analyzovať aj na iných častiach dopravnej siete. V tomto prípade tu je možné pozorovať určitú potrebu nadväznosti, resp. kooperácie viacerých subsystémov dopravy. Práve nutnosť dochádzania na stanice umiestnené na periférii mesta, resp. v regióne vytvára priestor na rozvoj územia v okolí týchto staníc [45]. Periférne stanice sú často postavené v menej zastavenej oblasti, preto je v ich okolí možné ľahšie budovať ďalšiu infraštruktúru a zázemie.

Uvedený rozvoj vychádza z určitej efektívnosti pre cestujúcich nachádzajúcich sa v prepravnom procese, ktorí môžu periférnu stanicu počas svojej cesty použiť aj za účelom parkovania (možnosť budovania P+R, K+R a pod.), služieb či nákupov [46]. Toto teda vytvára priestor na rozmach okolia regionálnych a periférnych staníc na VRT, čo potvrdzujú aj príklady záberu pôdy v súvislosti s VRT v Číne [47]. Určitú podobnosť je možné pozorovať pri významnejších medzinárodných letiskách vzdialenejších od mesta (Kodaň, Rím, Londýn), v okolí ktorých postupom času došlo k vzniku

práve uvedených možnosti parkovania, služieb či obchodov. Na druhej strane, v súvislosti s problematikou nácestných staníc je na príklade španielskych VRT v článku [48] riešený vznik určitej polarizácie miest. V tomto článku bolo potvrdené, že v prípade neexistencie nácestných staníc v okolí menších miest sa zvyšuje polarizácia smerom k samotným metropolám, pretože tak vznikajú zásadné rozdiely v možnostiach mobility obyvateľov žijúcich vo veľkých a menších mestách.

Plánovanie a rozvoj VRT v Číne na príklade mesta Wu-chan je riešené v príspevku [49], v ktorom sú skúmané možnosti použitia multikriteriálneho rozhodovania na tieto účely. Dôležitým záverom vyplývajúcim z uvedeného článku je, že stanice na vysokorýchlostných tratiach poskytujú príležitosti v podobe nových príjmov z predaja pozemkov, a tiež indukujú hospodársky rozvoj danej oblasti. Toto by malo byť centrom pozornosti výstavby VRT aj v Česku, pretože ich výstavba so sebou prináša okrem iného aj hospodársky rozvoj územia. Tieto tvrdenia potvrdzuje aj článok [50], v ktorom sa uvádza, že obsluha nácestných vysokorýchlostných staníc má vplyv na budúci potenciál využitia územia v okolí týchto staníc. Celkový pozitívny dopad v súvislosti s vysokorýchlostnou dopravou potvrdzuje aj príspevok [51], v ktorom je poukazované na jednak postupné zvyšovanie počtu cestujúcich vo vlakoch využívajúcich VRT, ale aj na zvyšovanie počtu obyvateľov v mestách obsluhovaných týmto dopravným segmentom.

S celkovou koncepciou obsluhy určitého územia vysokorýchlostnou a konvenčnou dopravou pracuje publikácia [52], ktorá predstavuje optimalizačný model zameriavajúci sa na parametre jednotlivých železničných liniek. Vstupmi do tohto modelu sú okrem iného počet a umiestnenie nácestných staníc a taktiež zloženie vozového parku. Pre účel zistenia prepravného potenciálu medzi jednotlivými mestami na riešenom území je možné použiť aj gravitačný model, do ktorého je možné implementovať množstvo sociálno-ekonomických faktorov, a to za účelom dosiahnutia čo najpresnejšieho odhadu [53]. Z ekonomického pohľadu je možné vykonanú optimalizáciu vyjadriť aj finančne, a to pomocou analýzy nákladov a prínosov (anglicky cost-benefit analysis), v rámci ktorej je možné vyhodnotiť celkový prínos VRT pre spoločnosť [54].

Praktické príklady možnosti obsluhy stredne veľkých miest v západnej Európe sú uvedené v článkoch [55] a [56], pričom bližšie podrobnosti sú predmetom podkapitoly 2.5. Tieto publikácie uvádzajú, že výsledná podoba obsluhy nácestných staníc väčšinou závisí od dohody medzi rozhodnými subjektami štátnej, verejnej a súkromnej sféry. Existuje teda určitý trojuholník spájajúci manažéra infraštruktúry (ktorý očakáva, že ušetrí čas a kapacitu na konvenčných tratiach), miestne/regionálne orgány (kraje, mestá či obce, ktoré chcú byť systémom vysokorýchlostných vlakov obsluhované) a samotnou vládou, resp. príslušnými ministerstvami, ktoré sú ovplyvnené aktuálnou politickou situáciou (a ľuďmi s rôznymi regionálnymi záujmami). Toto zistenie je zaujímavé, pretože je faktom, že výsledná podoba vysokorýchlostných tratí je vo väčšine prípadov práve politickým rozhodnutím, zároveň však majú významný vplyv na toto rozhodnutie aj miestni (lokálni) aktéri [57].

Netreba však zabúdať ani na otázku nadväznosti na ďalšie trate, subsystemy verejnej dopravy a dôležité súčinné prvky, akými sú napr. parkoviská P+R či K+R, kategória cestnej komunikácie a predovšetkým veľkosť obsluhovanej sídelnej oblasti. Z pohľadu integrácie dopravných

systémov ide o kľúčové parametre, preto je aj v ďalšom texte snaha o zahrnutie interakcie všetkých druhov dopravy. V praxi často nastávajú prípady, kedy samotné mesto nedisponuje vyšším počtom obyvateľov, ale prilahlá spádová oblasť v spojitosti s daným mestom už áno, preto je samotný kontext nadväznosti na iné druhy dopravy a infraštruktúru všeobecne veľmi dôležitý.

2.2 Východiská pre výskumnú činnosť v cestnej doprave

Na základe vedeckého poznania z predchádzajúcej podkapitoly a témy dizertačnej práce je v ďalšom texte zhrnutý rozsah skúmanej problematiky, ktorá pripadá do úvahy v prípade cestnej dopravy. V súvislosti s týmto je na začiatku kapitoly 2 vykonaná del'ba dopravných prúdov vzhľadom na ich postavenie voči mestám (oblastiam). Uvedená štruktúra tranzitných dopravných prúdov môže byť vo všeobecnosti akýmsi základom pre odhad samotnej efektivity a významu cestného obchvatu mesta. Tomuto sa bližšie venuje tab. 1 pozostávajúca z rozboru hlavných pozitívnych a negatívnych vplyvov potenciálneho obchvatu (v hlavnom smere) na každý z uvedených dopravných prúdov. Pre úplnosť sú do tabuľky doplnené aj netranzitné cesty.

Tab. 1 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v cestnej doprave

Tranzitný prúd v hlavnom smere	
+ obchvat je zvyčajne v tomto smere	- zníženie atraktivity obchádzaného miesta
+ väčšina tranzitu bude využívať obchvat	v prípade, že je tranzit dominantný (ekonomické hľadisko)
Tranzitný prúd medzi hlavným smerom a ostatnými smermi	
+ upokojenie dopravy (minimalizácia ciest) v centre mesta v prípade možnosti použitia aspoň časti obchvatu	- obchvat môže byť pre tento smer neúčinný - používanie iných (nových) ciest v meste v kombinácii s použitím obchvatu
Tranzitný prúd v ostatných smeroch	
+ upokojenie dopravy v centre mesta v špecifických prípadoch, keď je možné obchvat použiť aspoň na časť cesty	- vo väčšine prípadov nie je možné využiť obchvat, teda sú používané rovnaké cesty ako predtým
Cesty začínajúce alebo končiacie v meste, ale vychádzajúce z mesta, resp. prichádzajúce do mesta	
+ možnosť minimalizovať trasu cez mesto v prípade použitia časti obchvatu	- obchvat je pre tento smer väčšinou nepoužiteľný - v prípade čiastočnej použiteľnosti sú použité nové cesty (zaťažovanie inej časti mesta)

Zdroj: autor

V prvom rade je potrebné zodpovedať na otázku, prečo vlastne dochádza k výstavbe obchvatov, tzn. k nahradeniu existujúcich ciest komunikáciami vyššej kategórie. Odpovede na túto otázku je možné nájsť v samotných problémoch, ktoré spôsobuje hustá premávka v rámci miest. Najčastejšími problémami sú neúmerne dlhé časy strávené cestovaním v rámci mesta, vyčerpané priestorové kapacity na ďalší rozvoj mestských ciest, ďalej je to samotná hustá premávka a s ňou súvisiace zvýšené znečistenie, hluk a nehodovosť. Snaha o vyriešenie vyššie uvedených

problémov je teda nevyhnutná pre ďalší budúci rozvoj a plánovanie v rámci miest, pričom snahou je nájsť čo najlepšie riešenie, a to s použitím cestných obchvatov.

Efektívnosť, resp. spoločenskú prínosnosť týchto obchvatov je možné hodnotiť v dvoch uhloch pohľadu. Ide jednak o samotné využitie novovybudovaného obchvatu, čo súvisí prevažne s tranzitnou dopravou prechádzajúcou mestom. Hodnotenie tohto aspektu je možné vykonať prostredníctvom smerového sčítania dopravy. Druhým aspektom je dopravná situácia v meste, teda aká bude vlastne zmena dopravného zaťaženia po vybudovaní potenciálneho obchvatu. Táto problematika je značne komplexnejšia a tým aj zložitejšia, pretože to nie je len o súčasnom objeme dopravy. Vstupuje do toho aj indukovaná a príp. aj generovaná doprava, ktorá vzniká v dôsledku výstavby novej infraštruktúry (obchvatu), a to ako na obchvate, tak aj v obchádzaných sídlach.

Z tab. 1 vyplýva, že obchvat je atraktívny a najviac využiteľný pre tranzitný prúd v hlavnom smere. Rovnako atraktívny môže byť obchvat aj v prípade ostatných ciest, čo však súvisí predovšetkým so snahou o upokojenie dopravy v centre mesta a s existenciou prepojení medzi obchvatom a ostatnými cestnými komunikáciami. Takáto snaha však môže pôsobiť kontraproduktívne, pretože ako už bolo uvedené, zníženie intenzity dopravy v meste môže indukovať nové dopravné prúdy, ktoré sú schopné nahradiť odklonenú časť dopravných tokov. Zároveň môže dôjsť k presmerovaniu alebo predĺženiu existujúcich trás, pretože existencia obchvatu má potenciál zmeniť smerovanie dopravných tokov v meste.

2.3 Predpokladané faktory vplývajúce na cestnú dopravu

Nasledujúci text je zameraný na predstavenie všeobecne pôsobiacich faktorov, ktoré môžu ovplyvňovať dopravnú situáciu v kontexte dopadov charakteru sídel na obchvaty. Ide o faktory vychádzajúce z prvej časti výskumu, ktoré predstavujú určité odporúčania, čomu sa je potrebné v rámci riešenej problematiky venovať a čím prípadné rozhodnutie odôvodniť. Každý z faktorov je stručne charakterizovaný a je predstavené jeho možné využitie vo vedecko-výskumnej činnosti.

Počet obyvateľov daného mesta

Tento faktor súvisí s objemom pôvodnej dopravy generovanej obyvateľmi skúmaného mesta, čo môže vplývať na objem zdrojovej dopravy a taktiež aj na objem cieľovej dopravy. Vplývajú na to predovšetkým dva činitele:

- počet obyvateľov začínajúcich a končiacich svoju cestu v rámci mesta,
- objem cieľovej dopravy, ktorý súvisí aj so samotnou veľkosťou, regionálnou významnosťou a topológiou mesta.

Pri skúmaní tohto faktoru je nutné s ním pracovať ako s jedným zo základných faktorov, pričom je však potrebné rozlišovať predovšetkým štruktúru a potenciál skúmaného mesta. K tomuto je možné použiť napríklad koreláciu a regresnú analýzu, v rámci ktorej sa dá porovnávať viac miest s rôznym počtom obyvateľov a rôznym vývojom dopravných intenzít na pôvodnej infraštruktúre. Buď sa vzťah nepreukáže, alebo ak áno, tak je možné ďalej skúmať, aká silná táto závislosť je.

Tento faktor je vzhľadom na jeho preukázanú dôležitosť použitý aj v rámci vlastného výskumu v práci (podrobnosti vid' časť 5.1.1).

Intenzita tranzitných dopravných prúdov

Podiel a objem tranzitnej dopravy má významný vplyv na dopravnú situáciu v meste. Väčšina z týchto dopravných prúdov by mala byť presmerovaná na mestský obchvat (zvyčajne plynulejšia jazda, vyššia rýchlosť, nižšia pravdepodobnosť tvorby kongescií), pričom po výstavbe obchvatu tieto tranzitné prúdy väčšinou opustia vnútromestské komunikácie (nemusí to byť pravidlom). Na druhej strane, v prípade malého podielu tranzitnej dopravy sa môže výstavba obchvatu javiť ako neefektívna, pretože tento malý objem nepredstavuje adekvátne využitie prípadného obchvatu. Tento faktor je potrebné podrobiť miestnemu šetreniu pre každú skúmanú lokalitu. Uvedené situácie sú predmetom vlastného výskumu autora v podkapitolách 5.1a 5.2.

Atraktivita mesta

V tomto prípade ide čiastočne o subjektívny vplyv, ale je potrebné ho taktiež zvážiť. Tento faktor súvisí so skutočnosťou, či je pre človeka užitočné prísť do samotného mesta alebo nie. Typickým príkladom je cestovný ruch, ktorý má dopad na počet turistov navštevujúcich dané mesto. Ďalší prípad tvoria napríklad nákupné možnosti, poskytované služby a pod. Zahŕňa to teda všetky dôvody pre cestovanie do mesta, pričom samotná atraktivita mesta je spojená s celou množinou jeho funkcií a ich kombinácií. Aj v tomto prípade je možné použiť koreláciu a regresnú analýzu, prípadne aj metódy na stanovenie váh kritérií. Samotná atraktivita mesta je do určitej miery aj subjektívnou záležitosťou a môže vychádzať z vlastného poznania riešiteľa, čo je bližšie vysvetlené v časti 5.1.1.

Umiestnenie dôležitých (atraktívnych) objektov v meste

Tento faktor čiastočne súvisí s predchádzajúcim, ale treba zdôrazniť najmä to, že existujú objekty, ktoré vytvárajú pomerne veľké objemy dopravy, čo môže vo všeobecnosti ovplyvniť výber trasy. Ide napríklad o letiská a veľké nákupné alebo priemyselné oblasti. Zároveň je nutné podotknúť, že tieto objekty nemusia súvisieť priamo s mestom, ale centrom môžu byť aj samostatne, pokiaľ už sú umiestnené kdekoľvek. Špecifikum tohto faktora je, že uvedené objekty sú zvyčajne pripojené priamo na dôležité dopravné komunikácie (diaľnice, resp. obchvaty). Práve toto prepojenie uvedených objektov s cestami vyššej kategórie je hlavným rozdielom v porovnaní s predchádzajúcim faktorom (atraktivita mesta), pretože existencia týchto objektov je priamo spätá s existenciou komunikácií vyššej kategórie. Popisovaná atraktivita teda súvisí najmä s objemom dopravy a samotným smerovaním dopravných prúdov v danej oblasti.

Atraktivita obchvatu pre cesty v rámci mesta

Hoci sa tento faktor môže zdať ako marginálny, tak v skutočnosti ide o situáciu, kedy môže byť efektívne na presun medzi miestnymi časťami v rámci jedného mesta (či aglomerácie) použitý obchvat, a to najmä ak je takýto presun rýchlejší, kratší, pohodlnejší atď. V tomto prípade

to podlieha individuálnemu posúdeniu skúmanej oblasti. Vzhľadom na široké spektrum možností je vhodnou metódou použitie dopravného modelovania (detaily vid' časť 5.2.1).

Komfort jazdy na obchvate a obchádzanej trase

Dôležitým faktorom vplývajúcim na intenzitu dopravy na obchvate je aj kvalita a komfort jazdy na alternatívnych trasách. Ide čiastočne o subjektívne hodnotenie, pretože predovšetkým komfort jazdy je ťažšie merateľná veličina, čo je spôsobené individuálnym vnímaním každého jednotlivca. Kým pre niekoho predstavuje komfort jazda bez zastavenia, hoci aj vzdialenostne dlhšia, tak pre iných je komfortom dĺžkovo kratšia cesta s viacpočetnými zastaveniami. Oba tieto prípady môžu mať vplyv na intenzitu dopravy v meste aj na obchvate, pretože z dôvodu využívania mestských (nahradených) ciest je obchvat čiastočne nevyužitý. Toto vytvára priestor na nárast dopravy na tomto obchvate, pretože menej vyťažená komunikácia predstavuje komfort pre ostatných, čo úzko súvisí s už uvedenou dopravnou indukciou. Problém s komfortom jazdy môže nastať aj v prípade, ak obchvat nie je úplne dokončený, alebo ak prebiehajú stavebné (rekonštrukčné) práce a ďalšie súvisiace aktivity. Dopady plynúce z popisovaného faktora je potrebné podrobiť hlbšej analýze, a to v závislosti od konkrétnej situácie.

Názorným príkladom pre tento faktor je situácia v meste Havlíčkův Brod, konkrétne severovýchodná časť obchvatu (peáž ciest I/19 a I/34). Tento úsek cesty je čiastočne v intraviláne a čiastočne v extraviláne, je tam znížená maximálna povolená rýchlosť na $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a navyše tam sú lokalizované dve svetelné križovatky. V tomto prípade je teda pri severo-južnom tranzite legitímnou otázkou, či nie je komfort pri využití pôvodnej cesty cez centrum mesta porovnateľný s použitím obchvatu.

Predĺženie cesty v prípade použitia obchvatu

Tento faktor čiastočne vyplýva z predchádzajúceho, pričom však samotné predĺženie trasy je už kvantifikovateľné a je tak možné porovnať, resp. predpokladať použitie konkrétnych úsekov ciest, a to najmä z časového hľadiska. Tento faktor ilustruje prípad mesta Mladá Boleslav, kedy je v určitých prípadoch efektívnejšie pre vstup do mesta použiť nájazd na diaľnicu D10 (v tomto prípade obchvat mesta) pri obci Bezděčín, následne pokračovať po diaľnici a použiť výjazd z diaľnice bližšie k centru mesta. Teoreticky je možné pripustiť aj nedostatočnú atraktivitu obchvatu pre tranzitné cesty, a to v prípade, ak by bol tento obchvat príliš dlhý a pôvodná cesta cez mesto by bola časovo výhodnejšia. Táto situácia je často diskutovaným problémom na obchvate Olomouca v rámci diaľnice D35 z dôvodu absentujúceho prepojenia dvoch častí diaľnice (úsek Křelov – Slavonín, 2. etapa).

Poplatky za použitie pozemných komunikácií

Tento faktor zahŕňa v podstate dva zásadné poplatky. V prvom prípade ide o spoplatnené parkovanie (príp. vjazdu do určitej mestskej oblasti), ktorého účelom je znížiť počet vozidiel v centre mesta. Na druhej strane je skutočnosť, že aj obchvaty môžu podliehať mýtu (resp. obdobnej forme spoplatnenia), čo na potenciálnych užívateľov týchto ciest pôsobí neatraktívne a existuje teda možnosť snahy o vyhnutie sa takémuto spoplatneniu. Preto je v praxi

bežné, že obchvaty miest sú vyňaté zo systému spoplatnenia, a preto je dôležité túto skutočnosť pri budúcom plánovaní dopravy zohľadniť.

Administratívne opatrenia na smerovanie dopravy (upokojenie premávky)

Výkonným nástrojom na odklon dopravy z mestských komunikácií môžu byť aj administratívne opatrenia, ktoré podporujú preferované (očakávané) smerovanie dopravných prúdov. Tieto opatrenia je možné rozdeliť do nasledujúcich troch skupín:

- zákaz vjazdu – vrátane vytvorenia jednosmernej komunikácie či zákazu iba niektorých druhov vozidiel,
- zníženie rýchlosti – snaha o predĺženie cestovného času, teda zníženie efektivity použitia daného úseku cesty,
- ďalšie podporné opatrenia – napríklad zákaz parkovania.

Všetky prijaté opatrenia je možné zahrnúť do spoločného faktora a priradiť im určité skóre podľa závažnosti a stupňa obmedzenia pre jednotlivých účastníkov cestnej premávky.

Umiestnenie ciest v priestore

Dôležitým bodom z pohľadu využitia obchvatov je aj ich umiestnenie v priestore, resp. terénna náročnosť okolia obchvatu. Priestorové možnosti vplyvajú na početnosť a kvalitu vjazdov a výjazdov z obchvatov, najmä v horských oblastiach. Súvisiacim faktorom je taktiež technické riešenie daného úseku cesty, pretože ten svojimi parametrami môže mať nepriaznivý efekt pre určité vozidlá, napr. pre ťažké nákladné vozidlá.

Alternatívne možnosti cestovania

Nemenej dôležitým faktorom, ktorý by taktiež mal byť predmetom výskumu, je samozrejme vplyv ostatných druhov dopravy na cestovanie v určitej oblasti. V meste s kvalitným systémom verejnej dopravy by mal mať obchvat odlišný vplyv ako v meste s obmedzenými možnosťami ostatných druhov dopravy. Pretože kým v prvom prípade sú čiastočne eliminované vnútromestské cesty individuálnou dopravou, tak v druhom prípade sú cesty aj po postavení obchvatov vyťažené vozidlami, ktorých zdrojom alebo cieľom cesty je práve toto mesto. Tento faktor je veľmi závislý aj na ostatných uvedených faktoroch, ako je napríklad štruktúra a topológia mesta, atraktivita mesta alebo prijaté administratívne opatrenia. Preto by mal byť zahrnutý do každej prognózy a analýzy budúcich dopravných intenzít. Dôležitosť tohto faktora zohľadňuje aj navrhnutá metodika nahradzovania dopravných sietí, konkrétne v časti 6.1.3 venovanej multimodálnemu pohľadu pri posudzovaní novej infraštruktúry (vyššej kategórie).

Sociálno-ekonomické faktory

Kým predchádzajúce faktory sledujú, resp. odzrkadľujú väčšinou rôzne technické, dopravné a prepravné charakteristiky, tak dosť významnými sú aj sociálno-ekonomické faktory. Ide o súhrn ukazovateľov, ktoré nie sú priamo z dopravného odboru, ale majú za úlohu charakterizovať určité územie z pohľadu priemyslu, zloženia obyvateľstva a akejsi sociálnej vyspelosti. Tieto ukazovatele

zahŕňajú napr. nezamestnanosť, priemerný a mediánový vek, priemyselnú produkciu, index ekonomického zaťaženia a ekonomickej závislosti, index starnutia a pod. Existuje aj množstvo iných ukazovateľov popisujúcich sociálno-ekonomickú situáciu v určitej oblasti, ale pre potreby skúmanej problematiky je potrebné vyseparovať tie, ktoré majú zásadnejší vplyv na využiteľnosť mestských komunikácií po výstavbe obchvatu. Pre prognózu dopravy sú sociálno-ekonomické a demografické dáta väčšinou brané ako nemenný vstup, príp. zadaný vo viacerých scenároch. Pre výskum popisovanej množiny faktorov je možné použiť predovšetkým nástroje štatistickej analýzy, kam patria testy hypotéz či korelácia. Na základe takejto analýzy je možné zistiť aj prípadný vplyv sociálno-ekonomických faktorov na dopravné zaťaženie riešených úsekov ciest.

Predmetné faktory sú dôležité najmä pri vytváraní dopravných modelov v procese ich kalibrácie a validácie. Sociálno-ekonomické faktory vplývajú na prognózovanie dopravných a prepravných prúdov, pričom niektoré je možné získať zo štatistických databáz, iné na základe empirických štúdií alebo dotazníkového šetrenia. Bližšie informácie o metódach dopravného modelovania sú uvedené v podkapitolách 4.1 a 4.4. Podrobnejší výskum týchto faktorov nie je predmetom tejto dizertačnej práce, ale je braný ako faktický vstup z dostupných databáz, dokumentácií a iných relevantných zdrojov.

2.4 Východiská pre výskumnú činnosť v autobusovej doprave

Určitú podmnožinu cestnej dopravy predstavuje verejná linková autobusová doprava (ďalej v texte aj ako autobusová doprava), ktorú je možné vzhľadom na jej rozsah a charakter skúmať ako samostatný segment. Ide v podstate jednak o segment regionálnej autobusovej dopravy vykonávanej v rámci určitého regiónu, a taktiež o diaľkovú (medziregionálnu) autobusovú dopravu. Z hľadiska tohto druhu dopravy a tomu zodpovedajúcej del'by prepravných prúdov (rozdelenie vid' začiatok kapitoly 2) je možné kvantifikovať jednak veľkosť časovej straty cestujúcich, ktorá vznikne v dôsledku využitia obchvatu (vynechanie zastávky v danom meste), ale taktiež aj časovú úsporu cestujúcich, pre ktorých je využitie obchvatu výhodné. Samotná štruktúra prepravných prúdov môže byť základom pre rozhodnutie o odklonení liniek verejnej dopravy z miest, a zároveň aj pre vyhodnotenie účinnosti tohto riešenia. Existencia obchvatu vplýva na každý typ prepravných prúdov rozdielne, pričom bližšia analýza týchto vplyvov je predmetom tab. 2.

Hlavným záverom uvedenej analýzy je, že použitie obchvatu je atraktívne a výhodné predovšetkým pre cestujúcich využívajúcich hlavný tranzitný smer. Na druhej strane toto riešenie spôsobuje v určitých prípadoch zhoršenie dostupnosti pre miestnych cestujúcich (ktorých cieľ, resp. zdroj cesty je obchádzané mesto). Ostatné tranzitné cesty môžu byť pre miestnych obyvateľov atraktívnejšie, pretože presmerovanie liniek autobusovej dopravy cez mesto umožňuje jej využitie aj pre týchto občanov. Toto môže byť zároveň problémom pre tranzitných cestujúcich, pretože používanie mestských ciest môže spôsobiť predĺženie času cestovania pre túto skupinu cestujúcich.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Tab. 2 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v autobusovej doprave

Trasa linky v hlavnom smere pri existencii obchvatu	
+ cestujúci v hlavnom smere môžu využiť spoj idúci po obchvate (zlepšenie prístupnosti pre tranzitných cestujúcich)	- obmedzená ponuka dopravných služieb v prípade, ak je tranzit dominantný (zhoršenie dostupnosti pre tých, ktorí by chceli cestovať z/do obchádzaného mesta)
Trasa linky medzi hlavným smerom a ostatnými smermi	
+ možnosť prilákať nových (miestnych) cestujúcich	- obchvat môže viesť k odklonu verejnej dopravy z centra mesta (časové a vzdialenostné hľadisko)
+ vznik služieb verejnej dopravy v nových mestských častiach (v prípade „nového“ prístupu k obchádzanému mestu)	- cestujúci sú nútení využiť iné dopravné služby (často s dlhším cestovným časom)
Trasa linky v ostatných smeroch	
+ možnosť prilákať nových (miestnych) cestujúcich	- menej prevádzkovaných dopravných služieb v hlavnom smere (v prípade existencie obchvatu)
+ obchvat nie je možné použiť pre väčšinu ciest v hlavnom smere (zlepšenie prístupnosti pre miestnych cestujúcich)	- nevhodné na pravidelnú dopravu (obmedzená ponuka dopravných služieb)
Cesty začínajúce alebo končiacie v meste, ale vychádzajúce z mesta, resp. prichádzajúce do mesta pri súčasnej existencii obchvatu v hlavnom smere	
+ primárne je využívaná MHD	- je potrebné zmeniť nastavenie ostatných dopravných služieb
+ nízky dopyt po dopravných službách vyššieho významu (zlepšenie prístupnosti pre tranzitných cestujúcich)	- v určitých prípadoch je nutné využívať frekventované cesty v meste

Zdroj: autor

Prirodzene, vyššie uvedené závery neplatia pre všetky prípady, ale sú vzťahované najmä na pravidelné cesty. Pri občasných cestách (turistických, poznávacích a pod.) na dlhšie vzdialenosti existuje väčšia ochota cestujúcich vybrať si aj menej dostupné možnosti (napr. zastávku na obchvate alebo prestup v regióne). Vzhľadom na uvedené je preto účelné venovať sa najmä pravidelným cestujúcim, pretože tí tvoria základ systému verejnej dopravy.

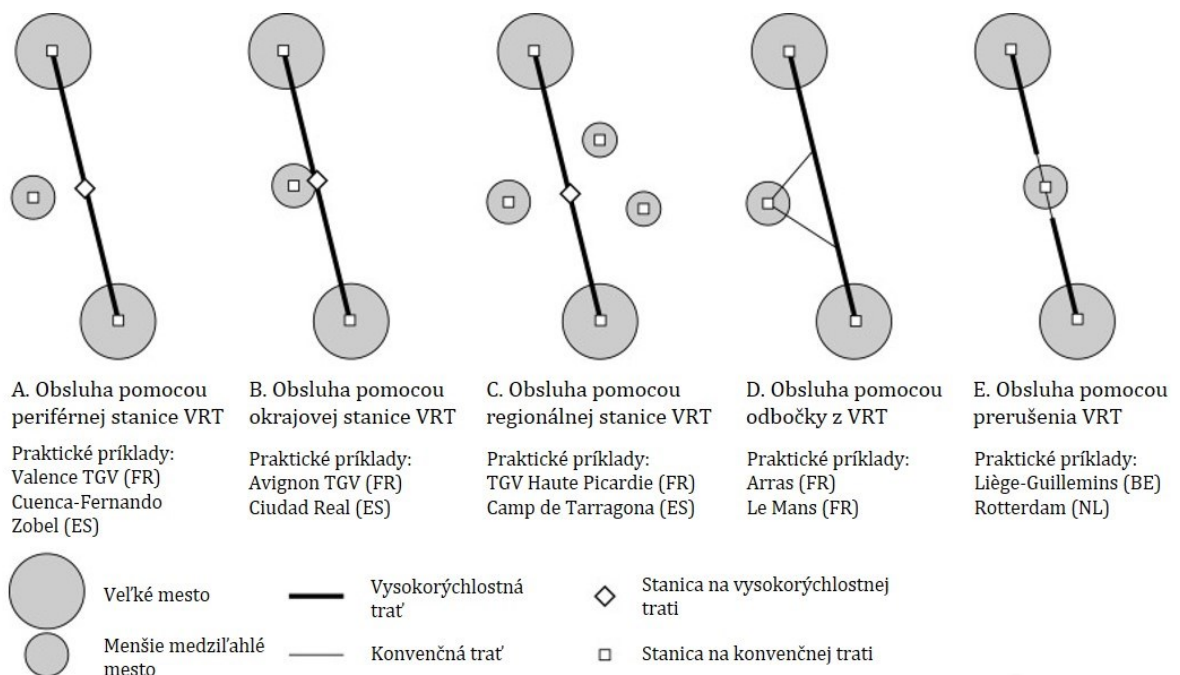
2.5 Východiská pre výskumnú činnosť v železničnej doprave

Ako už vyplýva z kontextu zamerania dizertačnej práce, tak z hľadiska problematiky železničnej dopravy je možné na ňu hľadiť v dvoch úrovniach, a to na konvenčnú a vysokorýchlostnú. Primárnym predmetom výskumu je vysokorýchlostná železničná doprava, do ktorej však vstupujú aj určité prvky výstavby konvenčných tratí z minulosti, ktoré nie je možné opomenúť. Na budúce využitie existujúcej dopravnej infraštruktúry má však v prípade železničnej dopravy zásadný vplyv koncepcia vysokorýchlostných tratí vo vzťahu k obsluhu určitého územia, pričom aj samotné budovanie nových VRT cez v podstate úplne nové územie (momentálne

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

neobsluhované rýchlym segmentom železničnej dopravy) so sebou nesie nutnosť vyriešenia otázok týkajúcich sa obsluhy tohto územia. Toto sa dá riešiť viacerými formami, v zásade ide buď o budovanie prepojení medzi vysokorýchlostnými a konvenčnými traťami, alebo o výstavbu terminálov na VRT, ktoré sú určené na obsluhu územia v úzkej spolupráci s ostatnými druhmi dopravy. Problematike obsluhy nácestných (stredne veľkých) sídel sa bližšie venuje článok [56], v ktorom je poukázané na celkovo päť možností napojenia sídel (regiónu, aglomerácie) na sieť vysokorýchlostných tratí. Ich prehľad (A–E) je uvedený na obr. 2.

Pre možnosť komplexného výskumu autor doplňuje ešte jednu možnosť (F), kedy v blízkosti menšieho medziláhlého mesta žiadna stanica ako súčasť vysokorýchlostnej trate nebude. Ide o situáciu, kedy by prípadne v okolí vysokorýchlostnej trate mohli vzniknúť nové rozvojové aglomerácie, ktorých obsluhu by následne bolo potrebné riešiť. Za týmto účelom je vhodné vopred vytipovať miesta (napr. formou dopravného modelovania), kde by takáto situácia potenciálne mohla nastať, a parametre VRT v danej oblasti na to vopred pripraviť (sklon trate, polomer oblúkov). Je tu teda možné výhľadovo pozorovať určitú analógiu so situáciou na konvenčnej železnici, kedy zastávky pribúdali postupne, pričom spoločne s týmto sa zavádzali aj rôzne segmenty vlakov (expresy, rýchliky a pod.) s rozličnou zastavovacou politikou.



Obr. 2 Možnosti napojenia sídel na vysokorýchlostné železničné trate

Zdroj: [56], úprava autor

Z pohľadu cestujúcich má každé z uvedených riešení svoje klady aj zápory. Tie sú okrem iného závislé aj od štruktúry prepravných prúdov cestujúcich. Na základe už uvedeného charakteru prepravných prúdov ich je možné vo vzťahu k železničnej doprave rozdeliť nasledovne:

- prepravný prúd v hlavnom smere (medzi veľkými mestami),
- prepravný prúd medzi hlavným smerom a regiónom (medzi väčšími a menšími mestami),
- prepravný prúd v ostatných smeroch (medzi menšími mestami).

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Uvedená štruktúra prepravných tokov cestujúcich môže byť podporou pre rozhodnutie o výbere koncepcie obsluhy určitého územia z pohľadu vysokorýchlostnej železničnej dopravy. Analýza štruktúry prepravných prúdov v závislosti na spôsobe napojenia sídel rôznymi typmi zastávok na vysokorýchlostnej trati je predmetom tab. 3. Prvé dva typy napojenia (A a B) sa líšia najmä umiestnením železničnej stanice voči centru mesta. V prvom prípade ide o typickú periférnu stanicu umiestnenú pomerne ďaleko od intravilánu mesta. Prístup je tu štandardne zabezpečený autom a mestskou dopravou, použitie pešej dopravy nie je možné. V druhom prípade ide o tangenciálne vedenie trate bližšie k intravilánu mesta, navyše aj s možnosťou pešej dostupnosti aspoň pre blízky perimeter. Tretí typ napojenia (C) predstavuje stanicu orientovanú v perimetri viacerých menších sídel, pričom prístup tu je typicky riešený formou individuálnej a regionálnej dopravy.

Ďalšie dva typy napojenia (D a E) využívajú konvenčnú železničnú trať za účelom obsluhy železničnej stanice umiestnenej historicky veľmi blízko centra mesta. Rozdiel medzi uvedenými typmi je v existencii vysokorýchlostného obchvatu, ktorý umožňuje obísť predmetné mesto bez zastavenia a bez zachádzky na konvenčnú sieť. Posledným typom je autorom navrhnutá alternatíva (F) bez zastávky s jej možným budúcim doplnením.

Tab. 3 Analýza pozitívnych a negatívnych vplyvov obchvatov v železničnej doprave

Typ napojenia (podľa obr. 2)	Preprava v hlavnom smere	Preprava medzi hlavným smerom a regiónom	Preprava v ostatných smeroch
A	+ zrýchlenie dostupnosti pre tranzitných cestujúcich (pri uvažovaní nácestnej stanice je to jeden z rýchlejších variantov z pohľadu trasovania) – dlhšia cestovná doba z dôvodu zastavenia v periférnej stanici	+ dostupnosť aspoň nejakých služieb VRT + možnosť vybudovať dostatočne kapacitné parkovisko P+R – závislosť na ostatných druhoch dopravy (dôležitá je najmä mestská a individuálna doprava)	+ možnosť zvýšenia počtu liniek verejnej dopravy v regióne – dlhšia cestovná doba z dôvodu obsluhy periférnej stanice – pokles intervalu a nevhodné rozdelenie prepravného výkonu nadväznej verejnej dopravy
B	+ zrýchlenie dostupnosti pre tranzitných cestujúcich – dlhšia cestovná doba z dôvodu zastavenia na okrajovej stanici	+ priama obsluha menšieho mesta pomocou VRT – takáto poloha okrajovej stanice nie je vždy prakticky realizovateľná	+ vhodná poloha stanice pre vedenie radiálnych regionálnych liniek – ťažisko prepravných prúdov je rozdelené na viac lokalít

FAKTORY OVPLYŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Typ napojenia (podľa obr. 2)	Preprava v hlavnom smere	Preprava medzi hlavným smerom a regiónom	Preprava v ostatných smeroch
C	+ zrýchlenie dostupnosti pre tranzitných cestujúcich – dlhšia cestovná doba z dôvodu zastavenia na regionálnej stanici	+ dostupnosť služieb vysokorýchlostnej dopravy pre viac sídel – závislosť na ostatných druhoch dopravy	+ možnosť zvýšenia počtu spojov liniek verejnej dopravy v regióne – dlhšia cestovná doba z dôvodu obsluhy regionálnej stanice
D	+ zrýchlenie dostupnosti pre tranzitných cestujúcich – zníženie kapacity VRT (priame vlaky)	+ existencia priamych vlakov medzi väčšími a menšími mestami – zníženie kapacity VRT (počet priamych vlakov)	+ ťažisko prepravných prúdov sústredené do jednej lokality – menší počet priamych spojov v ostatnom smere
E	+ priame spojenie medzi väčšími mestami – dlhšia cestovná doba v dôsledku použitia konvenčnej železnice	+ dostupnosť aspoň nejakých služieb VRT – dlhšia cestovná doba v dôsledku použitia konvenčnej železnice	+ ťažisko prepravných prúdov sústredené do jednej lokality – menší počet priamych spojov v ostatnom smere
F	+ najrýchlejšia možnosť pre tranzitných cestujúcich – potrebná vysoká intenzita prepravných prúdov v hlavnom smere	+ možnosť umiestniť regionálnu stanicu v prípade rozvoja regiónu – štandardne je región bez služieb VRT	+ možnosť zvýšenia počtu liniek verejnej dopravy (nie je požadovaná regionálna stanica)

Zdroj: autor

Z pohľadu vysokorýchlostnej dopravy je najdôležitejšia preprava cestujúcich medzi významnými mestami. Kritérium pre túto významnosť pritom nie je ani tak počet obyvateľov, ale najmä existencia určitého regionálneho centra, ktoré je spádovou oblasťou pre okolitý perimeter. Rozhodujúce je aj samotné pokrytie územia vysokorýchlostnou železnicou, pretože obsluha nácestných staníc, resp. regiónu je závislá od konkrétneho riešenia, pričom každé predstavuje pre jednotlivé typy cestujúcich iné pozitíva a negatíva. Rozhodnutie o obsluhu medziľahlých sídel musí byť vždy podrobené dôkladnej analýze a prevereniu, aby bol dosiahnutý podľa možnosti čo najvyšší celospoločenský prínos. To znamená, že prijaté riešenie závisí na frekvencii spojov, potenciálneho počtu cestujúcich v jednotlivých smeroch, ale aj na celkovej koncepcii verejnej

dopravy v regióne. Ide teda o komplexnú problematiku ovplyvňujúcu využívanie dopravných komunikácií v konkrétnom mieste, ale aj na relácii ako celku.

2.6 Východiská pre výskumnú činnosť v mestskej hromadnej doprave

V prípade mestskej hromadnej dopravy ide v podstate o spojenie, resp. kombináciu dvoch popisovaných subsystémov verejnej dopravy, a to autobusovej a železničnej. Hlavným rozdielom je mierne odlišný charakter tohto druhu dopravy, pretože väčšinou funguje len na území jedného mesta a je vykonávaný pomocou viacerých druhov konvenčných dopravných prostriedkov (najčastejšie autobus, vlak, električka, metro), zriedkavejšie aj s použitím nekonvenčných druhov dopravy.

Problematiku budovania obchvatov je zo skúmaného pohľadu možné rozdeliť na dve možnosti. Prvá predstavuje akúsi synergiu, resp. interakciu so železničnou dopravou a diaľkovou autobusovou dopravou, kedy je na určité nové územie v blízkosti mesta (predpoklad je, že sa nachádza na jeho okraji resp. blízkom okolí) privedená nová diaľková linka, a to v súvislosti s výstavbou dopravnej infraštruktúry vyššej kategórie. V tomto prípade záleží na tom, ako je dané územie obsluhované, teda či je nová lokalita už určitým spôsobom obsluhovaná linkami MHD alebo nie. V oboch prípadoch však nová koncepcia diaľkových liniek vyvoláva požiadavky na zmenu linkového vedenia MHD, pretože je potrebné buď posilniť, alebo novo zriadiť obsluhu určitého územia na okraji mesta. V tomto prípade tak MHD predstavuje určitý komplement pre ostatné subsystémy verejnej dopravy, aby bola zaistená plnohodnotná obsluha novej oblasti s centrom mesta. Rieši sa tu teda problematika akou formou a ktorými linkami bude obsluhované nové územie nachádzajúce sa na cestnom alebo železničnom obchvate mesta, a to v zmysle stanovenej definície obchvatov pre tieto druhy dopravy v predchádzajúcich častiach práce.

Kým prvá uvedená možnosť znamená pohľad na obchvat z pohľadu tranzitných liniek (prepravné hľadisko) a ich nadväznosti na sieť liniek MHD, tak druhým variantom je fyzické nahradenie určitého dopravného systému za jeho vyššiu kategóriu (dopravné hľadisko). Ide napríklad o nahradenie autobusov električkami, príp. metrom (alebo podobnou alternatívou). Určitá obchádzaná oblasť je v tomto prípade zvyčajne súčasťou mesta, resp. siete MHD ako takej. Tento variant riešenia je porovnateľný aj s problematikou samotných cestných obchvatov, kde je predmetom riešenia využívanie obchvatu (vyššia kategória) a pôvodnej dopravnej infraštruktúry nižšej kategórie. V prípade paralelného vedenia dvoch (príp. aj viacerých) módov verejnej dopravy je teda na mieste otázka ich existencie, spoločnej interakcie a využitia. Z uvedeného je zrejmé, že skúmaná problematika sa z pohľadu jednotlivých riešených druhov dopravy prelína a je v nej možné nájsť určité spoločné prvky, čo je taktiež námetom pre riešenie tejto dizertačnej práce.

2.7 Predpokladané faktory vplývajúce na verejnú dopravu

Na základe doterajšieho výskumu a zistení autora existuje niekoľko faktorov ovplyvňujúcich prevádzku liniek autobusovej dopravy, železničnej dopravy a MHD, pričom je možné tieto faktory aplikovať aj na ostatné druhy verejnej dopravy, resp. na verejnú dopravu ako celok. Prvá skupina obsahuje možné faktory súvisiace s dopytom po preprave vo všeobecnosti, patria medzi nich:

- počet cestujúcich prepravujúcich sa z/do mesta, príp. medzi väčšími mestami;
- lokalizácia cieľa cesty – či sa nachádza na jednom alebo viacerých miestach (to sa týka cestujúcich z daného mesta smerom do ostatných miest);
- počet cestujúcich, ktorí daným mestom prechádzajú (tranzitní cestujúci pokračujúci rovnakým spojom);
- počet cestujúcich, ktorí v danom meste (termináli vysokorýchlostnej trate) prestupujú na ostatné druhy verejnej dopravy prevádzkované v tomto meste;
- časová strata súvisiaca s prístupom k autobusovej stanici (terminálu) v meste – je možné modelovať s minimalizovaním priemerného času jazdy pre všetkých cestujúcich (tzv. systémové ekvilibrium).

Uvedené faktory by mali tvoriť základ akejkoľvek analýzy týkajúcej sa využitia autobusovej a železničnej dopravy pri prípadných úvahách o ich pretrasovaní na obchvat, príp. do mesta, a tiež pri príprave a umiestnení VRT. Najčastejšie je možné uvedené faktory zahrnúť do dopravného modelu, avšak existujú aj alternatívne metódy na zisťovanie dopytu po preprave (štatistická analýza, prieskumy v teréne, analýza citlivosti, regresné modely a pod.).

Druhá skupina faktorov sa skladá z ostatných účinkov vplývajúcich na využívanie verejnej dopravy ako takej, ide napr. o:

- prioritu linky alebo obsluhovanej relácie (napr. prepojenie dôležitých miest bez snahy o obsluhu nácestných miest);
- celkovú koncepciu dopravného systému (existencia alebo neexistencia prestupného uzla, resp. terminálu verejnej dopravy v meste);
- existenciu iných liniek poskytujúcich dopravné služby v danom meste (napr. v regionálnej doprave);
- možnosti vytvorenia autobusovej zastávky na obchvate mesta (za účelom ušetrenia času pre tranzitných cestujúcich a zároveň možnosti obslúžiť dané mesto) v prípade verejnej linkovej autobusovej dopravy;
- možnosti realizácie nácestných terminálov v okolí mesta (príp. v regióne) v rámci vysokorýchlostnej železničnej dopravy (často umožňuje lepšiu kooperáciu s ostatnými subsystémami dopravy, keďže sú realizované v doposiaľ nezastavanom území);
- existenciu konceptu P+R či K+R (použitie viacerých dopravných prostriedkov), čo je však v prípade staníc/zastávok lokalizovaných v centre mesta často priestorovým problémom.

Všetky uvedené faktory majú dopad na samotný proces tvorby prevádzkového konceptu dopravy pre určité obsluhované územie. V prípade autobusovej dopravy dochádza k pomerne častému

odklonu liniek na obchvat. V rámci vysokorýchlostnej železničnej dopravy je prístup rôznorodý v závislosti od krajiny, pretože v niektorých je preferovaná možnosť obsluhy nácestných staníc, v iných je prioritou prepojenie veľkých miest.

2.8 Diskusia nad otázkami o odklonení z pohľadu individuálnej a verejnej dopravy a analýza dobrej praxe

Predmetom tejto podkapitoly je diskusia nad riešenou problematikou z hľadiska jednotlivých subsystémov dopravy. Táto diskusia je koncipovaná ako určitá konfrontácia teoretického rámca so známymi praktickými príkladmi, a to v súvislosti s tematikou odklonenia dopravy z miest. Množina použitých situácií zodpovedá snahe o zovšeobecnenie, takže nejde len o príklady osvedčených postupov, ale aj o také, ktoré môžu ukázať na určité zásadné a zovšeobeciteľné fakty. Členenie tejto podkapitoly zodpovedá triedeniu podľa riešených druhov dopravy.

2.8.1 Cestná doprava

Na základe rešerše dostupných poznatkov a vysvetlení skúmanej problematiky z oblasti cestnej dopravy je možné vytýčiť niekoľko aspektov, ktorým sa je možné v rámci vedeckej činnosti venovať. Komplexný výskum by mal pozostávať v hľadaní odpovedí na nasledovné otázky:

- Dôjde po vzniku obchvatu k zníženiu intenzity dopravy na nahradenej infraštruktúre?
- Dochádza pri existencii obchvatov k stavebnej indukcii, tzn. k vzniku nových služieb a obchodných miest v blízkosti týchto obchvatov?
- Môže nastať situácia, kedy indukovaná doprava pôvodný dopravný prúd úplne nahradí?
- Môže v konečnom dôsledku dôjsť k spätnému „pohlteniu“ obchvatu do mesta?

Z hľadiska zamerania a rozsahu dizertačnej práce je predmetom výskumu najmä prvá z otázok, pretože tá predstavuje najzásadnejší efekt obchvatov. Efekt stavebnej indukcie je možné pozorovať na situáciách z minulosti, ale je pomerne zložitý ho nejakým spôsobom kvantifikovať. Predikcia je v tomto prípade na úrovni odborného odhadu v závislosti od poznania riešeného územia. Dostupné príklady z minulosti však skôr naznačujú, že na všetky uvedené otázky je odpoveď skôr kladná ako záporná, a to v závislosti od sledovaného časového rámca.

Pre vyhodnotenie vplyvu obchvatov a faktorov s tým súvisiacich je potrebné najprv vykonať určité triedenie, resp. kategorizáciu miest, ktoré budú predmetom výskumu. Samozrejme existuje množstvo hľadísk, na základe ktorých je možné túto separáciu vykonať, ale z doterajšieho výskumu autora sa zdajú byť ako relevantné len určité vybrané charakteristiky. Okrem už spomenutých (napr. počet obyvateľov, významnosť mesta) sem určite patria aj vlastnosti daného obchvatu, tzn. rok výstavby a sprevádzkovania, kategória pozemnej komunikácie (diaľnica, cesta pre motorové vozidlá, cesta I. triedy a pod.). Tieto faktory je možné zhrnúť ako technické, pričom nezanedbateľný vplyv majú taktiež sociálno-ekonomické faktory v riešenom území.

Doteraz boli diskutované predovšetkým faktory, ktoré môžu vplývať na využívanie cestnej siete. Na ich vyhodnotenie je potrebné zvoliť vhodné veličiny, ktoré budú na strane dopravného zaťaženia sledované. Prvou takouto veličinou je objem dopravy, pomocou ktorého je možné sledovať absolútne zmeny (prírastky alebo úbytky) vozidiel na skúmanej infraštruktúre. Ďalším skúmaným ukazovateľom môže byť rozdelenie dopravných prúdov po otvorení obchvatu mesta. Pomocou tohto ukazovateľa je možné vhodne interpretovať pomer medzi používaním mestských ciest a cestného obchvatu, a to napr. aj v závislosti na niektorých sociálno-ekonomických faktoroch. Podobne je možné interpretovať aj medziročný nárast dopravy, a to jednak na obchvate a mestských cestách, ale aj globálne za určitý sledovaný dopravný prúd.

V rámci skúmanej problematiky je dôležité rozlišovať medzi typmi obchvatov, ktoré sa v praxi vyskytujú. Tieto obchvaty úzko súvisia s kategóriou pozemnej komunikácie. V prvom prípade teda ide o diaľničné obchvaty, ktorých spoločenský prínos je predovšetkým pre tranzitné dopravné prúdy nezanedbateľný. Príkladom môžu byť mnohé české i slovenské krajské mestá, napr. Olomouc, Plzeň, Nitra, ale taktiež aj menšie mestá (Martin, Levoča). Špecifickou kategóriou v oblasti diaľničných obchvatov sú tie, ktoré sú aktuálne postavené v polovičnom profile (s možným budúcim rozšírením na plnohodnotnú diaľnicu). Tieto typy obchvatov vznikajú buď ako určitý dočasný stav počas výstavby, alebo v určitých prípadoch aj na dlhšie obdobie (Svidník, Tornaľa), čo je možné vysvetliť akútnou potrebou odklonu tranzitnej dopravy z mesta na cestu, ktorá bude v budúcnosti súčasťou diaľničného prepojenia.

Najrozsiahljšiu sieť obchvatov v rámci skúmanej oblasti Česka a Slovenska však tvoria štandardné obchvaty v parametroch ciest I. triedy. Je tu možné nájsť plnohodnotné obchvaty obchádzajúce celé mestá (Jihlava, Kolín, Trnava). Tieto obchvaty vznikali, resp. stále vznikajú predovšetkým za účelom úľavy mestám od tranzitnej dopravy, ktorá je často vedená v blízkosti historických centier miest. Určitú podskupinu týchto ciest tvoria obchvaty, alebo skôr lokálne preložky, ktoré neobchádzajú celé mesto, ale iba určitú obývanú oblasť. Reprezentatívny príklad predstavuje úsek cesty II/380 v mestskej časti Brno-Tuřany. Ako ďalšie príklady je možné uviesť Domažlickú ulicu v Plzni, alebo cestu I/65D obchádzajúcu úzke centrum Martina, zároveň však prechádzajúcu okrajovou časťou individuálnej aj komplexnej bytovej zástavby. Takýchto príkladov je možné identifikovať pomerne mnoho (napr. lokálna preložka v obci Trhová Kamenice), pričom niektoré obchádzané cesty zanikli úplne, alebo sa z nich stali cestné komunikácie nižšej kategórie.

Súvislosť s obchvatmi nemá len dopravná indukcia, teda zvýšenie intenzity dopravy na určitom území pri komplexnom pohľade, ale aj indukcia stavebná, ktorá v konečnom dôsledku môže viesť k spätnému pohltenu obchvatu okolitou zástavbou do mesta. Je to teda určitá transformácia obchvatov na prietahy, ktoré sú tým pádom v oveľa vyššej miere používané aj v rámci vnútromestskej dopravy. Túto situáciu je možné ilustrovať na väčších mestách, kde napr. v Prahe tvoril Barrandovský most spoločne so súvisiacimi úsekmi určitý obchvat pre tranzitný smer D1 – D5, a to napriek tomu, že táto stavba je lokalizovaná v intraviláne, avšak s pomerne veľkou mierou segregácie. Zvolená trasa niektorých úsekov navyše navodzuje dojem, že už v čase výstavby nešlo len o prietah v obvykle vnímanom slova zmysle (na rozdiel napr. od severo-južnej

magistrály). Postupom času však v súvislosti s komplexnou aj individuálnou výstavbou došlo v podstate k zahltenu tejto komunikácie ďalšími dopravnými prúdmi. Vznikla tak nová potreba obísť tento pôvodný obchvat novým (D0) a pôvodný mestský okruh sa začal transformovať v podstate na priet'ah. Podobný trend je v súčasnosti pozorovateľný na stavebnej výstavbe v okolí zaústení diaľnic do Prahy. K podobnej situácii však v minulosti dochádzalo aj v množstve menších miest, kedy bola pozemná komunikácia preložená mimo centrum (vo vtedajšej dobe možno na okraj) a tvorila tak akýsi priet'ah mestom, ktorý bolo potrebné neskôr opäť obísť obchvatom, a to nie len v Česku či na Slovensku, ale aj v zahraničí [58]. Téma niekdajších obchvatov a terajších priet'ahov sa javí ako pomerne komplexná, a po získaní podkladov potrebných pre dopravné prognózovanie by ju bolo vhodné v rámci inej vedecko-výskumnej činnosti hlbšie analyzovať.

Uvedené príklady nepredstavujú konečnú množinu skúmaných a vyhodnocovaných sídel, ale práve naopak, tvoria akýsi základ pre ďalší rozvoj poznania v rámci vedecko-výskumnej riešenej témy. Ako príklad je možné uviesť doposiaľ nespomenuté východočeské mestá Pardubice (realizovaný priet'ah a plánovaný obchvat), Hradec Králové (vzt'ah k diaľnici D11) či Chrudim (v súčasnosti už dokončený obchvat, resp. preložka cesty I/37), ale aj mnoho ďalších (Vysoké Mýto, Holic, Litomyšl a pod.). V tomto smere je dôležité upriamiť pozornosť na vývoj v čase v kontexte neustáleho rastu dopravy. V mestách, kde boli v minulosti problémy s dopravou zdanlivo vyriešené, dnes dochádza k výstavbe a plánovaniu ďalších obchvatov vo vedľajších tranzitných smeroch. Ako príklad je možné uviesť prepojenie časti Borská pole s cestou I/20 v Plzni, pričom hlavným obchvatom sa zdala byť práve diaľnica D5. Podobná etapizácia nastáva aj v meste Pardubice, kde sa plánuje ďalšia preložka už v minulosti preloženej cesty I/36.

Je zrejmé, že komentovaná a riešená množina možných scenárov v rámci diskusie pokrýva pomerne dosť prípadov nastávajúcich v praxi. Rozsah skúmanej problematiky však môže mať mnoho konkrétnych podôb, pričom v texte vyššie boli základné príklady situácií, ktoré umožňujú danú problematiku skúmať a ďalej zovšeobecňovať, čím je podstata diskusie naplnená. Z hľadiska majoritného zamerania tejto dizertačnej práce na dopravné intenzity sú predmetom vlastného riešenia viaceré príklady s vyššie uvedených (vid' časti 5.1.1 a 5.2.1). Účelom je v tomto prípade pokrytie širokého spektra situácií, ktoré povedie k určitému zovšeobecneniu pri budúcom riešení obchvatov, preložiek či iných odklonov dopravy.

2.8.2 Autobusová doprava

Súčasťou riešenej témy z oblasti cestnej dopravy je aj výskum verejnej dopravy, konkrétne verejnej linkovej autobusovej dopravy. Tento subsystém zahrňuje diaľkovú aj regionálnu autobusovú dopravu. Podobne ako v predchádzajúcom prípade, je aj pri riešených subsystémoch verejnej dopravy diskutované určité množstvo variantov, ktoré v praxi reálne nastávajú. Uvedené situácie však nepredstavujú komplexný prehľad možných situácií, ale sú zamerané na základnú situáciu, teda vedenie tranzitných liniek buď po obchvate, alebo cez mesto. Najkomplexnejšia problematika sa týka diaľkovej autobusovej dopravy, kde je okrem možnosti nahradenia iným módom dopravy nutné riešiť aj problematiku týkajúcu sa obsluhy nácestných sídiel. V súvislosti s týmto je teda predmetom riešenia situácia, kedy a za akých podmienok (a pri pôsobení

akých faktorov) je možné služby autobusovej dopravy v mestách s obchvatom obmedziť, a to za účelom ich zrýchlenia na hlavnej (sledovanej) trase. S predstavenou tézou súvisí aj niekoľko doplňujúcich otázok:

- Znamená odklon liniek z mesta na obchvat zníženie počtu dopravných spojení (zhoršenie obslužnosti) alebo nahradenie novými spojeniami (vznik pásmovej obsluhy)?
- Je možné viesť tranzitné linky cez mesto a nie po obchvate, príp. za akých podmienok a s akým zdržaním?
- Ktoré mestá, ako veľké a významné, nebudú týmito linkami obsluhované?

Po nájdení odpovedí na tieto otázky je možné nájsť optimálne (vhodné a udržateľné) riešenie obslužnosti určitého regiónu. Avšak odpoveď na tieto otázky je pomerne komplexná téma a na jej riešenie je potrebné použiť poznatky, ktoré v kombinácii s predstavenými faktormi a známymi algoritmi z prostredia teórie dopravy a dopravného modelovania môžu dopomôcť práve k vyriešeniu uvedenej problematiky. Dôležitým dielčím krokom je aj správna identifikácia a kvantifikácia uvedených (príp. aj novo zistených) faktorov. Z pohľadu sledovaných veličín je ich pri výskumnej činnosti potrebné vziať do úvahy niekoľko. Ide napr. o veľkosť úspor času plynúcich z obchádzania určitého mesta. S tým úzko súvisia časové straty, ktoré vzniknú ostatným používateľom z dôvodu neobsluhovania tohto mesta. Ďalej je možné sledovať pomer medzi spojmi obsluhujúcimi a neobsluhujúcimi dané mesto. Určitý prínos môže priniesť tiež skrátenie jazdných časov liniek verejnej dopravy vo vzťahu k odkloneniu individuálnej automobilovej dopravy mimo mesto. Situácia však môže byť pre každý prípad špecifická, o čom svedčí aj rozmanitosť dopravy v jednotlivých situáciách, preto je aj škála sledovaných veličín vždy daná špecifikami konkrétnej situácie.

Vo všeobecnosti je obslužnosť miest diaľkovou autobusovou dopravou závislá na samotnom dopyte po preprave, ďalej má (okrem už spomínaných faktorov) pomerne veľký význam aj dostupnosť ostatných druhov dopravy. Ide napr. o dostupnosť železničnej dopravy na porovnateľnej relácii akú obsluhuje autobus, ale pre určitú prepravu v rámci regiónu môže ísť aj o substitúciu regionálnou autobusovou dopravou. Významným faktorom je taktiež kvalita používanej pozemnej komunikácie, pretože tá sa môže medzi obsluhovanými a obchádzanými mestami líšiť. Toto súvisí s kategóriou použitej pozemnej komunikácie, predovšetkým pri porovnaní obchvatu na ceste I. triedy a diaľničného obchvatu, pretože diaľnica je zvyčajne postavená vo väčšej vzdialenosti od miest. Avšak kým v určitých prípadoch (Olomouc, Nitra) ani existencia obchvatu nepredstavuje významnejší dôvod na neobsluhovanie mesta diaľkovými autobusmi, tak len v mierne menších mestách (podľa počtu obyvateľov) v podstate existencia obchvatu takmer úplne vylúčila linky diaľkovej autobusovej dopravy z týchto miest, a to napríklad v Jihlave či Trenčíne (v oboch prípadoch sa to týka diaľničných obchvatov na diaľnici D1). Je zrejmé, že na uvedené zistenie vplyva množstvo iných faktorov, na druhej strane je však nesporný vplyv existencie obchvatu. Túto skutočnosť pomerne dobre vystihuje situácia mesta Mirovice a obce Čimelice, pretože z pohľadu diaľkových liniek sú menšie Čimelice bez obchvatu obsluhované všetkými spojmi, zatiaľ čo väčšie Mirovice sú skoro vo všetkých prípadoch obchádzané po existujúcom obchvate. Na základe uvedeného preto nemožno predpokladať,

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

že bude možné nájsť univerzálny prístup platný pre všetky, príp. väčšinu prípadov. Pri uplatnení kompromisného riešenia sa môže v niektorých situáciách vyskytnúť problém, preto je nutné do každého sledovaného prípadu vniesť určité prvky individuality.

Ďalším potenciálne riešeným subsystémom v rámci verejnej dopravy môže byť regionálna autobusová doprava. Na linky prevádzkované ako prímestské nemá výstavba obchvatov miest z hľadiska ich trasovania zásadnejší význam, až na výnimku v podobe tangenciálnych (príp. aj obdobných) liniek, pri ktorých existuje možnosť obchvat použiť. Toto sa týka aj situácie v Pardubiciach, kedy počas dopravných obmedzení na ul. Hradecká (most P. Wonky) došlo k presmerovaniu všetkých spojov regionálnej autobusovej linky na trase Chrudim – Pardubice – Hradec Králové kompletne na cestu I/37 (obchvat) so zachádzkou na Terminál B. Uzávierky a obmedzenia tak predstavujú ďalší dôvod na využívanie úsekov ciest vyššej kategórie.

Určitý prínos je však možné vnímať aj v poklese dopravného zaťaženia mestských komunikácií, čo za určitých okolností mierne skráti cestovné doby týchto liniek. Z pohľadu vedeckého zamerania má však väčší význam sledovať nahradzovanie liniek regionálnej autobusovej dopravy iným subsystémom, ktorý môže, ale nemusí, byť vyššej kategórie. Typicky ide napríklad o ukončenie regionálnych liniek na okraji mesta a ich nahradenie MHD (na území mesta), čo si však vyžaduje funkčný integrovaný dopravný systém, resp. dopravnú a optimálne aj tarifnú integráciu. Riešený problém spočíva v nájdení odpovedí na nasledovné otázky:

- Spôsobuje ukončenie liniek regionálnej autobusovej dopravy na hranici mesta zlepšenie, alebo zhoršenie dostupnosti tohto mesta pre cestujúcich?
- Je možné, príp. za akých okolností, zaviesť tangenciálne regionálne autobusové linky v periférnej oblasti mesta?

Základom odpovedí na tieto otázky je kvalita, štruktúra a presnosť systému MHD, pretože od tohto subsystému závisí funkčnosť verejnej dopravy ako celku v určitom regióne. S druhou otázkou súvisí aj veľkosť dopytu po doprave v tangenciálnych smeroch, resp. existencia určitého prepravne zaujímavého objektu na okraji mesta. Napríklad v Prahe je ukončenie liniek regionálnej dopravy na okraji mesta výhodným a zároveň aj často uplatňovaným riešením. Je to dané tým, že predovšetkým metro, ale aj mestské železničné linky či električky, poskytujú na určitých reláciách rýchlejšie a hlavne spoľahlivejšie spojenie do centra v porovnaní s vedením liniek regionálnej autobusovej dopravy do centra mesta v interakcii s individuálnou automobilovou dopravou. Prirodzene to nie je možné brať ako samozrejmosť na všetkých reláciách, ale ide o pomerne významnú časť autobusových liniek. Na druhej strane, prípad Ostravy ukazuje, že závislosť prímestských spojov na mestských električkách nemusí vždy prinášať zlepšenie dostupnosti. Je to z dôvodu prevádzkových obmedzení električiek ako dráhových vozidiel, ktoré v prípade vzniku mimoriadnych udalostí (napr. dopravná nehoda), a to najmä na nesegregovaných úsekoch, nemajú možnosť problematické miesto efektívne obísť. Dôležitý prvok dopravného systému tak zostane paralyzovaný. Aj táto skutočnosť bola jedným z argumentov pre vedenie regionálnych autobusových liniek v Ostrave až do blízkosti centra mesta.

Problematiku vedenia tangenciálnych regionálnych autobusových liniek je možné prirovnať k zastávke diaľkových liniek (autobusových, železničných) na obchvate (hranici) mesta, takže tam platia určité spoločné zákonitosti. V prípade, ak určitý bod (terminál verejnej dopravy) pretína väčšie množstvo liniek verejnej dopravy, a to aj tangenciálnych, je možné na túto situáciu aplikovať teóriu liniek v tvare hviezdy [59]. V progresívnom uvažovaní môže byť tento terminál verejnej dopravy umiestnený v blízkosti stanice (zastávky) vysokorýchlostnej železnice na hranici (periférii) mesta, pričom by predstavoval prepojenie medzi všetkými dôležitými subsystémami dopravy. Praktické príklady tohto riešenia nie sú v súčasnosti v lokalite Česka a Slovenska uplatňované, ale plánovaná výstavba nových vysokorýchlostných tratí vytvára podmienky na ich realizáciu v budúcnosti aj v tuzemsku. Sledovanými veličinami sú teda podobne ako pri ostatných druhoch verejnej dopravy intenzity prepravných prúdov na jednotlivých reláciách, časové straty/úspory cestujúcich v rámci dopravného procesu pri použití konkrétnej podoby dopravného systému, a ďalšie s tým súvisiace charakteristiky. Vzhľadom na rôznorodosť dopravných systémov prímestskej dopravy však nie je možná ich generalizácia, na druhej strane je však dôležité identifikovať určité spoločné prvky, ktoré tieto systémy vykazujú.

Vzhľadom na rozsiahlosť a komplexnosť situácii v autobusovej doprave nie je možné pokryť v dizertačnej práci všetky predstavené problémy. Preto je vedecká činnosť v tejto práci zameraná podobne ako v cestnej doprave predovšetkým na najčastejšie vyskytujúcu sa situáciu, a tou je priama súvislosť tranzitných liniek s výstavbou infraštruktúry vyššej kategórie. Nie je teda dôležité formálne členenie tranzitnej autobusovej linky (diaľková, regionálna), ale predovšetkým jej trasovanie vo vzťahu k dostupnej infraštruktúre. Tejto problematike je venované aj vlastné riešenie a jeho aplikácia v kapitolách 5 a 6. Ostatné diskutované problémy sú teda námetom pre budúcu vedecko-výskumnú činnosť.

2.8.3 Železničná doprava

Ako už vyplynulo z textu venujúceho sa skúmanej problematike v oblasti železničnej dopravy, tak v jej prípade je uplatňovaný mierne odlišný prístup ako pri ostatných dopravných módoch. Je to dané tým, že technologické podmienky sú v železničnej doprave odlišné v dôsledku závislosti na infraštruktúre, ktorá predstavuje určité obmedzenie. Vo výsledku je teda možná otázka obchádzania miest v segmente železničnej dopravy rozdeliť na dve časti. Jedno hľadisko spočíva v navrhovaní určitého expresného segmentu liniek využívajúcich existujúcu infraštruktúru, ale s neobsluhovaním určitých nácestných sídiel (napr. Kolín, Lysá nad Labem, príp. aj Trenčín či Trnava). Ide teda o opatrenie, ktoré šetrí čas prepravy pre určitú skupinu cestujúcich. Túto situáciu je možné prirovnať k autobusovej doprave (diaľkovej), kedy je predmetom okrem iného aj časový dopad na tranzitujúcich cestujúcich, ale predovšetkým to, aký dopad má neobsluhovanie daného mesta na ostatné subsystémy verejnej dopravy. Treba však poznamenať, že uvedená možnosť zrýchlenia expresného segmentu vlakov prináša obmedzenú úsporu času.

Príkladom tejto situácie je mesto Benešov, cez ktoré vlaky expresnej linky Praha – České Budějovice prechádzajú bez zastavenia a diaľková doprava je zastúpená len nižšou kategóriou vlakov (rýchliky). Zároveň tu situáciu kompenzuje aj fakt, že v danom úseku je pomerne veľký

FAKTORY OVPLYVNĚJÍCÍ DALŠÍU PREMÁVKU NA ÚSEKOCHE DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

rozsah regionálnej autobusovej dopravy, ktorá rozpoľuje interval medzi rýchlikmi. Odpadáva tak časovo dôležitá zložka čakania, aj keď príchod do Prahy (odchod z Prahy) je v prípade oboch segmentov s rozdielom približne päť minút. Určitý význam majú aj miesta zastavenia jednotlivých kategórií vlakov, kedy napr. pomalší segment môže obsluhovať viac zastávok na území mesta (v tomto prípade Prahy), čo cestujúcim vykompenzuje príp. jazdu mestskou dopravou pri využití diaľkovej dopravy. Preto je výskum takejto situácie vždy závislý od miestnych podmienok, veľkosti sídel, kapacity vlakov a potenciálu danej prepravnej relácie, čo sú väčšinou kvantifikovateľné faktory.

Z druhého pohľadu výskumnej činnosti ide o výstavbu novej infraštruktúry, a to buď ako preložka alebo náhrada konvenčných tratí, alebo výstavba trate vyššej kategórie (vysokorýchlostnej trate). Prvý zmieneny prípad samozrejme nie je možné úplne opomenúť, pretože preložky (napríklad na IV. tranzitnom železničnom koridore) a novostavby (trať na letisko Václava Havla) konvenčných tratí zrejme ešte budú v budúcnosti vznikať, avšak pravdepodobnejším trendom do budúcnosti je celkom iste výstavba vysokorýchlostných tratí. V prípade dostupnosti aspoň nejakých dát či poznatkov z minulosti súvisiacich s preložkami tratí je možné získať určité poznania, ktoré môžu v istej modifikácii platiť aj v budúcnosti pri výstavbe nových tratí.

Nevýhodou však je, že väčšina pôvodných tratí (po ich preložení) buď zanikla, alebo došlo len k ich čiastočnému zachovaniu (napr. preložka trate Havlíčkův Brod – Tišnov), takže porovnávať využitie pôvodnej a novej trate je v podstate nemožné. Pôvodná trať v úseku Žďár nad Sázavou – Tišnov síce stále existuje, ale je od novej trati natoľko vzdialená, že je to neporovnateľné. Dalo by sa povedať, že k zachovaniu preložených (nahradených) železničných tratí v minulosti dochádzalo najmä vtedy, ak existovala nejaká príčinná súvislosť k ich zachovaniu, a to najmä vo vzťahu k osobnej (Nové Město na Moravě) a nákladnej (Sázava u Žďáru) doprave. V rámci problematiky riešenia obchvatov v ponímaní železničnej dopravy je možné hľadať odpovede na nasledujúce otázky:

- Ako, a či vôbec budú napojené obchádzané mestá na železničnú sieť?
- Aký bude rozsah železničných (diaľkových) liniek premávajúcich na existujúcich tratiach po výstavbe nových (vysokorýchlostných) tratí?

Vzhľadom na uvedené otázky je dôležitou veličinou, ktorá by mala byť v rámci výskumu sledovaná, prepravný potenciál jednotlivých liniek. Ide predovšetkým o problematiku medzilahých miest (nácestných staníc), ktoré sú v súčasnosti obsluhované vďaka existencii liniek premávajúcimi medzi významnými vnútroštátnymi a medzinárodnými sídlami (Praha – Ostrava – Warszawa, Praha – Brno – Bratislava/Wien), ale po výstavbe nadradenej infraštruktúry je plánované ich pretrasovanie na nové trate. Preto je potrebné venovať sa prepravnému potenciálu na konvenčných tratiach, aby bolo možné vyhodnotiť dopady odklonenia liniek, potenciál ich ponechania, príp. nahradenia na konvenčných tratiach a pod. Do výskumu by teda mali vstupovať veličiny zhodné s už uvedenými v rámci ostatných subsystemov verejnej dopravy.

Druhá otázka súvisí s výstavbou nových tratí (vysokorýchlostných) v lokalitách, pri ktorých existuje potenciál na adekvátny (silný) dopyt po preprave. Predpokladá sa, že tieto trate sú

navrhnuté primárne za účelom spojenia významných miest, teda nie sú cielene budované ako obchvaty medziľahlých miest. Avšak v súčasnosti je pripravenosť VRT v Česku v štádiu dokončených štúdií realizovateľnosti (Praha – Brno – Břeclav/Ostrava, Praha – Dresden), takže reálne dopady budú vo väčšom pozorovateľné až po ich realizácii v horizonte desiatok rokov. V rámci českých pomerov je pri príprave VRT predmetom diskusie aj obsluha medziľahlých sídel. Dôležité je v tomto prípade určitým spôsobom vyhodnotiť polohu nácestnej stanice, resp. odbočky na konvenčnú trať vzhľadom k dochádzkovej vzdialenosti do najbližších sídiel.

Aj tu je možné sa inšpirovať vývojom v oblasti konvenčných tratí, kedy pôvodne z hľadiska dopravnej obslužnosti postačovali aj stanice vzdialenejšie od miest. Dnes to predstavuje určitý hendikep a často aj zámienku na zastavenie dopravy na určitých tratiach. V súčasnosti je trendom čo najväčšie priblíženie konvenčných tratí k obyvateľstvu, čo má za následok vznik nových zastávok. Túto problematiku asi nie je možné úplne jednoducho kvantifikovať, ale je dôležité na ňu upozorniť, pretože úzko súvisí s koncepciou medziľahlých staníc na VRT. Toto je možné interpretovať na príklade mesta Jihlava, kde sú prakticky uvažované dve možnosti obsluhy (okrajová alebo regionálna stanica). Každá z týchto alternatív v sebe skrýva určité špecifiká a v budúcnosti ešte bude predmetom či už výskumnej činnosti, alebo aj rokovaní medzi samosprávami a nadradenými orgánmi verejnej moci. V prípade obsluhy regiónu Jihlavy je vhodné poukázať na historický vývoj umiestnenia staníc v rámci konvenčných tratí, ale taktiež aj na potenciálnu stavebnú indukciu, ktorú by regionálna stanica do lokality mohla priniesť.

Uvedené možnosti odklonu liniek na nové železničné trate so sebou môžu priniesť aj ďalšie efekty súvisiace s predmetom výskumu. Ide napríklad o uvoľnenie vyťažených konvenčných tratí v aglomerácii väčších miest za predpokladu, že súčasťou nových tratí bude aj napojenie týchto miest novým a dostatočne kapacitným systémom. Toto uvoľnenie predstavuje priestor pre prímestskú a regionálnu železničnú dopravu, ktorú je možné zatraktívniť väčšou intenzitou spojov s kratším intervalom. Presmerovanie liniek vyššej kategórie na nové VRT teda zlepši dostupnosť medzi metropolitnými oblasťami, ako aj dostupnosť periférnych oblastí.

Reprezentatívnym príkladom pre toto riešenie je trať Westbahn v Rakúsku, ktorá je postavená medzi mestami Wien a Salzburg, pričom pôvodná trať zostala zachovaná. Týmto riešením došlo k oddeleniu dvoch segmentov liniek, kedy nová trať slúži primárne pre zlepšenie pomerov v diaľkovej doprave, zatiaľ čo pôvodná trať je využitá pre nižšie (medziregionálne a prímestské) segmenty liniek. Určitú podobnosť s týmto, aj keď v oveľa menšej miere, predstavuje preložka trate medzi Púchovom a Považskou Bystricou, pri ktorej došlo k premiestneniu zastávky Nosice ďalej od obce a zrušeniu zastávky Milochovej. Na mieste pôvodnej trate však vznikla nová cestná komunikácia (predtým neexistujúca), ktorá prepája mestá Púchov a Považská Bystrica, po ktorej sú vedené nové spoje regionálnej autobusovej dopravy. V tomto prípade teda nejde o ponechanie pôvodnej trate, ale prenechanie priestoru pre iný subsystém verejnej dopravy, čoho výsledkom je zlepšenie obslužnosti uvedeného mikroregiónu. Uvedené dva príklady teda ilustrujú sekundárne efekty výstavby nových železničných tratí, ale na rôznej rozlišovacej úrovni z pohľadu regiónu.

Ako vyplýva z vyššie uvedeného textu, tak rozsah riešených tém je široký a ich komplexné riešenie je skôr námetom pre samostatnú vedeckú činnosť. Dá sa skúmať samostatne len segment

železničnej dopravy, príp. aj s rozšírením na ostatné ovplyvňované druhy dopravy. Z hľadiska naplnenia rozsahu riešenia tejto dizertačnej práce nie je téma železničnej dopravy ďalej rozvíjaná, avšak uvedený prehľad vedeckých poznatkov tvorí vhodný základ pre budúce pokračovanie výskumnej činnosti.

2.8.4 Mestská hromadná doprava

Posledným riešeným subsystémom verejnej dopravy je mestská hromadná doprava. Riešenie tohto subsystému v podstate vychádza z už predstavených možností v rámci ostatných dopravných módov. V určitých prípadoch predstavuje MHD istý doplnok pre ostatné druhy dopravy, napríklad pri napojení mesta na periférnu, resp. regionálnu zastávku autobusovej alebo železničnej dopravy. Zmienovaný prípad predstavuje námet pre ďalšie vedecké skúmanie, pretože je dôležité riešiť synergiu jednotlivých druhov dopravy vo vzťahu k prestupným uzlom. Zmysel riešenia spočíva práve v integrovanom pohľade na dopravu ako takú, pričom je dôležité plánovať zodpovedne a s obojstranným pohľadom či už na regionálnu alebo diaľkovú dopravu. Mestská hromadná doprava teda predstavuje akýsi mikroskopický pohľad zodpovedajúci riešeniu verejnej dopravy v rámci väčšieho regiónu alebo štátu, pričom pozostáva z riešenia zhruba tejto množiny otázok:

- Môže byť segment verejnej dopravy vyššej kategórie nahradený dopravným systémom nižšej kategórie?
- Zostáva dopravný systém nižšej kategórie v prevádzke aj po jeho nahradení vyšším segmentom mestskej dopravy?

Obidve otázky súvisia s problematikou nahradzovania jednotlivých módov mestskej hromadnej dopravy inými. Vo všeobecnosti je nahradzovanie subsystémov riešené v tých miestach, kde je predpoklad dostatočného dopytu v určitej prepravnej relácii. Tomuto vhodne zodpovedá výstavba metra v Prahe, kde konkrétne v 70. rokoch 20. storočia došlo k výstavbe linky C v úseku Florenc – Kačerov a súčasnému zrušeniu povrchovej električkovej trate medzi zastávkami Pražského povstání a Pankrác. Došlo teda k nahradeniu električkovej trate metrom, ale zároveň aj k čiastočnému nahradeniu električiek autobusovou dopravou, ktorá zabezpečovala práve napojenie ulíc v ose bývalej električkovej trate na stanice metra. Vplyvom zrušenia električkovej trate došlo k záberu jej telesa individuálnou dopravou, konkrétne slúži na parkovanie vozidiel. Aj v tomto spočívalo určité úskalie (obava o stratu parkovacích miest) pri snahách o obnovenie tejto zrušenej električkovej trate, čo sa však nakoniec podarilo prekonať. Pri predlžovaní metra A zo stanice Dejvická do Nemocnice Motol (otvorenie v roku 2015), ktoré vo väčšej časti trasy vedie v súbehu s električkovými traťami, však už k zrušeniu tejto trate nedošlo, naopak bola električková trať predĺžená ďalej do časti Na Dědině. Aj tu je možné pozorovať určitý progres v stave vedeckého poznania a jeho následnú aplikáciu do praxe.

V ostatných mestách Česka a Slovenska sa metro nenachádza, avšak je v nich možné pozorovať predovšetkým efekt výstavby električkových tratí na ostatné subsystémy verejnej dopravy. Napríklad v Plzni je centrum mesta obsluhované takmer výlučne električkami jazdiacimi v súhrnnom špičkovom intervale približne 4 minúty. Oproti tomu v Olomouci je väčšina

električkových tratí (s výnimkou trate do oblasti Pavlovičky) doplnená aj spojmi liniek autobusovej dopravy. Zaujímavosťou je vedenie električkovej linky v oblasti Nové Sady, kedy tento vyšší subsystém nekopíruje trasu vyťažených liniek, ale do oblasti preniká skôr po okraji.

Samozrejme sa je možné pri zhromažďovaní poznatkov zaujímať aj o zahraničné dianie. Ide napríklad o vznik staronových električkových tratí v Paríži s presahom až do regiónu Île-de-France, ktoré pôvodne viedli až do centra, neskôr boli zrušené a čiastočne nahradené linkami metra, pričom ich časti lokalizované na periférii mesta sú v poslednom desaťročí predmetom opätovnej obnovy [60]. S týmto súvisí aj určité riziko spočívajúce v budúcom rozvoji (širšieho) centra mesta a rastúcej intenzity prepravných prúdov, pričom povrchová doprava na periférii mesta týmto rastúcim nárokom prestane vyhovovať. Takéto, ale aj ďalšie vznikajúce situácie sú vždy efektom určitých faktorov, ktoré majú na rôzne miesta rozličný vplyv. Ide teda o rozsiahlu problematiku s veľkou škálou spôsobujúcich faktorov, pričom však z hľadiska riešenej témy v mnohom podobnú naprieč viacerými druhmi dopravy.

Podobne ako v prípade železničnej dopravy je riešená množina potenciálnych problematík aj v prípade MHD pomerne široká. Vychádza to z existencie množstva systémov mestskej dopravy naprieč regiónmi. Aj napriek tomu je určite možné skúmať určité spoločné efekty, ktoré vedú k zovšeobecneniu riešených problémov a tým zlepšiť stav vedeckého poznania. Vzhľadom na uvedené je však toto námietom na samostatný výskum, a to buď so zameraním čisto na mestskú dopravu, alebo s rozšírením aj na ostatné druhy dopravy s menšou rozlišovacou úrovňou. Text obsiahnutý v tejto kapitole poskytuje dostatočnú východiskovú bázu pre budúcu vedeckovo-výskumnú činnosť problematiky vzniku segmentov liniek vyššej kategórie vo vzťahu k infraštruktúre, a ich následnému efektu na ostatný dopravný systém.

2.9 Čiastkové zhrnutia

Účelom tejto podkapitoly je stručné zhrnutie analýzy súčasného stavu študovanej problematiky, a to ako z pohľadu teoretického poznania, tak aj z hľadiska vykonanej diskusie a prevedenej analýzy dobrej praxe.

2.9.1 Zhrnutie analýzy súčasného stavu vedeckého poznania

Zdroj [1] je zásadný pre pochopenie metód dopravného modelovania, pričom poskytuje teoretické základy pre štvorstupňové dopravné modelovanie, ktoré je jedným kľúčových prvkov v dizertačnej práci. Slúži okrem iného aj ako základ pre návrh analytických nástrojov a modelovanie dopravných tokov. Použitie metód dopravného modelovania je pre problematiku skúmanú v dizertačnej práci vhodné, čo potvrdzuje aj ich aplikácia v iných výskumoch venujúcich sa problematike obchvatov [22; 25; 35] v rôznych rovinách riešenia.

Z pohľadu individuálnej a verejnej dopravy sú v článkoch [2; 4] riešené prípadové štúdie, ktoré skúmajú vplyv obchvatov na mestá z rôznych uhlov pohľadu. Tieto prípadové štúdie slúžia ako príklad dobrých praktík pri skúmaní vplyvu nových dopravných úsekov na mestá, dopravu v týchto mestách a efektívnosť verejnej dopravy. Najčastejšie sa spomína existencia dopravnej

indukcie, ktorá spočíva v generovaní novej dopravnej záťaže po odklonení časti tokov na obchvat [6; 7]. V tejto súvislosti sa vyskytuje aj zmienka o tzv. stavebnej indukcii súvisiacej s úsekmi vyššej kategórie, a to ako v pozitívnom svetle [8], tak aj s negatívnymi dopadmi [11]. Okrem iného sa dostupná literatúra [3; 5] zameriava aj na tzv. externality dopravy, ako sú hluk, emisie a preťaženie, ale aj environmentálnym a klimatickým vplyvom dopravnej infraštruktúry. Uvedené články slúžia ako vhodný základ pre posúdenie environmentálnych dopadov obchvatov, čo súvisí s kvalitou života v mestských oblastiach.

Okrem dopravného modelovania je v analyzovanej literatúre použitá aj iná metodológia, ktorá zahŕňa pomerne širokú škálu prístupov – od rôznych alternatívnych prístupov [16; 17; 19], cez zjednodušené prístupy [12; 13; 20; 21] až po štatistické metódy pre hodnotenie verejnej dopravy [4]. Rôznorodosť prístupov a ich uplatnenie sa stali základom pre ďalší výskum v dizertačnej práci, kde sú aplikované na riešenie problémov súvisiacich s nahradzovaním dopravných sietí a vyhodnotenie spôsobených efektov. K upriamaniu pozornosti na sledovanie dopravnej indukcie v súvislosti s obchvatmi vedú najmä články [3; 6], ktoré tento efekt čiastočne potvrdzujú. Z hľadiska metód nie sú sledované príliš zložité a v praxi zložito uplatniteľné postupy, ako napr. v článkoch [16; 17]. Vhodné je ich zjednodušenie v kombinácii s ich dostatočnou presnosťou [20; 21], a samozrejme dopravné modelovanie [22; 25].

2.9.2 Zhrnutie východísk pre výskumnú činnosť

Rozsah potenciálne riešenej problematiky vo vzťahu k téme dizertačnej práce je pomerne dosť široký. Z tohto dôvodu došlo, oproti vyššie popísaným východiskám, k postupnému zúženiu identifikovaných problémov na tie, ktoré je možné riešiť vo vlastnom výskume, a to s ohľadom na rozsah a zameranie tejto práce. Samotná náplň celej kapitoly 2 je však pre celkový kontext dizertačnej práce dôležitá, pričom zároveň tu zostáva priestor aj na ďalšiu vedecko-výskumnú činnosť, ktorú je možné spracovať v budúcnosti. V dizertačnej práci je teda vybraná podmnožina možných situácií (alebo príkladov realizácie), ktoré sú skúmané do hĺbky. Ide konkrétne o výskum dopravných a prepravných intenzít na mestských cestách po výstavbe obchvatov. Zároveň sú predmetom vedeckej činnosti aj možnosti využitia infraštruktúry vyššej kategórie pre individuálnu aj verejnú dopravu vo vzťahu k jej umiestneniu a napojeniu na ostatnú infraštruktúru. Súčasťou uvedeného výskumu je aj poukázanie na konkrétne faktory a zhodnotenie ich efektov vo vzťahu k riešeným situáciám.

Druhá časť situácií je riešená okrajovo, len z hľadiska upozornenia na určité dôležité efekty. Toto sa týka najmä stavebnej indukcie a efektov na iné subsystemy verejnej dopravy v prípade riešenia autobusovej dopravy. Tretia časť možných scenárov bude pre zjednodušenie zanedbaná, pričom v tomto prípade ide najmä o veľmi špecifické situácie dynamicky sa meniace v každom regióne. Týka sa to najmä uplatnenia sociálno-ekonomických faktorov vo vzťahu ku generovanej či indukovanej doprave, ale aj konkrétneho technického prevedenia infraštruktúry (napr. súlad existencie zastávky na obchvate s technickými normami). Cieľom riešenia je dospieť k takým výsledkom, ktoré majú potenciál prinášať určité zovšeobecnenia platné v iných obdobných situáciách, pričom dôležitá je aj možnosť ich prenositeľnosti do rôznych lokalít.

Na druhej strane, v tomto prípade platí, že z hľadiska systémovej analýzy je potrebné k veci pristupovať ako k systému mäkkému, ktorý vykazuje určitú mieru neurčitosti. Aj keď budú napríklad dôvody pre odlišné fungovanie systému v rôznych lokalitách zrejmé, tak je potrebné vziať do úvahy, že práve tieto lokálne špecifiká môžu byť určitým zdrojom neurčitosti za predpokladu, že je k systému pristupované práve v rovine všeobecnosti. Príkladom tohto prístupu je použitie spriemerovaných dopravných intenzít zistených na viacerých častiach dopravnej siete v jednom riešenom meste. Je samozrejmé, že takto získané a interpretované dáta podliehajú určitej nepresnosti, avšak s ohľadom na požadované zovšeobecnenie a možnosť porovnania situácie s inými mestami nepredstavujú tieto nepresnosti dôvod na odlišné fungovanie systému. Uvažovaná miera neurčitosti tak z hľadiska rozlišovacej úrovne dizertačnej práce nepredstavuje bariéru pri jej riešení.

3 Cieľ dizertačnej práce

Z hľadiska tematického zamerania dizertačnej práce predstavuje predmet výskumnej činnosti riešenie problematiky nahradzovania úsekov dopravnej infraštruktúry, resp. častí dopravných sietí. Toto je riešené na úrovni predstavených subsystémov dopravy, a to v rámci vyplývajúcom z vykonanej diskusie pri prehľade súčasných vedeckých poznatkov. Predmetom vlastného výskumu je teda cestná a autobusová doprava, a to najmä z pohľadu dopravných a prepravných intenzít na pôvodnej a novej infraštruktúre. **Na základe takto predstaveného rámca riešenej problematiky a doterajších poznatkov v oblasti tematického zamerania vedecko-výskumnej činnosti autora je možné stanoviť podporné tézy, ktoré sú základom pre stanovenie cieľa dizertačnej práce.** Stanovené podporné tézy sú rozdelené do dvoch skupín, pričom prvá skupina pokrýva problematiku v oblasti cestnej dopravy, a to primárne individuálnej. Druhá časť je teda venovaná autobusovej doprave, a to vo vzťahu k tranzitným linkám v súvislosti s dostupnou a plánovanou infraštruktúrou.

Vzhľadom na predstavené otázky a zistené praktické skúsenosti, a s prihliadnutím na tému a rozsah dizertačnej práce, je skúmaná problematika riešená v dvoch rovinách pohľadu, ktorým zodpovedajú dve podporné tézy:

1. Po vzniku obchvatu nedôjde k poklesu dopravného zaťaženia (intenzity) v meste (obci) v rovnakej výške, o akú narastie dopravná záťaž na obchvate, teda celkový objem dopravy sa zvýši.
2. Služby liniek verejnej dopravy je možné v sídlach s obchvatom obmedziť s cieľom ich zrýchlenia na hlavnej (sledovanej) trase, pričom obsluha obchádzaných miest (obcí) bude aj naďalej zabezpečená v požadovanej miere.

Prvá uvedená podporná téza súvisí so vznikom dopravnej indukcie, pretože po otvorení obchvatov je síce možné pozorovať nárast dopravného zaťaženia na obchvate, ale na nahradených komunikáciách pritom nedôjde k poklesu dopravných intenzít v rovnakej výške. Uvedený scenár môže nadobudnúť určitý extrém v tom, že v podstate môže nastať situácia, kedy indukovaná doprava pôvodné dopravné zaťaženie úplne nahradí, prípadne aj prekoná. Pri tomto môže v širšom pohľade dôjsť aj k zmene trasy už existujúcich dopravných prúdov, napr. z ostatných ulíc medzi obytnými blokmi na pôvodnú (nahradenú) infraštruktúru. Preto je pozornosť venovaná aj tomuto efektu dopravnej indukcie.

Druhá z uvedených podporných téz sa týka módu autobusovej dopravy, pretože tú je nutné kvôli odlišnému prístupu k jednotlivým dopravným módom riešiť samostatne. Uvedená téza sa týka predovšetkým liniek diaľkovej dopravy (v prenesenom zmysle aj významných liniek regionálnej dopravy), pričom je venovaná výskumu situácií, či vôbec, kedy a za akých okolností je možné pristúpiť k obmedzeniu obsluhy nácestných sídel. S tým súvisí efekt úspory cestovného času pre tranzitných cestujúcich. Dôležitým sledovaným ukazovateľom je aj napojenie obchádzaného sídla na služby autobusovej dopravy, a to buď formou zachovania vedenia aspoň niektorých spojov cez dané sídlo, príp. vytvorením nových nadväzností na subsystém vyššej kategórie.

S problematikou zachovania pôvodnej infraštruktúry súvisí ešte jedno hľadisko, a to ekonomické. Každá časť dopravnej siete niečo stojí, pretože ju je nutné cyklicky opravovať, modernizovať a obnovovať. Toto predstavuje náklady, ktoré sú s infraštruktúrou spojené. Doposiaľ predstavená problematika hlbšie neuvažovala s riešením tohto ekonomického hľadiska, ale bola zameraná predovšetkým na technologické a technické aspekty. V rámci vlastného riešenia dizertačnej práce je aj naďalej držaná táto línia, teda primárne je pracované s predstavenou škálou technologických a technických faktorov. Je však pravdepodobné, že spomínané náklady môžu určitým spôsobom spadať pod vyššie uvedené sociálno-ekonomické faktory.

V súvislosti s predstavením riešenej problematiky a uvedením podporných téz je možné pristúpiť k definovaniu cieľa dizertačnej práce. **Stanoveným cieľom dizertačnej práce je zhodnotenie efektov obchvatov a posúdenie zistených faktorov v kontexte skúmanej problematiky nahradzovania dopravnej infraštruktúry, a to za účelom vytvorenia metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí, resp. ich častí.** Predmetom tejto metodiky je spôsob kvantifikácie vplyvu novej časti dopravnej infraštruktúry na nahradzované dopravné siete, a to vo variantnom prevedení v závislosti od konfigurácie nových častí infraštruktúry. **V súvislosti s definovaným cieľom dizertačnej práce je stanovená hypotéza, ktorá je merateľná a bude predmetom overenia, a to v zmysle stanoveného rámca riešenia:**

- **Overované efekty, na ktorých výskum je táto dizertačná práca zameraná, spolu súvisia.**

Pri takých dvojiciach efektov, ktorých závislosť je možné skúmať pomocou regresnej analýzy, bude pre overenie tohto tvrdenia okrem iného využívaný koeficient determinácie R^2 , určujúci mieru kvality regresného modelu. Z prehľadu podporných téz a stanovenej hypotézy jasne vyplýva ďalšia činnosť, ktorej sa dizertačná práca ďalej venuje. S týmto súvisí aj potreba ďalšieho výskumu, ktorý okrem iného zahrňuje overenie efektov a zisťovanie faktorov vo vzťahu k podporným tézám. Poznanie týchto súvislostí je predpokladom pre ďalší rozvoj či už dopravného modelovania, predovšetkým dopravnej prognózy, a taktiež pre vznik avizovanej metodiky.

4 Metódy spracovania

Predmetom tejto kapitoly je predstavenie použitých metód, a to so zreteľom na rozsah skúmanej problematiky a stanovenej hypotézy a podporných téz. Pre účel výskumu dopravných intenzít sú použité analytické nástroje a metódy dopravného modelovania. V tomto prípade ide samozrejme o elementárne vzťahy z teórie dopravy, ako napríklad statický popis dopravných intenzít a jeho popisná štatistika, ale aj o metódy systémovej analýzy uplatniteľné pri rozhodovaní v určitých situáciách. Najpokročilejšou metódou je použitie dopravného modelu, ktorého vhodné nastavenie na dané podmienky umožňuje modelovať rôzne scenáre pri rôznych vstupných podmienkach. Prirodzenou súčasťou dopravného modelovania sú aj jednotlivé algoritmy operačnej analýzy a teórie grafov. Vzhľadom na nutnosť overenia platnosti hypotézy a stanovenia závislosti medzi jednotlivými efektmi je potrebné použiť aj metódy štatistickej analýzy. Tie majú svoje uplatnenie aj pri predikcii budúcich dopravných a prepravných intenzít. Účelom nasledujúcich podkapitol je bližšie predstavenie použitých metód so zreteľom na riešenie stanoveného problému.

4.1 Štvorstupňový dopravný model

Odbor dopravného modelovania a prognózovania je dôležitou súčasťou dopravného plánovania, pretože umožňuje preskúmať rôzne plánované scenáre v oblasti dopravnej infraštruktúry, a to bez nutnosti ich fyzickej existencie. Tento vedný odbor vychádza zo samotného vymedzenia modelu, ktorý je definovaný ako idealizovaná napodobnenina reálneho sveta umožňujúca získať relevantné informácie o skúmanom systéme s cieľom navrhovať a zároveň overovať riešenia [61]. Štvorstupňový model patrí medzi základné metódy dopravného modelovania, pričom zobrazuje pohyb dopravných prúdov po dopravnej sieti. Štruktúra tohto modelu [62], ako už vyplýva z jeho názvu, sa skladá zo štyroch stupňov:

1. Trip generation – stanovenie zdrojových a cieľových prúdov.
2. Trip distribution – smerovanie prúdov.
3. Modal split – deľba prepravnej práce.
4. Traffic assignment – priradenie prúdov na konkrétne úseky dopravnej siete.

Z hľadiska riešenej problematiky v rámci dizertačnej práce sú najdôležitejšie posledné dva stupne, pretože umožňujú sledovať zmeny v dopravnom správaní po nahradení dopravných úsekov nižšej kategórie úsekmi vyššej kategórie. Prakticky je teda možné modelovať vznik obchvatu určitého mesta (pred jeho fyzickou existenciou) a jeho dopad na premávku v meste, ďalej odklon diaľkových liniek z mesta a potrebnosť zavádzania, resp. posilňovania iných subsystémov dopravy v rámci mesta alebo regiónu, ale taktiež aj multimodálny pohľad na riešené záujmové územie.

Účelom tretieho stupňa, teda deľby prepravnej práce, je rozdelenie ciest na riešených reláciách medzi jednotlivé dopravné módy, avšak bez konkrétneho určenia trasy (to je účelom štvrtého stupňa). Stupeň modal split je založený na teórii voľby, ktorej podstatou je, že pri výbere dopravného módu sa užívatelia nerozhodujú len pre všeobecne najvýhodnejšiu alternatívu

(najrýchlejšiu, najlacnejšiu). Na tento účel sa používa tzv. LOGIT model, ktorý zjednodušene povedané vyjadruje ochotu užívateľov voliť nákladnejšie alternatívy. Tieto náklady ale nepredstavujú len peniaze ako také, ale finančne je možné vyjadriť rôzne faktory, ktoré ovplyvňujú voľbu. Všeobecné matematické vyjadrenie LOGIT modelu je podľa [63] dané vzťahom (1).

$$P_A = \frac{e^{-\varphi C_A}}{\sum_{i \in N} e^{-\varphi C_i}} [-] \quad (1)$$

kde: P_A je pravdepodobnosť voľby (sledovanej) alternatívy [-],
 C_i je vyjadrenie nákladov na alternatívu i [€],
 φ je parameter vyjadrujúci ochotu používateľov voliť nákladnejšie alternatívy [-],
 N je množina možných alternatív.

Použitie LOGIT modelu je pre riešenie problematiku výhodné, pretože je pomocou neho možné identifikovať potenciál jednotlivých subsystémov dopravy, ale aj jednotlivých alternatív v rámci jedného módu dopravy na sledovaných reláciách. To znamená napr. zmenu použitého druhu dopravy v dôsledku výstavby novej infraštruktúry s dopadom na individuálnu a verejnú dopravu. Do rozhodovacieho procesu používateľov dopravného a prepravného procesu pri nahradzovaní infraštruktúry vstupujú aj ďalšie faktory, napríklad aj tie identifikované v rámci doterajšej vedeckej činnosti. Ich vplyv na riešený problém však závisí od konkrétnej situácie, pričom z pohľadu dopravného modelovania je ich príp. kvantifikácia často pomerne zložitá.

Po rozdelení prepravnej práce nasleduje posledný stupeň, teda priradenie dopravných a prepravných prúdov na úseky dopravnej siete. V tejto fáze je pre každú cestu pridelená konkrétna trasa. Podobne ako pri modal splitte dochádza aj v tomto prípade k výberu najvýhodnejšej cesty pre konkrétneho užívateľa, a to nie len z pohľadu času alebo vzdialenosti, ale aj na základe množstva iných, neraz aj individuálnych faktorov. Často sa v tejto fáze používajú váhy kritérií, ktoré vstupujú do ohodnotenia jednotlivých častí dopravnej siete (cesty, linky). Práve v rámci stupňa traffic assignment je možné posúdiť aj faktor existencie obchvatov vzhľadom na rozptyl dopravných prúdov v sledovanej oblasti. Už zo samotného spôsobu výberu najvýhodnejšej cesty vyplýva, že v tomto prípade majú svoje uplatnenie známe algoritmy z teórie grafov. Konkrétne je tu priestor na využitie Floydovho algoritmu (alternatívne aj Dijkstrovho), ktorý vyhľadáva najkratšie (najrýchlejšie, najlacnejšie) cesty v dopravnej sieti.

S uvedeným algoritmom pracuje aj pomerne často používaná metóda All-or-Nothing (AON), ktorá tvorí základnú a najjednoduchšiu metódu vo fáze traffic assignment. Pri tejto metóde sa predpokladá, že všetci používatelia dopravného systému zvolia pre svoju cestu najlacnejšiu (najkratšiu, najrýchlejšiu – s ohľadom na stanovené kritériá) možnú cestu daným druhom dopravy, pričom sa nepripúšťajú žiadne alternatívne trasy. Už z tohto tvrdenia vyplýva určitý nedostatok, pretože v praxi nie všetci užívatelia používajú najlacnejšie cesty, či už z dôvodu, že nemajú úplné informácie o danej trase, alebo aj napr. z dôvodu osobných preferencií a možností. Preto sú v praxi častejšie používané modifikované metódy AON, ktoré pracujú s iteráciami, kedy dochádza buď k postupnému naplňovaniu dopravnej siete, alebo

k premiestňovaniu dopravných prúdov medzi úsekmi dopravnej siete, a to až po dosiahnutie optimálneho stavu alebo zadaného maximálneho počtu iterácií.

Ďalší dostupný algoritmus pre stupeň traffic assignment, Frank-Wolfova metóda (FW), predstavuje sofistikovanejší prístup k riešenej problematike, pretože princíp jej fungovania kladie dôraz na zrealizovanie získaných výsledkov. Tento konvexný kombinačný algoritmus bol pôvodne navrhnutý Frankovou a Wolfom v roku 1956 ako postup na riešenie problémov kvadratického programovania s lineárnymi obmedzeniami, pričom v prípade jeho aplikácie v doprave sa lineárny program rozkladá na súbor riešení problémov najkratšej cesty [64]. Existuje niekoľko modifikácií Frank-Wolfovej metódy, ktoré sú prispôsobené špecifickým podmienkam zisteným riešiteľmi v minulosti, pričom ide napríklad o modifikáciu určenú pre výpočet v prostredí Microsoft Excel, ktorá je napísaná v jazyku Visual Basic [65]. Aplikácia FW metódy v doprave je implementovaná aj v modelovacom softvéri Aimsun Next, ktorý je použitý aj v tejto práci.

Okrem uvedených metód existujú aj iné prístupy pre riešenie štvrtého stupňa dopravného modelovania. Ide napríklad o tzv. stochastické užívateľské ekvilibrium, pričom jej princíp spočíva v riešení nelineárnej matematickej optimalizačnej úlohy. Tento postup je viac vhodný pre výskum konkrétnych špecifík vyskytujúcich sa v praxi, avšak je pomerne zložitý a výpočtovo náročný. Pre riešenie dizertačnej práce je preto vhodnejšie použitie štandardných postupov (AON, FW), pretože predmetom výskumu je najmä potenciál nových úsekov dopravnej siete. V tomto prípade je prípadná odchýlka oproti stochastickej situácii v realite prípustná, pretože je kompenzovaná lepšou možnosťou interpretácie zistených výsledkov.

Štvorstupňový dopravný model je v práci využitý ako nástroj na overenie efektov súvisiacich s existenciou komunikácií (systému) vyššej kategórie, pričom sledovaná je aj existencia jednotlivých faktorov, ktoré vplyvajú na zmenu dopravného správania. V zmysle riešenej témy to znamená smerovanie dopravných prúdov v rámci cestnej dopravy, ale aj prepravných prúdov v autobusovej doprave. Vlastné riešenie nespočíva v nutnosti pracovať so všetkými stupňami a algoritmami dopravného modelu, ale postačuje aj čiastkové využitie určitých algoritmov za účelom overenia iba niektorých zistení. Pre použitie dopravného modelovania je často potrebná a používaná softvérová podpora, pretože jednak má v sebe implementované potrebné algoritmy, ale taktiež zefektívňuje vedecko-výskumnú činnosť a interpretáciu jej výsledkov. Konkrétne je v dizertačnej práci použitý softvér Aimsun Next a PTV Visum.

4.2 Štatistická analýza

Použitie štatistické metódy je vhodné vzhľadom na ich uplatnenie v dizertačnej práci rozčleniť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvorí popisná štatistika, ktorú nie je potrebné vzhľadom na jej rozšírenosť a všeobecnú znalosť bližšie vysvetľovať, oprieť sa je možné napríklad o publikácie [66; 67]. Do druhej skupiny je zaradená korelácia a regresná analýza. Táto dvojica spolu dosť úzko súvisí, pretože kým korelácia ukazuje silu vzťahu, resp. súvislosť medzi skúmanými veličinami, tak regresia skúma vzťah medzi týmito veličinami [66]. Využitie tejto skupiny metód je uplatnené pri hľadaní rozličných závislostí vzťahnutých na aktuálne riešený

problém. Ide napríklad o zistenie vzťahu medzi počtom obyvateľov a pomerom dopravných intenzít na sledovaných úsekoch komunikácií. Pri použití korelačnej analýzy je vypočítaný Pearsonov korelačný koeficient, ktorý meria koreláciu medzi premennými. Koeficient nadobúda hodnotu v rozmedzí od -1 do 1, pričom ak je nulový, tak medzi skúmanými premennými nie je žiadny vzťah [67]. Čím je hodnota koeficientu bližšia k jednotke, tým je sila závislosti silnejšia, pričom hodnota rovná 1 alebo -1 značí vzájomnú priamu závislosť posudzovaných premenných.

Druhou z popisovanej skupiny metód je regresná analýza, v rámci ktorej je možné pracovať s jednoduchou a viacnásobnou regresiou. Rozdiel spočíva v skúmaní závislosti závislej premennej na jednej (jednoduchá) alebo viacerých nezávislých premenných (viacnásobná), pričom predpokladom je normálne rozdelenie pravdepodobnosti. Výpočet viacnásobnej lineárnej regresie (2) vychádza podľa [66; 68] z lineárnej kombinácie hodnôt nezávislých premenných.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n \quad (2)$$

kde: Y je hodnota závislej (predikovanej) premennej,
 b_0 je konštanta,
 $b_{1,\dots,n}$ sú regresné koeficienty,
 $X_{1,\dots,n}$ sú hodnoty nezávislých premenných.

Na výpočet, resp. odhad regresných koeficientov sa používa metóda najmenších štvorcov, ktorá minimalizuje odchýlky (súčty štvorcov) od nájdenej regresnej priamky [68]. Mieru kvality nájdeného regresného modelu je možné vyjadriť koeficientom determinácie, ktorý je štandardne označovaný R^2 . Tento koeficient nadobúda hodnoty od 0 do 1 (0–100 %), pričom čím vyššia je jeho hodnota, tým väčší podiel variability závislej premennej tento model vysvetľuje. S pomocou regresnej analýzy je teda pri dostatočnom počte pozorovaní možné prijať určité zovšeobecnenie, predpokladať a experimentovať s možnými budúcimi scenármi. Údaje vstupujúce do štatistickej analýzy sú získané jednak z výskumu praktických príkladov (situácií) z minulosti, ale taktiež aj s použitím dopravného modelu.

Použitie korelačnej a regresnej analýzy je pre riešenie problematiku výhodné, pretože relatívne nenáročným výpočtovým postupom (s využitím príslušnej softvérovej podpory) je možné zistiť existenciu štatistickej závislosti porovnávaných premenných (veličín, kritérií, faktorov). Rozdielom týchto dvoch metód je, že korelácia na rozdiel od regresie nevyjadruje príčinnno-súvislý vzťah, teda aj napriek zistenej vysokej korelácii môžu byť skúmané veličiny navzájom nezávislé. Z hľadiska riešenej témy nahradzovania dopravných sietí vo vzťahu k mestám a obciam sa však nepredpokladá, že k takejto situácii dôjde. Zistenú závislosť je možné s ohľadom na použité údaje verifikovať regresnou krivkou, ktorá umožňuje odhadovať aj ďalšie hodnoty závislej premennej.

4.3 Metódy multikriteriálneho rozhodovania a odhadu váh kritérií

Medzi ďalšie metódy použité v dizertačnej práci patrí problematika multikriteriálneho rozhodovania. K použitiu týchto metód vedie skutočnosť, že do samotného rozhodovacieho

procesu ľudí nevstupuje len jedno kritérium, ale viac (napr. čas, peniaze, kvalita), pričom predpokladom je existencia konečnej množiny takýchto kritérií [69]. Metódy odhadu váh teda slúžia na transformáciu preferenčnej informácie vyjadrenej jedným spôsobom na kardinálnu informáciu o váhach kritérií. Z hľadiska použitých faktorov je nutné pri rozhodovaní pracovať s ich dôležitosťou. Vo všeobecnosti je v rámci multikriteriálneho rozhodovania možné pracovať s jednotlivými kritériami (faktormi) buď ako s aspiračnými úrovňami, alebo ako s ordinálnou a kardinálnou informáciou. Je tak možné ohodnotiť prioritu rôznych tras, príp. rôznych druhov dopravy spájajúcich dve mestá, a to podľa kombinácie zvolených kritérií.

Vhodnou a praktickou metódou na stanovenie váh kritérií je v tomto prípade Saatyho metóda, keďže z úrovne riešenej problematiky ide väčšinou o prácu s kardinálnymi informáciami, pričom rozsah hodnotiteľov môže byť pomerne široký. Princípom tejto metódy je párové porovnávanie jednotlivých kritérií (faktorov), kedy sa určuje sila preferencie jedného faktoru pred druhým². Hodnotenie je ukladané do tzv. Saatyho matice, ktorá je štvorcová a recipročná. Jednou z možností určenia výsledných váh kritérií je podľa [69] výpočet pomocou geometrického priemeru riadkov tejto matice pomocou vzorca (3).

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}}}{\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{kj}}} [-] \quad (3)$$

kde: w_i je vypočítaná váha kritéria i [-],
 n je počet porovnávaných kritérií,
 $\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}}$ je geometrický priemer kritéria i [-],
 $\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{kj}}$ je súčet geometrických priemerov všetkých kritérií.

Pri praktickom uplatnení Saatyho metódy stanovenia váh kritérií je v podstate nemožné dosiahnuť plnú konzistenciu predmetnej matice. Preto je dôležité overovať, či je zistená miera nekonzistencie akceptovateľná. Pre tento účel existuje index konzistencie [70], ktorý udáva mieru nekonzistencie Saatyho matice, pričom jeho výpočet prebieha podľa vzťahu (4). Čím je vypočítaný index bližší k nule, tým je miera nekonzistencie menšia.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} [-] \quad (4)$$

kde: CI je index konzistencie [-],
 λ_{max} je najväčšie vlastné číslo Saatyho matice [-],
 n je počet porovnávaných kritérií.

Ďalším krokom je samotné vyhodnotenie porovnávaných variantov. Vzhľadom na relatívne malý počet porovnávaných scenárov je z hľadiska dostupných nástrojov vhodné použiť metódu

² Pre každú dvojicu kritérií sa určí preferencia jedného pred druhým na stupnici od 1 (rovnaká významnosť) po 9 (absolútna významnosť).

TOPSIS. Ide o sofistikovanejšiu metódu v porovnaní s WSA, pričom práve pri nízkom počte skúmaných situácií poskytuje táto metóda relevantnejšie výsledky. Metóda TOPSIS funguje na princípe výpočtu vzdialenosti jednotlivých variantov od ideálneho a bazálneho variantu. Ako najlepšia je teda hodnotená taká alternatíva, ktorá vykazuje najvyšší relatívny ukazovateľ vzdialenosti zohľadňujúci vzdialenosti od bazálneho a ideálneho variantu.

4.4 Komentár k vlastnému dopravnému modelovaniu

Z doterajšieho spracovania predmetu dizertačnej práce vyplýva, že na zistené efekty obchvatov vplývajú rozličné faktory, pričom zmeny v dopravnom zaťažení predstavujú špecifiká meniace sa v závislosti od konkrétnej situácie v riešenej oblasti. Z uvedeného dôvodu je v rámci ďalšej vedecko-výskumnej činnosti pracované aj s metódami dopravného modelovania. Využitie sú predovšetkým štvorstupňové dopravné modely, ktoré boli vytvorené pôvodne pre iné účely (napr. ako súčasť strategických dokumentov), pričom po určitých modifikáciách je ich použitie vhodné aj pre aktuálne riešenú problematiku. Druhou použitou možnosťou je vytvorenie vlastného dopravného modelu, ktorý niektoré vedľajšie veličiny zjednodušuje či zanedbáva. Účelom teda nie je vytvorenie jedného univerzálneho modelu komplexne riešiaceho určitú väčšiu ucelenú oblasť. Naopak, zvolenou cestou je zostavenie samostatného modelu pre každý posudzovaný prvok s tým, že v prípadnom budúcom pokračovaní výskumnej činnosti môže byť rovnaká infraštruktúra (napr. mesta) použitá pre výskum ďalších efektov a faktorov. Nasledujúca tab. 4 obsahuje vymedzenie potrebných vstupných dát pre dopravné modelovanie vychádzajúce z riešenej problematiky, a to v rozdelení na kľúčové, doplnkové, voliteľné a zanedbateľné.

Tab. 4 Spektrum údajov potrebných pre riešenie predmetnej problematiky

Kľúčové dáta	parametre infraštruktúry a vozidiel – kategória cesty, priemerná rýchlosť, kapacita ciest a vozidiel; topografické rozdelenie riešenej oblasti (ťažiská prepravných prúdov); cestovné poriadky riešených subsystémov verejnej dopravy (skutočné, modelové); zaťaženie prepravných okrskov (skutočné, modelové, vypočítané)
Doplnkové údaje	počet obyvateľov; dopravné intenzity (údaje zo sčítania dopravy – skutočné, modelové, vypočítané); počet cestujúcich v existujúcom systéme verejnej dopravy (prepravné intenzity)
Voliteľné veličiny	pešia a cyklistická doprava; demografické charakteristiky (údaje zo sčítania obyvateľov); miera nezamestnanosti; výsledky smerového prieskumu vozidiel; výsledky dotazníkového šetrenia (apriórny dopyt)
Zanedbateľné faktory	typ vozidiel individuálnej a verejnej dopravy; riešenie križovatiek (jazdné pruhy, signálne plány); priechody pre chodcov; lokálne obmedzenia maximálnej povolenej rýchlosti

Zdroj: autor

Výstupy z dopravných modelov sú najčastejšie vo forme kartogramov (pentlogramov) dopravného a prepravného zaťaženia obsahujúcich denné intenzity vozidiel a cestujúcich

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

na sledovaných úsekoch dopravnej infraštruktúry. Dopravné modely poskytujú z hľadiska výstupov vysokú variabilnosť, takže v prípade potreby ďalšieho výskumu je možné navzájom porovnávať aj ďalšie veličiny, ktorých poznanie je pre riešenie situáciu zmysluplné.

Samotné dopravné modelovanie však nutne neznamená len prácu s celým štvorstupňovým dopravným modelom, ale aj prácu len s určitými jeho časťami, alebo len s použitím niektorých algoritmov. To platí v situácii, kedy je potrebné vyrobiť určité samostatné izolované riešenie pre jednoduché a rýchle posúdenie efektu vybraných častí infraštruktúry na dopravnú situáciu ako takú. Skonštruovanie plnohodnotného dopravného modelu je pre takýto prípad neefektívne a časovo náročné s ohľadom na zistené výsledky. Je nutné podotknúť, že na konštrukciu dopravného modelu je potrebná pomerne dobrá znalosť územia a hlavne široký rozsah vstupných dát, ktorý nemusí byť vždy úplne k dispozícii. Pre tento účel je v tab. 4 uvedené pomerne široké spektrum údajov, s ktorými je možné pracovať. V zásade platí, že aj s malým rozsahom dát je možné získať určité výsledky vhodné pre výskum, pričom relevanciu týchto dát je možné ďalej overovať a príp. aj zvyšovať spoločne s rozšírením rozsahu vstupných údajov.

5 Vlastný výskum a jeho výsledky

Vlastná vedecko-výskumná činnosť v dizertačnej práci zodpovedá stanovenému cieľu práce v kapitole 3, pričom na riešenie predmetnej problematiky sú využité metódy spracovania predstavené v kapitole 4. Náplň tejto časti práce je rozdelená na riešenie z pohľadu cestnej dopravy (intenzita vozidiel) a z hľadiska verejnej dopravy (počet cestujúcich). Predmetom riešenia je overenie vplyvu obchvatov (infraštruktúry vyššej kategórie) na premávku na nahradených častiach (ciest nižšej kategórie) dopravných sietí, a to v oboch pohľadoch spracovania. Riešenie predstavenej problematiky prebieha na dvoch úrovniach, a to s využitím analytických nástrojov (popisná štatistika, korelácia, regresia) a metód dopravného modelovania. V prípade uvedených úrovni však nejde o alternatívne prístupy, ale skôr o vzájomnú postupnosť vytvárajúcu určité komplexné šetrenie (od všeobecného ku konkrétnemu). Tento prístup je predpokladom efektívneho postupu, o čom svedčí aj obdobný prístup použitý v kódexe UIC 406 (v oblasti zisťovania kapacity železničnej infraštruktúry).

Jedným z výsledkov vlastného výskumu je rozšírenie poznania v oblasti obchvatov s cieľom zovšeobecnenia, na základe čoho je v kapitole 6 navrhnutá metodika pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí (úsekov nižšej kategórie úsekmi vyššej kategórie). Jej cieľom je určité zovšeobecnenie prístupu pre dopravné a prepravné prognózy dopravy pri nahradzovaní úsekov v budúcnosti. Dôležitým výstupom tejto kapitoly je aj celkové zhodnotenie využitia nahradených dopravných sietí, a to ako pre individuálnu, tak aj pre verejnú dopravu.

5.1 Využitie analytických nástrojov

Analytické metódy predstavujú vhodný nástroj pre riešenie definovaného problému, pretože je pomocou nich možné spracovať väčší rozsah dát s dostatočnou vypovedajúcou schopnosťou. Nasledujúci text sa venuje problematike budovania obchvatov vo vzťahu k premávke v obchádzaných mestách, pričom samotné riešenie je rozdelené na dva problémy, a to z pohľadu cestnej a autobusovej dopravy.

5.1.1 Cestná doprava

Predmetom tejto časti kapitoly je výskum riešenej problematiky na príklade miest v Česku a na Slovensku. Riešená je situácia v celkom ôsmich českých a šiestich slovenských mestách. Jedným z dôvodov zahrnutia miest z oboch krajín sú porovnateľné dopravné podmienky, ktoré umožňujú relevantné vyhodnotenie a zovšeobecnenie zistených okolností. Vybrané sídla sú väčšinou stredne veľké, príp. aj menšie, a to z dôvodu možnosti vyhodnotenia vplyvu obchvatov vzhľadom na použité metódy spracovania. Pri väčších mestách už nie je možné z jednoduchého sčítania počtu vozidiel vyhodnotiť vplyv obchvatov, pretože sa tu na krátkych vzdialenostiach mieša množstvo dopravných prúdov. Za účelom spracovania dizertačnej práce boli vybrané mestá rozdelené do celkovo troch kategórií, a to z hľadiska ich regionálneho významu. Dôvodom je predpoklad, že dopravné správanie je závislé na významnosti, dostupnosti služieb a ostatných parametroch sídel. Prehľad kategórii miest poskytuje nasledujúca tab. 5.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Tab. 5 Prehľad a popis použitých kategórií miest

Kategória mesta	Popis kategórie
1.	metropolitný význam – významný cieľ a zdroj prepravných prúdov; spádové mesto pre dochádzkový periméter; sídlo regionálnych inštitúcií štátnej a verejnej správy
2.	regionálny význam – zdroj a cieľ ciest väčšinou pre blízku periférnu (suburbánnu) oblasť; pomerne významný tranzitný charakter dopravných prúdov
3.	lokálny význam – strediskové sídlo s dostupnosťou základných služieb; dominantnou je tranzitná doprava

Zdroj: autor

Prvú kategóriu tvoria mestá s tzv. metropolitným (nadregionálnym) významom, ktorý je charakteristický generovaním množstva východiskových aj cieľových ciest, pričom zároveň tu existuje aj pomerne silný tranzitný charakter dopravy. Do druhej kategórie patria mestá menšieho, teda regionálneho významu. Tieto mestá sú väčšinou atraktívne pre občanov z blízkych a periférnych mestských oblastí. Mestá s lokálnym (najmenším regionálnym) významom sú zaradené do tretej kategórie. Ide o mestá bez početných atraktivít a disponibilít, väčšinu dopravy tvorí tranzitná doprava. Pre tieto mestá je obchvat riešením zabezpečujúcim predovšetkým upokojenie dopravy. Prehľad vybraných miest aj so základnými informáciami je v tab. 6.

Tab. 6 Zoznam miest vstupujúcich do výskumu a ich charakteristika

Kategória	Mesto (štát)	Počet obyvateľov (2024)	Rok spustenia obchvatu	Parametre obchvatu
1.	Plzeň (CZ)	185 599	2006	diaľnica
	Olomouc (CZ)	102 293	2007	diaľnica
	Nitra (SK)	76 499	2011	diaľnica
2.	Jihlava (CZ)	53 986	2008	cesta 1. triedy
	Mladá Boleslav (CZ)	46 428	2015	cesta 1. triedy
	Kolín (CZ)	33 229	2012	cesta 1. triedy
	Martin (SK)	50 629	2015	diaľnica
	Poprad (SK)	48 741	2009	diaľnica
3.	Chrudim (CZ)	23 441	2015	cesta 1. triedy
	Nymburk (CZ)	15 510	2010	cesta 1. triedy
	Vamberk (CZ)	4 676	2010	cesta 1. triedy
	Levoča (SK)	13 944	2015	diaľnica
	Svidník (SK)	9 770	2010	diaľnica (½ profil)
	Tornaľa (SK)	4 741	2006	diaľnica (½ profil)

Zdroj: autor s využitím [71; 72]

Každá z uvedených kategórií je zastúpená sídlami z oboch riešených štátov. Pre možnosť vzájomného porovnania a vyhodnotenia pozostáva skúmaný rozsah miest z výberu len z tých sídel, v ktorých bol za posledných 15 rokov vybudovaný obchvat. Samotné zaradenie daného mesta do konkrétnej kategórie sa na jednej strane môže javiť ako subjektívne, avšak vychádza z vlastného poznania autora, pričom tomu približne zodpovedá aj počet obyvateľov a samotné umiestnenie pre dopravu dôležitých objektov v meste.

Sledovanou veličinou sú dopravné intenzity na vybraných úsekoch ciest, ktoré sú vyjadrené tzv. ročným priemerom denných intenzít (RPDI) v počte vozidiel za 24 hodín [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$]. Výber konkrétnych úsekov v mestách zodpovedá pôvodným tranzitným trasám, ktoré boli mimoriadne frekventované v čase neexistencie obchvatov. Najčastejšie ide o súběžné cesty 1. triedy, pričom v niektorých prípadoch došlo medzičasom k ich prekategORIZOVANIU na cesty inej (nižšej) triedy. Z hľadiska obchvatov sú vybrané úseky susediace s obchádzaným sídlom, a to od prvého po posledné prepojenie obchvatu a mesta. Výsledné dopravné intenzity používané v ďalšom texte predstavujú priemernú hodnotu RPDI zistenú na takto vybraných úsekoch. Zdrojom pre tieto dáta je celoštátne sčítanie dopravy, ktoré sa v Česku aj na Slovensku vykonáva každých 5 rokov.

Sledovanými obdobiami sú posledný rok sčítania pred otvorením obchvatu a rok v súčasnosti posledného sčítania³. Keďže v mestách uvedených v predchádzajúcej tabuľke došlo k výstavbe a následnému sprevádzkovaniu obchvatov v rôznych rokoch, tak za účelom porovnateľnosti situácií v jednotlivých mestách je vykonaný aj odborný odhad dopravných intenzít. Tento odhad je vykonaný pre intenzitu dopravy v mestách za predpokladu neexistencie obchvatu, a to pre koniec sledovaného obdobia. Metodicky vychádza z rastových koeficientov uvedených v slovenských technických podmienkach (TP) č. 070 zaoberajúcimi sa možnými spôsobmi prognózovania výhľadových intenzít cestnej dopravy na jednotlivých kategóriách ciest [73]. Uvedené rastové koeficienty boli pre každé riešené sídlo prepočítané s ohľadom na časové obdobie existencie obchvatu a zistené údaje o intenzitách dopravy. Odhad vykonaný s využitím TP 070 slúži najmä na vzájomné porovnanie miest, a takisto aj na sledovanie efektu dopravnej indukcie, kedy uvoľnenú kapacitu mestských ciest zaplní novo vygenerovaná doprava.

Pre všetky posudzované mestá sú vybrané konkrétne sčítacie úseky, ktoré sa medziročne porovnávajú. Použitie konkrétnych sčítacích úsekov zodpovedá úsekom pôvodnej (nahradenej) a novej infraštruktúry, pričom odôvodnenie ich výberu je opísané v texte vyššie. Zároveň je dôležité podotknúť, že pri niektorých mestách je predmetom výskumu smerovanie vozidiel len po určitých častiach obchvatu, a to v riešenom tranzitnom smere (tab. 7). Uvedený prístup vychádza zo skutočnosti, že sledovaný je primárne dominantný tranzitný dopravný prúd, pričom niektoré časti obchvatov môžu slúžiť aj iným ako sledovaným dopravným prúdom, teda ich riešenie nie je pre predmetný výskum relevantné. Konkrétne riešené situácie sú bližšie skúmané a podrobnejšie vysvetlené v ďalšej časti textu.

³ V Česku ide oficiálne o rok 2020, aj keď dáta sú aj z roku 2021. Na Slovensku ide o rok 2022, pričom údaje sú z rokov 2022 a 2023. V oboch prípadoch je dôvodom tejto abnormality prísne opatrenia súvisiace s pandémiou Covid-19. [74; 75]

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Tab. 7 Informácie o vedení ciest v mestách a zoznam sčítacích úsekov

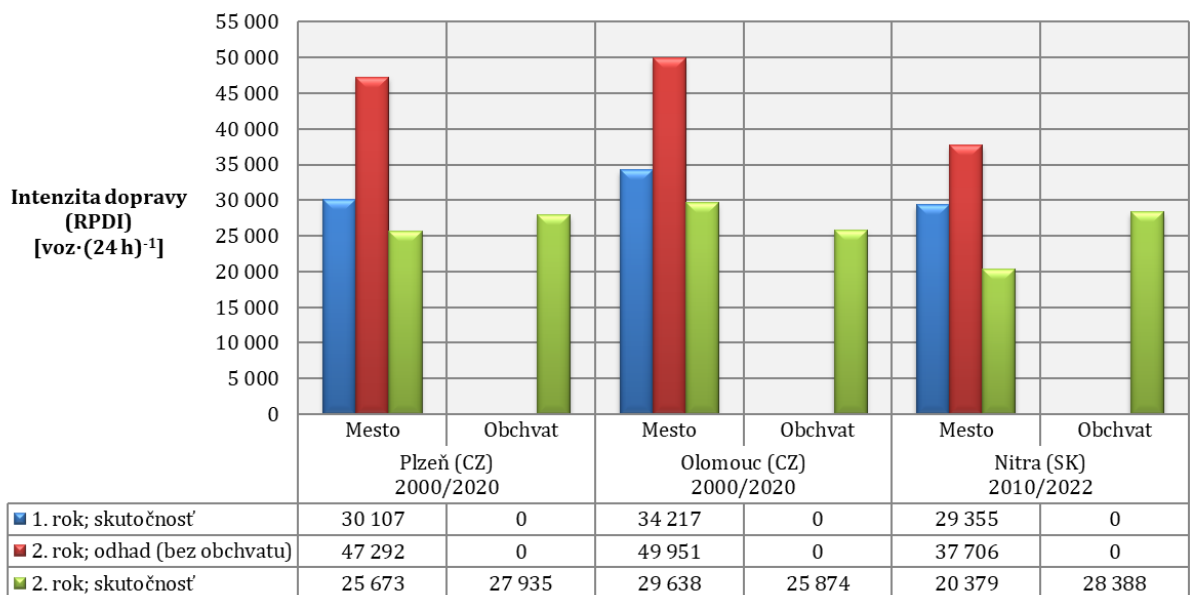
Mesto	Skúmaná lokalita	Sčítací úsek	Číslo cesty	Mesto	Skúmaná lokalita	Sčítací úsek	Číslo cesty	
Plzeň	Mesto	3-0042	I/26	Poprad	Mesto	00034	I/18	
		3-0812	I/20			00035	I/18	
		3-0813	I/26			01302	I/66	
		3-0593	I/27			01261	II/534	
		3-0051	I/26			07330	D1	
	Obchvat	3-8183	D5		Obchvat	07340	D1	
		3-8184	D5			07350	D1	
		3-8185	D5			5-2025	I/17	
		3-8190	D5			5-2011	I/17	
		7-0085	I/35			5-2012	I/17	
Olomouc	Mesto	7-5384	I/35	Chrudim	Mesto	5-2014	III/34025	
		7-5382	I/35			5-5842	III/34026	
		7-0071	I/35			Obchvat	5-7067	I/37
		7-4921	I/46				5-7066	I/37
		7-0006	D35				Nymburk	1-1703
	7-0007	D35	Mesto		1-3252			II/330
	7-0008	D35	Obchvat		1-1701			II/503
	7-0009	D35			1-1707	I/38		
	7-0005	I/35H			1-1706	I/38		
	Nitra	Mesto	80343		I/51	Vamberk	Mesto	5-1461
80336			R1A	5-1462	I/11K			
80350			I/65	5-0811	MK			
80502			R1A	5-0812	MK			
80504			I/51	5-1463	III/01115			
Obchvat		86250	R1	Obchvat	5-1456		I/11	
		86260	R1		5-1457		I/11	
Jihlava	Mesto	6-7481	II/523	Levoča	Mesto	5-0817	I/14	
		6-0041	II/523			00061	I/18	
		6-1132	III/03824			00062	I/18	
	Obchvat	6-1146	I/38		Obchvat	00063	I/18	
		6-1147	I/38			07430	D1	
Mladá Boleslav	Mesto	1-1512	MK	Svidník	Mesto	01101	I/21	
		1-1652	MK			01112	I/21	
		1-1656	MK			01113	I/21	
		1-0573	MK			01411	I/21	
	Obchvat	1-6986	I/38		Obchvat	05840	R4	

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Mesto	Skúmaná lokalita	Sčítací úsek	Číslo cesty	Mesto	Skúmaná lokalita	Sčítací úsek	Číslo cesty
Kolín	Mesto	1-0942	I/38H	Tornaľa	Mesto	90641	I/16
		1-0941	I/38H			90642	I/16
		1-0943	II/125			92071	I/67
	Obchvat	1-1737	I/38		Obchvat	95760	R2
		1-1736	I/38			95770	R2
Martin	Mesto	90111	I/18				
		90120	I/18				
		90130	I/18				
	Obchvat	97280	D1				
		97290	D1				

Zdroj: autor s využitím [74; 75]

Na základe vyššie uvedeného postupu je pre každé riešené mesto určená intenzita dopravy v meste pred (1. rok) a po (2. rok) postavení obchvatu a aj na samotnom obchvate, pričom tieto údaje vychádzajú z celoštátnych sčítaní dopravy. Dáta sú doplnené o odhad dopravnej intenzity v meste na konci sledovaného obdobia (2. rok) v prípade teoretickej možnosti neexistencie obchvatu. Vo väčšine zo skúmaných miest je viditeľný pokles intenzity dopravy na mestských cestách v porovnaní s odhadovanými dátami. Vzhľadom na charakter cestnej dopravy a kontinuálne zvyšovanie počtu automobilov je možné predpokladať, že došlo k presunu značnej časti vozidiel práve na obchvaty. Konkrétne v mestách prvej kategórie poklesol objem dopravy pri porovnaní s odhadovanými údajmi pri absencii obchvatu o približne 50 %. Aktuálna intenzita dopravy je teda rozdelená na mestské cesty a obchvaty v pomere cca 1:1 (obr. 3).



Obr. 3 RPDI v mestách prvej kategórie

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77]

V riešených českých sídlach prvej kategórie nastáva situácia, kedy intenzita dopravy na riešených mestských cestách je na konci obdobia takmer rovnaká ako na jeho začiatku. Táto skutočnosť potvrdzuje tézu, že bez existencie obchvatov by v mestách významne narástla intenzita dopravy. Najviac vzdialená od uvedeného trendu je Nitra, pričom ale súčet intenzít v meste a na diaľnici na konci obdobia významne (zhruba dvakrát viac ako v ostatných mestách) prevyšuje odhadovanú intenzitu dopravy v meste (bez existencie obchvatu). V tejto súvislosti je potrebné podotknúť, že z hľadiska dominantných tranzitných prúdov vznikol obchvat Nitry o približne 10 rokov neskôr ako obchvaty miest Plzeň a Olomouc. Dá sa preto predpokladať, že po uplynutí dlhšieho obdobia bude situácia aj v tomto meste podobná, ak nie aj horšia, ako v prípade českých miest. Z uvedeného teda vyplýva, že minimálne v prípade veľkých sídel nemusia obchvaty nevyhnutne viesť k zníženiu celkovej intenzity dopravy na mestských cestách.

Ako vyplýva z vyššie uvedeného textu, tak dĺžka sledovaného obdobia je v jednotlivých mestách odlišná, a to v závislosti od obdobia vybudovania obchvatov. V tomto prípade je teda pre ďalšie riešenie a za účelom porovnateľnosti situácií potrebné toto výpočtové obdobie zjednotiť, teda aproximovať dopravné intenzity podľa požadovaného obdobia. Túto aproximáciu je možné vykonať viacerými spôsobmi s využitím znalostí o dopravných intenzitách v meste a na obchvate, a to na začiatku a konci sledovaného obdobia. V riešenom prípade miest prvej kategórie je najdlhšie sledované obdobie 20 rokov, a to v prípade miest Plzeň a Olomouc. V prípade Nitry je sledovaných 12 rokov pred posledným sčítaním dopravy. Vzorce (5; 6) pre odhad dopravných intenzít na konci požadovaného obdobia v meste a na obchvate sú vytvorené autorom špeciálne pre potreby výskumu v dizertačnej práci, a to s ohľadom na dostupnú štruktúru dát.

$$I_{Mk}^{poz} = I_{Mk}^{skut} + I_C^{vyp} n \cdot i_M [\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}] \quad (5)$$

$$I_{Ok}^{poz} = I_{Ok}^{skut} + I_C^{vyp} n \cdot i_O [\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}] \quad (6)$$

kde: I_{Mk}^{poz} je intenzita dopravy v meste na požadovanom konci obdobia [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$],
 I_{Ok}^{poz} je intenzita dopravy na obchvate na požadovanom konci obdobia [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$],
 I_{Mk}^{skut} je intenzita dopravy v meste na skutočnom konci obdobia [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$],
 I_{Ok}^{skut} je intenzita dopravy na obchvate na skutočnom konci obdobia [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$],
 I_C^{vyp} je vypočítaný absolútny medziročný nárast celkovej dopravy [$\text{voz} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$],
 n je počet chýbajúcich (aproximovaných) období,
 i_M je pomer dopravných prúdov na mestských cestách [%],
 i_O je pomer dopravných prúdov na obchvate [%].

Výsledky aproximácie vykonanej podľa uvedených vzťahov sú uvedené v tab. 8. Zistením je, že intenzita dopravy v meste je v prípade Nitry na požadovanom konci obdobia podobná ako v českých mestách, zhruba na úrovni Plzne. Zároveň je medzi intenzitami dopravy v riešených mestách pred a po postavení obchvatu zistená silná závislosť, o čom svedčí aj vypočítaná hodnota Pearsonovho korelačného koeficientu (0,99). V prípade dopravných intenzít na obchvate je situácia odlišná, pričom aproximovaná hodnota dopravných intenzít je v prípade Nitry výrazne vyššia ako v ostatných českých mestách. Zistená závislosť je v tomto prípade menej významná.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

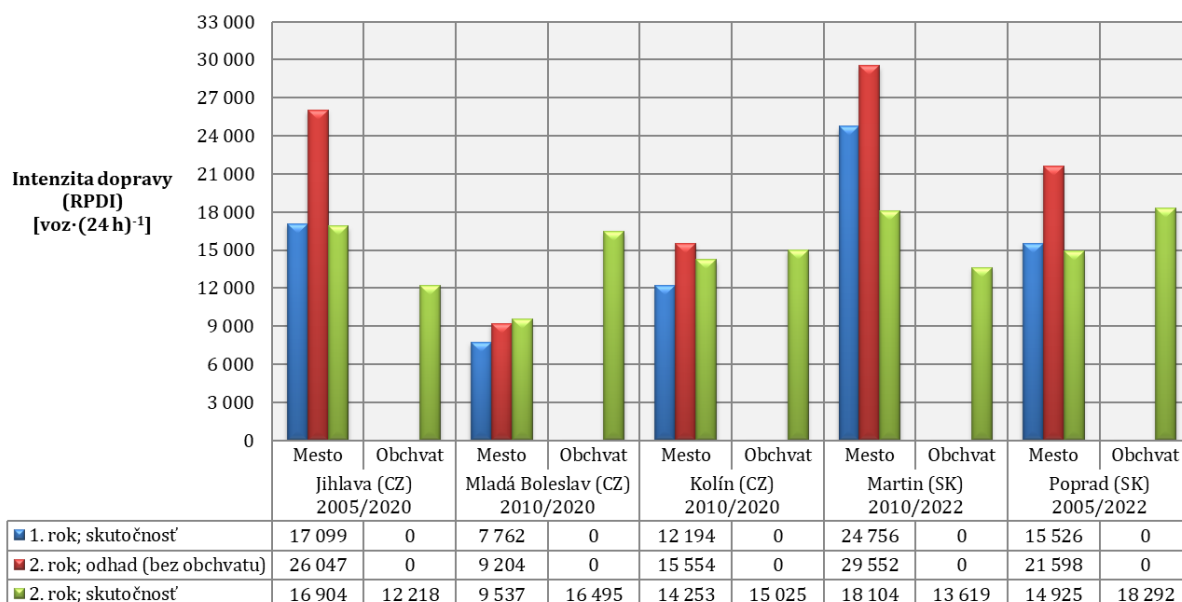
Tab. 8 RPDI v mestách prvej kategórie vztiahnutý na výpočtové obdobie

Mesto	RPDI v meste pred postavením obchvatu [voz·(24 h) ⁻¹]	RPDI v meste na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient	RPDI na obchvate na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient
Plzeň	30 107	25 673		27 935	
Olomouc	34 217	29 638	0,99	25 874	-0,76
Nitra	29 355	25 787*		35 921*	

* Aproximovaná hodnota.

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77]

V mestách zaradených do druhej kategórie je možné sledovať pomerne veľkú podobnosť medzi Českom a Slovenskom. Jedinou výnimkou je mesto Mladá Boleslav, kde je zistený efekt dopravnej indukcie natoľko silný, že aj napriek výstavbe obchvatu došlo k prekročeniu odhadovaných dopravných intenzít v meste, pričom na samotnom obchvate je RPDI oproti mestským cestám takmer dvojnásobný. Z ostatných sledovaných miest druhej kategórie sa k tomuto trendu približuje len mesto Kolín. V ostatných mestách došlo k poklesu intenzity dopravy po vybudovaní obchvatu o približne 40 %, pričom celkový objem dopravy na obchvate a mestských cestách mierne presahuje úroveň odhadovaných intenzít bez existencie obchvatu (obr. 4). Za pozornosť stojí mesto Jihlava, kde je situácia podobná ako v mestách prvej kategórie.



Obr. 4 RPDI v mestách druhej kategórie

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 77; 78; 79; 80]

Aj pri mestách druhej kategórie existuje určitá disproporcija v sledovaných obdobiach. Za účelom ich zjednotenia je vykonaný prepočet dopravných intenzít podľa rovnakých vzorcov ako pri mestách prvej kategórie (tab. 9). Zmeny sa týkajú najmä miest Mladá Boleslav a Kolín, kde došlo k pomerne významnému nárastu aproximovaných hodnôt dopravných intenzít

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

na požadovanom konci obdobia. Zistená sila závislosti medzi intenzitou dopravy v meste na začiatku výpočtového obdobia a intenzitou dopravy v meste a na obchvate na konci obdobia, určená s využitím Pearsonovho korelačného koeficienta, je v oboch prípadoch veľmi podobná.

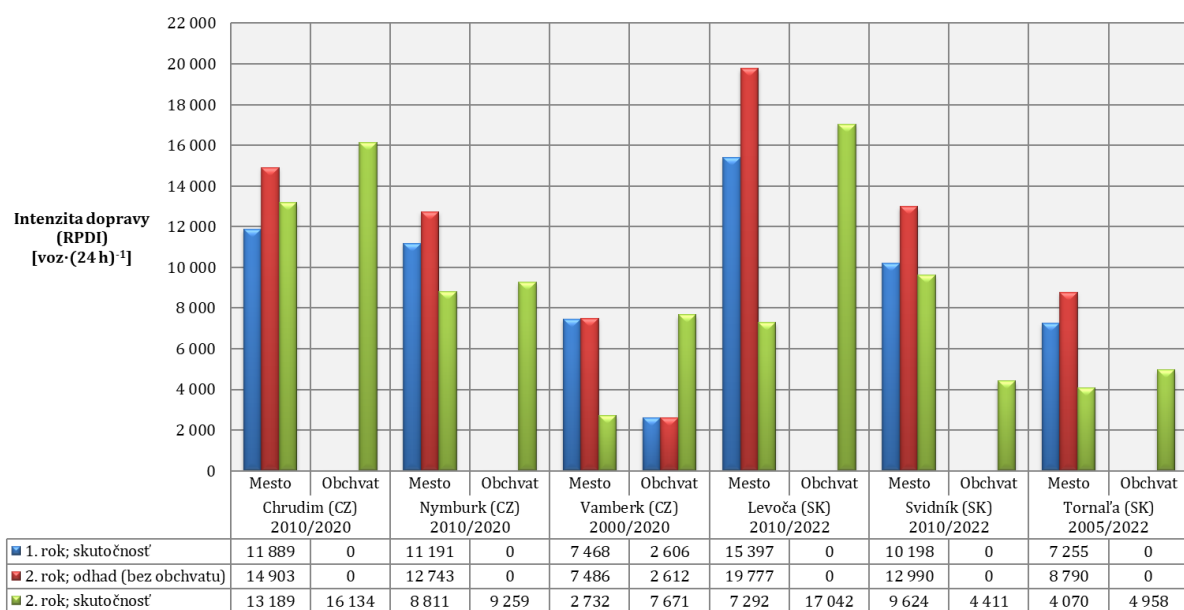
Tab. 9 RPDI v mestách druhej kategórie vzťahnutý na výpočtové obdobia

Mesto	RPDI v meste pred postavením obchvatu [voz·(24 h) ⁻¹]	RPDI v meste na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient	RPDI na obchvate na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient
Jihlava	17 099	16 904		12 218	
Mladá Boleslav	7 762	12 883*		22 283*	
Kolín	12 194	18 411*	0,72	19 409*	-0,8
Martin	24 756	19 098*		14 366*	
Poprad	15 526	14 925		18 292	

* Aproximovaná hodnota.

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 77; 78; 79; 80]

Mestá tretej kategórie je možné rozdeliť do dvoch podskupín. Do prvej podskupiny patria mestá Tornaľa, Levoča a Vamberk. Vo vymenovaných mestách došlo k pomerne významnému zníženiu intenzity dopravy po výstavbe obchvatov, a to o približne 50 %. V ostatných mestách je situácia odlišná, pretože v nich je aj po vybudovaní obchvatov možné sledovať významnejší efekt dopravnej indukcie, kedy existencia obchvatov, resp. prázdnejších mestských ciest prilákala nových účastníkov cestnej premávky (obr. 5). Súčet intenzít na obchvate a v meste v týchto prípadoch (s výnimkou Svidníka) vysoko prevyšuje odhadované intenzity dopravy.



Obr. 5 RPDI v mestách tretej kategórie

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77; 78; 79]

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

V prípade druhej podskupiny miest tretej kategórie teda nedošlo k významnejšiemu poklesu intenzít dopravy na mestských cestách, pričom objem sa znížil len mierne. Zistený nárast dopravných intenzít v mestách je s najväčšou pravdepodobnosťou spôsobený vyššou atraktivitou mestských trás, čo spôsobila odklonená tranzitná doprava. Ďalším faktorom zvýšenia celkovej intenzity dopravy je samotná atraktivita obchvatov, ktorá spočíva v zrýchlení cestovného času a komfortu pre tranzitujúcich účastníkov cestnej premávky.

V mestách tretej kategórie nie je potrebné vykonať aproximáciu hodnôt, pretože s výnimkou dvoch malých miest (Vamberk a Tornaľa) je výpočtové obdobie rovnaké. Vplyv týchto miest je vzhľadom na zistené dopravné intenzity a počet obyvateľov marginálny, takže hodnoty RPDI je možné považovať za vzájomne regulárne porovnateľné. Zistená sila závislosti medzi dopravnými intenzitami v mestách pred a po postavení obchvatu nie je príliš silná, pri porovnaní s intenzitami dopravy na obchvatoch je závislosť významnejšia. Detaily poskytuje nasledujúca tab. 10.

Tab. 10 RPDI v mestách tretej kategórie vzťahnutý na výpočtové obdobie

Mesto	RPDI v meste pred postavením obchvatu [voz·(24 h) ⁻¹]	RPDI v meste na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient	RPDI na obchvate na konci obdobia [voz·(24 h) ⁻¹]	Pearsonov korelačný koeficient
Chrudim	11 889	13 189	0,56	16 134	0,81
Nymburk	11 191	8 811		9 259	
Vamberk	7 468	2 732		7 671	
Levoča	15 397	7 292		17 042	
Svidník	10 198	9 624		4 411	
Tornaľa	7 255	4 070		4 958	

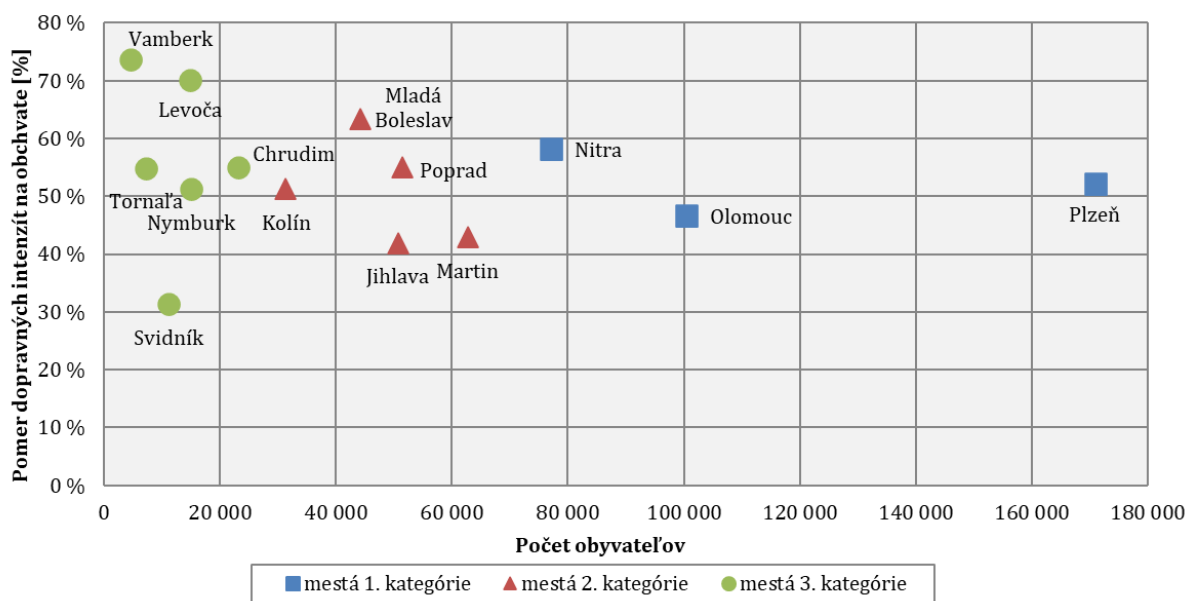
Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77; 78; 79]

Z predmetných zistení vyplýva, že v priemere 53,42 % dopravných tokov využíva obchvaty, pričom medián (53,52 %) je veľmi podobný. Základný prehľad poskytuje obr. 6 vyjadrujúci vzťah medzi počtom obyvateľov v jednotlivých mestách a pomerom dopravných tokov v týchto mestách. Medzi počtom obyvateľov a pomerom dopravy využívajúcej obchvat nie je významný vzťah, čo potvrdzuje aj hodnota Pearsonovho korelačného koeficientu (-0,18). Zaujímavosťou je, že najviac aj najmenej sú využívané obchvaty v mestách 3. kategórie. Maximum je dosahované vo Vamberku, kde obchvat využíva 73,74 % vozidiel. Minimálny pomer je evidovaný vo Svidníku (31,43 %).

V prípade miest druhej kategórie je maximálny pomer (63,37 %) zaznamenaný v meste Mladá Boleslav a minimálny (41,95 %) v Jihlave. Určitým paradoxom je, že obe mestá sú si veľmi podobné z hľadiska počtu obyvateľov, napriek tomu je rozdiel v distribúcii dopravných intenzít pomerne značný (obr. 6), čo je možné vysvetliť aj rozdielmi v miestnej del'be prepravnej práce. Dá sa predpokladať, že na sledovaný jav má vplyv aj štruktúra mesta a kraja. V prípade mesta Mladá Boleslav ide o významné priemyselné centrum, pričom napojenie priemyselných

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

prevádzok na diaľnicu (obchvat) je riešené relatívne vhodne, bez nutnosti využívať vo väčšej miere mestské cesty. Z hľadiska cieľovej dopravy má mesto Mladá Boleslav konkurenciu v hlavnom meste Praha (cca 65 km po diaľnici) a Liberci (cca 51 km). Jihlava je naopak typickým regionálnym centrom atraktívnym ako cieľ pre dopravu z okolia. Vzdialenosti sú cca 130 km do Prahy a 90 km do Brna (po diaľnici). Tranzit osobných automobilov v Jihlave v smere juh-sever (po riešenom obchvate) pravdepodobne nie je vzhľadom na tieto relatívne dlhšie vzdialenosti až taký významný oproti cieľovej a zdrojovej doprave, pretože potenciálne ciele ciest sú rovnomernejšie rozložené v rámci mestskej oblasti, čo je rozdiel oproti veľkej priemyselnej oblasti v meste Mladá Boleslav.



Obr. 6 Pomer dopravných intenzít na obchvatoch v jednotlivých mestách

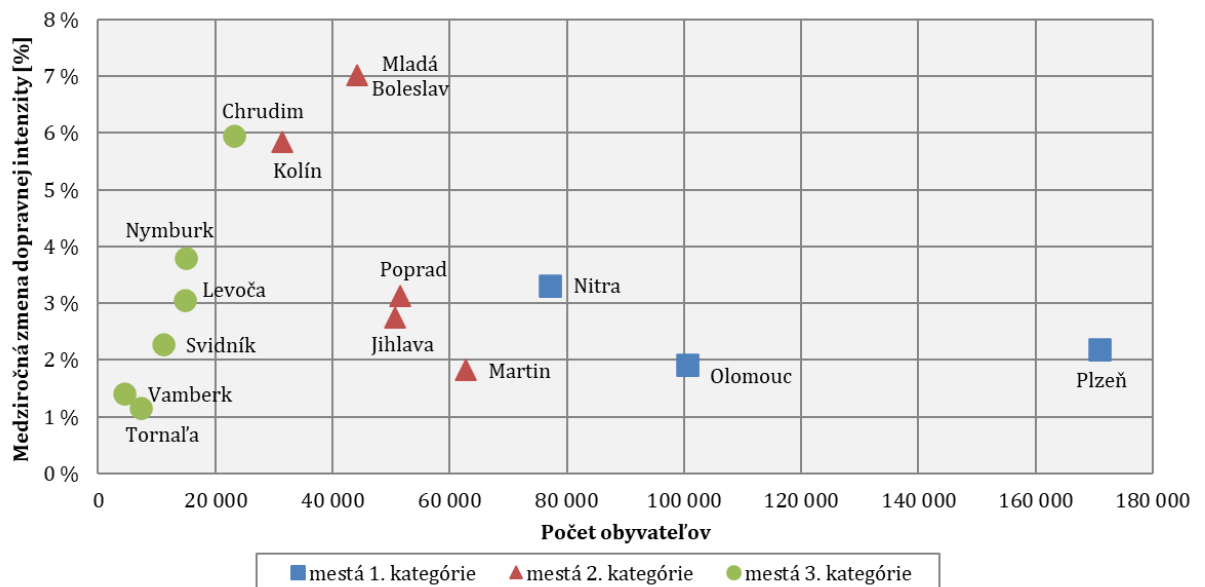
Zdroj: autor

Vývoj intenzít dopravy sa vo väčšine prípadov skúma v rôznych časových horizontoch v závislosti od obdobia sprevádzkovania ochvatu v danom meste. Pre hlbšie pochopenie a podrobnejšie vedecko-výskumné poznanie skúmanej problematiky je v tomto prípade zistený rozdiel v dvoch meraniach (na začiatku a na konci sledovaného obdobia) spriemerovaný časovým rámcom jedného roka, čo sa vyjadruje ako percento (pomer) aktuálneho objemu dopravného toku (obr. 7). Najvýznamnejší nárast je pri použití tejto metodiky zaznamenaný v meste Mladá Boleslav (7,02 % ročne). V porovnaní s rokom 2010 je to o približne 18 000 vozidiel denne viac. Vysoké hodnoty ročného prírastku vykazujú aj mestá Nymburk a Kolín (takmer 6 %). Naopak, minimálny nárast je zaznamenaný v Tornali (1,16 % ročne). Priemerný nárast v rámci skúmaných miest je 3,26 % (medián 2,91 %). Medián je v tomto prípade relevantnejší ukazovateľ, a to najmä kvôli relatívne vysokej hodnote ročného prírastku v niektorých českých mestách.

Na základe uvedenej metodiky je možné jednoducho kvantifikovať, že bude trvať menej ako 25 rokov, kým bude 50 % vozidiel odklonených na obchvat (v priemere) nahradených novovzniknutou premávkou (3 % ročne) v centrách miest. Samozrejme, ide len o modelový prípad, avšak dostatočne zrejmy na to, aby potvrdil efekt dopravnej indukcie v mestách. Uvedený

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

proces môže byť dynamickejší, alebo naopak aj pomalší, v závislosti od miestnych podmienok. Intenzita dopravy v mestách Mladá Boleslav, Chrudim a Kolín je už v súčasnosti vyššia ako v období pred výstavbou obchvatu, pričom neprebehla ani polovica z uvedeného 25 ročného obdobia. K obdobnej situácii dôjde v najbližšom čase aj v Plzni, Jihlave, Poprade a Svidníku, kde je na konci sledovaného obdobia intenzita dopravy takmer na úrovni intenzít z obdobia bez existencie obchvatov týchto miest (v riešených tranzitných smeroch).



Obr. 7 Medziročná zmena dopravných intenzít v jednotlivých mestách

Zdroj: autor

Obdobne ako v predošlom riešenom probléme nie je ani v tomto prípade medzi počtom obyvateľov a nárastom intenzity dopravy nájdená žiadna významná závislosť (hodnota Pearsonovho korelačného koeficientu je $-0,15$). Dôvodom môžu byť niektoré zo spomenutých sociálno-ekonomických, príp. aj ostatných faktorov. Na druhej strane je dôležité pripomenúť skutočnosť, ktorú potvrdzuje aj trend zistený v riešených mestách, a to že intenzita dopravy v mestách by v prípade absencie obchvatov bola určite vyššia a neustále by sa zvyšovala. Platí teda predpoklad, že existencia obchvatov môže výrazne spomaliť nárast dopravných intenzít v mestách. Zároveň však nie je možné pomocou obchvatov dosiahnuť upokojenie dopravy v mestách, pretože ich vplyv je v tomto prípade veľmi obmedzený. Účinnejšie sú najmä iné opatrenia, cielené primárne na upokojovanie dopravy v mestách. Efekt zníženia dopravných intenzít v meste v dôsledku výstavby obchvatu teda môže vzniknúť len v určitom krátkodobom horizonte, pretože odklonená doprava bude na základe zistených skutočností skôr či neskôr nahradená novou, teda bude v cestnej doprave pokračovať trend 21. storočia.

Medzi hlavné zistenia vo vzťahu k problematike riešenej v tejto časti kapitoly **patrí skutočnosť, že v takmer všetkých riešených mestách (13 z 14) došlo po postavení obchvatu k poklesu objemu dopravy na mestských cestách** oproti odhadovaným hodnotám pre situáciu na konci obdobia bez existencie obchvatu. Samotný mediánový pokles predstavuje v tomto prípade približne 37 % (priemer 35 %), avšak s pomerne širokým variačným rozpätím (68 %). V prípade

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

porovnania situácií na mestských cestách na začiatku a konci sledovaných období vo vzťahu k jednotlivým mestám došlo k poklesu dopravných intenzít v celkovo 11 mestách. Priemerný zistený pokles je o 16,20 % (medián 14,06 %), pričom podrobnejšie údaje obsahuje tab. 11.

Tab. 11 Rozdiel v dopravných intenzitách a ich distribúcia

	Index intenzity dopravy v meste po vybudovaní obchvatu [%]*		Pomer dopravných intenzít na obchvate [%]	
	Priemer	Medián	Priemer	Medián
Mestá 1. kategórie	80,44	85,27	52,31	52,11
Mestá 2. kategórie	101,58	98,86	50,93	51,32
Mestá 3. kategórie	70,68	67,41	56,06	54,97
Mestá celkom	83,80	85,94	53,42	53,52

* Index intenzity dopravy v meste pred vybudovaním obchvatu = 100 %.

Zdroj: autor

V súvislosti s odklonom vozidiel na obchvat je záverom tejto časti výskumu zistenie, že priemerne 53,42 % objemu dopravy používa obchvat (medián 53,52 %), a to v porovnaní s nahradenými cestami vedúcimi cez mesto. **V tomto prípade je zaujímavým zistením aj samotné preukázanie existencie efektu dopravnej indukcie, ktorá je najsilnejšia v priemyselne a regionálne silných mestách**, avšak existujú aj výnimky (Chrudim, Svidník), kde rastie intenzita dopravy v meste zrejme vplyvom absencie obchvatu vo všetkých tranzitných smeroch.

5.1.2 Autobusová doprava

Okrem cestnej (individuálnej) dopravy je predmetom výskumu aj autobusová doprava, pretože na jej trasovanie pomerne významne vplýva aj konfigurácia cestnej infraštruktúry. Obdobný výskum ako v predchádzajúcej časti kapitoly je preto vykonaný aj pre autobusovú dopravu. Predmetom výskumu je vybraná množina českých a slovenských miest (celkom 15 sídel), ktorá v súvislosti s obchvatmi zahrňuje čo najväčšie spektrum možností. Sledované sú prevažne diaľkové autobusové linky, pre ktoré je použitie obchvatu (v prípade rozhodnutia o neobsluhovaní daného mesta) preferovanou možnosťou. V každom vybranom meste je situácia prirodzene iná, avšak niektoré súvislosti môžu byť v rôznych mestách rovnaké, čo je samotným predmetom tohto výskumu. V ďalšom texte sú na tomto základe predstavené a spracované praktické príklady trasovania liniek verejnej dopravy (po obchvate alebo cez mesto), a to v nadväznosti na veľkosť predmetného sídla.

Vo všeobecnosti je obsluha miest autobusovou dopravou závislá od dopytu, stavu a parametrov cestnej infraštruktúry, dostupnosti iných druhov dopravy či technologických možností. Významným faktorom je práve kvalita cestnej siete a existencia obchvatov miest, ktorá môže spôsobiť citelný rozdiel v cestovných časoch pri rozhodovaní o obsluhovaní určitého mesta či obce. Tento faktor súvisí najmä s kategóriou ciest, teda či ide o obchvat s parametrami diaľnice alebo o cestu nižšej kategórie. Diaľničný obchvat je zvyčajne dlhší v porovnaní s obchvatmi na cestách nižšej kategórie, pretože diaľnice sú stavané ďalej od miest, a to či už z dôvodu hluku,

ale aj bezpečnosti. Nejde však o pravidlo, existujú prípady, kedy je dĺžka obchvatu porovnateľná s dĺžkou nahradzovanej cesty (napr. České Budějovice), ale aj výrazne dlhšia (napr. Olomouc). V tejto súvislosti je dôležitý najmä dosiahnutý cestovný čas na oboch porovnávaných trasách, ktorý je závislý od rýchlosti dopravného prostriedku. Priemerná rýchlosť na obchvate by mala zodpovedať vzťahu (7), aby jazda po (potenciálne) dlhšom obchvate bola kratšia ako jazda cez mesto.

$$V_o > \frac{L_o \cdot V_m}{L_m} \text{ [km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (7)$$

kde: V_o je priemerná rýchlosť dosiahnutá na obchvate [km·h⁻¹],
 V_m je priemerná rýchlosť dosiahnutá v meste [km·h⁻¹],
 L_o je dĺžka obchvatu (novej infraštruktúry) [km],
 L_m je dĺžka mestských ciest (nahradenej infraštruktúry) [km].

Aj pri nižšej priemernej rýchlosti je však možné v niektorých prípadoch akceptovať trocha dlhšie cestovné časy, napr. z dôvodu vyššieho komfortu jazdy, príp. pri vysokých obratoch cestujúcich v predmetných mestách. Z hľadiska porovnateľnosti jednotlivých alternatív v autobusovej doprave je najlepšou možnosťou porovnanie cestovných časov na oboch trasách (cez mesto a po obchvate). Postupovať je možné podľa vzorcov (8; 9; 10) uvedených v texte nižšie.

$$t_c^o = \frac{L_o}{V_o} \cdot 60 + t_z \text{ [min]} \quad (8)$$

$$t_c^m = \frac{L_m}{V_m} \cdot 60 + t_z \text{ [min]} \quad (9)$$

$$t_r = t_c^m - t_c^o \text{ [min]} \quad (10)$$

kde: t_c^o je cestovný čas autobusu idúceho po obchvate [min],
 t_c^m je cestovný čas autobusu idúceho po meste [min],
 V_o je priemerná rýchlosť dosiahnutá na obchvate [km·h⁻¹],
 V_m je priemerná rýchlosť dosiahnutá v meste [km·h⁻¹],
 L_m je dĺžka mestských ciest (nahradenej infraštruktúry) [km],
 L_o je dĺžka obchvatu (novej infraštruktúry) [km],
 t_z je čas pobytu autobusu na autobusovej stanici (zastávke) [min],
 t_r je úspora cestovného času pri jazde po obchvate [min].

Východiskom pre ďalšie riešenie predstavenej problematiky je výpočet časovej úspory pri využití obchvatu v porovnaní s cestou cez mesto. Prehľad sídel vstupujúcich do výskumu poskytuje nasledujúca tab. 12, ktorá obsahuje základný prehľad o počte a smerovaní spojov autobusovej dopravy. Dáta vychádzajú z priemerného pracovného dňa kalendárneho roka, v ktorom sa realizuje školské vyučovanie, teda nemusia byť zachytené úplne všetky spojenia (napr. posilové piatkové a nedeľné spojenia a pod.).

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Tab. 12 Vedenie tranzitných spojov autobusových liniek a ich porovnanie

Mesto/ obec	Počet obyvateľov (2024)	Alternatívne módy verejnej dopravy	Tranzitné spoje			Časová úspora
			Celkom	Obchvat	Mesto	
Olomouc	102 293	regionálne autobusy, železničná doprava	36	4	32	11 min
Nitra	76 499	čiastočne regionálne autobusy	28	-	28	14 min
Trenčín	54 065	železničná doprava	10	2	8	16 min
Jihlava	53 986	čiastočne regionálne autobusy a železničná doprava	92	70	22	20 min
Martin	50 629	čiastočne železničná doprava	6	6	-	12 min
Poprad	48 741	regionálne autobusy, železničná doprava	6	-	6	12 min
Beroun	21 272	regionálne autobusy, čiastočne železničná doprava	40	40	-	11 min
Vyškov	20 498	regionálne autobusy, železničná doprava	118	110	8	11 min
Jičín	16 230	regionálne autobusy, čiastočne železničná doprava	22	-	22	7 min
Poděbrady	15 156	regionálne autobusy, čiastočne železničná doprava	58	54	4	12 min
Levoča	13 944	regionálne autobusy	6	2	4	10 min
Moldava nad Bodvou	10 254	čiastočne regionálne autobusy a železničná doprava	28	14	14	11 min
Tornaľa	4 741	čiastočne železničná doprava	10	6	4	9 min
Mirotice	1 246	regionálne autobusy	70	70	-	6 min
Čimelice	1 019	regionálne autobusy, čiastočne železničná doprava	70	22	48	5 min

Zdroj: autor s využitím [71; 72; 81; 82]

Pomerne jasná situácia nastáva na príkladoch miest Olomouc a Nitra. Tieto mestá síce majú vybudovaný diaľničný obchvat, ale stále sú obsluhované linkami diaľkovej autobusovej dopravy.

V prípade Olomouca sú zahrnuté linky v smere Brno – Ostrava, v prípade Nitry ide o linky v smere Bratislava – Banská Bystrica. Identifikovaný rozdiel medzi týmito mestami je v dostupnosti ostatných druhov verejnej dopravy. Olomouc má kvalitné napojenie na železničnú dopravu, okrem iného aj v sledovanom smere Brno – Ostrava, avšak priame vlaky na trase Brno – Ostrava sú trasované mimo tohto mesta (cez Přerov), zatiaľ čo autobusy nie. Nitra nemá kvalitné železničné spojenie s Bratislavou a Banskou Bystricou, pričom do týchto miest je pri ceste vlakom nutné viackrát prestupovať a aj cestovný čas je z dôvodu stavu a trasovania železničných tratí neúmerne dlhý. Na relácii Bratislava – Banská Bystrica sú prevádzkované priame vlaky, tieto však obsluhujú iné miesta a majú dlhší čas cesty ako priame autobusy, takže netvorí v podstate alternatívu k autobusom.

Mesto Poprad má v porovnaní s mestami Olomouc a Nitra z hľadiska veľkosti spádového regiónu menší regionálny význam, ale situácia vo vedení autobusových spojov je podobná ako v Olomouci, pričom v tomto prípade je sledovaný smer Košice – Bratislava/Praha, v ktorom je dominantný systém železničnej dopravy. Mestá Martin a Levoča sú obsluhované rovnakým segmentom dopravy ako Poprad, pričom menšia Levoča (s napojením na mesto Spišská Nová Ves) je obsluhovaná väčším množstvom spojov. Naopak väčší Martin (s prepojením s obcou Vrútky) nie je obsluhovaný vôbec. Je preto zrejmé, že okrem veľkosti miest a časovej straty (ktorá je vo všetkých prípadoch veľmi podobná) je rozhodujúcim faktorom aj dostupnosť alternatívnych módov dopravy, pričom práve Martin má vďaka blízkosti k Žiline najkvalitnejšie železničné spojenie na sledovanej relácii.

Ďalším predmetom výskumu sú mestá Trenčín a Jihlava. Tieto mestá sú z hľadiska spádovosti porovnateľné a majú aj takmer rovnaký počet obyvateľov (54 tis). Obe mestá majú vybudovaný diaľničný obchvat. Rozdiel je však v obsluhovaní týchto miest linkami diaľkovej autobusovej dopravy na sledovaných reláciách, ktorými sú Brno – Praha v prípade Jihlavy a Bratislava – Žilina v prípade Trenčína. Jihlava v súčasnosti nemá kvalitné vlakové spojenie s Prahou, mierne lepšia situácia je v smere do Brna. Autobusy spájajúce Brno a Prahu sú vedené väčšinou priamo, bez zachádzky do Jihlavy, len minimum z nich obsluhuje toto mesto. Časové oneskorenie spôsobené zachádzkou do mesta je približne 20 min, čo je relatívne dlhý čas vzhľadom na dĺžku cesty (cestovný čas medzi Prahou a Brnom sa pohybuje medzi 2,5 a 3 hodinami) [81]. V prípade Trenčína je situácia odlišná, a to najmä z dôvodu dostupnosti kvalitného železničného spojenia vedeného na relácii medzi Bratislavou a Žilinou. Napriek tejto skutočnosti väčšina autobusových spojov do mesta zachádza. Je však pravdepodobné, že v prípade vedenia vyššieho počtu autobusových spojov na sledovanej trase by dominovalo spojenie bez zachádzky do mesta.

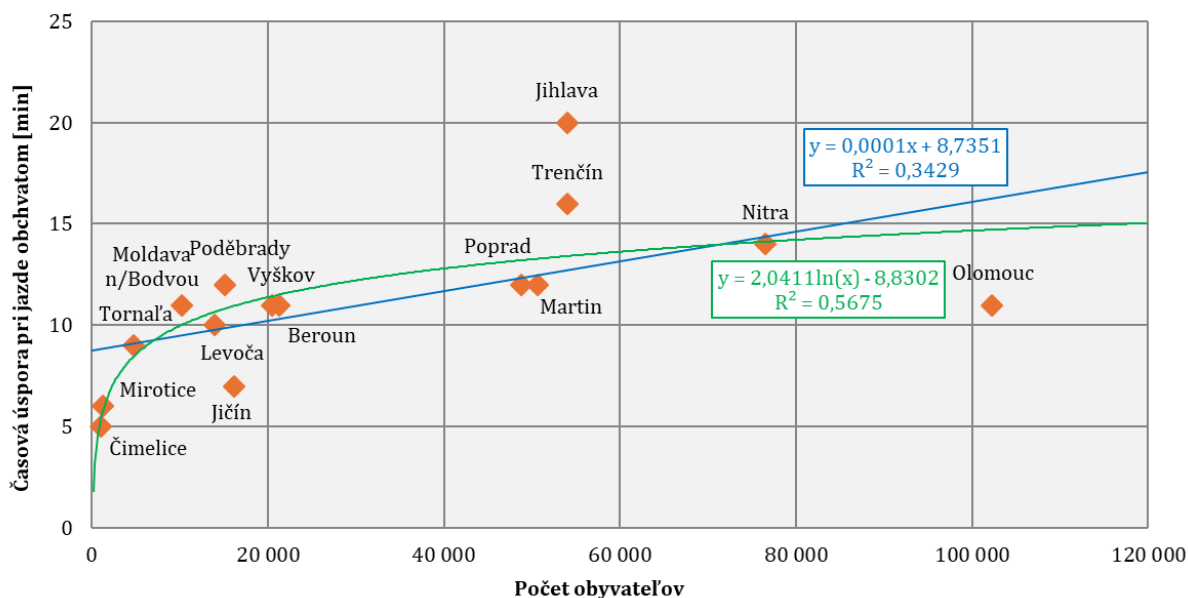
Na ostatných mestách uvedených v tab. 12 je možné pozorovať rozdiely medzi mestami obchádzanými diaľnicou a štandardnou cestou. Mesto Beroun má v smere Praha – Plzeň – Nemecko obchvat, rovnako tak aj mesto Vyškov v smere Brno – Olomouc/Přerov/Zlín. Systém využívania obchvatu autobusmi je v týchto mestách dosť podobný, a to napriek nie až tak významnej časovej strate v prípade zachádzky do mesta. Pre porovnanie, väčšie mestá Prostějov a Kroměříž, lokalizované na rovnakej trase ako Vyškov, sú obsluhované väčším počtom spojov. V tomto prípade je tak opäť možné pozorovať efekt dostupnosti alternatívneho módu dopravy

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

(železničnej dopravy). Podobná situácia nastáva aj na príklade miest Moldava nad Bodvou a Tornaľa, kde dostupnosť iných druhov dopravy redukuje množstvo autobusových spojov zachádzajúcich do týchto miest.

Na príklade ďalších uvedených miest je možné ilustrovať opačnú situáciu. Na linke Praha – Jičín – Vrchlabí/Trutnov je vo všetkých prípadoch obsluhované mesto Jičín, čo je zaujímavé, pretože čas ušetrený použitím obchvatu je podobný ako v prípade Berouna a Vyškova. Naopak, Poděbrady vôbec nie sú obsluhované linkou Praha – Hradec Králové. Uvedené zistenie opäť súvisí s dostupnosťou, resp. nedostupnosťou alternatívneho dopravného systému. Naopak, čisto infraštruktúrny vplyv na vedenie liniek v dvoch susedných sídlach je dobre ilustrovateľný na príklade sídel Mirovice a Čimelice. Mesto Mirovice má vybudovaný obchvat a všetky diaľkové linky sú preto odklonené mimo mesta. Naproti tomu susedná menšia obec Čimelice obchvat nemá a je obsluhovaná všetkými diaľkovými autobusmi na relácii Praha – Strakonice a navyše aj niekoľkými spojmi linky Praha – Písek. V súčasnosti prebieha výstavba obchvatu tejto obce, preto je veľmi pravdepodobné, že časť spojov bude obchádzať aj túto obec.

Uvedené príklady naznačujú, že trasovanie liniek autobusovej dopravy závisí od viacerých faktorov, nielen od regionálneho významu a existencie obchvatu. V skutočnosti však v každom meste môže byť situácia odlišná, pričom ale určité aspekty možno na základe zistených skutočností zovšeobecniť. **Prvým zistením je, že časová úspora pre tranzitujúcich cestujúcich môže byť v prípade použitia obchvatu relatívne vysoká**, pričom minimálna zaznamenaná hodnota je 5 min (Čimelice), maximálna 20 min (Jihlava), medián je 11 min (obr. 8). Táto úspora je vyššia v prípade, ak linka obchádza viac miest s potenciálnou možnosťou zachádzky.



Obr. 8 Časová úspora spojov pri jazde po obchvate

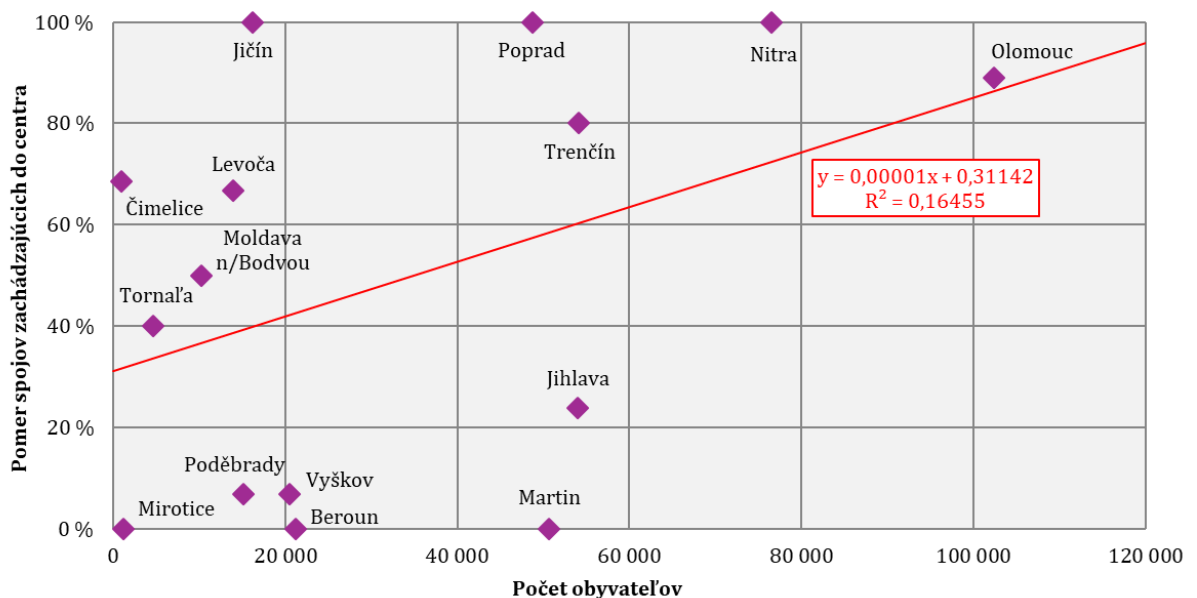
Zdroj: autor

Ďalším zistením je, že závislosť medzi výškou časovej úspory a počtom obyvateľov daného mesta je **stredne silná** (hodnota Pearsonovho korelačného koeficienta je 0,59). Vzhľadom na definovanú závislú premennú však lineárna závislosť nie je celkom relevantná, a to kvôli

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

časovej úspore, ktorej veľkosť nie je neobmedzene rastúca s počtom obyvateľov s ohľadom na vypočítanú smernicu regresnej priamky. Lepší regresný model predstavuje v tomto prípade použitie logaritmickej funkcie, ktorá svojim priebehom vystihuje riešenú situáciu relevantnejšie (hodnota koeficientu determinácie je 0,57). Parametre oboch demonštrovaných regresných modelov sú súčasťou obr. 8.

Vzhľadom na uvedené je možné konštatovať, že pre mestá s menej ako 30 000 obyvateľmi je vypočítaná časová strata menej ako 15 minút. Na druhej strane, situácia v mestách s počtom obyvateľov 40 000 až 60 000 je viac závislá od časovej straty vzniknutej pri zachádzke na autobusovú stanicu z obchvatu ako od počtu obyvateľov. **Dôležitým zistením taktiež je, že v prípade obdobného výskumu pomeru spojov zachádzajúcich do mesta ako závislej premennej je zistená závislosť od počtu obyvateľov mesta ešte slabšia** (Pearsonov korelačný koeficient je 0,41). Z hľadiska použitia regresnej analýzy prichádza do úvahy použitie lineárnej regresie, avšak s nízkym koeficientom determinácie (0,16). Nájdená regresná priamka je z logických dôvodov ohraničená zhora hodnotou 100 %. Bližšie výsledky poskytuje obr. 9.



Obr. 9 Pomer spojov zachádzajúcich na autobusové stanovištia v jednotlivých sídlach

Zdroj: autor

Z uvedených výsledkov je zrejmé, že mestá s relatívne nižším počtom obyvateľov (do 30 000) sú v približne polovičnom rozsahu spojov obsluhované diaľkovou autobusovou dopravou (obr. 9). Naopak, väčšie mestá ako Jihlava (53 986 obyvateľov) a Martin (50 629 obyvateľov) obsluhuje nanajvýš štvrtina spojov. Na druhej strane, do podobne veľkých miest (Poprad a Trenčín) lokalizovaných v iných častiach republiky zachádzajú takmer všetky spoje. To znamená, že situácia je závislá aj od samotného charakteru jednotlivých autobusových spojov a dostupnosti iných druhov dopravy.

Vzhľadom na zistené poznatky v skúmanej oblasti je možné pristúpiť aj na matematické modelovanie skúmaného efektu. Zároveň však s ohľadom na zistené závislosti nie je možné predpokladať, že sa podarí nájsť jeden univerzálny prístup (model) platný pre všetky prípady.

Z tohto dôvodu je potrebné uplatniť tzv. kompromisné kritérium, ktoré môže byť v niektorých situáciách neprimerané, avšak napriek tomu môže poskytnúť dostatok informácií na zlepšenie stavu vedeckého poznania. Práve zistenia získané takto definovaným prístup predstavujú dôležitý výsledok dizertačnej práce, pretože aj vzhľadom na rozličné fungovanie systémov verejnej dopravy naprieč územím je s využitím nižšie navrhnutého konceptu v praxi možné dospieť k relevantným záverom a odporúčaniam.

Za účelom možnosti podrobnejšieho posúdenia situácií v praxi je pre tento účel vyvinutý jednoduchý matematický model. Tento model je založený na princípe tzv. systémového ekvilibria⁴, pričom jeho funkcionálnosť je za účelom začlenením čo najväčšieho počtu možných (typických) scenárov mierne modifikovaná, teda sú uvažované len základné dopravné vzťahy. Tento prístup umožňuje výrazné zníženie výpočtovej náročnosti modelu. Vzhľadom na uplatnenie vyššie uvedeného kompromisného kritéria nie je možné aplikovať systémové ekvilibrium v plnohodnotnom znení. V zmysle logiky navrhnutého modelu je možné výsledkom nazvať stav, kedy síce nie sú dosiahnuté minimálne náklady (čas, vzdialenosť, finančné náklady), ale je dosiahnutý určitý limit pre možné navýšenie, ktoré sú cestujúci ochotní akceptovať výmenou za pohodlnejšie (plynulejšie, rýchlejšie) cestovanie.

Dopravná sieť v modeli spája celkom päť oblastí, v ktorých je možné začať alebo skončiť cestu, resp. ide o vstupnú a výstupnú oblasť. Zjednodušene tak vlastne ide o dve konečné zastávky reprezentujúce oblasti nachádzajúce sa pred a za modelovaným územím, ktoré sú ďalej doplnené o zastávku umiestnenú na mestskom obchvate, jednu zastávku v centre mesta a jednu v okrajovej časti mesta. Jedna konečná zastávka je pre účely modelovania čo najväčšieho počtu situácií prepojená s centrom mesta priamo, paralelne s linkami regionálnej dopravy, druhá je prepojená cez nácestnú zastávku lokalizovanú na obchvate mesta (analógia prestupného bodu lokalizovaného mimo mesta – v regióne). Periférna časť mesta, centrum mesta a zastávka na mestskom obchvate sú v modeli vzájomne prepojené linkami mestskej dopravy. Prehľad vstupných údajov a výstupných informácií je uvedený v tab. 13.

Údajmi vstupujúcimi do matematického modelu sú cestovné časy jednotlivých subsystémov dopravy, prestupné a čakacie časy na zastávkach. Pre výpočet najkratších ciest je následne použitý Floydov algoritmus. Vytvorený model poskytuje systematické hodnotenie jednotlivých prístupov, čo znamená, že atraktivitu verejnej dopravy je možné posúdiť pre všetky uvedené vzťahy individuálne. Obidva varianty trasovania diaľkovej autobusovej linky (s využitím obchvatu, resp. cesty prechádzajúcej centrom mesta) je možné jednoducho porovnať. Optimalizačnou úlohou modelu je minimalizácia cestovných a prestupných časov dotknutých dopravných módov vo variante s odklonením diaľkových liniek, a to za účelom dosiahnutia prepravných časov čo najbližších situácii s vedením liniek cez centrum mesta. Podmienkou je dodržanie definovaného rozsahu časov (tab. 13). Vytvorený model je implementovaný v aplikácii Microsoft Excel pomocou makier naprogramovaných v jazyku Visual Basic for Applications.

⁴ Podľa druhej Wardropovej vety ide o stav, kedy je minimalizovaný priemerný cestovný čas používateľov dopravnej siete. [61]

Tab. 13 Prehľad požadovaných vstupov a produkovaných výstupov matematického modelu

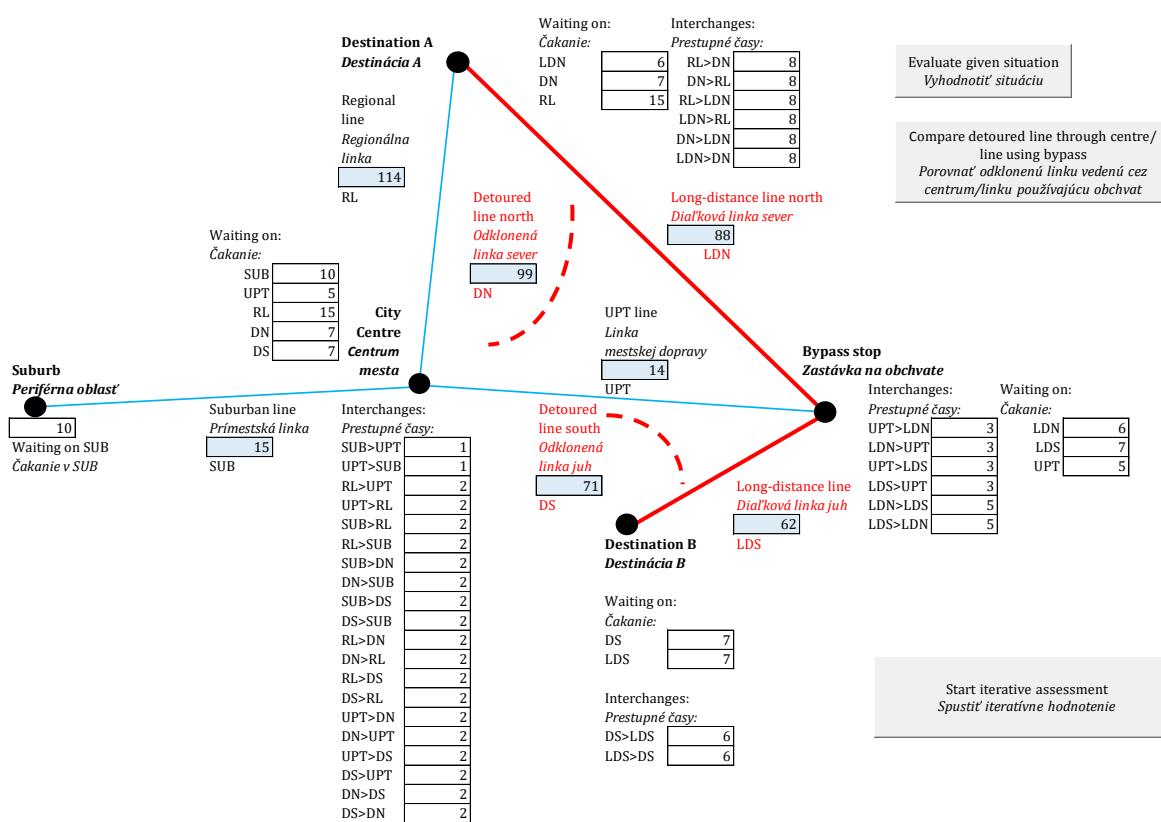
Vstupné údaje	<p>Cestovné (jazdné) časy jednotlivých módov verejnej dopravy (v minútach):</p> <ul style="list-style-type: none">• diaľkovej linky medzi východziou zastávkou a zastávkou na obchvate (resp. v regióne) – LDN,• diaľkovej linky medzi zastávkou na obchvate (v regióne) a konečnou zastávkou – LDS,• diaľkovej linky medzi východziou zastávkou a autobusovou stanicou v meste – DN,• diaľkovej linky medzi autobusovou stanicou v meste a konečnou zastávkou – DS,• alternatívnej regionálnej linky medzi východziou zastávkou a autobusovou stanicou v meste – RL,• linky (liniek) mestskej dopravy medzi autobusovou stanicou a zastávkou na obchvate (v regióne) – UPT,• doplnkovej regionálnej (prímestskej) linky medzi periférnou oblasťou a autobusovou stanicou – SUB. <p>Rozsah prestupných časov pre definované možnosti prepravy (v minútach):</p> <ul style="list-style-type: none">• medzi doplnkovou regionálnou linkou (SUB) a mestskou dopravou (UPT),• medzi doplnkovou regionálnou linkou (SUB) a alternatívnou regionálnou linkou (RL),• medzi doplnkovou regionálnou linkou (SUB) a diaľkovou linkou (DL/DS). <p>Fixné prestupné časy pre ostatné kombinácie dopravných módov (v minútach). Čas reprezentujúci čakanie cestujúcich na jednotlivých zastávkach v modeli (v minútach).</p>
Výstupné informácie	<p>Matica najrýchlejších prepravných časov medzi jednotlivými zastávkami (pre variant s odklonom aj vedením po obchvate). Distančná matica obsahujúca časové vzdialenosti všetkých možných kombinácií dopravných módov medzi všetkými dopravnými bodmi. Optimalizované cestovné a prestupné časy vybraných dopravných módov (SUB, UPT, RL) pri odklone diaľkovej linky za účelom zabezpečenia obdobnej dopravnej obslužnosti ako v prípade zachádzky do mesta.</p>

Zdroj: autor

Z hľadiska zlepšenia stavu vedeckého poznania je pre prax dôležitým výstupom modelu určenie optimálneho prevádzkového konceptu liniek verejnej dopravy pri zabezpečení napojenia konkrétneho mesta na linky diaľkovej dopravy. Predmetné posúdenie je možné vykonať jednak z hľadiska cestujúcich smerujúcich z/do centra daného mesta, alebo z pohľadu všetkých (aj tranzitujúcich) cestujúcich. Matematický model obsahuje iteratívny algoritmus, ktorý postupne mení hodnoty cestovných časov na mestských, regionálnych a diaľkových linkách,

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKCH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

ako aj samotné prestupné časy. Počet skúmaných alternatív, teda výpočtovú náročnosť modelu, je možné znížiť vynechaním nereálnych variantov, prípadne zvýšiť preskúmaním určitých špecifik pre danú oblasť (napr. zadaním dlhších cestovných časov v porovnaní so skutočným stavom). Uvedená konštrukcia vytvoreného matematického modelu teda umožňuje jeho uplatnenie v širokom spektre situácií, pričom práve prenositeľnosť je významným prínosom pre jeho praktické uplatnenie. Grafická prezentácia modelu je predmetom obr. 10, pričom obrázok je bilingválny z dôvodu jeho publikácie v medzinárodnom zborníku. Diaľková autobusová linka je vyznačená červenou farbou. Ostatné trasy, orientované na sever a západ, predstavujú zvyšné subsystemy verejnej dopravy, resp. možnú zachádzku spojov diaľkových liniek do centra mesta.



Obr. 10 Ukážka vytvoreného matematického modelu

Zdroj: autor

Výsledný prevádzkový koncept dopravy je možné porovnať so súčasným alebo plánovaným stavom a v praxi môže byť nápomocný pri rozhodovaní o trase diaľkovej autobusovej linky. Druhou možnosťou aplikácie zistených poznatkov je podpora pre prípadné zlepšenie systému verejnej dopravy v súvislosti so snahou kompenzovať vzniknuté komplikácie spôsobené využívaním obchvatu (odklonom). V uvedenom prípade je teda možné modelovať obsluhu zastávky lokalizovanej na obchvate mesta, a to ako mestskou, tak aj regionálnou a diaľkovou autobusovou dopravou. V prípade potreby je možné spracovať aj podrobnejší model skúmanej lokality, s využitím sofistikovanejších algoritmov, ktorý bližšie vyhodnotí možné varianty prevádzkových konceptov.

V rámci výskumnej činnosti je tento model aplikovaný na dva reprezentatívne príklady. Prvý je zameraný na mesto Jihlava, konkrétne na otázku návrhu novej autobusovej zastávky umiestnenej na diaľnici D1. Táto zastávka je lokalizovaná ako súčasť odpočívadla Pávov, kde je možné vykonať aj otočenie regionálnych a mestských autobusov smerujúcich z/do Jihlavy. Po vložení údajov zodpovedajúcim riešenému prípadu (dáta zodpovedajú časom na obr. 10) je možné pristúpiť k vyhodnoteniu. Z výsledkov modelovania vyplýva, že doba cesty z Prahy do Brna môže byť (pri použití uvedených modelových hodnôt) v prípade využitia obchvatu približne 150 minút. Prípadná zachádzka na autobusovú stanicu v centre mesta predstavuje pre cestujúcich prepravujúcich sa v hlavnom smere z Prahy do Brna časovú stratu zhruba 20 min. Model ukazuje, že modifikovaným riešením môže byť buď skrátenie prestupného času medzi diaľkovou a mestskou dopravou o približne 2 minúty (z 5 na 3 min), čo však nie je vhodné z hľadiska potrebného pohybu cestujúcich a stability systému. Druhou možnosťou je priame predĺženie uvedenej mestskej linky až do periférnych oblastí mesta, čím dôjde k skráteniu prestupného času v centre mesta. Časovú stratu cestujúcich prepravujúcich sa do Jihlavy a okolia je teda možné skrátiť celkovo o 3 minúty.

Uvedený model je použitý aj na príklade mesta Mladá Boleslav, ktoré je obchádzané diaľnicou D10. Interpretácia výsledkov je podobná, avšak časová strata pre cestujúcich z/do mesta je vyššia (8 min), a to z dôvodu, že v tomto prípade sa uplatňuje linka mestskej hromadnej dopravy s dlhším cestovným časom. Samotné použité časové hodnoty sa v budúcnosti môžu prirodzene zmeniť, avšak spôsob, akým možno model uplatniť, zostáva vo všetkých prípadoch rovnaký. **Predstavené riešenie vychádza z použitia analytických nástrojov**, teda nie je odolné voči rôznym externým faktorom, ktoré v cestnej premávke nastávajú. **Jeho význam však spočíva práve v jednoduchosti tohto nástroja, ktorý je možné bez zložitejších úprav aplikovať na preskúmanie mnohých situácií.** Ďalším rozšírením matematického modelu je možné skúmať a rozširovať riešený problém aj v budúcnosti. Ide napríklad o posúdenie zastávky na okraji mesta, ako určitého kompromisu medzi zastávkou na obchvate a zastávkou v centre mesta.

5.1.3 Čiastkové zistenia

Kapitola 5.1 poskytuje dôležité zistenia týkajúce sa vplyvu nových dopravných úsekov vyššej kategórie na cestnú dopravu a autobusovú dopravu. V oblasti cestnej dopravy bolo zistené, že vybudovanie obchvatov miest má významný vplyv na dopravné toky, čo vedie k zlepšeniu plynulosti premávky a zníženiu kongescií na pôvodných (nahradených) cestách. Pokles dopravných intenzít zároveň vytvára predpoklady na pozitívny vplyv na životné prostredie vďaka odkloneniu časti dopravy z mestských centier. Medzi zistené faktory ovplyvňujúce odklonenie dopravy mimo centier miest patria dostupnosť alternatívnych trás, atraktivita nových úsekov z hľadiska rýchlosti a plynulosti premávky a individuálne preferencie vodičov.

Pri autobusovej doprave bolo preukázané, že výstavba obchvatov vedie k určitej optimalizácii trás, čo skracuje cestovný čas a zároveň aj zvyšuje efektivitu prevádzky, hoci môže dochádzať aj k negatívnemu vplyvu na obslužnosť obchádzaných sídel. Z hľadiska verejnej dopravy je ešte ďalším dôležitým faktorom, okrem vyššie spomenutých, aj prípadná možnosť obsluženia

obchádzaného mesta formou zastávky lokalizovanej na obchvate. Strategické plánovanie nových úsekov ciest teda môže priniesť výrazné zlepšenia v dopravnom systéme, a pri vhodnej konfigurácii aj pozitívne ovplyvniť kvalitu života obyvateľov bez významnejšieho zníženia kvality verejnej dopravy. Pre prípadný ďalší výskum zostala otvorená otázka konkrétneho riešenia zastávky lokalizovanej inde ako na obchvate, napr. na okraji mesta, príp. hlbšie v regióne.

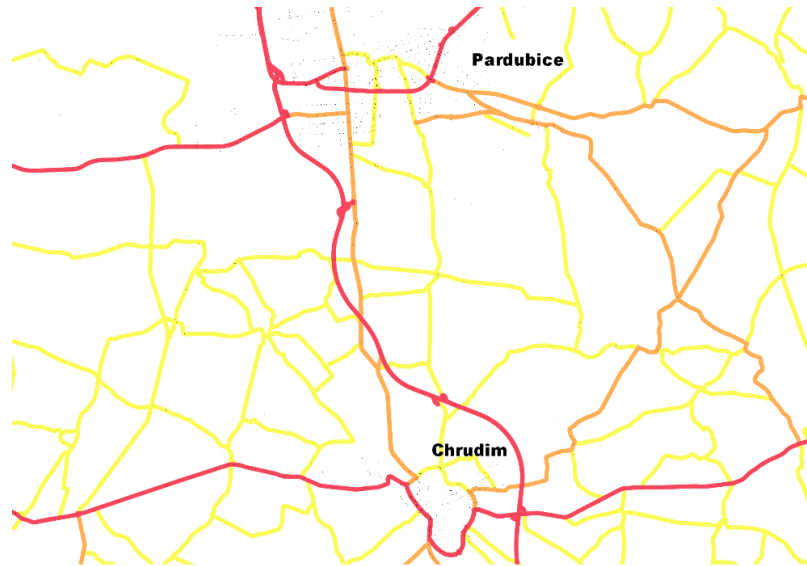
5.2 Využitie metód štvorstupňového dopravného modelovania

Pre účel podrobnejšieho skúmania problému, so zahrnutím reálneho správania vodičov a cestujúcich, je vhodné použiť metódy štvorstupňového dopravného modelovania. Ide o použitie pokročilej softvérovej podpory pracujúcej často aj so stochastickými algoritmami, ktorá je vyvíjaná práve za účelom čo najpresnejšej predikcie posudzovaných scenárov. Použitie týchto metód je určené predovšetkým na podrobnejší výskum konkrétnych situácií a nie na rámcové posúdenie väčšej oblasti. Táto skutočnosť je spôsobená jednak veľkým rozsahom vstupných údajov, ale taktiež aj výpočtovou náročnosťou dopravného modelu. Aj v tejto podkapitole je podobne ako v predchádzajúcej text rozčlenený na výskum efektov obchvatov v dvoch rovinách, a to z pohľadu individuálnej a verejnej dopravy.

5.2.1 Cestná doprava

Pre naplnenie cieľa výskumnej činnosti vo vzťahu k individuálnej doprave je ako reprezentatívny príklad zvolené spojenie dvoch východočeských miest Chrudim a Pardubice. Ide o mestá nachádzajúce sa v Pardubickom kraji, pričom Pardubice majú približne 90 000 a Chrudim približne 23 000 obyvateľov. Vzdialenosť týchto dvoch miest je v závislosti od zvolenej trasy približne 11 až 12 km. Tieto mestá sú prepojené cestami I., II., a III. triedy, pričom cesta I. triedy tvorí v tomto prípade obchvat obidvoch miest. Aj toto je jeden z dôvodov voľby predmetného príkladu, pretože je v tomto prípade zaujímavé sledovať, či existencia obchvatu nejakým spôsobom mení spôsob prepravy medzi týmito mestami, prípadne ako silno a na ktorých reláciách. Na priloženom obr. 11 je znázornená cestná sieť medzi mestami Pardubice a Chrudim tvorená cestami I. triedy (červená), II. triedy (oranžová) a III. triedy (žltá).

Pre predmetný výskum vplyvu obchvatov bol zvolený modelovací softvér Aimsun Next vo verzii 24.0, ktorým autor disponuje pre študijné účely. Súčasťou procesu tvorby dopravného modelu je namodelovanie dopravnej siete medzi mestami Chrudim a Pardubice (obr. 11). Zvolená miera podrobnosti zodpovedá riešenej problematike, teda v modeli sú zadané všetky dôležité križovatky, zvolená kategória pozemnej komunikácie, určený počet jazdných pruhov a s tým spojená kapacita a priemerná rýchlosť vozidiel (podrobnejšie viď podkapitolu 4.4). Za účelom skúmania konkrétnych faktorov súvisiacich s obchvatmi je použitý posledný krok štvorstupňového dopravného modelu, a to Traffic Assignment. V tomto smere je v softvéri Aimsun Next dostupných niekoľko metód priradovania dopravného zaťaženia na dopravnú sieť, pričom implicitnou voľbou je metóda FW. Pre porovnanie je použitá aj metóda AON, pretože práve jej jednoduchosť zvyrazňuje niektoré zásadné zákonitosti používania obchvatov. Viac informácií o použitých metódach, ich vlastnostiach a výhodách resp. nevýhodách je v podkapitole 4.1.



Obr. 11 Namodelovaná dopravná sieť medzi mestami Pardubice a Chrudim

Zdroj: autor

Riešenú dopravnú sieť tvorí cesta prvej triedy I/37, cesta druhej triedy II/324 a cesta tretej triedy III/34026. Okrem dopravnej siete a jej parametrov (tab. 14) je dôležitou súčasťou tvorby modelu aj vytvorenie prepravných okrskov, preto je ďalším krokom umiestnenie centroidov. Tieto v modeli sústredia potenciálne zdroje a ciele ciest do jedného strediskového miesta. Keďže ide o úzko zameraný makroskopický model vytvorený špeciálne pre účely tohto výskumu, tak počet centroidov a ich záťaž zodpovedá výskumným potrebám. Mesto Chrudim reprezentujú celkom dva centroidy, z toho jeden je lokalizovaný v blízkosti centra mesta (Masarykovo námestí). V Pardubicach boli vytvorené až štyri centroidy, pričom pre riešený výskum je podstatný ten reprezentujúci centrum mesta (Masarykovo námestí). Ostatné prepravné okrsky sú umiestnené rovnomerne v ďalších častiach riešených miest.

Tab. 14 Prehľad modelových parametrov cestnej infraštruktúry

Kategória cesty	Zadané modelové parametre
Cesta 1. triedy	Priemerná rýchlosť $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; kapacita $900 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$ (v jednom smere)
Cesta 2. triedy	Priemerná rýchlosť $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; kapacita $800 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$ (v jednom smere)
Cesta 3. triedy	Priemerná rýchlosť $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; kapacita $700 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$ (v jednom smere)

Zdroj: autor

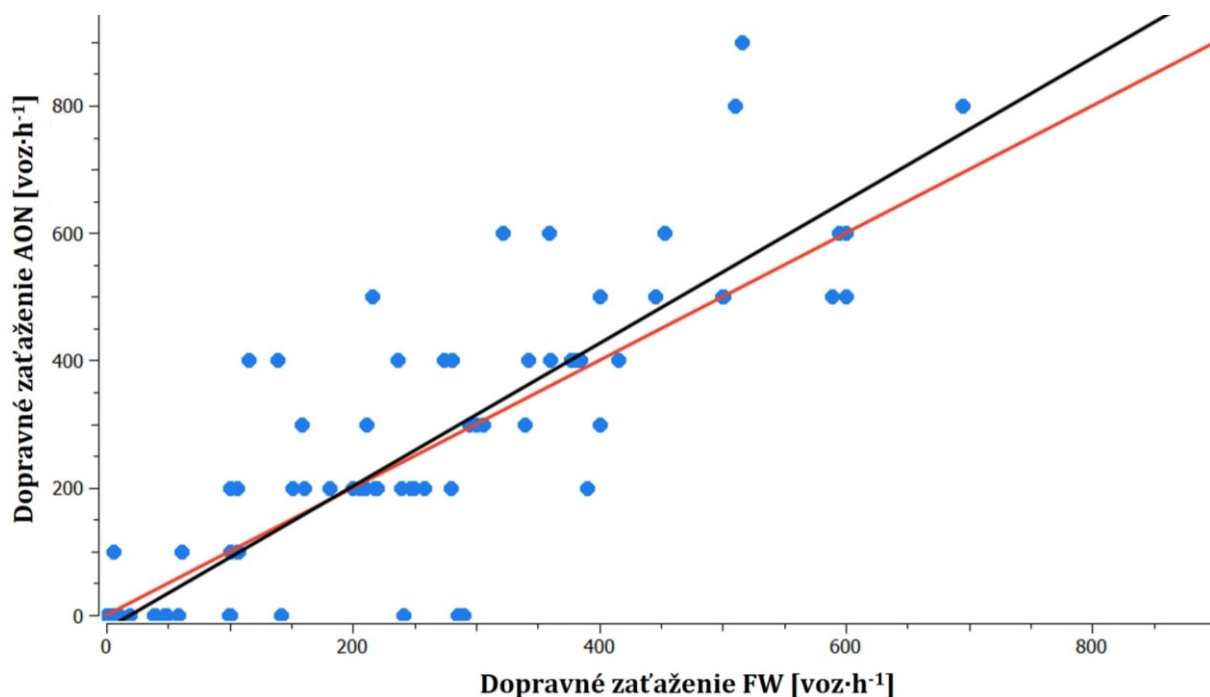
V rámci overenia efektov obchvatov s využitím štvorstupňového dopravného modelu je potrebné vytvoriť modelovú maticu prepravných vzťahov (tzv. OD maticu), ktorá reprezentuje počet vozidiel presúvajúcich sa medzi jednotlivými centroidmi. V súlade s týmto postupom je teda zvolená aj samotná modelová záťaž, a to 100 vozidiel z každého do každého okrsku. Ako výpočtové obdobie je stanovená jedna hodina. Výhodou takto stanovených modelových prepravných prúdov je, že ich je možné ľahko meniť, takže okrem iného sa dá skúmať aj napríklad vplyv kongescií v kontexte obchvatov. Predmetná modelová záťaž vychádza okrem uvedeného aj z praktickej interpretovateľnosti výsledkov, pretože je možné jednoducho stanoviť relatívne rozdelenie dopravného zaťaženia medzi okrkami (100 vozidiel zodpovedá 100 %). Uvedený

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

postup svojim spôsobom v podstate nahrádza prvé dva stupne dopravného modelovania, teda Trip Generation a Trip Distribution.

Súčasťou ďalšieho postupu (po úspešnom ukončení procesu zadávania požadovaných vstupov) je použitie štvrtého stupňa dopravného modelovania, teda Traffic Assignment. Tento krok pozostáva z priradenia záťaže na dopravnú sieť, pričom dôležité sú predovšetkým kritéria, podľa ktorých sú efektívne cesty nachádzané. V súvislosti s výskumom je sledované najmä časové hľadisko, pričom vo vzťahu k obchvatom je dôležité definovanie tzv. odporovej funkcie. V použítom softvéri je táto funkcia označená ako volume delay function (VDF). Softvér Aimsun obsahuje základné kalibrované VDF pre jednotlivé kategórie ciest vo vzťahu k ich preddefinovanej kapacite, ktorých použitie je vhodné aj pre riešenie problematiky. Tieto funkcie vyjadrujú vzťah medzi rýchlosťou vozidiel na dopravnej sieti a dostupnou kapacitou ciest, pričom so zvyšujúcou sa premávkou na sieti sa zvyšuje aj cestovný čas, teda vzniká meškanie. Vo vzťahu k obchvatom teda ide o výskum distribúcie vozidiel na jednotlivé kategórie pozemných komunikácií, a to s ohľadom na stanovené dopravné zaťaženie.

Proces priradenia záťaže na jednotlivé úseky ciest je za účelom demonštrácie rozdielnosti metód v softvéri zopakovaný dvakrát, a to pre každý z dvoch popisovaných algoritmov FW a AON. Obidva algoritmy vedú k dosiahnutiu rôznych výsledkov, ale vo svojej podstate vystihujú nastávajúcu situáciu veľmi podobne. Rozdiely zodpovedajú vlastnostiam jednotlivých metód, kedy algoritmus AON priradí vždy celý dopravný prúd medzi centroidmi na jednu trasu, zatiaľ čo algoritmus FW vykonáva túto distribúciu postupne. Porovnanie výsledkov obidvoch metód je zobrazené na obr. 12 (vygenerovanom v použítom softvéri), pričom zanedbateľným rozdielom zodpovedá aj vypočítaná regresná priamka (červená), ktorá je pri FW algoritme veľmi blízka algoritmu AON (čierna priamka). Zistený rozdiel súvisí s mierou kongescií v sieti v súvislosti s VDF.



Obr. 12 Porovnanie výsledkov použitia metód FW a AON

Zdroj: autor

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Vzhľadom na veľmi podobné výsledky oboch metód je v ďalšom postupe pracované z FW algoritmom, pretože pre zaťaženie dopravnej siete generuje reálnejšie údaje (jednotliví vodiči sa nerozhodujú rovnako, ale rôzne). Z vykonanej statickej simulácie vyplýva, že pre cesty z mesta Chrudim do centra Pardubíc neprináša obchvat z primárneho hľadiska pri danej modelovej záťaži žiadne zásadnejšie výhody, o čom svedčí aj vytvorený kartogram dopravného zaťaženia na obr. 13. Samotný obchvat je napojený na centrum mesta dosť excentricky, takže použitie iného zjazdu pôsobí kontraproduktívne. Význam obchvatu spočíva v tomto prípade skôr v jeho sekundárnom efekte, a tým je odvedenie tranzitnej dopravy z ostatných ciest, ktoré sú preto menej zaťažené touto dopravou. Dôležitú úlohu majú aj parametre obchvatu, pretože jednak nejde o diaľnicu s vyššou maximálnou povolenou rýchlosťou, zároveň je na západnom okraji mesta doprava na obchvate spomalená z dôvodu existencie úrovňového kríženia (okružnej križovatky). Časť vodičov sa samozrejme rozhodne medzi mestami Chrudim a Pardubice pre použitie obchvatu, avšak z časového hľadiska k úspore pravdepodobne nedôjde. Dôležitým faktorom však v tomto prípade je napríklad komfort jazdy, ktorý je pri jazde po ceste vyššej kategórie lepší.



Obr. 13 Dopravné toky vozidiel v riešenom území
(severná časť vľavo, južná časť vpravo)

Zdroj: autor

Vzhľadom na stav a parametre cestnej dopravy nastáva podobná situácia aj v prípade mesta Chrudim, kde pre cesty do centra mesta nedáva z hľadiska dĺžky trasy zmysel použitie inej ako tej trasy, ktorú preferuje aj dopravný model (obr. 13). Na rozdiel od situácie v Pardubiciach tu existujú rôzne možnosti prepojenia obchvatu a ciest nižšej kategórie v závislosti od smeru jazdy. Pre smer Chrudim – Pardubice je pri cestách medzi centrami miest dostupná v prípade

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

využitia obchvatu len jedna trasa, a preto je voľba pomerne jednoznačná. Iná situácia je v smere Pardubice – Chrudim, kde existuje alternatíva zjazdu z obchvatu bližšie do mesta (kvôli etapám výstavby v minulosti), čo v celkovom pohľade ovplyvňuje využitie obchvatu v celej jeho trase. Vzhľadom na konfiguráciu okružnej križovatky v meste je však pri zhustenej premávke výhodnejšie použiť vzdialenejší zjazd, čo súvisí s prejazdnosťou tejto križovatky v smere do centra. Ide pritom o dôležité zistenie, ktoré poukazuje na skutočnosť, že frekvencia a umiestnenie križovatiek na obchvate majú značný vplyv na využívanie dostupných trás.

Z hľadiska komplexného riešenia predstavenej problematiky a určitej prenositeľnosti aj na iné situácie je možné distribúciu vozidiel na jednotlivé kategórie ciest vyjadriť aj matematicky. Ide síce o približný výpočet, avšak v súlade s princípom od jednoduchého riešenia po zložité je jeho cieľom prvotné rozdelenie vozidiel na dostupnú infraštruktúru. Matematické vyjadrenie vychádza z princípu voľby najrýchlejšej cesty, teda najrýchlejšia cesta má najväčší podiel, najpomalšia najmenší. Distribúciu je možné určiť s využitím nasledujúcich vzorcov (11; 12; 13).

$$t_c^n = \frac{L_n}{V_n} \cdot 60 \text{ [min]} \quad (11)$$

$$D_n = \frac{1}{\frac{t_c^n}{\sum_{n=1}^m t_c^n}} \text{ [-]} \quad (12)$$

$$w_n = \frac{D_n}{\sum_{n=1}^m D_n} \quad (13)$$

- kde: t_c^n je cestovný čas vozidla idúceho po ceste n -tej kategórie [min],
 V_n je priemerná rýchlosť dosiahnutá na ceste n -tej kategórie [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$],
 L_n je dĺžka riešeného úseku cesty n -tej kategórie [km].
 D_n je distribučný pomer cesty n -tej kategórie [-],
 w_n je váha dopravného zaťaženia cesty n -tej kategórie [-],
 m je počet dostupných kategórií ciest.

Vypočítaná váha dopravného zaťaženia v percentuálnom vyjadrení predstavuje pomer dopravného zaťaženia na jednotlivých riešených úsekoch ciest. V predmetnom území sú po dosadení príslušných hodnôt do vyššie uvedených vzorcov získané výsledky, ktoré zhrňuje nasledujúca tab. 15.

Tab. 15 Váha dopravného zaťaženia jednotlivých úsekov ciest

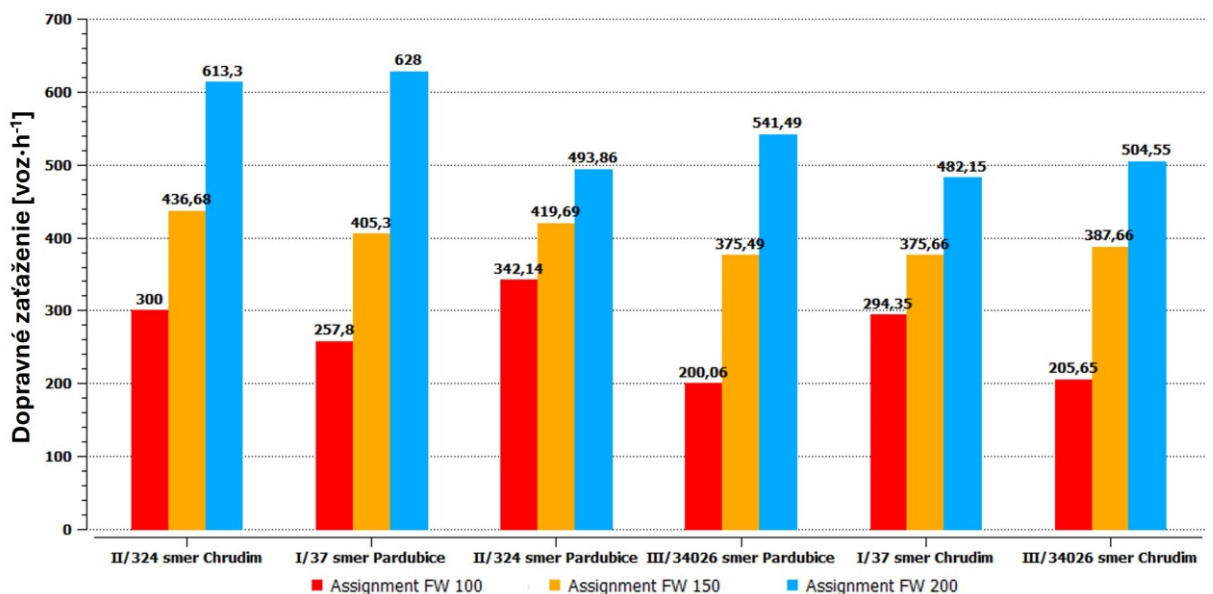
Kategória ciest	Cesta	smer Pardubice			Smer Chrudim		
		V_n [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	L_n [km]	w_n [%]	V_n [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	L_n [km]	w_n [%]
1.	I/37	70	11,6	36,7	70	10,3	39,6
2.	II/324	60	10,0	36,5	60	10,0	34,9
3.	III/34026	50	11,4	26,7	50	11,4	25,5

Zdroj: autor

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOKH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Uvedené výsledky tvoria základné východisko pre ďalšie riešenie predmetnej problematiky. Z hodnôt jednotlivých váh vyplýva, že najviac vyťažené by mali byť úseky ciest prvej a druhej triedy. Aj vo vzťahu ku kapacite pozemných komunikácií ide o logický výsledok, pretože v predmetnom príklade dosahuje aj z pohľadu kapacity (vedenie mimo intravilán obcí, absencia úrovňových križovatiek) najlepšie parametre cesta prvej triedy. Prirodzene, detailnejšie posúdenie prináša detailnejšie výsledky, preto je ďalšia časť textu venovaná práve dopravnému modelovaniu.

Výsledky zistené vyššie navrhnutým matematickým riešením je možné považovať za relevantné a v praxi využiteľné. Uvedené zistenia potvrdzujú aj výsledky dopravného modelovania zobrazujúce počet vozidiel na jednotlivých kategóriách ciest rozdelených podľa smerovania vozidiel (obr. 14). Súčasťou tohto obrázka (vygenerovaného v použitom softvéri) je aj porovnanie dopravných intenzít vo vzťahu k modelovému dopravnému zaťaženiu, ktoré je pre účely tohto výskumu rozšírené o ďalšie dva scenáre. Okrem pôvodne uvažovaného počtu ciest (Assignment FW 100 – 100 ciest medzi každým okrskom v každom smere) je uvažované aj ich zvýšenie o 50 % a 100 %. To znamená, že medzi jednotlivými centroidmi je v OD matici modelová dopravná záťaž vo výške 150 (Assignment FW 150), resp. 200 automobilov (Assignment FW 200) za hodinu. Výsledky ukazujú, že dopravné zaťaženie na jednotlivých kategóriách ciest nestúpa rovnomerne, ale dochádza najmä k zaplňovaniu voľnejšej kapacity.



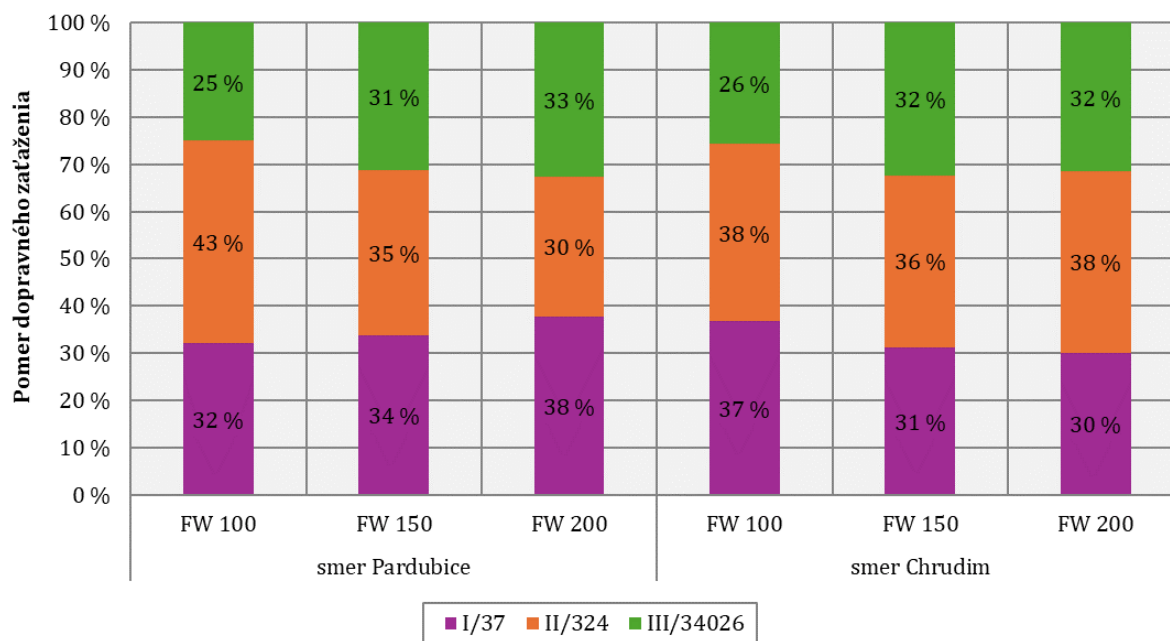
Obr. 14 Distribúcia vozidiel rozdelená podľa kategórií ciest a smerov

Zdroj: autor

Rozdiely v dopravnom zaťažení je potrebné vnímať pre každý riešený smer samostatne. V prípade ciest smerujúcich do Pardubíc dochádza k významnej zmene podielu vozidiel využívajúcich jednotlivé kategórie ciest (obr. 15). Pri modelovej záťaži FW 100 dominuje využívanie cesty druhej triedy (43 % ciest), potom nasleduje cesta prvej triedy a nakoniec tretej. Pri záťaži FW 150 je rozdelenie pre všetky kategórie približne tretinové. Zlom nastáva až pri záťaži FW 200, kedy je možné pozorovať dominanciu cesty prvej triedy (38 % ciest). Uvedené zistenie súvisí s dostupnou kapacitou komunikácií vo vzťahu kVDF, pretože aj pri vzdialenostne najkratších trasách

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

dochádza k zdržaniu vozidiel vplyvom tvorenia kongescií. Práve tu sa ukazuje prednosť obchvatov, pretože vďaka ich smerovému vedeniu a technickým parametrom (minimalizácia úrovnových križovatiek, vyššia priemerná rýchlosť) je ich využitie vhodné nie len pre tranzitné, ale aj pre regionálne cesty medzi mestami.



Obr. 15 Pomer dopravného zaťaženia rozdelený podľa kategórií ciest a smerov

Zdroj: autor

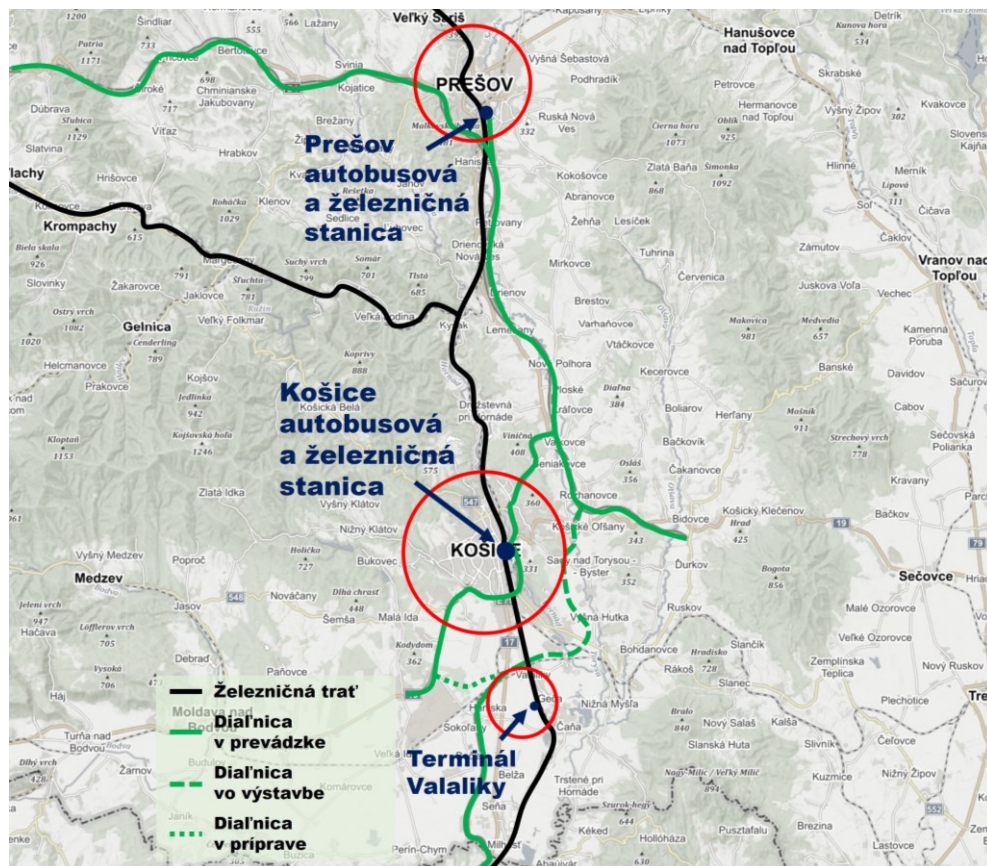
V opačnom riešenom smere (do mesta Chrudim) je situácia odlišná. Pri najmenej modelovej záťaži (FW 100) dominujú cesty prvej a druhej triedy (37–38 %), cesta tretej triedy je najmenej využívaná (obr. 15). Vplyvom tejto skutočnosti dochádza v ďalších riešených scenároch (FW 150 a 200) k skokovému nárastu intenzít na ceste tretej triedy. Najvyužívanejšou cestou je vo všetkých scenároch cesta druhej triedy. Je to však dané skutočnosťou, že táto cesta tvorí akýsi privádzač z cesty I/37, takže využívanie cesty prvej triedy sa prejavuje aj na nadväznej časti cestnej siete. Obdobný záver platí aj pre cestu tretej triedy. Efekt obchvatu je v tomto prípade významný hlavne v prípade mesta Pardubice, kde obchvat (cesta I/37) tvorí kapacitnú a pomerne rýchlu súčasť dopravnej infraštruktúry.

Pri ostatných uvažovaných cestách medzi mestami Pardubice a Chrudim je s využitím metódy Traffic Assignment zistením, že doprava je rozložená na všetky dostupné trasy. Pri týchto cestách platia rovnaké predpoklady, aké sú zistené aj na modelovom príklade prepojenia centier týchto miest. **Dôležité je teda umiestnenie zdrojov a cieľov ciest vo vzťahu k obchvatu.** Preto je pre ostatné časti mesta Pardubice obchvat buď vôbec nepoužiteľný (východná časť), alebo na druhej strane veľmi prospešný (západná časť). Zvolený príklad teda preukazuje, že spôsob napojenia miest na obchvat má pomerne významnú úlohu pri jeho využití pre iné ako tranzitné jazdy, pričom dôležité sú aj samotné parametre ostatných dostupných trás. Preto je dôležité pozerat' sa na skúmaný problém komplexne, a teda brať do úvahy aj dostupné alternatívy k obchvatu, ktorých je v riešenom území dostatok.

5.2.2 Autobusová doprava

Dopravné modelovanie umožňuje obdobnú problematiku ako v časti 5.2.1 okrem individuálnej dopravy modelovať aj vo verejnej doprave. V tomto prípade je predmetom výskumu slovenské územie, a to napojenie rozvojovej oblasti južne od Košíc na susedné významné spádové mesto Prešov. Konkrétne ide o dostupnosť územia priemyselného parku Valaliky. V tomto priemyselnom parku má v horizonte piatich rokov pracovať približne 10 000 ľudí (bude to najväčší priemyselný park na východnom Slovensku), čo pochopiteľne vytvorí vysoké nároky na prepravu zamestnancov do práce aj zo vzdialenejších oblastí. Ako maximálne hodnoty je v tomto smere možné pri dennej dochádzke uvažovať 90 minút jazdy, čo zodpovedá vzdialenosti približne 100 km. Medián cestovného času sa dá predpokladať na úrovni približne 60 minút.

Dochádzka teda bude celkom určite smerovaná z blízkeho mesta Košice, ktoré priamo susedí s priemyselným parkom. Ide o druhé najväčšie mesto na Slovensku s počtom obyvateľov takmer 230 tisíc (celá aglomerácia má viac ako 350 tisíc obyvateľov). Z hľadiska vedeckého zamerania autora na cestné obchvaty je však dôležitá dochádzka zo vzdialenejších miest. Vhodným príkladom je práve mesto Prešov, ktoré je od priemyselného parku vzdialené zhruba 50 km. Ide o tretie najväčšie mesto na Slovensku, počet obyvateľov je takmer 85 tisíc, spoločne so širším okolím je to do 200 tisíc obyvateľov. Na základe uvedených dát je preto vysoko pravdepodobné, že pomerne významná časť zamestnancov bude do priemyselného parku dochádzať práve z okolia Prešova. Prehľad riešenej oblasti s vyznačenou cestnou a železničnou infraštruktúrou



Obr. 16 Perimeter riešenej oblasti s vyznačenou cestnou a železničnou infraštruktúrou

Zdroj: autor s využitím [83]

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Existujúcu infraštruktúru medzi Prešovom a Košicami, využitelnú pre jednotlivé módy verejnej dopravy, tvorí čiastočne dvojkolajná (50 % dĺžky) železničná trať a diaľnica (obr. 16). Cestovný čas vozidiel (vlakov a autobusov) je 30 minút. Železničná a autobusová stanica je v oboch mestách lokalizovaná vo vzájomnej blízkosti, takže z pohľadu prístupnosti pre cestujúcich sú obidva módy verejnej dopravy rovnako dostupné. Preto nie je problematika prvej míle v tomto kontexte bližšie sledovaná, aj keď vo všeobecnosti (najmä vo vzťahu k individuálnej doprave) je jej efekt významný. Podstatný je efekt poslednej míle, teda ako sa ľudia dostanú z Košíc do priemyselného parku. Hlavným predpokladaným systémom poslednej míle je vlak, ktorý by mal jazdiť medzi stanicou Košice a Terminálom Valaliky v tzv. zmenových časoch (okolo 6, 14 a 22 h). Z Terminálu Valaliky by mala premávať kyvadlová autobusová doprava priamo do areálu závodu, ktorá zabezpečí dopravu zamestnancov čo najbližšie k vstupnej bráne do závodu.

V súvislosti s aktuálne prebiehajúcou výstavbou diaľničného obchvatu Košíc je predmetom riešenia výskumná otázka, či je možné využitie tohto obchvatu aj pre priamy návoz zamestnancov z Prešova do priemyselného parku, bez zastavenia v Košiciach (a analogicky v opačnom smere). V tomto prípade je možné sledovať v podstate dva efekty budovaného obchvatu. Jednak ide o zistenie veľkosti zmeny delby prepravnej práce vo verejnej doprave, zároveň je možné sledovať aj efekt zmeny času cestujúcich stráveného v prepravnom procese. Predmetný výskum nadväzuje na problematiku riešenú v časti 5.1.2, pričom dochádza k jej čiastočnému rozšíreniu a podrobnejšiemu riešeniu s využitím štvorstupňového dopravného modelu.

Uvedené efekty sú sledované na predpokladoch vychádzajúcich z platných národných a regionálnych strategických dokumentov, v rámci ktorých je (pri súčasných parametroch infraštruktúry) v špičkových hodinách uvažovaná frekvencia vlakových spojov medzi Prešovom a Košicami v intervale 30 minút, v prípade autobusových spojov každých 15 minút. V rámci poslednej míle sa uvažuje s dvomi párami vlakov v čase striedania zmien medzi Košicami a Terminálom Valaliky. Predmetom tohto výskumu je zistenie vplyvu zavedenia novej autobusovej linky, a to za účelom nájdenia určitých zovšeobecnených efektov, ktoré sa v tejto situácii vyskytujú. Tieto novo pridané spoje budú využívať diaľničný obchvat Košíc, a to bez akejkoľvek obsluhy tohto mesta. Na takto definovanom modelovom príklade je teda možné skúmať vplyv infraštruktúry vyššej kategórie na verejnú dopravu, a s tým súvisiace ďalšie faktory ovplyvňujúce tento druh dopravy.

Na riešenie výskumného problému je použitý dopravný model Košického samosprávneho kraja (ako súčasť krajského strategického dokumentu PUM), ktorý je na vyžiadanie dostupný aj pre odbornú verejnosť. Tento dopravný model je vytvorený v modelovacom softvéri PTV VISUM, takže v tomto prípade nie je možné z dôvodu nekompatibility využiť softvér Aimsun Next, ktorý má k dispozícii aj školiace pracovisko. Preto je krátkodobou využitá počítačová podpora organizátora IDS Východ, s. r. o.⁵ V predmetnom dopravnom modeli je potrebné vykonať niekoľko

⁵ Autor dizertačnej práce je v čase odovzdania tejto práce zamestnancom spoločnosti IDS Východ, s. r. o. Z hľadiska pracovnej náplne sa však autor nevenuje dopravnému modelovaniu ani nemá štandardne k dispozícii potrebnú počítačovú podporu. Na predmetný výskum bola zapožičaná potrebná softvérová a hardvérová podpora zamestnávateľom, pričom k jej využitiu prišlo mimo štandardného pracovného času.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

úprav za účelom zvýšenia jeho podrobnosti a prispôsobenia pre účel vedeckej činnosti autora. Konkrétne ide o modifikáciu dopravnej siete a doplnenie liniek, spojov a zastávok verejnej dopravy. Taktiež je potrebné namodelovať aj atraktivity a disponibility jednotlivých prepravných okrskov tak, aby poskytoval dopravný model relevantné výsledky vo vzťahu k skúmanej problematike.

Riešenie definovaného problému spočíva v porovnaní dvoch modelových variantov obsluhy priemyselného parku. Pre cestujúcich zo/do smeru Prešov je v prvom variante dostupná vlaková linka Prešov – Košice s možnosťou prestupu na nadväznú vlakovú spojovú linku zo stanice do Terminálu Valaliky. Okrem vlakov sú medzi týmito mestami dostupné aj autobusové spoje, avšak do Terminálu Valaliky je nutné využiť vlak. Medzi Terminálom Valaliky a priemyselným parkom je vedená kyvadlová autobusová doprava vo veľmi krátkom intervale, takže celkovo je pri ceste zo stanice Prešov nutné prestúpiť minimálne dvakrát. Uvažovaný cestovný čas Prešov – Terminál Valaliky je v tomto variante 50 minút (tab. 16).

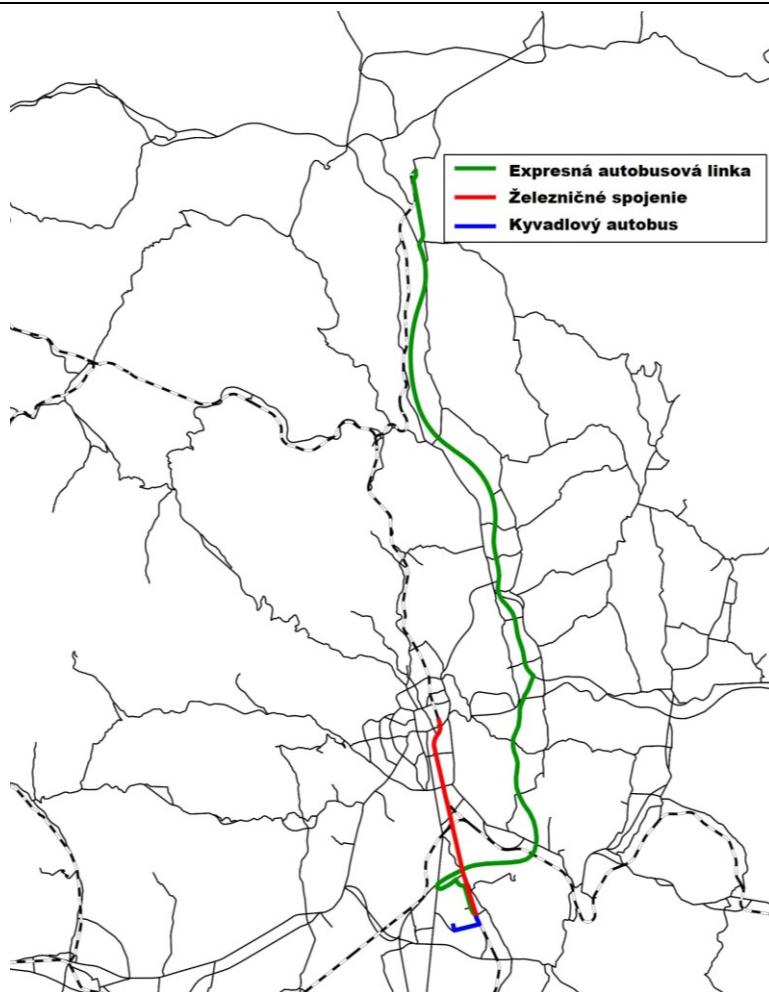
Tab. 16 Porovnanie cestovných časov v skúmaných variantoch

Dopravný mód	Cestovný čas – 1. variant	Cestovný čas – 2. variant
Vlak/autobus Prešov – Košice	30 min	30 min
Prestup v stanici Košice	8 min	8 min
Vlak Košice – Valaliky	12 min	12 min
Autobus Prešov – Valaliky	–	40 min
Prestup v Termináli Valaliky	5 min	5 min
Kyvadlový autobus	5 min	5 min

Zdroj: autor

Druhý variant spočíva v doplnení uvedených vlakových a autobusových spojení o novú priamu expresnú autobusovú linku Prešov – Terminál Valaliky, vedenú po aktuálne budovanom diaľničnom obchvate Košíc (bez obsluhy tohto mesta), s následným prestupom na kyvadlové autobusy (obr. 17). Spojie pridanej expresnej autobusovej linky majú v tomto variante cestovný čas 40 minút. V prípade oboch variantov je pri preprave do/z priemyselného parku potrebné k uvedenému cestovnému času pripočítať ďalších približne 10 minút na presun s využitím kyvadlových autobusov.

Jednotlivé modelované varianty pokrývajú všetky tri uvažované osemhodinové pracovné zmeny, ktoré tvoria najpočetnejšiu skupinu dochádzajúcich a odchádzajúcich zamestnancov. Zadané parametre modelu a s tým spojené použité funkcie vychádzajú z procesu kalibrácie pôvodného dopravného modelu. Údaje pre kalibráciu verejnej dopravy boli získané okrem štandardných metód vychádzajúcich z aposteriórneho dopytu aj formou dotazníkového šetrenia za účelom zistenia apriórneho dopytu. Pre stupeň modal split (v softvéri PTV VISUM označeného ako mode choice) je použitá funkcia Logit s parametrom $c = -1$, ktorý bol stanovený na základe iteratívneho porovnania modelových a skutočných údajov. Presnosť dopravného modelu je teda pomerne vysoká, čo je dobrým predpokladom pre jeho ďalšie použitie.



Obr. 17 Zobrazenie riešených liniek na dopravnej sieti

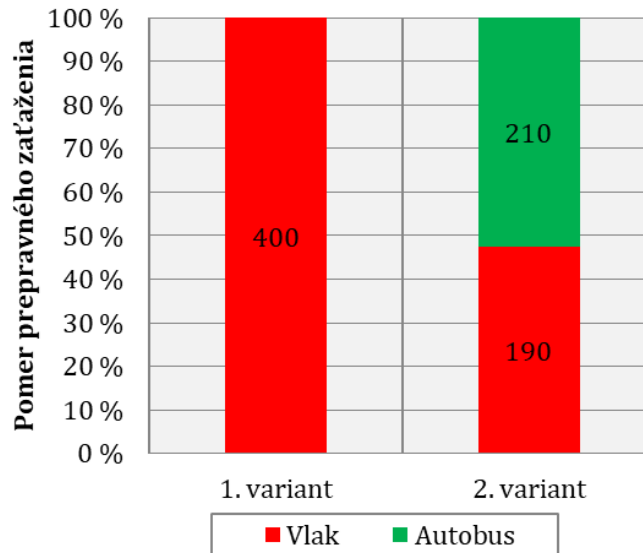
Zdroj: autor s využitím [84]

Keďže v riešenom prípade ide o skalibrovaný a validovaný dopravný model, tak sú použité všetky kroky štvorstupňového dopravného modelu. Z výsledkov prvých dvoch stupňov (Trip generation a Trip distribúciom) vyplýva, že prepravný potenciál verejnej dopravy (po odpočte dopravy individuálnej) medzi Prešovom a priemyselným parkom Valaliky predstavuje 400 cestujúcich za deň v oboch smeroch, pričom tento počet nezahrňuje cestujúcich z aglomerácie a širšieho okolia mesta. Táto hodnota je pre ďalší výskum použitá ako modelová. V prvom variante je teda celý objem cestujúcich smerujúcich do/z Terminálu Valaliky prepravovaný železničnou dopravou, pretože ekvivalent v podobe expresnej autobusovej linky nie je zavedený. Zaujímavá situácia nastáva v druhom variante, kedy dochádza k presunu viac ako polovice cestujúcich do systému autobusovej dopravy. Modal split na sledovanej relácii sa z pôvodnej dominancie železničnej dopravy zmení na pomer 52,5:47,5 v prospech autobusovej dopravy (obr. 18).

Autobusová doprava však má svoje limity a nie je ju možné neobmedzene rozvíjať. Limity sú dané samotnou kapacitou použitých autobusov, pričom do úvahy je nutné brať (vzhľadom na cestovný čas) len miesta na sedenie, ktorých počet je vo veľkokapacitných autobusoch približne 70 až 80. Obmedzenie predstavuje aj samotná početnosť autobusov, ktorá nie je neobmedzená a z ekonomického pohľadu nie je efektívne viesť niekoľko autobusov v tesnom slede za sebou, pričom v takomto prípade je výhodnejšou alternatívou vlak. V skúmanom prípade sú vedené

FAKTORY OVPLYŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

tri spoje na každú zmenu v 5 minútovom intervale (a analogicky v opačnom smere). Takéto spojenie je atraktívnejšie ako vlak vedený len v jednom čase. Aj to môže predstavovať dôvod, prečo je na skúmanej relácii modelovaním generovaná tak vysoká atraktivita autobusovej linky.



Obr. 18 Deľba prepravnej práce na riešenej relácii v jednotlivých variantoch

Zdroj: autor

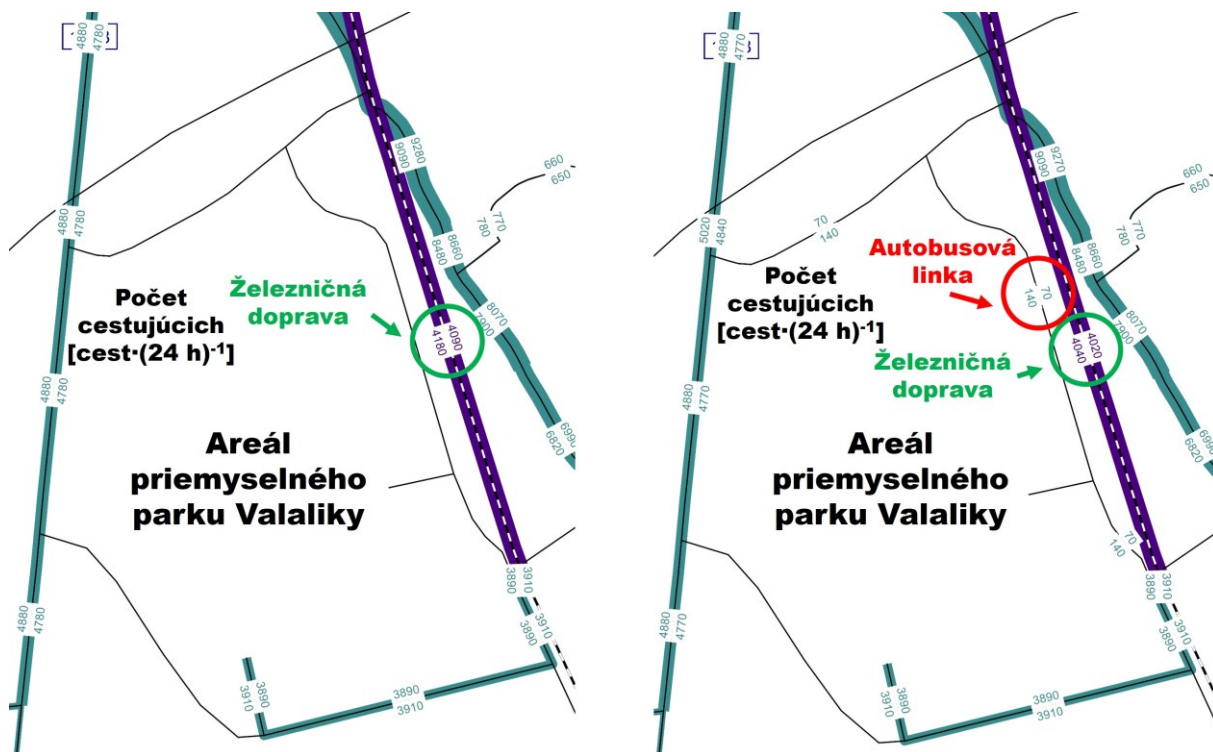
Upravený a doplnený dopravný model poskytuje aj širší pohľad na skúmanú problematiku. Z jeho výsledkov je tak možné sledovať dôsledky zavedenia expresnej autobusovej linky vo vzťahu k celkovej dochádzke do priemyselného parku v rámci širšieho regiónu. Podľa prognózovaných údajov vychádzajúcich z dopravného modelu je počet pracovníkov prepravujúcich sa do a z priemyselného parku systémom železničnej dopravy (1. variant) celkom 8 270 osôb za deň (obr. 19). Po zavedení novej autobusovej linky (2. variant) je podľa výsledkov dopravného modelu presmerovaných 210 ciest zo železničnej do autobusovej dopravy, čo predstavuje 2,5 % z podielu verejnej dopravy súvisiacej so zabezpečením dopravných služieb do a z priemyselného parku.

Z uvedeného výskumu modelovej situácie vyplýva, že vplyv infraštruktúry vyššej kategórie má vplyv na rozsah a využívanie služieb verejnej dopravy. Reálna využiteľnosť verejnej dopravy za účelom dochádzania do práce sa však časom môže zmeniť. Pri atraktívnej ponuke verejnej dopravy postupne pravdepodobne stúpne jej atraktivita aj pre užívateľov individuálnej dopravy, avšak súčasne s tým dôjde aj k predĺženiu času stráveného v prepravnom procese v porovnaní s individuálnou dopravou. Motiváciou pre použitie verejnej dopravy môžu byť aj rôzne iné faktory, ako napríklad problém s parkovaním, dopravné kongescie, príp. iná regulácia individuálnej dopravy v budúcnosti.

Vzhľadom na dosiahnuté výsledky je zrejmé, že priame expresné autobusové spojenie má svoj potenciál, ale jeho reálne prevádzkové možnosti a využitie je značne závislé od časových polôh spojov, kapacity, komfortu a rýchlosti týchto spojov. Samotné skrátenie cestovného času nie je pri porovnaní so železničnou dopravou až takým významným prínosom tohto spojenia, a to najmä pri potrebe použitia ďalšieho druhu dopravy v rámci prvej míle. Faktom však je,

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

že v dopravnom modeli nie je riešená stabilita železničnej dopravy, ktorá je obmedzená technologickými možnosťami jednokolajnej trate, následkom čoho by ojedinele mohla nastať situácia, kedy by sa nemusel stihnúť prestup medzi vlakmi v stanici Košice. Preto by mohol byť, po negatívnej skúsenosti niektorých cestujúcich, potenciál autobusového spojenia ešte vyšší.



Obr. 19 Kartogram prepravného zaťaženia pre výhľadový stav
(var. 1 vľavo, var. 2 vpravo)

Zdroj: autor s využitím [84]

Dôležitým faktorom, ktorý by mohol v budúcnosti ovplyvniť zistenú del'bu prepravnej práce, je cena. Predpokladom, ktorý je implementovaný aj v použítom dopravnom modeli, je použitie spoločnej integrovanej tarify, teda samotná výška cestovného je rovnaká v oboch uvažovaných variantoch. V skutočnosti však môže nastať stav, že jeden z druhov dopravy bude výrazne lacnejší. Pri uvažovaní dennej dochádzky môže výška cestovného významnejšie zmeniť modal split, a to bez ohľadu na parametre jednotlivých dopravných spojení a využitú infraštruktúru. Limitujúcim faktorom bude v tomto prípade kapacita vozidiel, pričom v ojedinelých prípadoch bude potrebné pristúpiť k zavedeniu miestenkového systému. Vplyv na využívanie verejnej dopravy môže mať aj samotná dĺžka pracovnej zmeny. V prípade dlhších pracovných zmien (12 hodín) môže existovať väčšia ochota zamestnancov cestovať na dlhšie vzdialenosti, pretože nedochádzajú denne ale len niekoľkokrát týždenne. Naopak pri dennej dochádzke (štandardná 8 hodinová zmena) môže byť ochota cestovať dlhší čas menšia. Faktom však je, že pri práci vo výrobnnej sfére existuje ochota využívať verejnú dopravu, pretože je pre zamestnancov náročné 8 alebo 12 hodín fyzicky pracovať a následne sa presúvať v osobnom aute na dlhšie vzdialenosti. V tejto situácii je dôležitá existencia verejnej dopravy, ktorej atraktivita (najmä cestovný čas) musí byť porovnateľná s individuálnou dopravou. Suvedeným záverom úzko súvisí existencia infraštruktúry vyššej kategórie, ktorá má priamy vplyv na parametre služieb verejnej dopravy.

5.2.3 Čiastkové zistenia

Kapitola 5.2 je zameraná na využitie metód dopravného modelovania za účelom zhodnotenia dopadov výstavby dopravnej infraštruktúry vyššej kategórie na dopravné prúdy, konkrétne v cestnej (individuálnej) a verejnej doprave. Kľúčovým zistením je, že efektívnosť dopravných riešení, medzi ktoré patrí výstavba obchvatov a s tým súvisiace zmeny v dopravných tokoch, závisí od dôkladnej analýzy potenciálnych dopadov na dopravu v daných lokalitách. Výsledky vykonaného dopravného modelovania preukázali, že obchvaty môžu významne znížiť dopravnú záťaž v centrách miest a zlepšiť kvalitu prepojenia dvoch susedných miest. Za týmto účelom bolo predstavené aj matematické riešenie predmetného problému. Medzi rozhodujúce faktory, ktoré ovplyvňujú dopravné prúdy v cestnej doprave, patria umiestnenie, dostupnosť a kvalita infraštruktúry vyššej kategórie.

Z pohľadu autobusovej dopravy je dôležitá jej integrácia do fungujúceho dopravného systému, aby sa predišlo negatívnym dôsledkom na atraktivitu verejnej dopravy. Z hľadiska verejnej dopravy sú kľúčovými faktormi ovplyvňujúcimi jej využívanie spôsoby vedenia obchvatu, frekvencia spojov, náklady na dopravu a cestovný čas. Okrem vyššie uvedeného vplyvajú na odklonenie dopravy mimo centier miest aj politické rozhodnutia, miestne regulačné opatrenia a samotné preferencie cestujúcich v danom území. Výsledky predmetnej vedecko-výskumnej činnosti sú dôležité pre plánovanie efektívnych dopravných riešení, ktoré zohľadňujú nielen zníženie dopravnej záťaže, ale aj optimalizáciu verejnej dopravy a zachovanie prístupnosti centier miest. Dôraz je pritom kladený na určité zovšeobecnenie a možnosť prenositeľnosti predstavených metód aj na riešenie obdobných problémov v iných častiach regiónu a štátu.

6 Návrh metodiky, jej aplikácia a prínosy pre vedu a prax

Táto kapitola je zameraná na návrh, použitie a overenie postupov vychádzajúcich z rozšírenia poznania v predchádzajúcej kapitole, a to s dôrazom na prínosy pre prax a eventuálne aj pre ďalší vedecký výskum. Výstupom kapitoly je metodika uplatniteľná pri nahradzovaní dopravných sietí úsekmi vyššej kategórie, ktorá spočíva v zhodnotení a aplikácií analytických nástrojov a metód dopravného modelovania v reálnom prostredí pri riešení konkrétnych dopravných problémov. Účelom kapitoly je aj zhodnotenie praktických dopadov navrhnutého riešenia, vrátane možnosti zlepšenia dopravnej infraštruktúry a jej potenciálneho prispôsobenia potrebám spoločnosti. Kľúčovým aspektom je použitie vhodných metód, najmä dopravného modelovania, a to za účelom optimalizácie individuálnej aj verejnej dopravy pri súčasnom efektívnom využití infraštruktúry.

Metodika predstavená v podkapitole 6.1 nie je vytvorená na základe nejakého existujúceho alebo všeobecne platného dokumentu (norma, dohovor, kodifikácia a pod.). V rámci dizertačnej práce je metodika chápaná ako určitý praktický pracovný postup, ktorého účelom je cieľavedomé uplatňovanie informácií a metód. Ide teda o návod, ako postupovať pri riešení problematiky nahradzovania dopravných sietí, a to so zreteľom na všeobecné uplatnenie v čo najväčšom spektre situácií. Navrhnutá metodika obsahuje systematický prístup s dôrazom na jej praktické využitie pri riešení reálnych situácií, a to od zberu dát, cez ich spracovanie a využitie, až po vyhodnotenie zistených efektov.

6.1 Metodika pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí

Metodika riešenia problému nahradzovania úsekov ciest infraštruktúrou vyššej kategórie⁶ pozostáva z prehľadného a logického postupu vytvoreného na základe postupov a výsledkov vlastného výskumu riešeného problému. Predmetná metodika postupuje od identifikácie problému, cez jeho riešenie až po monitorovanie výsledkov a následnú optimalizáciu. Každý krok je vzájomne prepojený a navrhnutý tak, aby umožnil efektívne riešenie skúmaného problému prostredníctvom metód predstavených a vysvetlených v predchádzajúcich častiach dizertačnej práce. Metodika je rozdelená na dve hlavné časti, pričom obdobne ako zvyšok práce reflektuje špecifické kroky pre cestnú a verejnú dopravu. Každý krok v metodike je prispôsobený potrebám a špecifikám jednotlivých dopravných systémov.

Rozsah riešených problémov, na ktoré je možné predmetnú metodiku uplatniť, korešponduje so spektrom problematiky rozoberanej v dizertačnej práci. V oblasti cestnej dopravy ide o predikciu dopravnej situácie v meste po vybudovaní obchvatu, využiteľnosť infraštruktúry vyššej kategórie aj pre cesty začínajúce a končiacie v jednom meste, zistenie zmien v trasovaní

⁶ Určenie metodiky sa nevzťahuje nutne na formálnu kategóriu cestnej infraštruktúry. Vyššia kategória znamená v tomto kontexte určitú vyššiu alebo obdobnú kvalitu nového úseku dopravnej siete, a to bez ohľadu na kategóriu pozemnej komunikácie.

ciest používateľov dopravy, ale aj efekt úpravy spôsobu prepojenia mesta a jeho obchvatu. Pri riešení verejnej dopravy ide o využiteľnosť infraštruktúry vyššej kategórie pre linky autobusovej dopravy, a to buď ich úplným alebo čiastočným odklonením. Súčasťou problematiky je aj dopravná obslužnosť obchádzaných sídel lokalizovaných na nahradených úsekoch ciest.

6.1.1 Cestná doprava

Predmetná problematika predstavuje v prípade cestnej dopravy riešenie viacerých dopravných tokov. Vo vzťahu k určitému sídlu ide najmä o tranzitné dopravné prúdy, o toky začínajúce a končiacie v tomto sídle s presahom do regiónu, ale aj o cesty v rámci jedného mesta (podrobnejšie o dopravných tokoch viď podkapitolu 2.2).

Identifikácia problému

Prvotným krokom pri uvažovaní o výstavbe ciest vyššej kategórie je teda detailná identifikácia problému vo vzťahu k dotknutým sídlam. Tento krok pozostáva z definovania konkrétnych problémov súvisiacich s cestnou dopravou, ktoré predstavujú akýsi impulz pre modernizáciu cestnej siete. Najčastejšie ide o preťaženie ciest v mestách s existenciou dopravných kongescií, príp. o neefektívne a nevhodné riešenie existujúcich obchvatov alebo prietahov. V niektorých prípadoch môže byť výstavba novej infraštruktúry vyvolaná aj inými faktormi (viď podkapitolu 2.3), napr. logickým prepojením častí existujúcej infraštruktúry, príp. vznikom novej priemyselnej či rezidenčnej oblasti alebo požiadavkami na zvýšenie bezpečnosti cestnej premávky v mestách a pod. Práve správna identifikácia problémov a dôvodov je dôležitá pre ďalší metodický postup.

Zber a analýza údajov

Každý zistený problém je potrebné podložiť argumentami, vo väčšine prípadov ich je možné a nutné podporiť aj konkrétnymi dátami. Toto predstavuje ďalší krok v navrhovanej metodike, predmetom ktorého je zber a analýza údajov. Zhromažďovanie dát je nutné prispôbiť identifikovaným problémom, t. j. faktorom vyvolávajúcim potrebu výstavby novej infraštruktúry. Ako vyplýva z vyššie uvedeného, môže ísť vo všeobecnosti o dôvody na strane mesta, resp. obce, prípadne o výstavbu infraštruktúry vyvolanú ako vedľajšia či vynútená investícia. Samotné dáta pozostávajú zo smerovania a intenzity dopravných prúdov, typov vozidiel a ich rýchlosti v danej lokalite. Zdrojom uvedených dát môže byť napr. celoštátne sčítanie dopravy, pri podrobnejšom skúmaní je potrebné vykonať dopravné prieskumy, najmä za účelom zistenia smerovania dopravných prúdov. Cestovná rýchlosť vozidiel sa najčastejšie odvíja od kvality a šírkového usporiadania ciest, množstva a typov križovatiek, dopravného značenia a legislatívnych obmedzení. Ďalšími potrebnými údajmi sú geografické parametre pôvodnej a novej infraštruktúry, ale aj informácie o spoplatnení využívania tejto infraštruktúry. Prehľad spektra použiteľných údajov, vrátane ich klasifikácie, je predmetom tab. 4 uvedenej v podkapitole 4.4.

Využitie dostupných metód a nástrojov

Po úspešnej identifikácii problémov a analýze s tým súvisiacich dát je možné pristúpiť k ďalšiemu kroku, ktorým je využitie dostupných metód a nástrojov. V závislosti od rozsiahlosti riešeného

problému, časových možností a požadovanej podrobnosti riešenia, môžu byť použité iba analytické nástroje alebo dopravné modelovanie, príp. ich kombinácia. Pri riešení predovšetkým tranzitných dopravných prúdov je výhodné použitie analytických nástrojov, a to vzhľadom na ich rýchlosť a výpočtovú jednoduchosť. Riešenie spočíva v nájdení obdobných problémov vyriešených v minulosti, kedy je možné pri dostatočnej vzorke miest (porovnateľných situácií) dopravnú situáciu v týchto mestách aproximovať a následne ju vzťahnúť na aktuálne riešenú situáciu. Na úvod je vhodné použiť popisnú štatistiku, následne potom metódy štatistickej analýzy dát, konkrétne regresný model popisujúci vzťah medzi intenzitami dopravných prúdov v meste pred a po vybudovaní novej infraštruktúry (viac k týmto metódam viď podkapitolu 4.2).

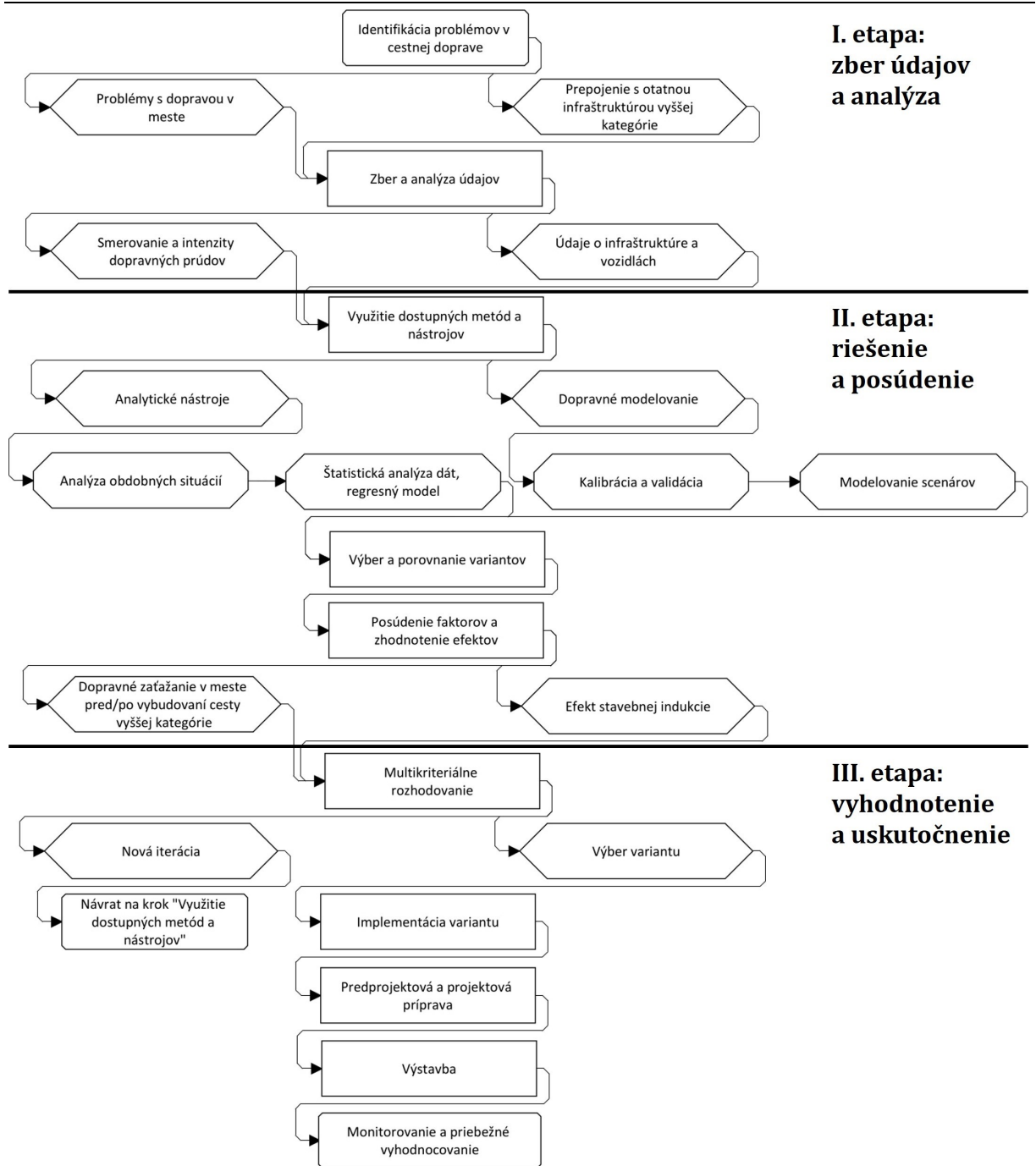
Podrobnejší prístup k riešenej problematike poskytujú metódy dopravného modelovania. Zároveň je možné týmto prístupom skúmať aj iné dopravné prúdy, teda najmä tie východzie a končiace v riešenom sídle. Pri použití dopravného modelovania nie je na rozdiel od analytických nástrojov nevyhnutné sústrediť sa na iné (porovnateľné) mestá, ale skôr na samotný dopravný model a potrebné dáta. Pri tomto prístupe je dôležité najprv vytvoriť základ dopravného modelu obsahujúci sledovaný rozsah dopravnej siete a údaje o dopravných prúdoch (atraktivita, disponibilita, priemerné rýchlosti a pod.). Následným krokom je kalibrácia tohto modelu, ktorá prebieha na základe reálnych dát, s cieľom korektného opisu aktuálnej (známej) situácie. Po úspešnom procese validácie dopravného modelu je možné jeho použitie v ďalšom postupe. Alternatívou je použitie už existujúceho skalibrovaného a validovaného dopravného modelu.

Pri použití metód dopravného modelovania predstavuje ďalšie riešenie problému samotné dopravné modelovanie a prognózovanie dopravných intenzít (detaily štvorstupňového dopravného modelu sú obsahom podkapitoly 4.1). To znamená vloženie uvažovaných variantov riešenia do vytvoreného (resp. prevzatého) dopravného modelu, konkrétne môže ísť o výstavbu infraštruktúry vyššej kategórie, zmenu v trasovaní existujúcich ciest alebo úpravu spôsobu prepojenia mesta a jeho obchvatu. Cieľom tohto kroku je modelovať budúce scenáre v cestnej doprave, a to za účelom vytvorenia podmienok pre ich vzájomné porovnanie.

Posúdenie faktorov a zhodnotenie efektov

Dôležitou súčasťou metodického postupu je posúdenie zistených faktorov a následné zhodnotenie ich efektov v kontexte skúmanej problematiky výstavby novej infraštruktúry. Súčasťou overovaných efektov by mal byť výskum dopravnej indukcie, teda posúdenie dopravného zaťaženia v meste pred a po postavení novej infraštruktúry. Práve dopravné zaťaženie v centre mesta môže byť výrazne rozdielne v závislosti od konfigurácie uvažovanej infraštruktúry. Z pohľadu sledovaného efektu stavebnej indukcie je významnou časťou výskumu aj poznanie územno-plánovacej dokumentácie. Na proces prognózovania budúcich dopravných intenzít má významný vplyv aj možná výstavba novo plánovaných objektov (výrobné haly, sklady, a pod.) v okolí skúmanej dopravnej infraštruktúry. V praxi sa totiž často stáva, že výstavba nových ciest urýchli rozvoj územia v ich okolí, s čím treba pri aplikácii metodického postupu uvažovať. Uvedený postup je zhrnutý v schematickom diagrame pre cestnú dopravu zobrazenom na obr. 20, ktorý obsahuje prehľadnú štruktúru navrhutej metodiky pre cestnú dopravu. Predmetný diagram je vo vyššom rozlíšení súčasťou prílohy A.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE



Obr. 20 Schematický diagram navrhnutej metodiky pre cestnú dopravu

Zdroj: autor

Predstavený schematický diagram obsahuje určité zjednodušenie v tom, že v ňom nie sú detailne popísané všetky vzťahy a metódy. Táto skutočnosť je daná tým, že situácia môže byť v každom posudzovanom prípade iná, dôležitý je však samotný postup a dôkladne preskúmanie dostupných alternatív. Pri použitých metódach existuje určitá voľnosť, pretože rozsiahlosť problematiky si môže vyžadovať iba čiastočné použitie predstavených metód, prípadne aj na samotné vyhodnotenie môžu mať vplyv aj iné ako objektívne faktory.

Rozhodovanie, implementácia, príprava a následná výstavba

Pre výber a porovnanie variantov je vhodné použitie metód multikriteriálneho rozhodovania, ktoré na základe sledovaných kritérií umožňujú vybrať variant s najlepšimi prínosmi. Samotné modelovanie je možné vykonávať opakovane za účelom priebežného sledovania drobných zmien v infraštruktúre vyvolaných práve týmto modelovaním. Tento iteratívny prístup umožňuje vybrať konkrétne riešenie v závislosti od prognózovanej situácie na pôvodnej a novej infraštruktúre, ktoré bude v budúcnosti realizované.

Ďalší metodický postup je už nad rámec vedecko-výskumnej činnosti autora, pretože jeho predmetom je samotná implementácia navrhovaného riešenia do praxe. V rámci skúmanej problematiky ide teda o proces projektovej prípravy a následnej fyzickej realizácie danej cestnej infraštruktúry. Po realizácii nasleduje monitorovanie vzniknutej situácie a po určitom časovom odstupe aj samotné vyhodnotenie prijatých riešení na základe dát získaných priamo z praxe. Pre tento krok možno využiť aj dopravný model, pričom je potrebná jeho opätovná kalibrácia a validácia na nový stav. Nasledujú prípadné ďalšie námety na zlepšenie vzniknutej situácie, resp. na jej optimalizáciu, takže procesne sa vlastne začína riešenie nového problému od jeho počiatku.

6.1.2 Verejná doprava

Obdobná, no modifikovaná metodika, je navrhnutá aj pre systém verejnej dopravy. Pri riešení tohto dopravného módu je však výskumný problém trochu odlišný ako v prípade individuálnej dopravy. Predmetom je riešenie spôsobu obsluhy miest spojami liniek diaľkovej autobusovej dopravy v prípade existencie, resp. pri procese plánovania obchvatov. Zároveň sa však skúma aj samotný vplyv obchvatov vo vzťahu k zefektívneniu trasovania týchto liniek.

Identifikácia problému

Aj v tomto prípade je dôležitá správna identifikácia problému, ktorá predstavuje prvý krok predstavenej metodiky. Impulzom pre odklonenie liniek mimo centrum mesta je najčastejšie výstavba novej infraštruktúry, avšak môže ísť aj o iné faktory, napr. o požiadavky miestnych obyvateľov, tranzitujúcich cestujúcich či politikov (zastupiteľov). Podrobnejšie sú faktory rozoberané v podkapitole 2.7. Príkladmi identifikovaných problémov sú neefektívne trasovanie linky, nedostatočná frekvencia spojov v riešenom meste, príp. nedostatočná prepojenosť s inými druhmi dopravy. Vo všetkých príkladoch ide o problémy spojené s existenciou, resp. prípravou infraštruktúry vyššej kategórie, takže predmetom riešenia je vlastne rozhodovací problém, ktorého výsledkom je rozhodnutie o obsluhu (neobsluhu) nácestných sídel.

Zber a analýza údajov

Druhým krokom je zber a analýza dát o verejnej doprave a cestujúcich. V tomto kroku je potrebné venovať pozornosť dvom druhom údajov. Ide jednak o kvantifikáciu dát vychádzajúcich z parametrov infraštruktúry, cestovného poriadku a vozidiel, teda cestovný čas, rozsah a frekvenciu spojov a kapacitu vozidiel. Druhú rovinu predstavujú informácie o počte cestujúcich tranzitujúcich cez riešené mesto a samotné atraktivity a disponibility z hľadiska verejnej dopravy

v riešenom meste. Zdrojom predmetných dát o cestujúcich môžu byť údaje z interných systémov dopravcov, ktoré je potrebné doplniť aj o údaje apriórneho dopytu, teda o dáta z dotazníkového šetrenia a sčítania obyvateľstva. Cestovný čas vozidiel vychádza z cestovného poriadku, avšak z hľadiska upresnenia požadovaných vstupov ho je možné vypočítať s väčšou mierou podrobnosti pri znalosti priemernej rýchlosti vozidla a dĺžky riešeného úseku. Klasifikácia jednotlivých vstupných údajov je bližšie popísaná v tab. 4 (podkapitola 4.4). Aj po vykonaní uvedeného kroku zberu dát je však potrebné mať na zreteli charakter samotnej riešenej situácie, ktorý spočíva v zakomponovaní miestnych špecifik do ďalšieho riešenia.

Využitie dostupných metód a nástrojov

Podobne ako v individuálnej doprave nasleduje aj v tomto prípade krok spočívajúci v aplikácii dostupných metód a nástrojov. Vzhľadom na identifikované problémy a dostupné dáta je možné použiť rôzne prístupy, ako analytické tak aj dopravné modelovanie. Použitie analytických nástrojov je výhodné najmä pri riešení obsluhy nácestného sídla tranzitnými spojmi systému diaľkovej autobusovej dopravy. V tejto situácii nie je nevyhnutné vyhľadávať a analyzovať podobné situácie v iných mestách, pretože aj v zdanlivo podobných prípadoch neexistuje rovnaký prístup, čo potvrdzujú aj výsledky vlastného výskumu autora. Do úvahy je tu nutné brať veľké množstvo faktorov, pričom dosť z nich je naviazaných na miestne špecifiká a charakter regiónu, nie len na samotnú veľkosť mesta a konfiguráciu obchvatu. Z pohľadu cestujúcich v nácestných zastávkach je dôležité, aby bol zachovaný štandard obsluhy daného mesta bez ohľadu na výstavbu cesty vyššej kategórie. Na druhej strane, pre tranzitujúcich cestujúcich predstavuje existencia obchvatu potenciál pre skrátenie cestovného času.

Použitie analytických metód predstavuje aj v prípade verejnej dopravy rýchlejšiu a jednoduchšiu cestu, avšak kvalita výsledku závisí do veľkej miery od nastavenia kritérií. Predstavený rozhodovací problém je možné riešiť s využitím multikriteriálnej analýzy. V tomto prípade je dôležité stanovenie samotných kritérií. Medzi tie by v prípade uvažovaného odklonu autobusových spojov mali patriť skrátenie dĺžky trasy z hľadiska vzdialenosti a cestovného času z pohľadu tranzitujúcich cestujúcich, zároveň aj časová strata cestujúcich nastupujúcich a vystupujúcich v obchádzanom sídle. Spoločne teda ide o uplatnenie systémového ekvilibria (bližšie vid' časť 5.1.2). Dôležitým kritériom je aj skutočný, resp. predpokladaný počet cestujúcich a ich smerovanie. Príklady možných kritérií aj s ich špecifikáciou sú predmetom tab. 17.

Vzhľadom na to, že nie všetky kritéria sú v rozhodovacom procese rovnocenné, je potrebné stanoviť ich váhy. Na stanovenie váh kritérií existuje niekoľko metód, pričom za vhodnú pre riešenie problematiku je považovaná Saatyho metóda založená na vzájomnom porovnávaní jednotlivých kritérií (bližšie informácie o metóde vid' podkapitulu 4.3). Porovnanie jednotlivých kritérií môže vykonať nezávislé od seba viac osôb (napr. zodpovedná osoba u dopravcu, samosprávy, príp. iní externí hodnotitelia), čo zaisťuje väčšiu mieru objektivity.

Dôležitou súčasťou rozhodovacieho procesu je správne priradenie hodnôt jednotlivým kritériám. Kým kilometrickú vzdialenosť či počet cestujúcich je možné stanoviť explicitne, tak pri kalkulácií časových úspor a strát je proces zložitejší. Za týmto účelom je možné použiť autorom vytvorený

FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

matematický model, ktorého výsledkom je kalkulácia cestovných časov cestujúcich v rozhodujúcich smeroch v rôznych variantoch (zachádzka do mesta, zastávka na obchvate, interakcia s ostatnými druhmi verejnej dopravy a pod.). Vďaka takto získaným dátam je možné pristúpiť k vyhodnoteniu jednotlivých variantov. Vhodnými rozhodovacími metódami sú v zmysle podkapitoly 4.3 napríklad metóda váženého súčtu (WSA) alebo metóda TOPSIS, pričom obidve z týchto metód je možné použiť napr. v prostredí Microsoft Excel. Výsledkom týchto metód je zoradenie variantov podľa maximalizácie úžitku (WSA), resp. podľa vzdialenosti od ideálneho variantu (TOPSIS), teda v zásade podľa potenciálnych prínosov pre cestujúcich, dopravcu a ostatných relevantných účastníkov.

Tab. 17 Príklady a špecifikácia uplatniteľných kritérií

Kritérium	Jednotka	Cieľ
Celkový počet prepravených cestujúcich v riešenom smere (možno skúmať samostatne pre tranzitujúcich a/alebo miestnych cestujúcich)	cest·(24 h) ⁻¹	maximalizácia
Usporený cestovný čas všetkých tranzitujúcich cestujúcich	osmin	maximalizácia
Časová strata všetkých cestujúcich nastupujúcich a vystupujúcich v obchádzanom meste	osmin	minimalizácia
Priemerný interval medzi spojmi v obchádzaných sídlach	min	minimalizácia

Zdroj: autor

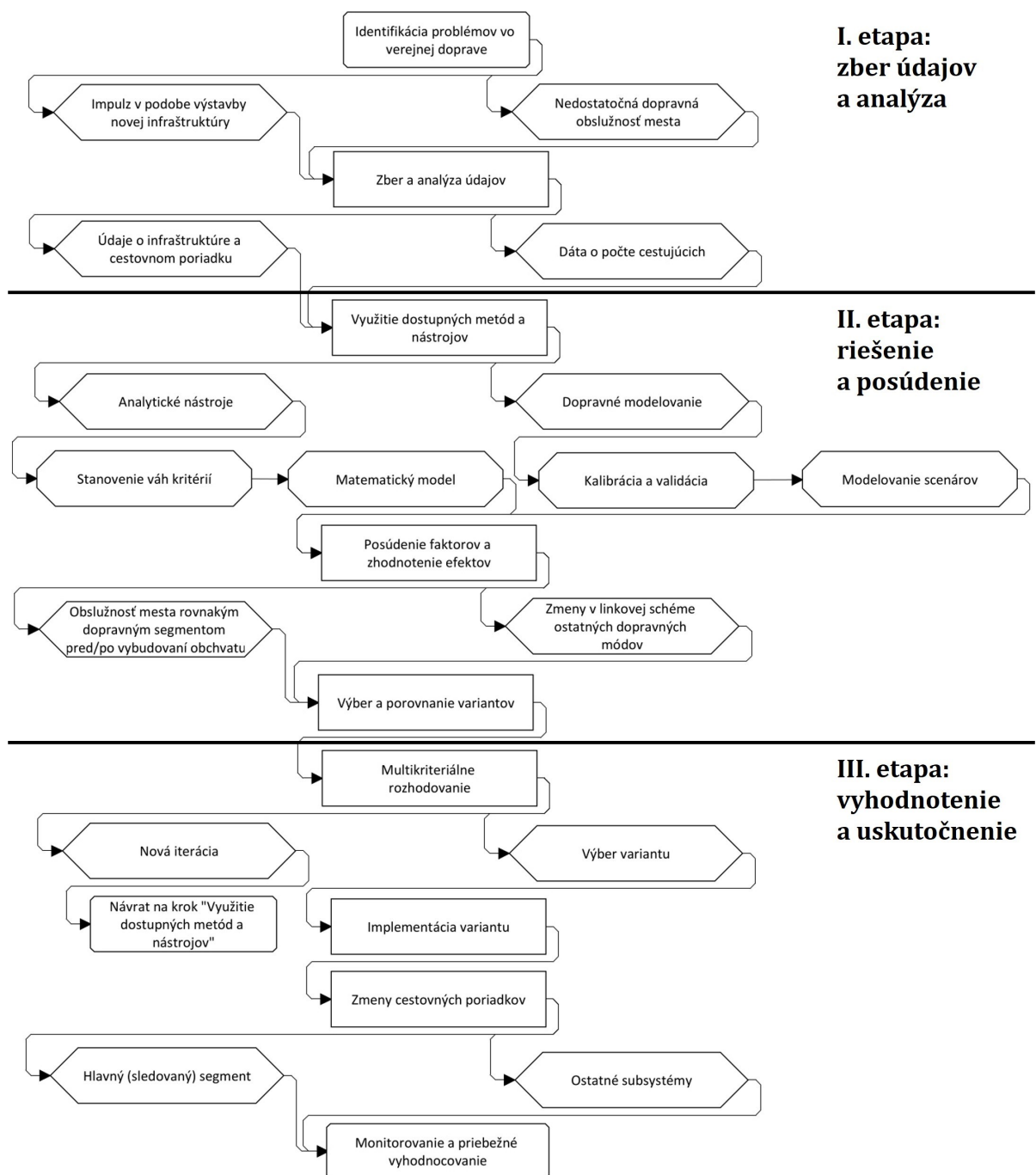
Okrem analytických nástrojov je pri riešení problematiky verejnej dopravy priestor aj pre použitie metód dopravného modelovania. V tomto prípade sa okruh riešenej problematiky zásadnejšie nelíši od riešených situácií s využitím analytických nástrojov. Ide teda o využiteľnosť infraštruktúry vyššej kategórie pre linky autobusovej dopravy. V praxi môžu nastať dva scenáre, jeden sa týka štandardného stavu, kedy je možné mesto obísť úplne. Druhá situácia sa týka nových možností spojenia v súvislosti s infraštruktúrou vyššej kategórie, teda napr. využitie časti obchvatu, príp. zastávky na obchvate s účelom skvalitnenia služieb verejnej dopravy. V tejto súvislosti sú dôležité aj spôsoby napojenia obchvatov na mestá (privádzače), resp. dostupnosť zastávky na obchvate pre jednotlivých účastníkov prepravného procesu.

Prvá časť dopravného modelovania spočíva v získaní dopravného modelu riešenej oblasti. Buď sa podarí využiť a modifikovať určitý existujúci model, alebo dôjde k vytvoreniu nového dopravného modelu, ktorý je v závislosti od podrobnosti riešenia potrebné kalibrovať a validovať. Postup je teda veľmi podobný ako v prípade cestnej dopravy, akurát je okrem dopravnej infraštruktúry potrebné do modelu doplniť aj trasy liniek verejnej dopravy. Po získaní funkčného dopravného modelu je možné zahájiť fázu modelovania a overovania variantov. V tomto kroku je potrebné do modelu doplniť novú infraštruktúru a jej parametre, linkovú schému a cestovné poriadky vo všetkých variantoch, ktoré sú predmetom výskumu.

Predmetom modelovania môže byť okrem zrušenia zachádzky do mesta aj variant so zastávkou na obchvate (ak je to technicky možné), príp. v inom sídle s prestupnými nadväznosťami na iné druhy verejnej dopravy. Práve tento efekt je dôležitý, pretože v súvislosti s obchádzaním mesta

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

môže vzniknúť potreba zavedenia nových liniek na pôvodnej (nahradenej) infraštruktúre, a to z dôvodu zabezpečenia požadovanej dopravnej obslužnosti riešeného mesta. Okrem uvedeného je možné modelovať aj využitie obchvatu na skrátenie, resp. zrýchlenie cesty do/z predmetného mesta, pričom tu je dôležité umiestnenie autobusovej stanice a spôsob jej napojenia na infraštruktúru vyššej kategórie. Výsledkom vykonaného dopravného modelovania by teda mali byť okrem modelovania dotknutej autobusovej linky aj zmena cestovných poriadkov a zlepšenie nadväzností ostatných druhov dopravy, ktoré predstavujú substitučné dopravné spojenie na riešenej relácii. Schematický diagram zobrazujúci jednotlivé kroky metodiky vo verejnej doprave je predmetom obr. 21 (vyššie rozlíšenie viď prílohu B).



Obr. 21 Schematický diagram navrhnutej metodiky pre verejnú dopravu

Posúdenie faktorov, zhodnotenie efektov, rozhodovanie a vyhodnotenie

Po dokončení modelovania jednotlivých scenárov nasleduje vyhodnocovacia fáza. Do nej už vstupujú jednotlivé výstupy z modelovania, najmä vyčíslené dopady na cestujúcich z pohľadu cestovného času. Ďalší postup predstavuje riešenie obdobného rozhodovacieho problému, ako je popísaný v prípade použitia analytických nástrojov, a ktorý je zároveň uplatnený aj v metodike cestnej dopravy v časti 6.1.1. Dôležité je v tomto smere sledovať najmä najvýznamnejší efekt obchvatov, ktorým je dopravná obslužnosť v mestách s obchvatom pred a po jeho postavení. Ide teda o výskum faktorov, ktoré vplývajú na skutočnosť, či zostane sídlo obsluhované aj po výstavbe infraštruktúry vyššej kategórie rovnakým segmentom dopravy a v akej kvalite, alebo dôjde k zhoršeniu dopravného napojenia predmetného sídla na služby verejnej dopravy. Toto zhoršenie je definované buď nižšou početnosťou spojov, alebo pridaním ďalšieho prestupu a s tým súvisiacim predĺžením cestovného času na sledovanej relácii. Na všetky uvedené skutočnosti je potrebné brať vo vyhodnocovacej fáze ohľad.

Uvedený postup je možné v rámci dopravného modelovania viackrát opakovať s cieľom nájdenia optimálneho riešenia. Takto navrhnutý iteratívny prístup je vzhľadom na navrhovanú životnosť infraštruktúry dôležitý, pretože mnohé veci sa po jej vybudovaní nedajú rýchlo a ľahko zmeniť. V rámci spojov verejnej dopravy je flexibilita väčšia, avšak vzhľadom na citlivosť cestujúcich na kvalitu verejnej dopravy môže implementácia nesprávneho postupu spôsobiť trvalú stratu určitej skupiny cestujúcich. Samotná implementácia však už nie je predmetom tejto metodiky. Ďalšie využitie použitých nástrojov a metód je však možné aj v budúcnosti, pretože môže dôjsť k zmenám v štruktúre miest, príp. aj v kvalite verejnej dopravy.

6.1.3 Multimodálne riešenie problému

V predchádzajúcom texte je vedecká činnosť zameraná izolovane na individuálnu a verejnú dopravu, čo na riešenie štandardných problémov postačuje. Komplexnejší rámec predstavuje multimodálny prístup, ktorý rieši obidva predmetné druhy dopravy spoločne. Zákonite teda môže dochádzať k presunu používateľov medzi jednotlivými dopravnými subsystémami. Ide teda o prepojenie obidvoch predstavených metodík, pričom vzhľadom na komplexnosť témy a požadovanú presnosť riešenia je nevyhnutné použitie metód štvorstupňového dopravného modelovania. V tejto súvislosti je potrebné podotknúť, že aj samotný dopravný model musí byť komplexnejší. Vzhľadom na uvedené je skôr pravdepodobné využitie nejakého už existujúceho modelu územia, pričom navrhnutá metodika predstavuje jeden z konkrétnych krokov práce s týmto modelom.

Predstavené analytické metódy poskytujú možnosť multimodálneho riešenia len v obmedzenej miere, napr. s využitím LOGIT modelu v súvislosti s del'bou prepravnej práce len na určitej množine niekoľkých typov trás. Vzhľadom na výslednú presnosť v kontraste s použitými vstupmi a výpočtovou náročnosťou je uvedený postup kontraproduktívny v situácii, kedy sú k dispozícii prepracované a dlhé roky vyvíjané softvéry umožňujúce použitie pokročilých stochastických algoritmov v rámci procesu dopravného modelovania. Metodika postupu v tomto prípade spočíva vo vytvorení, resp. prevzatí a úprave dopravného modelu obsahujúceho viac druhov dopravy,

minimálne však individuálnu a verejnú dopravu. Postup tvorby, kalibrácie a validácie modelu vychádza z metodiky vysvetlenej v texte vyššie.

Pri následnom modelovaní uvažovaných variantov dochádza k interakcii individuálnej a verejnej dopravy, pričom samotná skúmaná problematika je v prípade riešených subsystémov odlišná. Výsledkom vykonaného modelovania môže byť napr. zistenie, že infraštruktúra vyššej kategórie pomôže zrýchliť ako tranzitnú, tak aj miestnu individuálnu dopravu. Uvoľnená kapacita v meste tak môže zvýšiť atraktivitu individuálnej dopravy, čím dôjde k presunu ľudí z verejnej do individuálnej dopravy. Prirodzene, efekt môže byť aj opačný, teda nová infraštruktúra pomôže zatráktívniť verejnú dopravu, pričom dôjde aj k presunu ľudí z individuálnej do verejnej dopravy. Multimodálne riešenie teda umožňuje zároveň porovnávať atraktivitu jednotlivých subsystémov v kontexte počtu používateľov týchto dopravných módov. Samozrejme je možné modelovať aj iné druhy dopravy, napr. železničnú, cyklistickú či pešiu, tie však nemajú vo vzťahu k riešenej problematike v tejto práci (cestná infraštruktúra vyššej kategórie) takmer žiadny vplyv na výsledok. V prípade riešenia iného výskumného problému, napr. novej infraštruktúry pre peších a cyklistov, je však určite použitie dopravného modelu odporúčané.

6.2 Príklad aplikácie navrhutej metodiky

Účelom nasledujúceho textu je aplikovanie metodiky navrhutej v predchádzajúcom texte na konkrétny problém riešený v praxi, a to s bližším zdôvodnením voľby určitých postupov. Ambíciou však nie je aplikovanie všetkých častí metodiky, ale len tých relevantných vo vzťahu k predstavenému problému. Použitie konkrétnych metód je vždy závislé od miestnych špecifik, požadovanej úrovne riešenia a preferencií riešiteľa.

6.2.1 Cestná doprava

Ako vzorový príklad, slúžiaci na aplikáciu čo najširšieho spektra nástrojov a metód, bola vybraná výstavba novej cestnej infraštruktúry v okolí mesta Prešov. Ide o krajské mesto ležiace na východnom Slovensku, pričom s počtom obyvateľov 82 286 (stav k 1.1.2024) ide o 3. najväčšie slovenské mesto. Dopravná situácia v meste je dlhodobo zlá, pretože cez mesto prúdia dva hlavné tranzitné toky, a to v smere západ – juh (Bratislava – Košice po diaľnici D1) a sever – juh (Poľsko – Maďarsko v trase cesty R4 tzv. Via Carpatia). Kým v prvom uvedenom smere už existuje diaľničný obchvat (otvorený v roku 2021), tak tzv. severný obchvat v severojužnom smere je aktuálne vo fáze výstavby s predpokladom dokončenia v roku 2027 (obr. 22).

Práve výstavba severného obchvatu a jeho vplyv na premávku na mestských cestách predstavuje vhodný príklad na aplikáciu navrhutej metodiky v cestnej doprave, pričom riešeným územím je severovýchodná časť mesta. V tejto časti je lokalizovaná súčasná cesta prvej triedy (nižšej kategórie) s označením I/18, ktorá tvorí jediný vstup do mesta (výstup z mesta) v sledovanom smere (do/z Poľska), pričom budovaná diaľnica R4 (vyššej kategórie) nahradzuje, resp. dopĺňa práve túto cestu (obr. 22). Okrem efektu samotného obchvatu je predmetom riešeného príkladu aj prepojenie obchvatu s mestom, pretože v rámci jeho výstavby sa zatiaľ nepočíta s vybudovaním

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

tejto prepojovacej cesty, tzv. privádzača Grófske. Uvedená problematika predstavuje vhodný impulz na aplikáciu predstavenej metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí, pretože výsledné zistenia môžu byť uplatniteľné v praxi ako určité argumenty pre alebo proti výstavbe predmetného privádzača. Vzhľadom na mieru podrobnosti jednotlivých metód je efekt privádzača sledovaný len pri použití dopravného modelovania, pretože pre predstavené analytické nástroje ide z hľadiska riešenej situácie o marginálny problém, ktorý nie je možné s ich využitím efektívne vyriešiť.



Obr. 22 Mapa riešenej dopravnej siete v okolí mesta Prešov

Zdroj: autor s využitím [83]

Využitie analytických nástrojov má svoje uplatnenie pri predikcii vývoja situácie na mestských cestách po vybudovaní obchvatu. V zmysle metodiky je prvým krokom identifikácia problému, ktorým je v tomto prípade zlá dopravná situácia v meste spôsobená absenciou obchvatu a prúdením tranzitnej dopravy cez samotné mesto. Veľkosť tohto problému potvrdzujú aj dostupné dáta o dopravných intenzitách z roku 2022, pričom priemerná intenzita dopravy (RPDI) na dvoch sledovaných sčítacích úsekoch predstavuje takmer 33 563 vozidiel za deň (tab. 18). Táto hodnota je pre porovnanie veľmi podobná zisteným intenzitám dopravy pred postavením obchvatu aj v iných krajských mestách, ktoré boli predmetom výskumu v časti 5.1.1 (Plzeň, Olomouc, Nitra). Obdobná situácia ako v týchto mestách je aj v aktuálne riešenom probléme, pretože nahradzovanú infraštruktúru tvoria najmä štvorpruhové mestské cesty, resp. priedahy a novú infraštruktúru predstavuje obchvat v parametroch diaľnice (spoplatnenej alebo nespoplatnenej). Uvedený postup tvorí prvú, tzv. vyhľadávaciu časť analýzy obdobných

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

situácií v iných mestách. Samotný výskum situácií nie je predmetom ďalšieho textu v tejto kapitole, pretože vychádza zo zistení a výsledkov vlastného výskumu, ktoré je predmetom časti 5.1.1. Rovnako je v tejto kapitole vykonaná aj analýza dát vzťahujúca k rozsahu riešených miest.

Tab. 18 Zoznam použitých sčítacích úsekov a zistených dopravných intenzít

Sčítací úsek	Číslo cesty	RPDI [voz·(24 h) ⁻¹]	Priemer RPDI [voz·(24 h) ⁻¹]
00372	I/18	31 483	33 563
00373	I/18	35 642	

Zdroj: autor s využitím [75]

Ďalší krok v zmysle metodiky predstavuje tvorba regresného modelu. Za týmto účelom je najprv potrebné vybrať takú množinu miest, ktorá svojimi parametrami zodpovedá aktuálne riešenému problému. Ide najmä o už zmienené dopravné intenzity, ale aj celkovo o významnosť miest z hľadiska spádovosti a samozrejme dôležitý je aj počet obyvateľov a parametre infraštruktúry. V tomto prípade ide skôr o kvalitatívne porovnanie, určité poznanie a cit riešiteľa. Z rozsahu miest posudzovaných v kapitole 5.1.1 sú vybrané mestá Plzeň, Olomouc, Nitra, Martin a Poprad. Prvé tri uvedené mesta sú vybrané najmä na základe podobností dopravných intenzít a parametrov infraštruktúry. V prípade miest Martin a Poprad ide o menšie mestá, avšak z pohľadu ich geografickej polohy, trasovania obchvatu a jeho prepojenia s týmito mestami je situácia veľmi podobná Prešovu. Dôležitým faktorom je aj časové hľadisko, pretože aj dĺžka existencie infraštruktúry vyššej kategórie má tiež vplyv na zistené výsledky. Vo vybranej množine miest sú obchvaty vybudované v rozmedzí 10 až 20 rokov, čo predstavuje dostatok času s ohľadom na požadovanú relevantnosť výsledkov.

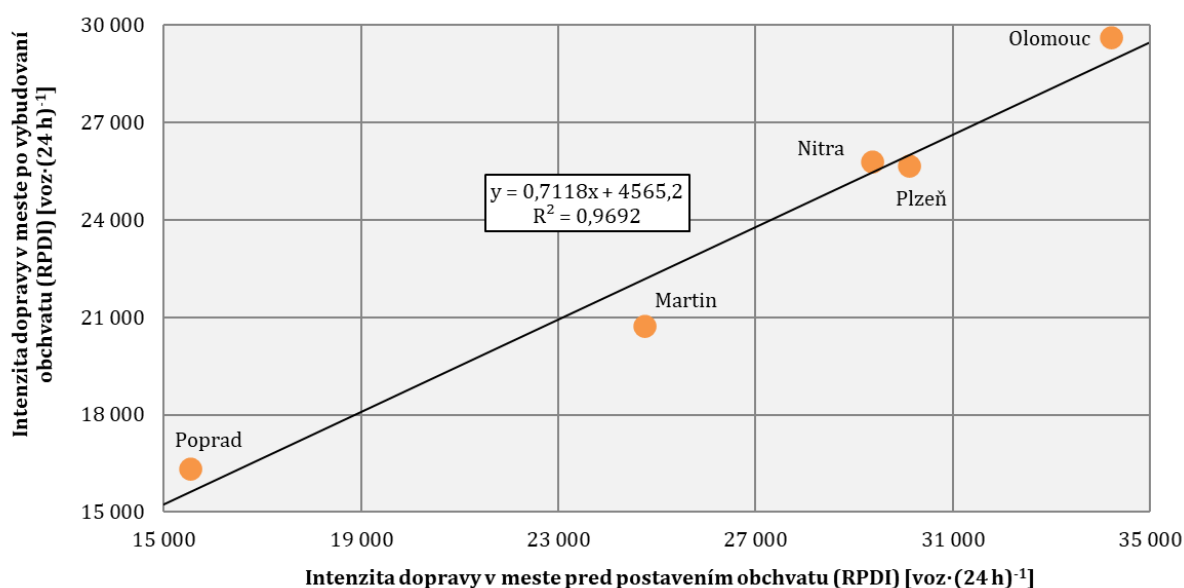
Podstata regresného modelu spočíva v zistení a stanovení závislosti medzi intenzitou dopravy v meste pred a po postavení obchvatu, pričom nezávislou premennou je situácia pred postavením obchvatu a závislou premennou situácia po vybudovaní obchvatu. Výsledkom je teda regresná rovnica, pomocou ktorej je možné predikovať intenzitu dopravy v meste po výstavbe obchvatu. Z časového hľadiska je v tomto riešenom príklade výpočtové obdobie 20 rokov, teda odhadujú sa dopravné intenzity o 20 rokov neskôr od použitých údajov z posledného sčítania dopravy. Určité zjednodušenie riešenej problematiky predstavuje nutnosť použitia údajov z celoštátnych sčítaní dopravy, ktoré sa realizujú každých päť rokov, teda málokedy sa rok realizácie sčítania stretne s rokom otvorenia obchvatu. Pri porovnaní je teda potrebné použiť posledné sčítanie realizované pred vybudovaním obchvatu, čo môže spôsobiť drobnú nepresnosť výsledkov, keďže samotná dĺžka výpočtového obdobia vychádza z rozdielu medzi použitými sčítaniami dopravy. Čím viac miest je súčasťou procesu tvorby regresného modelu, tým menšie nepresnosti vznikajú.

V prvom rade je potrebné vykonať určitú štandardizáciu použitých údajov, a to s ohľadom na zjednotenie výpočtového obdobia. Detailný postup tohto procesu je vysvetlený v časti 5.1.1 v texte venujúcom sa vzorcom (5; 6). Postupovať sa dá samozrejme aj inak. Napríklad je možné využiť vypočítaný medziročný relatívny nárast intenzity dopravy v mestách umocnený počtom chýbajúcich období a tento následne vynásobiť poslednou zistenou intenzitou dopravy v meste.

FAKTORY OVPLYVNŮJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKCH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Výsledky oboch metód sú veľmi podobné, pričom takto zistené údaje je možné napríklad spriemerovať. Pre demonštráciu metodiky však postačuje použitie vzorca (5). Po štandardizácii údajov o dopravných intenzitách je možné pristúpiť ku konštrukcii regresného modelu pre riešený príklad. Ten pozostáva z celkom desiatich údajov, pričom za každé mesto je zobrazený bod reprezentujúci intenzitu dopravných prúdov z posledného realizovaného sčítania dopravy pred postavením obchvatu a intenzitu dopravy po vybudovaní obchvatu. V oboch prípadoch sú sledované intenzity dopravy na mestských cestách s odstupom 20 rokov. Výsledný regresný model je predmetom obr. 23.

Vytvorený regresný model reprezentuje regresná priamka, ktorej vzorec je súčasťou predmetného obrázku. Samotný model má pomerne vysokú kvalitu, čomu zodpovedá aj hodnota koeficientu determinácie R^2 (96,92 %). To taktiež znamená, že dopravná situácia má vo vybraných mestách podobný priebeh a existuje závislosť medzi intenzitou dopravy v meste pred a po postavení obchvatu. Hodnota Pearsonovho koeficientu korelácie pre uvedenú závislosť je 0,98, čo zodpovedá silnej závislosti týchto dvoch premenných. Na základe tohto faktu je teda možné predpokladať, že použitie regresného modelu pre iné mestá s obdobnou dopravnou a infraštruktúrnou situáciou poskytnú relevantné výstupy.



Obr. 23 Vypočítaný regresný model určený pre mesto Prešov

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77; 79]

Na sledovaných dopravných úsekoch v meste Prešov je aktuálny (rok 2022/2023) priemerný RPDI 33 563 voz·(24 h)⁻¹. Za predpokladu, že do piatich rokov od posledného sčítania dôjde k otvoreniu severného obchvatu, je možné predikovať priemernú dopravnú intenzitu v meste pomocou vytvoreného regresného modelu, a to v horizonte 20 rokov od posledného sčítania. **Výsledkom dosadenia uvedenej hodnoty RPDI do regresnej rovnice je predikovaná intenzita dopravy vo výške 29 302 voz·(24 h)⁻¹.** Oproti poslednému sčítaniu tak podľa výsledkov dôjde k miernemu poklesu dopravnej intenzity o približne 4 000 voz·(24 h)⁻¹. Prehľad použitých a vypočítaných dopravných intenzít je v tab. 19.

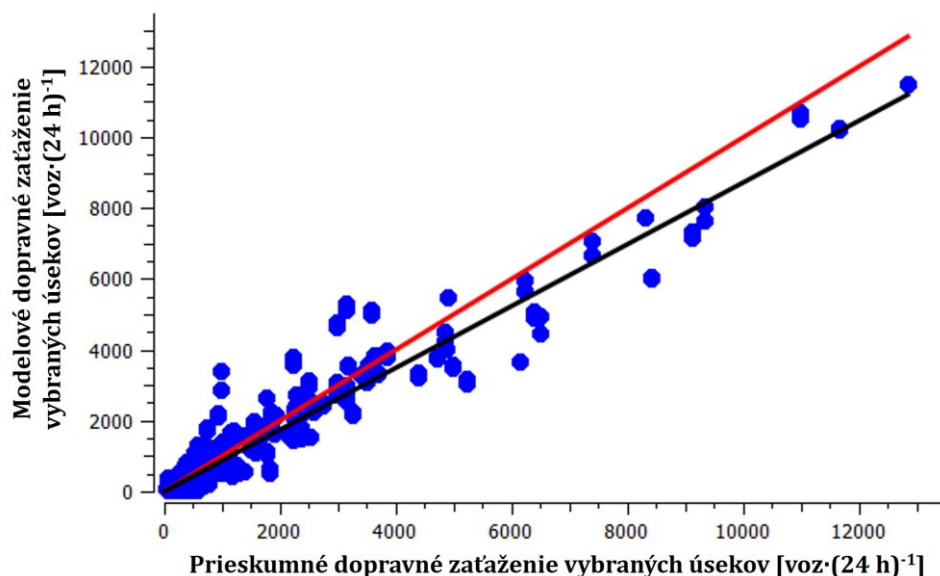
FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Tab. 19 Zoznam zistených RPDI pred a po postavení obchvatu

Mesto	RPDI pred postavením obchvatu [voz·(24 h) ⁻¹]	RPDI po vybudovaní obchvatu [voz·(24 h) ⁻¹]	Spôsob určenia RPDI po vybudovaní obchvatu
Plzeň	30 107	25 673	sčítanie dopravy
Olomouc	34 217	29 638	sčítanie dopravy
Nitra	29 355	25 787	aproximácia (8 rokov)
Martin	24 756	20 755	aproximácia (8 rokov)
Poprad	15 526	16 327	aproximácia (3 roky)
Prešov	33 563	29 302	regresný model

Zdroj: autor s využitím [74; 75; 76; 77; 79]

Obdobnú prognózu je možné vykonať aj s využitím metód dopravného modelovania. Navyše sa v tomto prípade dá skúmať viac variantov s väčšou mierou podrobnosti. Úskalím však je, že pri štandardnom postupe je potrebné najprv vytvoriť dopravný model, čo je časovo a najmä dátovo náročné. Alternatívnou možnosťou je použitie existujúceho dopravného modelu určitého územia. Takýto postup je použitý aj v aktuálne riešenom prípade, pričom základom pre jeho riešenie je dopravný model Prešovského kraja, ktorý je súčasťou dokumentu PUM Prešovského samosprávneho kraja z roku 2019. Ide o multimodálny model zahrňujúci okrem iného aj cestnú a verejnú dopravu, ktorý je vytvorený v programe Aimsun Next. Tento model prešiel procesom kalibrácie aj validácie s pomerne vysokou presnosťou (obr. 24 – výstup zo softvéru), takže jeho použitie je pre riešený príklad po určitých úpravách bezproblémovo možné a vhodné.



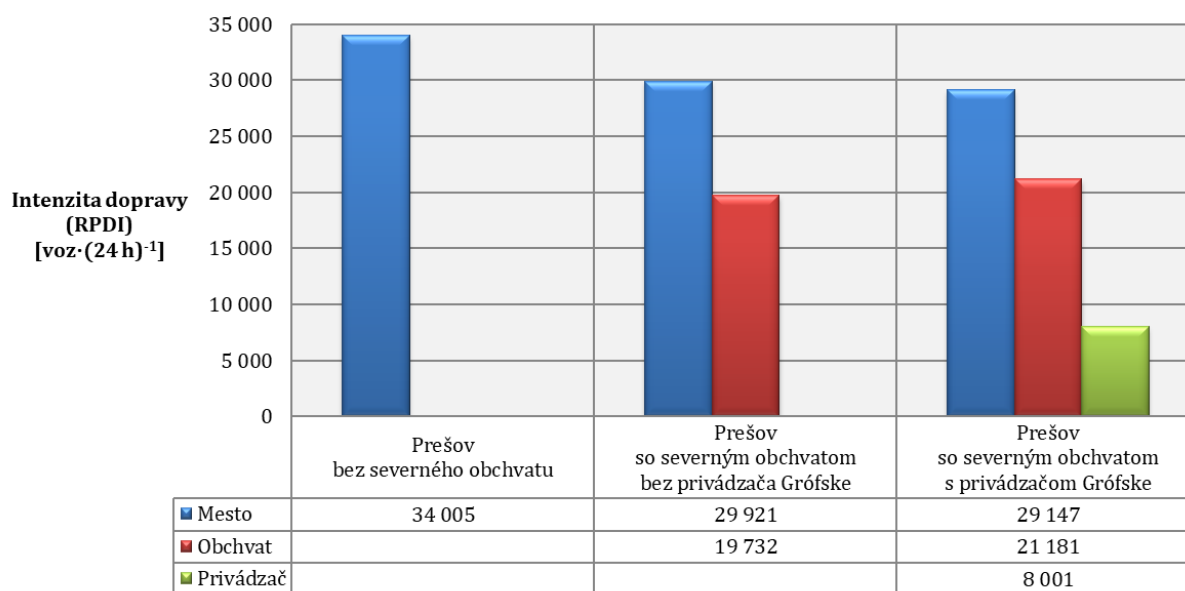
Obr. 24 Porovnanie prieskumných a modelových údajov v individuálnej doprave

Zdroj: [85], úprava autor

FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Uvedený dopravný model je pred jeho použitím ešte potrebné aktualizovať, teda doplniť doň údaje nutné pre riešenie problému. Ide najmä o aktualizáciu dopravnej siete o uvažovanú novú infraštruktúru. V tomto konkrétnom prípade to predstavuje doplnenie existujúceho diaľničného obchvatu D1 a prvej časti severného obchvatu R4 do modelu súčasného stavu, následne potom aj novo uvažovanú dopravnú infraštruktúru. Dopravný model umožňuje riešiť problém s vyššou mierou podrobnosti, pričom zároveň podporuje aj variantné trasovanie obchvatu vo vzťahu k jeho prepojeniu s mestom. Práve táto vlastnosť je kľúčová pri použití dopravného modelu v kontexte novej infraštruktúry v meste Prešov, pretože okrem efektu samotného obchvatu je možné vyhodnotiť aj vplyv a význam privádzača Grófske na dopravnú situáciu v meste.

Predmetný dopravný model je koncipovaný tak, že obsahuje prognózovanú maticu prepravných vzťahov (tzv. OD maticu) pre rok 2040, čo súvisí s jednotlivými opatreniami navrhovanými v strategickom dokumente. Použitie tejto matice je teda pre riešenie príklad určite vhodné, a to aj z dôvodu možnosti porovnať dosiahnuté výsledky s predikciou regresného modelu. Po vykonanej aktualizácii dopravného modelu je teda možné pristúpiť k samotným výpočtom. Po spustení výpočtových procedúr v použitom softvéri Aimsun Next pre 4. krok štvorstupňového dopravného modelu (Traffic assignment) dôjde okrem iného aj k výpočtu sledovaného ukazovateľa, ktorým je intenzita dopravy na nahradenej a novej dopravnej infraštruktúre. Proces výpočtu je potrebné zopakovať pre každý zo sledovaných variantov, pričom v tomto konkrétnom prípade je predmetom výskumu variant bez severného obchvatu, variant so severným obchvatom a tretí variant navyše aj so zmieným privádzačom Grófske. Zistené výsledky zhrňuje nasledujúci obr. 25.



Obr. 25 Prognózované intenzity dopravných prúdov v oblasti Prešova

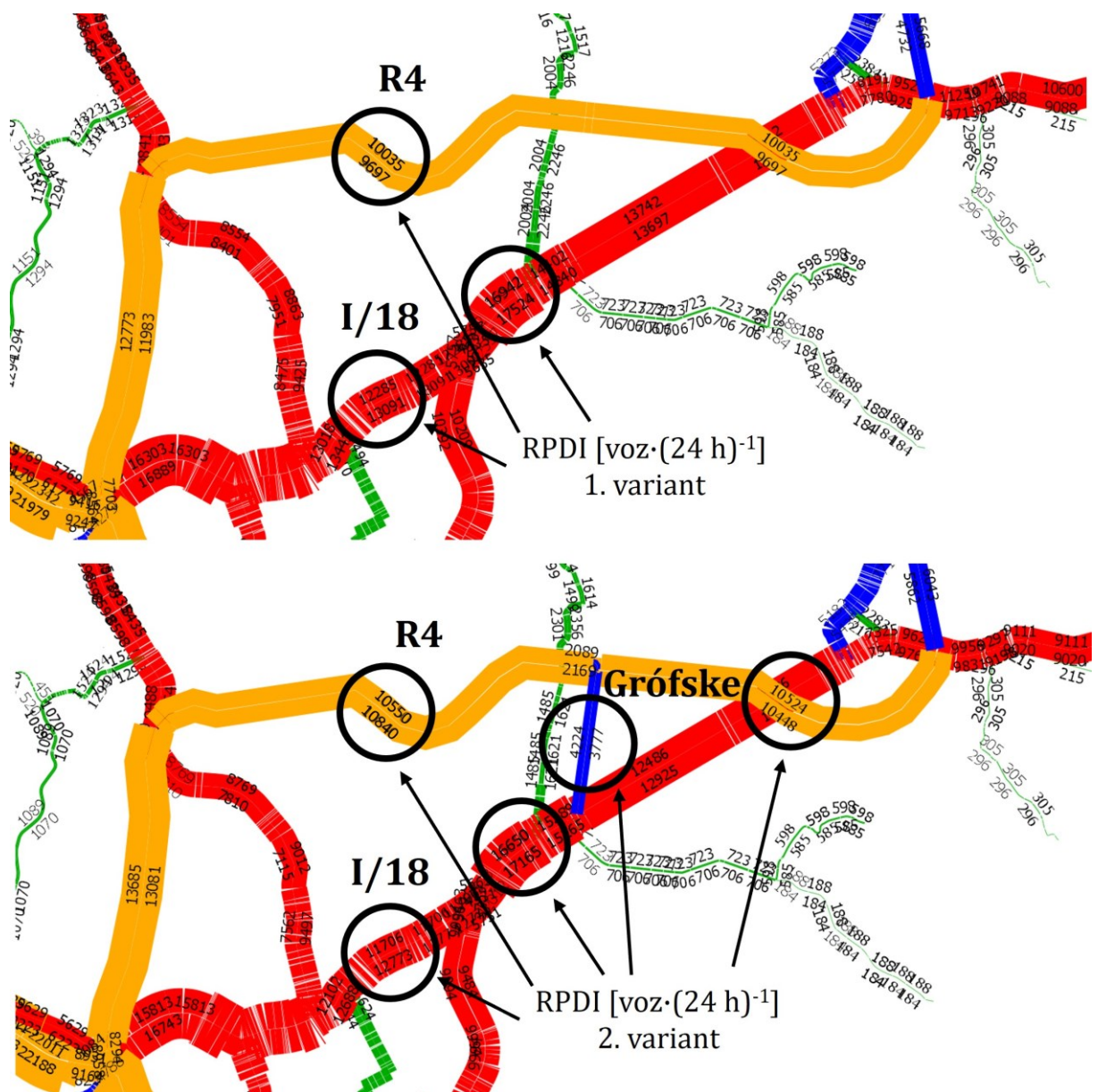
Zdroj: autor

Výsledkami vykonaných výpočtových procedúr sú veľkosti dopravných intenzít na sledovaných častiach dopravnej siete v závislosti od modelového stavu infraštruktúry. Zaujímavosťou je prognóza dopravných intenzít v meste vo variante bez severného obchvatu, ktorá je takmer

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKOH DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

totožná so zistenými intenzitami zo sčítania v roku 2022. Táto situácia je pravdepodobne spôsobená vyčerpanou kapacitou cestnej infraštruktúry už v súčasnosti, čomu zodpovedajú aj vznikajúce dopravné kongescie v špičke pracovných dní, ktoré sú v dopravnom modeli reflektované pomocou odporovej funkcie (VDF). Z dôvodu aktuálneho nasýtenia dopravnej infraštruktúry už teda dopravný model neprognozujú vo výhľadovom období 20 rokov ďalší rast dopravných intenzít. Samotná kapacita dopravnej infraštruktúry a jej naplnenosť teda predstavuje významný faktor, ktorý vplyva na budúcu premávku na dopravnej infraštruktúre.

Rozdielna situácia nastáva v ostatných dvoch variantoch, v ktorých je uvažované s existenciou severného obchvatu mesta (R4). Prognozované dopravné intenzity na severnom obchvate sú v rozsahu cca 20–21 tisíc voz·(24 h)⁻¹ v závislosti od variantu. Na skúmaných úsekoch cesty nižšej kategórie (I/18) však k dramatickému poklesu dopravných intenzít nedochádza (obr. 26).



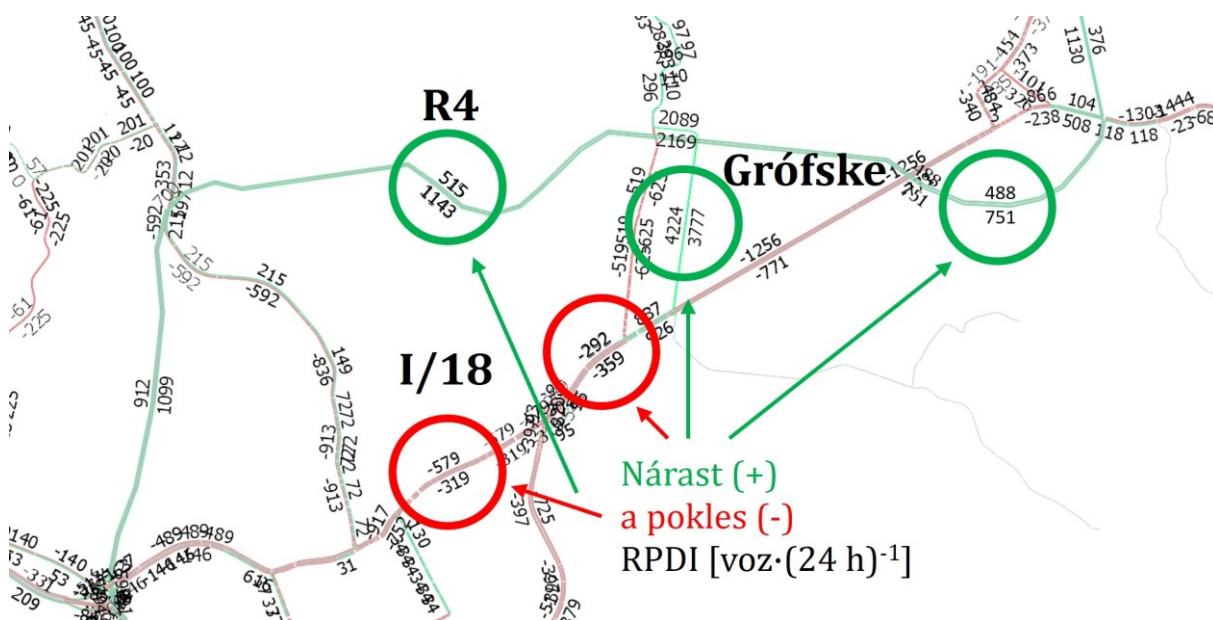
Obr. 26 Kartogram dopravného zaťaženia (var. 1 hore, var. 2 dole)

Zdroj: autor s využitím [85]

FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Výstupnou prognózou modelu sú dopravné intenzity v rozpätí 29–30 tisíc voz·(24 h)⁻¹. **Zistené intenzity dopravy sa teda takmer presne zhodujú s intenzitou predikovanou regresným modelom. Ide o dôležité zistenie zvyšujúce relevantnosť použitých metód, pretože dve navzájom nezávislé metódy vedú k rovnakému výsledku.** Dopravná situácia na mestských cestách sa teda po vybudovaní obchvatu zásadnejšie nezlepší. K čiastočnému zlepšeniu môže dôjsť krátko po sprevádzkovaní obchvatu, avšak v horizonte 20 rokov bude na základe výsledkov obidvoch metód dopravná situácia veľmi podobná tej súčasnej, celkovo za deň ubudne zhruba 3–4 tisíc vozidiel, čo zodpovedá poklesu o približne 10 % (obr. 26).

Na prvý pohľad nemá samotný privádzač významnejší efekt na zmenu dopravnej situácie v meste. Vplyvom jeho existencie však dochádza k zmene rozloženia dopravných tokov v severovýchodnej časti riešeného územia. Zhruba 2 000 vozidiel sa presunulo z cesty I/18 na ostatné úseky dopravnej siete (cesty druhej a tretej triedy v severnej časti územia), a to z dôvodu existencie rýchlejšej trasy s využitím časti severného obchvatu R4 a privádzača Grófske. Samotný privádzač plní okrem úlohy prepojenia mesta s obchvatom aj preložku paralelnej cesty tretej triedy, preto sú na ňom zistené dopravné intenzity navýšené aj o tieto odklonené intenzity. Vo všeobecnosti je však efekt privádzača možné hodnotiť pozitívne, pretože na väčšine mestských ciest dochádza vďaka jeho existencii k zníženiu dopravných intenzít, zatiaľ čo na obchvate je pozorovaný ich nárast. Zároveň je nutné podotknúť, že rozsah odklonených vozidiel nepredstavuje významnú časť dopravných intenzít. Detaily poskytuje priložený rozdielový kartogram dopravných prúdov (obr. 27), na ktorom sú znázornené prírastky a úbytky dopravných intenzít na jednotlivých častiach dopravnej siete.



Obr. 27 Rozdielový kartogram dopravného zaťaženia
(rozdiel var. 2 oproti var. 1)

Zdroj: autor s využitím [85]

Po kvantifikácii posudzovaných scenárov je možné pristúpiť k zhodnoteniu jednotlivých variantov. Pomocou analytických nástrojov je posúdený jeden variant, a to predikcia intenzity dopravných prúdov v meste po vybudovaní obchvatu. S využitím dopravného modelovania je

situácia skúmaná podrobnejšie, pretože modelované sú celkom tri scenáre, a to bez obchvatu, s obchvatom a navyše aj s privádzačom. **Výsledkom je zistenie, že dopravné zaťaženie v meste sa po vybudovaní infraštruktúry vyššej kategórie mierne zníži o porovnateľnú hodnotu ako v obdobných mestách v Česku a na Slovensku.** Dôvodom tohto mierneho poklesu dopravných intenzít je regionálna významnosť mesta Prešov, pretože z hľadiska smerovania obyvateľov predstavuje toto mesto významný zdroj a cieľ ciest.

Ďalším faktorom je tiež nie celkom vhodná konfigurácia obchvatu pre využitie v rámci vnútromestských ciest. Avšak aj pri uvažovaní variantu s privádzačom Grófske sa situácia významnejšie nemení, pričom tento privádzač má na dopravnú situáciu v meste len mierne pozitívny vplyv (pokles dopravného zaťaženia o jednotky percent). Samotný privádzač však generuje intenzity na obchvate, takže v tomto smere má jeho existencia pozitívny vplyv. Uvedené zistenie je presná ukážka toho, prečo je relevantné sa touto témou zaoberať. Predmetný privádzač teda neslúži len vozidlám prichádzajúcim zo severovýchodu (a opačne), čo je jeho primárnou úlohou, ale navyše je vzhľadom na zistené intenzity používaný aj pre cesty do iných častí regiónu (sever, západ, juh), príp. pre cesty začínajúce a končiacie v samotnom meste.

Nasledujúcimi krokmi v metodike sú výber variantu a jeho následná implementácia. Z pohľadu náplne a rozsahu dizertačnej práce sa už týmto častiam metodiky práca logicky bližšie nevenuje. V riešenom prípade by však zo strany mesta mal byť jednoznačne preferovaný 2. variant (s privádzačom Grófske). Do prípadného rozhodovania by mali vstupovať kritéria ako minimalizácia dopravných intenzít na mestských cestách, využiteľnosť obchvatu aj pre iné ako tranzitné cesty či celkový pohľad na deľbu prepravnej práce. V záujme štátu (ako investora) je zasa dôležitým kritériom počet vozidiel využívajúcich novo vybudovanú infraštruktúru. V tomto prípade je však ešte potrebné posúdiť ekonomické hľadisko, teda či celospoločenské prínosy variantu s privádzačom preyšujú náklady na jeho výstavbu. Na toto existuje napríklad analýza nákladov a prínosov, tzv. cost-benefit analysis. Z hodnotených variantov je potom spravidla vybraná tá, ktorá dosahuje najlepší pomer medzi prínosmi a nákladmi.

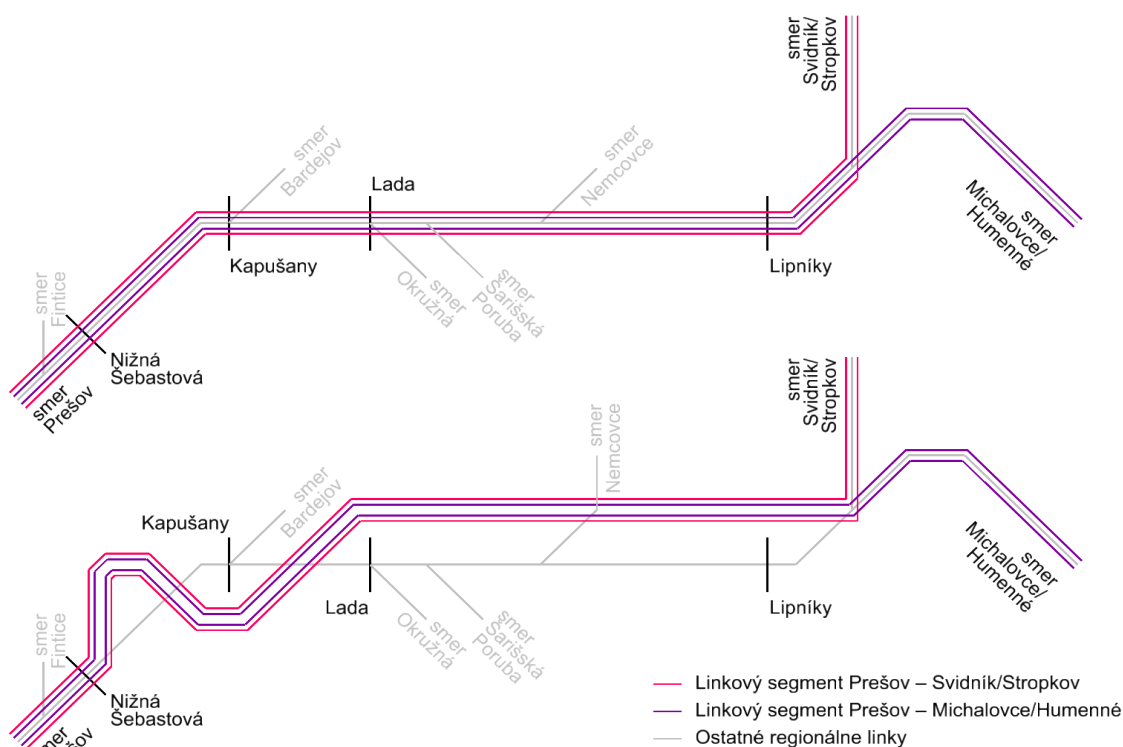
Existencia tohto privádzača môže mať ešte jeden dôležitý efekt, a tým je stavebná indukcia. Územie východne od privádzača je rozvojové, dokonca sa tam uvažuje s vybudovaním priemyselného parku a dopravného terminálu. Reálna výstavba privádzača by tak celý rozvoj územia mohla urýchliť. Pre samotné mesto je však realizácia nejakej formy obchvatu určite potrebná, a to s ohľadom na takmer vyčerpanú kapacitu existujúcich mestských tranzitných ciest. Predikovanú situáciu by mohli zmeniť nové opatrenia na mestských cestách, prijaté ihneď po spustení obchvatu. Ide napríklad o vybudovanie prvkov upokojujúcej dopravy, ako napr. zníženie počtu jazdných pruhov a zriadenie vyhradených pruhov pre autobusy, ale aj o prípadné zníženie maximálnej povolenej rýchlosti a väčšiu podporu preferencie verejnej dopravy (napr. na križovatkách). Uvedené opatrenia by mohli spomaliť nárast dopravných intenzít v meste. Avšak vzhľadom na skutočnosť, že všetky tri časti diaľničného obchvatu mesta Prešov (D1, R4 1. a 2. etapa) obsahujú, resp. budú obsahovať tunel, tak prípadné obmedzenia je potrebné prijímať veľmi citlivo. Toto je určitým negatívom každej z variant, pretože je potrebné držať v meste určitú rezervu pre prípadný odklon dopravy z obchvatu.

FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Záverečným a najzložitejším krokom, nasledujúcim po vyhodnotení variantov, je implementácia a následná výstavba novej infraštruktúry. Prirodzene, prípustnou možnosťou je aj uplatnenie postupu novej iterácie. Táto situácia môže nastať v prípade napr. nepreukázania ekonomickej efektivity uvažovaných variantov, teda je potrebné so zreteľom na zistené faktory hľadať buď ďalšie prínosy (zvýšiť intenzity na obchvate, resp. znížiť v meste), alebo znížiť náklady (s vplyvom na parametre a trasovanie cesty), eventuálne skúmať prijatie iných (obmedzujúcich) opatrení v závislosti od charakteru riešeného problému.

6.2.2 Autobusová doprava

V riešenej periférnej oblasti mesta Prešov je možné použitie metodiky demonštrovať aj v prípade verejnej dopravy. Z hľadiska regionálnej významnosti tohto mesta však budú mať stále všetky linky verejnej dopravy radiálny charakter, avšak konfigurácia plánovanej infraštruktúry vyššej kategórie ponúka možnosť odklonu časti liniek v periférnej časti mesta. Konkrétne ide o situáciu uvažovanú v predchádzajúcej časti 6.2.1 vo variante 2 (vrátane privádzača Grófske), navyše doplnenú aj o ďalší úsek cesty R4 (Kapušany – Lipníky), ktorý je v súčasnosti v štádiu príprav (na obr. 22 v časti 6.2.1 uvedený ako R4 výhľad). Použitie diaľnice s vyššou kapacitou, v porovnaní so štandardnou dvojpruhovou obojsmernou cestou I/18 vedenou cez intravilány obcí, vytvára predpoklad pre skrátenie cestovných časov spojov verejnej dopravy. V tomto prípade teda predstavuje riešený problém impulz v podobe výstavby novej infraštruktúry, ktorú je možné využiť s cieľom zrýchlenia vybranej množiny spojov. Zjednodušená linková schéma riešenej oblasti je predmetom obr. 28.



Obr. 28 Zjednodušená linková schéma skúmanej oblasti
(súčasnosť hore, návrh dole)

Zdroj: autor

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

V úseku Lipníky – Prešov je trasovaných mnoho liniek regionálnej autobusovej dopravy, pretože tu dochádza k súbehu silných prepravných relácií medzi mestami Svidník, Stropkov, Michalovce, Humenné a krajským mestom Prešov. Navyše tu sú vedené aj ďalšie linky do iných častí regiónu. Úsek Prešov – Lipníky je tak pomerne prehustený regionálnou dopravou, navyše tu vedie súbežne aj železničná trať. Uvedené skutočnosti tak vytvárajú silný predpoklad pre odklon časti autobusových spojov na infraštruktúru vyššej kategórie. Samotné zrušenie zastavovania vybraných spojov v nácestných zastávkach nepredstavuje v riešenom prípade významnejšiu úsporu cestovných časov (ide priemerne o 1–2 minúty), navyše je aj negatívne vnímaná miestnymi obyvateľmi. Z hľadiska rozloženia jednotlivých spojov je logickým riešením použitie systému pásmovej obsluhy. Tento systém spočíva v takom vedení spojov, kedy autobusy vedené zo vzdialenejších sídiel na prepravne silnejších reláciách zastavujú vo vzdialenejších oblastiach na všetkých nácestných zastávkach, pričom v periférnej oblasti mesta už nezastavujú nikde. Tieto zastávky sú následne obsluhované iným segmentom liniek na prepravne slabších reláciách a s kratšou vzdialenosťou od mesta. V riešenom prípade sa pásmová obsluha týka liniek Svidník/Stropkov – Prešov a Michalovce/Humenné – Prešov. Prehľad počtu spojov je uvedený v nasledujúcej tab. 20, pričom dáta sú vzťahnuté k priemernému pracovnému dňu roku 2024.

Tab. 20 Rozsah spojov regionálnej autobusovej dopravy v skúmanom území

Linkový segment	Počet spojov za deň (2024)
Prešov – Svidník/Stropkov	44
Prešov – Michalovce/Humenné	34
Ostatné regionálne spoje	54
Regionálna autobusová doprava celkom	132

Zdroj: autor s využitím [82]

Uvedené počty spojov sú vzťahnuté k obci Lipníky, kde je rozsah regionálnej autobusovej dopravy v riešenej oblasti najmenší. Ďalšie obchádzané obce (Lada, Kapušany) sú obsluhované ešte väčším počtom autobusových spojov (obr. 28). V riešenom území je vedená aj železničná trať, tá však vzhľadom k nevhodnej polohe zastávok nie je uvažovaná ako plnohodnotný doplnok autobusovej dopravy. Predmetom riešenia je v tomto prípade posúdenie odklonu vybraných liniek na novo plánovanú infraštruktúru, a to s ohľadom na obslužnosť obchádzaných sídiel a zrýchlenie cestovného času spojov v sledovaných smeroch Svidník/Stropkov a Michalovce/Humenné. Predpokladaná časová úspora autobusových spojov pri jazde obchvatom predstavuje v závislosti od časového obdobia dňa (špička/sedlo) a frekvencie cestujúcich priemerne 5 minút. Odklonené nemusia byť nutne všetky spoje uvedených liniek, pretože napr. v okrajových častiach dňa (skoro ráno, neskoro večer) predstavujú spoje vedené do väčších miest jediné spojenie aj pre ostatné (menšie) nácestné obce. Z uvedeného dôvodu je približne 10 % spojov v sledovaných smeroch ponechaných na súčasnej infraštruktúre. Porovnanie počtu spojov v súčasnej a posudzovanej situácii je predmetom nasledujúcej tab. 21, pričom dáta sú uvedené vo voz·(24 h)⁻¹ a vzťahnuté k priemernému pracovnému dňu (rozsah dopravy a zastavení je cez voľné dni rozdielny).

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

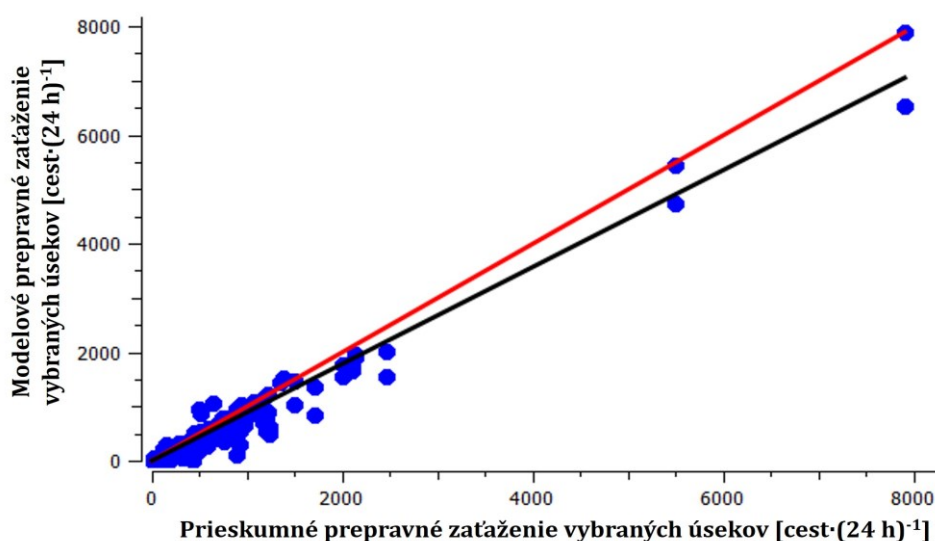
Tab. 21 Porovnanie súčasnej a posudzovanej situácie pri pretrasovaní vybraných spojov

Variant	Linka	Počet spojov	
		zastavujúcich	nezastavujúcich
Súčasnosť	Prešov – Svidník/Stropkov	44	–
	Prešov – Michalovce/Humenné	29	5
	Ostatné regionálne spoje	54	–
	Regionálna doprava celkom	127	5
Návrh	Prešov – Svidník/Stropkov	4	40
	Prešov – Michalovce/Humenné	4	30
	Ostatné regionálne spoje	54	–
	Regionálna doprava celkom	62	70

Zdroj: autor s využitím [82]

V posudzovanom scenári teda po odklonení vybraných spojov na obchvat poklesne rozsah dopravy v obciach o približne 50 %. Zároveň však ide o obce s pomerne nízkym počtom obyvateľov, pretože v súčte dosahujú Lipníky a Lada necelých 1 500 obyvateľov. Z hľadiska požiadaviek definovaných regionálnym Plánom dopravnej obslužnosti [86] ide o nadštandardný počet spojov, preto je dopravná obslužnosť týchto obcí vyhodnotená ako dostatočná. Zrýchlenie spojov z okresných miest Svidník, Stropkov, Michalovce a Humenné môže byť na druhej strane cestujúcimi pozitívne prijaté, čo dosvedčujú aj zistenia v článku [87]. Z hľadiska odborného posúdenia je teda navrhovaná situácia priaznivá pre veľkú väčšinu užívateľov verejnej dopravy.

Vzhľadom na vyššie uvedené je vhodnou metódou na posúdenie a vyhodnotenie riešeného problému dopravné modelovanie. Na tento účel je použitý totožný dopravný model ako v predchádzajúcom posudzovanom prípade z pohľadu cestnej dopravy. Vzhľadom na rozsah dopravného modelu (celý kraj s presahom do ostatných regiónov a štátov) prebehla validácia samostatne aj pre verejnú dopravu. Jej výsledky uvádza obr. 29 vygenerovaný v použitom softvéri.

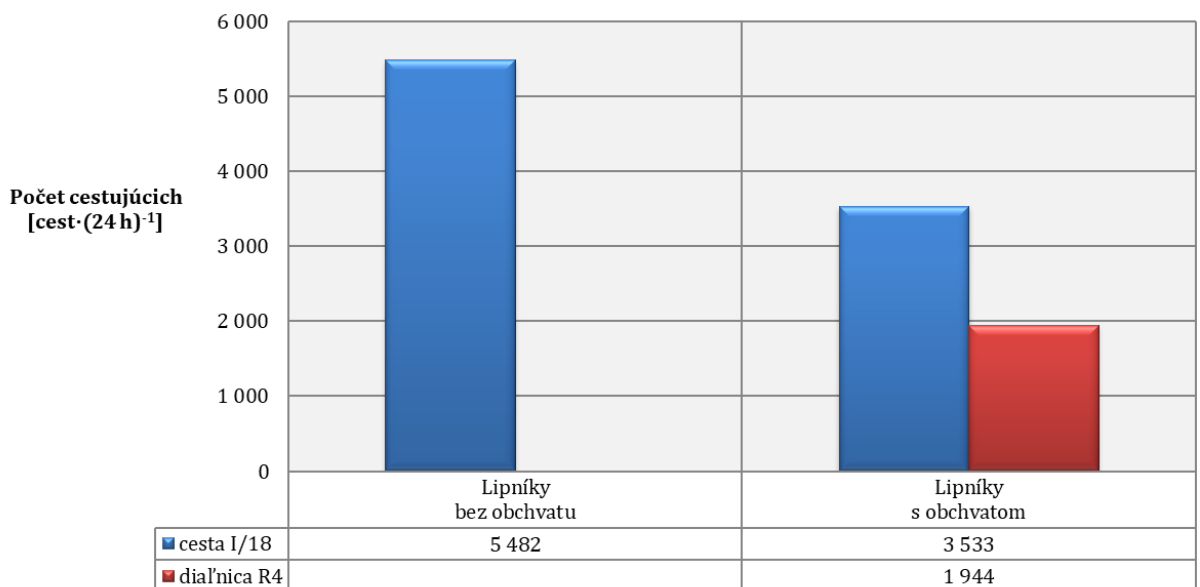


Obr. 29 Porovnanie prieskumných a modelových údajov vo verejnej doprave

Zdroj: [85], úprava autor

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

Výsledkom porovnania reálnych a modelových údajov je preukázanie ešte väčšej presnosti ako v predchádzajúcom prípade, pretože na základe vypočítaného koeficientu determinácie je miera kvality modelu na úrovni takmer 96 % (obr. 29). Keďže pôvodný dopravný model neobsahoval infraštruktúru diaľnice R4, tak je potrebné túto infraštruktúru do modelu doplniť. Zároveň s tým je potrebné upraviť aj linkové vedenie, a to ako z hľadiska vedenia spojov tak aj z pohľadu ich rozsahu. Samotné posúdenie tak pozostáva z porovnania dvoch variantov, konkrétne zo súčasného stavu (bez obchvatu) a zo situácie s odklonením významných liniek na plánovaný obchvat. Riešená situácia teda ilustruje v praxi najčastejšie riešený problém, a to spôsob obsluhy nácestných sídiel v prípade vybudovania obchvatov týchto miest a obcí. Zistené počty cestujúcich vo vozidlách verejnej dopravy v skúmaných variantoch sú predmetom nasledujúceho obr. 30.



Obr. 30 Porovnanie počtu cestujúcich v autobusových spojoch v uvažovaných scenároch

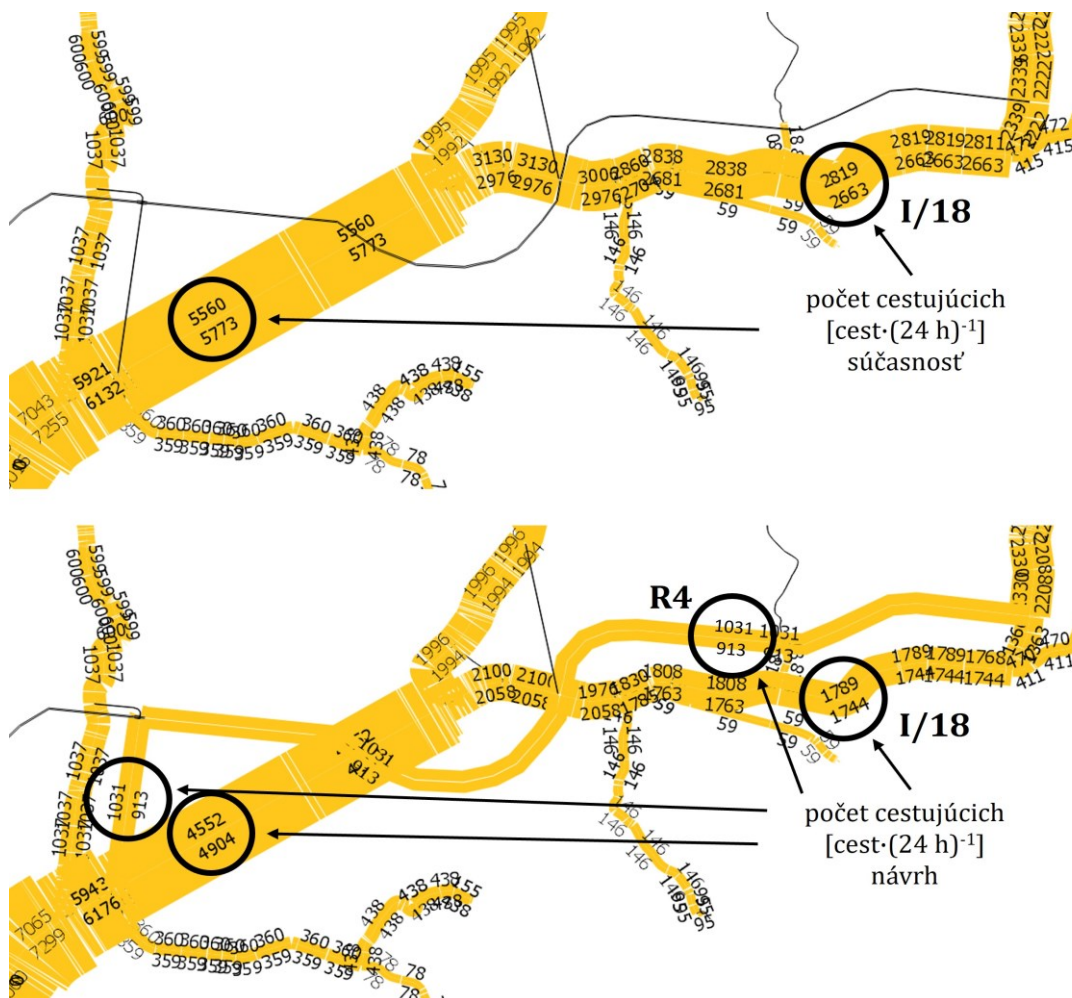
Zdroj: autor

Zo zistených údajov vyplýva, že z hľadiska intenzity prepravených cestujúcich sú si obidva posudzované varianty v podstate rovné. Celkový počet cestujúcich sa líši iba v jednotkách, čo zodpovedá úrovni štatistickej odchýlky. Zaujímavejšia je samotná distribúcia cestujúcich medzi jednotlivé linky, kde väčšie intenzity cestujúcich (64,5 % zo všetkých cestujúcich) vykazujú spoje kratších regionálnych liniek vedených v pôvodnej trase po ceste I/18. Aj napriek skutočnosti, že väčšina spojov je vedená po obchvate (53 % spojov), tak z hľadiska intenzity prepravených cestujúcich je situácia opačná (obr. 31). Na základe týchto dát je teda možné predpokladať, že časová úspora nepredstavuje v tomto prípade zásadný faktor pre voľbu konkrétneho spoja, a to vzhľadom na jej marginálny charakter v porovnaní s celkovým cestovným časom.

Údaje o počtoch cestujúcich v priloženom kartograme na obr. 31 potvrdzujú, že odklon určitých liniek regionálnej autobusovej dopravy na obchvat má neutrálny efekt na počet prepravených cestujúcich. Faktom však je, že **na základe údajov nedôjde k zhoršeniu dopravnej obslužnosti obchádzaných sídiel, pretože zistené intenzity prepravných prúdov aj pri nižšom rozsahu dopravy pokryjú prepravné potreby týchto sídiel.** Rozhodujúcim faktorom je v tomto prípade

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

veľkosť sídel, pričom ide v podstate o malé obce. Rozsah dopravy je vďaka vedeniu liniek z viacerých smerov viac než dostatočný. Z pohľadu tranzitných cestujúcich je určite komfortnejšie použitie obchvatu, keďže ide o kapacitnejšiu cestu s menšou náchylnosťou pre vznik dopravných kongescií. Samotná jazda po obchvate je však kilometricky dlhšia ako po ceste 1. triedy, preto je získaná časová úspora nižšia a z pohľadu vnímaného cestovného času takmer zanedbateľná.



Obr. 31 Kartogram prepravného zaťaženia (súčasnosť hore, návrh dole)

Zdroj: autor s využitím [85]

Z pohľadu zistených dát vykazujú obidva varianty na prvý pohľad obdobné výsledky. Bez ohľadu na koncepciu liniek je počet cestujúcich (používateľov verejnej dopravy) v oboch prípadoch takmer rovnaký. V zmysle navrhnutej metodiky je však objektívnym nástrojom na vyhodnotenie variantov použitie metód multikritériálneho rozhodovania. Za týmto účelom sú predstavené celkom štyri kritéria (faktory), ktoré sú v tomto prípade sledované. Ide o celkový počet prepravených cestujúcich na sledovanej relácii, pričom ide o maximalizačné kritérium uvádzané v počte cestujúcich za 24 hodín. Druhým zvoleným kritériom je usparený cestovný čas cestujúcich využívajúcich infraštruktúru vyššej kategórie. Predpokladom pre použitie tohto kritéria je porovnanie s referenčným variantom s pôvodným stavom infraštruktúry. Opäť ide o maximalizačné kritérium, ktoré je uvádzané v osobominútach (osmin). Z pohľadu obchádzaných sídel sú sledované dve kritéria, a to priemerný interval medzi spojmi

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE ĎALŠIU PREMÁVKU NA ÚSEKoch DOPRAVNÝCH SIETÍ NAHRADENÝCH ÚSEKMI VYŠŠEJ KATEGÓRIE

v minútach (minimalizácia), a celkový počet cestujúcich prepravujúcich sa do, resp. z týchto sídel za 24 hodín (maximalizácia).

Dôležitosť (váha) uvedených kritérií je rôzna v závislosti od hodnotiteľov. Iné priority majú obyvatelia obchádzaných obcí, iné tranzitní cestujúci, iné objednávateľia dopravných výkonov a podobne. Takýto stret rôznych preferencií samozrejme vplýva na váhu jednotlivých kategórií. V zmysle navrhutej metodiky je odporúčanou Saatyho metóda. Výhodou tejto metódy je to, že pre konkrétny prípad je možné rozoslať dotazník rôznym autoritám, na základe čoho je možné zostaviť finálnu Saatyho maticu tvorenú preferenciami všetkých zapojených hodnotiteľov. Takto stanovené váhy kritérií sa tak stanú významnými a nespochybniteľnými. Pre účel aplikácie navrhutej metodiky je skonštruovaná referenčná Saatyho matica s vypočítanými váhami kritérií (tab. 22), ktorá je vstupom do samotného procesu vyhodnotenia s využitím metód multikriteriálneho rozhodovania.

Tab. 22 Referenčná Saatyho matica s vypočítanými váhami kritérií

Kritérium		K1	K2	K3	K4	Váha
Celkový počet prepravených cestujúcich v riešenom smere [cest·(24 h) ⁻¹]	K1	1	5	4	3	0,54
Usporený cestovný čas cestujúcich na obchvate [osmin]	K2	1/5	1	4	1/3	0,14
Priemerný interval medzi spojmi v obchádzaných sídlach [min]	K3	1/4	1/4	1	1/3	0,07
Celkový počet cestujúcich prepravujúcich sa do/z obchádzaných sídel [cest·(24 h) ⁻¹]	K4	1/3	3	3	1	0,25
Index konzistencie Saatyho matice (CI) = 0,12						

Zdroj: autor

Najväčšiu váhu má prvé uvedené kritérium, čo vychádza z predpokladu, že cieľom systému verejnej dopravy je maximalizácia počtu prepravených cestujúcich týmto druhom dopravy. Ostatné kritéria majú váhu nižšiu, pričom ako mierne významnejšie je ohodnotený celkový počet prepravujúcich sa do/z obchádzaných sídel. Toto kritérium je sledované najmä s ohľadom na zabezpečenie adekvátnych dopravných služieb aj po odklonení časti spojov na obchvat. Hodnoty použitých kritérií pre dva skúmané scenáre vychádzajú z vyššie uvedených dát o rozsahu dopravy a intenzitách prepravných prúdov. Prehľad týchto hodnôt poskytuje nasledujúca tab. 23.

Tab. 23 Hodnoty sledovaných kritérií v skúmaných variantoch

Variant	K1	K2	K3	K4
Súčasný stav (bez obchvatu)	5 482	0	8,5	632
Návrhový stav (s obchvatom)	5 477	27 385	17,5	646
Požadovaná hodnota kritéria	maximum	maximum	minimum	maximum

Zdroj: autor

Na základe metodického postupu je na vyhodnotenie skúmaných variantov použitá metóda TOPSIS. **Výsledkom použitia tejto metódy je zistenie, že návrhový stav vykazuje väčší relatívny ukazovateľ vzdialenosti (0,65) ako súčasný stav (0,35)**, samozrejme s ohľadom na váhy a hodnoty jednotlivých kritérií. Určité rozdiely medzi variantmi teda zistené sú, zároveň ale nejde o významný rozdiel. Na potvrdenie vhodnosti a použiteľnosti navrhutej metodiky pre výskum obdobných problémov sú však výsledky dostatočné. Podobne ako v prípade cestnej dopravy vstupuje do rozhodovacieho procesu v praxi najmä ekonomické hľadisko, pričom uvedené zistenia tvoria najmä dopravno-technologické vstupy pre ďalšie (širšie) rozhodovanie.

Ďalší metodický postup už preto nie je detailne riešený v predmetnom príklade, ale spočíva buď v ďalšom posúdení a prípadnej implementácii vybraného variantu do praxe, alebo v úprave konceptu porovnávaných variantov (ďalšia iterácia). V riešenom prípade je teda odporúčaním odklon časti liniek na infraštruktúru vyššej kategórie, pretože to mierne zatraktívni verejnú dopravu pre tranzitujúcich cestujúcich, zároveň však zostanú služby verejnej dopravy dostupné aj pre obyvateľov žijúcich v obchádzaných obciach. Po prípadnej úprave cestovných poriadkov bude možné vykonať monitorovanie reálnych údajov z praxe, teda do akej miery sa zhodujú s údajmi prognózovanými dopravným modelom. Na základe takto získaných výsledkov bude buď koncept zachovaný, alebo dôjde k jeho ďalšej modifikácii.

6.3 Zhrnutie metodického postupu a prínosov pre vedu a prax

V kapitole 6 je predstavený metodický postup pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí, vrátane príkladu aplikácie navrhutej metodiky vrátane vysvetlenia postupu a prípadnej diskusie. V tejto kapitole sú predstavené praktické prístupy zahrňujúce využitie analytických nástrojov a metód štvorstupňového dopravného modelovania v reálnych situáciách. Navrhnutá metodika predstavuje systematický prístup k riešeniu problematiky nahradzovania dopravných sietí, a to so zameraním na všeobecné a prenositeľné uplatnenie v iných regiónoch či krajinách s podobnými dopravnými problémami. Jednotlivé kroky metodiky spolu s ich hlavnými cieľmi, použitými nástrojmi a očakávanými výstupmi sú predmetom tab. 24.

Praktická aplikácia navrhnutého postupu preukázala, že vhodným použitím metodiky je možné v návrhovom stave dosiahnuť optimalizáciu dopravných prúdov, a to s dôrazom na zníženie dopravných intenzít v mestách a celkové zlepšenie kvality dopravy. Zároveň je možné vďaka použitiu metodiky zabezpečiť efektívne využitie infraštruktúry vyššej kategórie, čo vedie k zlepšeniu dopravnej situácie vo všeobecnosti. Pri riešení verejnej dopravy je možné pomocou metodiky vyhodnotiť možné alternatívy a vybrať tú, ktorá zlepšuje systém verejnej dopravy a tým zvyšuje jeho atraktivitu pre cestujúcich.

Prínosy dizertačnej práce pre vedu je možné zhrnúť do celkom štyroch bodov:

1. **Rozšírenie teoretických poznatkov o problematike nahradzovania dopravných sietí:** Práca obsahuje vhodnú bázu pre príspevok k rozšíreniu súčasných vedeckých poznatkov týkajúcich sa najmä vyhodnotenia efektov obchvatov s využitím analytických nástrojov a metód dopravného modelovania.

2. **Vývoj metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí:** Významným prínosom dizertačnej práce je navrhnutie novej a originálnej metodiky pre vyhodnotenie efektov obchvatov a rozhodovanie o spôsobe nahradzovania dopravných sietí úsekmi vyššej kategórie.
3. **Uplatnenie analytických nástrojov a metód dopravného modelovania:** Práca obohacuje vedecké poznanie o aplikáciu konkrétnych nástrojov za účelom modelovania rôznych dopravných scenárov a ich dopadov na individuálnu a verejnú dopravu. Pri individuálnej doprave je poukázané aj na nekonvenčné použitie dopravného modelu s využitím modelových dát, pre verejnú dopravu bol vytvorený špecializovaný matematický model.
4. **Univerzálna aplikovateľnosť vytvorenej metodiky:** Metodika navrhnutá v práci je dostatočne flexibilná, aby mohla byť aplikovaná na rôzne typy dopravných systémov v rôznych geografických podmienkach, čo zvyšuje jej hodnotu pre ďalšie výskumy a teoretické štúdie v oblasti dopravného inžinierstva.

Tab. 24 Sumarizácia navrhnujej metodiky nahradzovania dopravných sietí

Krok	Cieľ	Nástroje	Výstup
Zber údajov	Získať údaje (presné, modelové) o dopravných a prepravných tokoch	Databázy správcov infraštruktúry, dopravcov a iných subjektov; vlastné prieskumy; štatistická analýza	Dátová základňa (východisková báza pre ďalšie riešenie)
Analýza a modelovanie dopravných a prepravných prúdov	Analýza súčasného stavu dopravných tokov a dopravnej infraštruktúry; modelovanie zmien v doprave vplyvom novej infraštruktúry	Štatistické vyhodnotenie; analytické nástroje; štvorstupňové dopravné modelovanie v špecializovanom softvéri	Analýza dopravného zaťaženia a predikcia dopravnej situácie
Vyhodnotenie variantov	Porovnať alternatívne riešenia	Multikriteriálna analýza; porovnanie s inými strategickými dokumentami	Najvhodnejší variant (podporený dátami)
Implementácia riešenia a monitorovanie	Projektová príprava a realizácia zvoleného variantu; porealizačné vyhodnotenie	Špecializovaný softvér; postup v súlade s príslušnou legislatívou; porealizačné prieskumy	Zlepšená infraštruktúra

Zdroj: autor

Z hľadiska prínosov dizertačnej práce pre prax je možné vychádzať z nasledujúcich položiek:

1. **Optimalizácia dopravných sietí:** Práca prináša praktické postupy pre efektívne využitie nových úsekov dopravnej infraštruktúry. Zároveň má ambíciu pomáhať pri strategickom plánovaní obchvatov, preložiek a obdobných ciest s cieľom predikovať budúce dopravné zaťaženie vo vzťahu k faktorom ovplyvňujúcim premávku na novej aj nahradenej infraštruktúre.
2. **Podpora v rozhodovacom procese:** Navrhnutá metodika poskytuje hodnotiteľom vhodné metódy a nástroje na posúdenie a vyhodnotenie efektov novej časti infraštruktúry. Vďaka použitiu metód multikriteriálneho rozhodovania môžu byť zohľadnené rôzne aspekty a faktory, čo vedie k výberu optimálneho riešenia pre konkrétnu lokalitu.
3. **Zlepšenie efektivity verejnej dopravy:** Aplikácia výsledkov dizertačnej práce vedie k zlepšeniu kvality a efektivity verejnej dopravy s cieľom nájsť atraktívne a udržateľné riešenie obsluhy konkrétnej oblasti. Toto tvorí zároveň predpoklad pre budúce odľahčenie individuálnej dopravy v prospech dopravy verejnej.
4. **Udržateľnosť a benefity novej infraštruktúry:** Posúdené a vyhodnotené scenáre s využitím navrhnutého metodického postupu prispievajú k nájdeniu takého riešenia, ktoré odľahčí mestské cesty s pozitívnym dopadom na životné prostredie, čo zároveň podporuje dlhodobú udržateľnosť infraštruktúry.

Uvedené prínosy ukazujú, že dizertačná práca má veľký potenciál prispieť nielen k vedeckému poznaniu, ale aj k praktickému poznaniu a použitiu v oblasti dopravného inžinierstva, plánovania a prognózovania dopravnej infraštruktúry.

7 Záver

Predložená dizertačná práca obsahuje v prvej časti súhrn doterajších poznatkov v oblasti témy jej spracovania. Predmetom tejto časti je analýza stavu vedeckého poznania, z ktorej vzišli možnosti ďalších prístupov vo vzťahu k riešenej problematike. Na základe možných východísk bola následne vytýčená množina rozsahu riešenia dizertačnej práce. Toto spektrum zistených prístupov bolo v ďalšej fáze podstatou diskusie, ktorá obsahuje určitú konfrontáciu identifikovaných prístupov s príkladmi z praxe. Predmetná analýza a diskusia zodpovedá oblasti, ktorá je predmetom vlastného výskumu, a to konkrétne mestám, príp. aglomeráciám v Česku a na Slovensku.

Na základe vykonanej diskusie nad otázkami o možnostiach odklonení dopravy v rozsahu vymedzenom predmetom riešenej témy bol definovaný hlavný cieľ dizertačnej práce. Tým je zhodnotenie efektov obchvatov a posúdenie zistených faktorov, a to v kontexte skúmanej problematiky nahradzovania dopravných sietí úsekmi vyššej kategórie. V súvislosti s cieľom práce bola stanovená hypotéza, ktorá je navyše doplnená aj dvomi podpornými tézami, ktoré scelujú skúmanú problematiku. Praktickým prínosom práce je vytvorenie metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí, resp. ich častí. Medzi použité metódy patrí predovšetkým štvorstupňové dopravné modelovanie, ale aj elementárne metódy teórie grafov, štatistická analýza a metódy multikriteriálneho rozhodovania.

Dizertačná práca obsahuje návrh metodiky pre podporu rozhodovania pri nahradzovaní dopravných sietí úsekmi vyššej kategórie, ktorá vychádza z výsledkov a poznatkov vlastného výskumu definovanej problematiky. Táto metodika zahŕňa komplexný proces, ktorý kombinuje zber dát, analytické a štatistické metódy, dopravné modelovanie a multikriteriálne rozhodovanie s cieľom relatívne rýchlej predikcie dopadov na dopravné prúdy, bez potreby znalosti veľkej množiny detailov. Originalita navrhnutého metodického postupu spočíva v tom, že ide o univerzálny prístup aplikovateľný na rôzne mestské aglomerácie a periférne oblasti, s možnosťou riešenia viacerých druhov dopravy. Integrácia výsledkov dopravného modelovania s následným použitím metód multikriteriálneho rozhodovania predstavuje určitý nový poznatok, pretože tento prístup umožňuje nielen posúdiť efekt nových úsekov na dopravnú situáciu v meste, ale zahrnúť do vyhodnotenia aj iné faktory (ekonomické či environmentálne).

Prínosom dizertačnej práce je aj originálny pohľad na efekt dopravnej indukcie, a to z hľadiska dlhodobých dopadov na dopravné prúdy. Predmetom vlastného riešenia práce nie je len izolované riešenie vplyvu nových úsekov infraštruktúry, ale aj určitý širší záber riešeného územia so zameraním na dlhodobý efekt obchvatov. Pomerne rýchly a účinný nástroj predstavuje v tomto smere regresný model, ktorý umožňuje vziať do úvahy aj potenciálne nepredvídané faktory, a to na základe predikcie situácie založenej na poznaní iných situácií. Mnohé práce sa zameriavajú predovšetkým na individuálnu dopravu, no táto práca sa sústreďuje aj na riešenie verejnej dopravy. V tejto súvislosti je dôležitým zistením, že nové úseky dopravných sietí ovplyvňujú prevádzkové koncepty liniek autobusovej dopravy. Navrhnutá metodika preto reflektuje aj túto skutočnosť, pričom originalita spočíva v postupe vyhodnotenia možných alternatív takým spôsobom, aby bola

dodržaná efektivita verejnej dopravy, a zároveň nedošlo k významnejšiemu zhoršeniu služieb autobusovej dopravy.

Dizertačná práca zároveň obsahuje niekoľko prípadových štúdií a aplikuje navrhnutú metodiku na konkrétne dopravné problémy. Dosiahnuté výsledky slúžia ako dôkaz funkčnosti a prenositeľnosti navrhnutého postupu do rôznych regionálnych a infraštruktúrnych podmienok, čo je dôležitým záverom vykonanej vedecko-výskumnej činnosti. Práca ponúka nástroje pre efektívne a dátovo podložené rozhodovanie v oblasti plánovania a modernizácie dopravnej infraštruktúry, a to so zameraním na miestnych aktérov, ktorých sa nová infraštruktúra priamo týka. Aj v tomto prístupe spočíva určitá originalita, pretože sa na infraštruktúru vyššej kategórie nehľadí z globálneho, ale najmä z lokálneho (regionálneho) hľadiska. Uvedené poznatky tvoria dostatočný základ pre vedecký prínos dizertačnej práce, a zároveň aj pre praktickú použiteľnosť v praxi riešených situácií.

Vo vzťahu k stanovenému cieľu dizertačnej práce bolo predmetom riešenia aj overenie platnosti hypotézy a podporných téz. V kontexte uvedeného bola preukázaná súvislosť výstavby obchvatov s efektom dopravnej indukcie v mestách, a zároveň so samotnou kvalitou dostupnosti miest s obchvatom v súvislosti k ich usporiadaním v priestore. Vo verejnej doprave bolo preukázané, že existencia obchvatov nezhoršuje dopravnú obslužnosť, pretože prípadný odklonený segment liniek je nahradený rovnakým alebo alternatívnym segmentom dostupných druhov dopravy.

Vzhľadom na vyššie uvedené je možné konštatovať, že dizertačná práca prináša do dopravného odboru nový rozmer poznania. Vlastné riešenie práce, jej štruktúra a náplň zodpovedajú obsahu podporných téz a zneniu stanovenej hypotézy. Vzhľadom na uvedené sú vytvorené predpoklady pre splnenie cieľa dizertačnej práce, a to aj s ohľadom na vykonané vyhodnotenie efektov nových úsekov dopravnej infraštruktúry v spojení s vytvorením príslušnej metodiky.

Teoretická časť práce tvorí taktiež vhodnú východiskovú bázu pre ďalší vedecký výskum, ktorý sa môže venovať v tejto práci hlbšie neriešenej problematike (z dôvodu rozsahu práce), teda najmä železničnej a mestskej doprave. Vedecký problém je možné rozšíriť aj o výskum faktorov z iných odborov ako je doprava, čo môže ešte viac zvýšiť stav vedeckého poznania. K tomu môže dopomôcť aj teoretická aplikácia navrhnutej metodiky v rámci riešenia obdobných výskumných problémov, čo určite prispeje ku skvalitneniu a ďalšiemu rozvoju metodického postupu.

Summary

The submitted dissertation contains, in its first part, a summary of current knowledge in the field related to its topic. This section focuses on an analysis of the state of scientific understanding, from which potential further approaches to the addressed issue have emerged. Based on these possible foundations, a set of scope for addressing the dissertation was subsequently established. This spectrum of identified approaches then formed the basis for a discussion, which includes a certain confrontation of the identified approaches with practical examples. The analysis and discussion are relevant to the area under investigation, specifically cities or agglomerations in the Czech Republic and Slovakia.

Following the discussion on questions regarding the possibilities of diverting traffic within the scope defined by the dissertation's subject, the main objective of the dissertation was defined. This objective is to evaluate the effects of bypasses and assess the identified factors in the context of the examined issue of replacing transport networks with higher-category sections. In relation to this objective, a hypothesis was formulated, further complemented by two supporting theses that consolidate the research topic. The practical contribution of the dissertation lies in the creation of a methodology to support decision-making in the replacement of transport networks or their parts. The methods used include primarily four-step transport modeling, as well as elementary methods from graph theory, statistical analysis, and multicriteria decision-making methods.

The dissertation proposes a methodology to support decision-making in the replacement of transport networks with higher-category sections, based on the results and findings from the research of the defined issue. This methodology includes a comprehensive process that combines data collection, analytical and statistical methods, transport modeling, and multicriteria decision-making, aiming for relatively quick predictions of impacts on traffic flows without the need for detailed knowledge of a large set of specifics. The originality of the proposed methodological approach lies in its universal applicability to various urban agglomerations and peripheral areas, with the ability to address multiple modes of transport. The integration of transport modeling results with subsequent use of multicriteria decision-making methods presents a novel approach, as it allows for the assessment of the effects of new sections on urban traffic, while also incorporating other factors (economic or environmental) into the evaluation.

The dissertation also provides an original perspective on the effect of traffic induction, particularly in terms of its long-term impact on traffic flows. The focus of the research is not solely on the isolated impact of new infrastructure sections but also on the broader scope of the studied area, with an emphasis on the long-term effects of bypasses. A relatively quick and effective tool in this regard is the regression model, which enables the consideration of potentially unforeseen factors through the prediction of the situation based on knowledge of other cases. While many studies focus primarily on individual transport, this work also addresses public transport. An important finding in this context is that new transport network sections influence

the operational concepts of bus routes. Therefore, the proposed methodology reflects this fact, with the originality lying in the evaluation process of possible alternatives in a way that maintains public transport efficiency while avoiding a significant deterioration of bus services.

The dissertation also includes several case studies and applies the proposed methodology to specific transportation issues. The achieved results serve as evidence of the functionality and transferability of the proposed approach to various regional and infrastructural conditions, which is an important conclusion of the conducted scientific research. The work provides tools for effective and data-driven decision-making in the planning and modernization of transportation infrastructure, focusing on local stakeholders who are directly affected by the new infrastructure. The originality of this approach lies in the fact that the higher-category infrastructure is considered not from a global perspective but primarily from a local (regional) viewpoint. These findings provide a sufficient foundation for the scientific contribution of the dissertation, as well as for its practical applicability in real-world situations.

In relation to the defined objective of the dissertation, the work also addressed the verification of the validity of the hypothesis and supporting theses. In this context, a connection was demonstrated between the construction of bypasses and the effect of traffic induction in cities, as well as with the quality of accessibility of bypassed cities in relation to their spatial arrangement. In public transport, it was shown that the existence of bypasses does not deteriorate transport serviceability, as any diverted segment of routes is replaced by an equivalent or alternative segment of available transport modes.

Given the above, it can be concluded that the dissertation brings a new dimension of knowledge to the field of transportation. The structure and content of the work correspond to the supporting theses and the formulated hypothesis. As such, the conditions for fulfilling the objective of the dissertation are met, particularly with respect to the evaluation of the effects of new sections of transportation infrastructure in conjunction with the development of the relevant methodology.

The theoretical part of the dissertation also provides a suitable foundation for further scientific research, which could focus on topics that were not addressed in depth in this work (due to its scope), particularly railway and urban transport. The scientific problem can also be expanded to include research on factors from other fields beyond transportation, which could further enhance the state of scientific knowledge. The theoretical application of the proposed methodology in addressing similar research problems can also contribute to improving and further developing the methodological approach.

Literatúra

- [1] ORTÚZAR, Juan a WILLUMSEN, Luis. *Modelling Transport*. 3. Chichester: Wiley, 2001. ISBN 978-0-471-86110-2.
- [2] PREKOP, Michal a DOLEJŠ, Martin. Do bypass routes reduce noise disturbances in cities? Case study of Cheb (Western Bohemia, Czech Republic). online. *Geographia Technica*. 2016, roč. 11, č. 2, s. 78–86. ISSN 1842-5135. Dostupné na internete: https://doi.org/10.21163/GT_2016.112.08. [cit. 2021-06-08].
- [3] DE BORGER, Bruno a PROOST, Stef. Traffic externalities in cities: The economics of speed bumps, low emission zones and city bypasses. online. *Journal of Urban Economics*. 2013, roč. 76, s. 53–70. ISSN 0094-1190. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2013.02.004>. [cit. 2021-05-21].
- [4] PINA, Vicente a TORRES, Lourdes. Analysis of the efficiency of local government services delivery. An application to urban public transport. online. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2001, roč. 35, č. 10, s. 929–944. ISSN 0965-8564. Dostupné na internete: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(00)00033-1). [cit. 2021-05-21].
- [5] FINNVEDEN, Göran a ÅKERMAN, Jonas. Bypass Stockholm, the environment and climate: A case study in road planning. online. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2009, s. 1–23. ISSN 1652-5442. Dostupné na internete: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aakth%3Adiva-82056>. [cit. 2021-05-21].
- [6] ŠTEFANČIĆ, Gordana; MARIJAN, Dalibor a KLJAJIĆ, Slobodan. Capacity and Level of Service on the Zagreb Bypass. online. *Promet – Traffic&Transportation*. 2012, roč. 24, č. 3, s. 261–267. ISSN 1848-4069. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.7307/ptt.v24i3.319>. [cit. 2021-05-21].
- [7] FAGEDA, Xavier. Do light rail systems reduce traffic externalities? Empirical evidence from mid-size european cities. online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2021, roč. 92, s. 1–15. ISSN 1361-9209. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102731>. [cit. 2021-05-21].
- [8] COLLINS, Margaret a WEISBROD, Glen. *Economic impact of freeway bypass routes in medium size cities*. online. In: Formerly Economic Development Research Group (EDR Group). Roanoke: Economic Development Research Group for the City of Roanoke (Virginia), 2000, s. 1–16. Dostupné na internete: <https://www.ebp-us.com/sites/default/files/project/uploads/Urban-Freeway-Bypass-Case-Studies.pdf>. [cit. 2021-06-08].
- [9] VITKŪNAS, Rolandas; ČINČIKAITĖ, Renata a MEIDUTE-KAVALIAUSKIENE, Ieva. Assessment of the Impact of Road Transport Change on the Security of the Urban Social Environment. online. *Sustainability*. 2021, roč. 13, č. 22, s. 1–15. ISSN 2071-1050. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3390/su132212630>. [cit. 2022-04-16].

- [10] CARLSON, Annelie a MELLIN, Anna. Life cycle assessment of a road investment – estimating the effect on energy use when building a bypass road. online. *Working papers in Transport Economics 2013:23*. 2013, s. 1–16. Dostupné na internete: https://ideas.repec.org/p/hhs/ctswps/2013_023.html. [cit. 2021-05-21].
- [11] KIEĆ, M. Operation of 2+1 Road with High Shares of Heavy Vehicles. online. *Archives of Civil Engineering*. 2017, roč. 63, č. 3, s. 53–70. ISSN 1230-2945. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1515/ace-2017-0028>. [cit. 2021-05-21].
- [12] LEE, Sujin; LEE, Jinwoo; MASTRIGT, Suzanne Hiemstra-van a KIM, Euiyoung. What cities have is how people travel: Conceptualizing a data-mining-driven modal split framework. online. *Cities*. 2022, roč. 131, č. 103902. ISSN 0264-2751. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103902>. [cit. 2023-06-15].
- [13] ZHANG, Kai; ZHANG, Honggang; CHENG, Qixiu; CHEN, Xinyuan; WANG, Zewen et al. A customized two-stage parallel computing algorithm for solving the combined modal split and traffic assignment problem. online. 2023, roč. 154, č. 106193. ISSN 0305-0548. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106193>. [cit. 2023-06-15].
- [14] RYU, Seungkyu; CHEN, Anthony a CHOI, Keechoo. Solving the combined modal split and traffic assignment problem with two types of transit impedance function. online. *European Journal of Operational Research*. 2017, roč. 257, č. 3, s. 870–880. ISSN 0377-2217. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.019>. [cit. 2023-06-15].
- [15] DULEBA, Szabolcs; MOSLEM, Sarbast a ESZTERGÁR-KISS, Domokos. Estimating commuting modal split by using the Best-Worst Method. online. *European Transport Research Review*. 2021, roč. 13, č. 29. ISSN 1867-0717. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00489-z>. [cit. 2023-06-15].
- [16] PI, Xidong a QIAN, Zhen. A stochastic optimal control approach for real-time traffic routing considering demand uncertainties and travelers' choice heterogeneity. online. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2017, roč. 104, s. 710–732. ISSN 0191-2615. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.06.002>. [cit. 2021-05-21].
- [17] GENTILE, Guido; VELONÀ, Pietro a CANTARELLA, Giulio Erberto. Uniqueness of stochastic user equilibrium with asymmetric volume-delay functions for merging and diversion. online. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2015, roč. 3, č. 3, s. 309–331. ISSN 2192-4376. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/s13676-013-0042-0>. [cit. 2021-05-21].
- [18] LODER, Allister; BRESSAN, Lea; WIERBOS, Maria J.; BECKER, Henrik; EMMONDS, Andy et al. How Many Cars in the City Are Too Many? Towards Finding the Optimal Modal Split for a Multi-Modal Urban Road Network. online. *Frontiers in Future Transportation*. 2021, roč. 2, č. 665006. ISSN 2673-5210. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3389/ffutr.2021.665006>. [cit. 2023-06-15].

- [19] PETER, Tamas; BOKOR, Jozsef a STROBL, Andras. Model for the analysis of traffic networks and traffic modelling of Győr. online. *IFAC Proceedings Volumes*. 2013, roč. 46, č. 25, s. 167–172. ISSN 1474-6670. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3182/20130916-2-TR-4042.00023>. [cit. 2021-05-29].
- [20] DZEBO, Suada. The Regression Model for Assignment of Diverted Traffic to Planned Bypass Road. online. *Advanced Technologies, Systems, and Applications II*. Lecture Notes in Networks and Systems. 2018, roč. 28, s. 711–723. ISBN 978-3-319-71320-5. ISSN 2367-3370. Dostupné na internete: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71321-2_62. [cit. 2021-05-29].
- [21] SHI, Junqing; HU, Yongju; LI, Sulan; LI, Zhiqiang; ZHANG, Xinhuan et al. Simulation and analysis of road construction traffic flow in urban road networks. online. *Advances in Mechanical Engineering*. 2015, roč. 7, č. 11, s. 1–7. ISSN 1687-8140. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1177/1687814015618176>. [cit. 2021-05-21].
- [22] COLOMA, Juan; GARCIA, Marta a GUZMÁN, Raúl. Effects of Bypass in Small and Non-congested Cities: A Case Study of the City Badajoz. online. *Promet – Traffic&Transportation*. 2018, roč. 30, č. 4, s. 479–489. ISSN 1848-4069. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.7307/ptt.v30i4.2748>. [cit. 2021-05-29].
- [23] ANTIPOVA, Anzhelika a WILMOT, Chester. Alternative approaches for reducing congestion in Baton Rouge, Louisiana. online. *Journal of Transport Geography*. 2012, roč. 24, s. 404–410. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.015>. [cit. 2021-05-21].
- [24] KOUKOUNARIS, Athanasios I.; MAROUSHI, Konstantina P. a YORGOS J. STEPHANEDES, P.E. Congestion detection and diversion in coastal urban traffic. online. *Transportation Research Procedia*. 2019, roč. 41, s. 255–259. ISSN 2352-1465. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.045>. [cit. 2021-05-21].
- [25] KUO, Yong-Hong; LEUNG, Janny M.Y. a YAN, Yimo. Public transport for smart cities: Recent innovations and future challenges. online. *European Journal of Operational Research*. 2023, roč. 306, č. 3, s. 1001–1026. ISSN 0377-2217. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.057>. [cit. 2023-06-15].
- [26] TIAN, Li-Jun a HUANG, Hai-Jun. Modeling the modal split and trip scheduling with commuters' uncertainty expectation. online. *European Journal of Operational Research*. 2015, roč. 244, č. 3, s. 815–822. ISSN 0377-2217. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.02.030>. [cit. 2023-06-15].
- [27] SANTOS, Georgina; MAOH, Hanna; POTOGLU, Dimitris a VON BRUNN, Thomas. Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities. online. *Journal of Transport Geography*. 2013, roč. 30, s. 127–137. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.04.005>. [cit. 2023-06-15].

- [28] BUEHLER, Ralph. Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. online. *Journal of Transport Geography*. 2011, roč. 19, č. 4, s. 644–657. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.005>. [cit. 2023-06-15].
- [29] SIMONS, Dorien; DE BOURDEAUDHUIJ, Ilse; CLARYS, Peter; DE GEUS, Bas; VANDELANOTTE, Corneel et al. Choice of transport mode in emerging adulthood: Differences between secondary school students, studying young adults and working young adults and relations with gender, SES and living environment. online. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017, roč. 103, s. 172–184. ISSN 0965-8564. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.016>. [cit. 2023-06-15].
- [30] DONG, Chuanwen a TRANSCHEL, Sandra. A dual sourcing inventory model for modal split transport: Structural properties and optimal solution. online. *European Journal of Operational Research*. 2020, roč. 283, č. 3, s. 883–900. ISSN 0377-2217. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.050>. [cit. 2023-06-15].
- [31] ROSELL, Francisca; CODINA, Esteve a MONTERO, Lúdia. A combined and robust modal-split/traffic assignment model for rail and road freight transport. online. *European Journal of Operational Research*. 2022, roč. 303, č. 2, s. 688–698. ISSN 0377-2217. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.03.008>. [cit. 2023-06-15].
- [32] KLEPRLÍK, Jaroslav a MATUŠKA, Jaroslav. The demand for public transport and modeling decision-making process of passengers. online. In: *Transport Means 2017: Proceedings of the International Scientific Conference*. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2017, s. 192–202. ISSN 2351-7034. Dostupné na internete: <https://hdl.handle.net/10195/69911>. [cit. 2021-05-29].
- [33] ŻABICKI, Piotr a GARDZIEJCZYK, Władysław. Selected aspects of multicriteria analysis in the design of bypass roads. online. *Budownictwo i Architektura*. 2020, roč. 13, č. 1, s. 213–222. ISSN 2544-3275. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.1941>. [cit. 2021-05-21].
- [34] WANGZOM, Dorji. Qualitative study on the short-term economic impacts of the new bypass road od Tsimasham core area businesses, Chukha, Bhutan. online. *Journal of Urban and Regional Analysis*. 2021, roč. 13, č. 1, s. 145–176. ISSN 2068-9969. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.37043/JURA.2021.13.1.10>. [cit. 2022-04-16].
- [35] CINGEL, Michal; ČELKO, Ján a DRLIČIAK, Marek. Analysis in modal split. online. *Transportation Research Procedia*. 2019, roč. 40, s. 178–185. ISSN 2352-1465. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.028>. [cit. 2023-06-15].
- [36] GAŠPARÍK, Jozef; ŠIROKÝ, Jaromír; PEČENÝ, Lumír a HALÁS, Martin. Methodology for assessing the quality of rail connections on the network. online. *Communications*. 2014, roč. 16, č. 2, s. 25–30. ISSN 2585-7878. Dostupné na internete: http://www.utc.sk/komunikacie/archiv/2014/2/2_2014en.pdf. [cit. 2021-05-29].

- [37] VÁZQUEZ-MÉNDEZ, Miguel E.; CASAL, Gerardo; CASTRO, Alberte a SANTAMARINA, Duarte. Optimization of an urban railway bypass. A case study in A Coruña-Lugo line, Northwest of Spain. online. *Computers & Industrial Engineering*. 2021, roč. 151, s. 1–8. ISSN 0360-8352. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106935>. [cit. 2021-05-21].
- [38] DENG, Taotao; WANG, Dandan; HU, Yukun a LIU, Shuang. Did high-speed railway cause urban space expansion? Empirical evidence from China's prefecture-level cities. online. *Research in Transportation Economics*. 2020, roč. 80, s. 1–12. ISSN 0739-8859. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100840>. [cit. 2021-05-21].
- [39] DYMITRYSZYN, Izabela. The effect of the construction and renovation of a highway bypass in Central Poland on the carabid beetle fauna (Coleoptera Carabidae). online. *European Journal of Entomology*. 2014, roč. 111, č. 5, s. 655–662. ISSN 1210-5759. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.14411/eje.2014.081>. [cit. 2021-05-21].
- [40] DE PAUW, Bart. The Combined Bypass Railway and Tangent Road Project Near the Station of Mechelen (Belgium). online. *High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet*. 2018, roč. 3, s. 2739–2747. ISBN 978-3-319-59470-5. Dostupné na internete: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59471-2_311. [cit. 2021-05-21].
- [41] MAZZEO, Giuseppe. Impact of high speed trains on the hierarchy of European cities. online. *Jahrbuch für Regionalwissenschaft*. 2012, roč. 32, č. 2, s. 159–173. ISSN 0173-7600. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/s10037-012-0066-1>. [cit. 2021-05-21].
- [42] KIM, Hyojin; SULTANA, Selima a WEBER, Joe. A geographic assessment of the economic development impact of Korean high-speed rail stations. online. *Transport Policy*. 2018, roč. 66, s. 127–137. ISSN 0967-070X. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.02.008>. [cit. 2021-05-29].
- [43] MOYANO, Amparo; MOYA-GÓMEZ, Borja a GUTIÉRREZ, Javier. Access and egress times to high-speed rail stations: A spatiotemporal accessibility analysis. online. *Journal of Transport Geography*. 2018, roč. 73, s. 84–93. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.10.010>. [cit. 2021-05-29].
- [44] BERGANTINO, Angela Stefania a MADIO, Leonardo. Intermodal competition and substitution. HSR versus air transport: Understanding the socio-economic determinants of modal choice. online. *Research in Transportation Economics*. 2020, roč. 79, s. 1–10. ISSN 0739-8859. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100823>. [cit. 2021-05-21].
- [45] TIAN, Meng; LI, Tongping; YE, Xinyue; ZHAO, Hengsong a MENG, Xia. The impact of high-speed rail on service industry agglomeration in peripheral cities. online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2021, roč. 93, s. 1–18. ISSN 1361-9209. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102745>. [cit. 2021-05-21].

- [46] GARMENDIA, Maddi; RIBALAYGUA, Cecilia a UREÑA, José María. High speed rail: implication for cities. online. *Cities*. 2012, roč. 29, s. 26–31. ISSN 0264-2751. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.06.005>. [cit. 2021-05-21].
- [47] SHEN, Yu; SILVA, João de Abreu e a MARTÍNEZ, L. Miguel. HSR Station Location Choice and its Local Land Use Impacts on Small Cities: A Case Study of Aveiro, Portugal. online. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014, roč. 111, s. 470–479. ISSN 1877-0428. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.080>. [cit. 2021-05-21].
- [48] UREÑA, José M.; MENERAULT, Philippe a GARMENDIA, Maddi. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective. online. *Cities*. 2009, roč. 26, č. 5, s. 266–279. ISSN 0264-2751. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.07.001>. [cit. 2021-05-21].
- [49] YANG, Yuelong a HAN, Sun. Wrestling between central and local: Planning and development of the Wuhan High-Speed Rail Station and its vicinity, China. online. *Cities*. 2020, roč. 105. ISSN 0264-2751. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102828>. [cit. 2021-05-29].
- [50] VICKERMAN, Roger. High-speed rail and regional development: The case of intermediate stations. online. *Journal of Transport Geography*. 2015, roč. 42, s. 157–165. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.008>. [cit. 2021-05-29].
- [51] MIRALLES I GARCIA, J.L. Integration of high-speed train stations in cities: The case of Spain and Valencia city. online. *International Journal of Transport Development and Integration*. 2017, roč. 1, č. 4, s. 677–694. ISSN 2058-8313. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.2495/TDI-V1-N4-677-694>. [cit. 2021-05-21].
- [52] REPOLHO, Hugo; CHURCH, Richard a ANTUNES, António. Optimizing station location and fleet composition for a high-speed rail line. online. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2016, roč. 93, s. 437–452. ISSN 1366-5545. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.006>. [cit. 2021-05-29].
- [53] MARTI-HENNEBERG, Jordi. Attracting travellers to the high-speed train: A methodology for comparing potential demand between stations. online. *Journal of Transport Geography*. 2015, roč. 42, s. 145–156. ISSN 0966-6923. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.11.003>. [cit. 2021-05-21].
- [54] PAN, Haozhi; CONG, Cong; ZHANG, Xiaoling a ZHANG, Yina. How do high-speed rail projects affect the agglomeration in cities and regions?. online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020, roč. 88, s. 1–15. ISSN 1361-9209. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102561>. [cit. 2021-05-21].
- [55] FELIU, Jaume. High-Speed Rail in European Medium-Sized Cities: Stakeholders and Urban Development. online. *Journal of Urban Planning and Development*. 2012, roč. 138, č. 4, s. 293–302. ISSN 0733-9488. Dostupné na internete: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000123](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000123). [cit. 2021-05-29].

- [56] MOYANO, Amparo a DOBRUSZKES, Frédéric. Mind the services! High-speed rail cities bypassed by high-speed trains. online. *Case Studies on Transport Policy*. 2017, roč. 5, č. 4, s. 537–548. ISSN 2213-624X. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.07.005>. [cit. 2021-05-29].
- [57] FELIU TORRENT, Jaume. La organización de los actores en el desarrollo territorial: El tren de alta velocidad en la ciudad intermedia. online. *Investigaciones Geográficas*. 2007, roč. 43, s. 97–120. ISSN 1989-9890. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.14198/INGEO2007.43.06>. [cit. 2021-05-21].
- [58] PUTKARADZE, Merab; ABUSELIDZE, George; PHAGAVA, Nazibrola; CHICHILEISHVILI, Khatuna a KAMADADZE, Tsira. Economic and Ecological issues related to construction of Batumi city bypass road of Traceca: Transport corridor Europe – Caucasus – Asia. online. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*. 2020, roč. 20, s. 275–282. ISSN 1314-2704. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.035>. [cit. 2021-05-21].
- [59] BULÍČEK, Josef. Questions of star-shaped lines in public passenger mass transport. online. *Perner's Contacts*. 2011, roč. 6, č. 2, s. 7–15. Dostupné na internete: <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/822>. [cit. 2021-05-25].
- [60] JIŘÍK, Filip. 30 let moderní tramvaje ve Francii – 4. část: Tramvaje v Paříži a okolí. *Československý dopravák*. 2015, roč. 14, č. 3, s. 72–86.
- [61] BULÍČEK, Josef. *Modelování technologických procesů v dopravě*. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2011. ISBN 978-80-7395-442-0.
- [62] ČELKO, Ján; ĎURČANSKÁ, Daniela; DRILIČIAK, Marek; KOCIÁNOVÁ, Andrea; MATEČEK, Ľubomír et al. *Dopravné plánovanie*. Žilina: Žilinská univerzita (EDIS), 2015. ISBN 978-80-554-1112-5.
- [63] KUŠNIEROVÁ, Jela a HOLLAREK, Tomáš. *Metódy modelovania a prognózovania prepravného a dopravného procesu*. 1. Žilina: Žilinská univerzita (EDIS), 2000. ISBN 80-7100-673-4.
- [64] CALDERÓN, González, C. A.; CALDERÓN, González, G. a POSADA, Henao, J. J. Solving the traffic assignment problem using real data for a segment of Medellin's transportation network. online. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 2011, č. 59, s. 47–58. ISSN 0120-6230. Dostupné na internete: <https://www.redalyc.org/comocitar.oe?id=43021205005>. [cit. 2022-04-16].
- [65] MITRADJIEVA, Maria a LINDBERG, Per Olov. The Stiff Is Moving – Conjugate Direction Frank-Wolfe Methods with Applications to Traffic Assignment. online. *Transportation Science*. 2013, roč. 47, č. 2, s. 280–293. ISSN 0041-1655. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1287/trsc.1120.0409>. [cit. 2022-04-16].
- [66] RABUŠIC, Ladislav; SOUKUP, Petr a MAREŠ, Petr. *Statistická analýza sociálněvědních dat (prostřednictvím SPSS)*. 2. Brno: Masarykova univerzita, 2019. ISBN 978-80-210-9248-8.

- [67] RIEČAN, Beloslav; LAMOŠ, František a LENÁRT, Cyril. *Pravdepodobnosť a matematická štatistika*. 2. Vydavateľstvo Alfa, 1992. ISBN 80-05-00654-3.
- [68] ZVÁRA, Karel. *Základy štatistiky v prostredí R*. 1. Biomedicínska štatistika. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2245-3.
- [69] BERNASCONI, Michele; CHOIRAT, Christine a SERI, Raffaello. The Analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement. online. *Management Science*. 2010, roč. 56, č. 4, s. 699–711. ISSN 0025-1909. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1287/mnsc.1090.1123>. [cit. 2023-06-15].
- [70] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metódy*. 3. Plzeň: Vydavateľstvá a nakladateľstvá Aleš Čeněk s.r.o., 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.
- [71] *Počty obyvateľ v obciach k 1.1.2024 po promítnutí územných zmien*. online. In: Český štatistický úrad. 2024. Dostupné na internete: <https://csu.gov.cz/produkty/pocet-obyvateľ-v-obciach-9vln2prayv>. [cit. 2024-07-26].
- [72] *Trvalo bývajúce obyvateľstvo k 31.12.2023*. online. In: Moja obec v štatistikách. 2024. Dostupné na internete: <https://mojaobec.statistics.sk/html/sk.html>. [cit. 2024-07-26].
- [73] MINISTERSTVO DOPRAVY, VÝSTAVBY A REGIONÁLNEHO ROZVOJA SR. *Technické podmienky: Prognózovanie výhľadových intenzít na cestnej sieti do roku 2040*. online. 2013. Dostupné na internete: https://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp/tp_070.pdf. [cit. 2022-04-16].
- [74] *Prezentace výsledků sčítání dopravy 2020*. online. In: Celostátní sčítání dopravy. 2022. Dostupné na internete: https://scitani.rsd.cz/CSD_2020/. [cit. 2023-12-24].
- [75] *Celoštátné sčítanie dopravy v roku 2022 a 2023*. online. In: Slovenská správa ciest. 2023. Dostupné na internete: <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2022-a-2023.ssc>. [cit. 2023-12-24].
- [76] *Celostátní sčítání dopravy 2000*. online. In: Ředitelství silnic a dálnic. 2001. Dostupné na internete: https://www.rsd.cz/doprava/scitani_2000/start.html. [cit. 2021-05-29].
- [77] *Celoštátné sčítanie dopravy v roku 2010*. online. In: Slovenská správa ciest. 2011. Dostupné na internete: <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2010.ssc>. [cit. 2021-05-29].
- [78] *Prezentace výsledků sčítání dopravy 2010*. online. In: Ředitelství silnic a dálnic. 2011. Dostupné na internete: <http://scitani2010.rsd.cz/>. [cit. 2021-05-29].
- [79] *Celoštátné sčítanie dopravy v roku 2005*. online. In: Slovenská správa ciest. 2006. Dostupné na internete: <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2005.ssc>. [cit. 2021-05-29].
- [80] *Celostátní sčítání dopravy 2005*. online. In: Ředitelství silnic a dálnic. 2006. Dostupné na internete: <https://www.rsd.cz/vysledky-csd-2005/>. [cit. 2021-05-29].
- [81] *Jízdní řády IDOS*. online. 2024. Dostupné na internete: <https://idos.cz/>. [cit. 2024-07-26].
- [82] *Cestovné poriadky CP.sk*. online. 2024. Dostupné na internete: <https://cp.sk/>. [cit. 2024-07-26].

- [83] *Mapy.cz*. online. 2024. Dostupné na internete: <https://sk.mapy.cz/>. [cit. 2024-06-15].
- [84] NDCON S.R.O. *Plán udržateľnej mobility Košického samosprávneho kraja: Dopravný model Košického samosprávneho kraja*. 2020.
- [85] NDCON S.R.O. *Plán udržateľnej mobility Prešovského samosprávneho kraja: Dopravný model Prešovského samosprávneho kraja*. 2020.
- [86] *Plán dopravnej obslužnosti Prešovského samosprávneho kraja*. online. In: Prešovský samosprávny kraj. 2024. Dostupné na internete: <https://psk.sk/domov/urad-psk/odbor-dopravy/dokumenty-odboru/pdo-psk/>. [cit. 2024-07-26].
- [87] BULKOVÁ, Zdenka; ŠKORUPA, Milan; KENDRA, Martin; GAŠPARÍK, Jozef a ZITRICKÝ, Vladislav. Structure of Public Passenger Transport Lines in the Region of Prešov in Slovakia to Support the Development of an Integrated Transport System. online. *Applied Sciences*. 2024, roč. 14, č. 16, s. 1–32. ISSN 2076-3417. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3390/app14167128>. [cit. 2024-08-27].

Vlastné publikácie

Publikačná činnosť súvisiaca s témou dizertačnej práce

- [I] MONDEK, Norbert a BULÍČEK, Josef. Changes in the traffic situation on city roads after traffic diversion outside the city. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Traffic and Transport Engineering*. Belgrade: Scientific Research Center, 2018, s. 1064–1072. ISBN 978-86-916153-4-5.
D – Indexované v databáze Web of Science, 1 citácia.
- [II] MONDEK, Norbert a BULÍČEK, Josef. Replacement of Public Passenger Transport from Cities: Fastening or Worsening of Accessibility. In: *Transport Means: Proceedings of the 23rd international scientific conference*. Palanga: Kaunas University of Technology, 2019, s. 54–61. ISSN 2351-7034.
D – Indexované v databáze Scopus, 2 citácie.
- [III] MONDEK, Norbert. High-speed Line Servicing of Medium-sized Intermediate Cities: A Case Study of Jihlava (Czechia). *Transportation Research Procedia* [online]. 2021, roč. 53, s. 114–124. ISSN 2352-1465. Dostupné na internete: <https://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.015>.
D – Indexované v databázach Scopus a Web of Science, 0 citácií.
- [IV] MONDEK, Norbert. The role of access distance to higher category traffic network (bypass) on impact of its use. In: *Proceedings of the 10th Carpathian Logistics Congress* [online]. Bojnice, 2022, s. 86–92. ISSN 2694-9318. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.37904/clc.2022.4567>.
(D) – Zaslané do databáz Scopus a Web of Science za účelom potenciálneho indexovania.
- [V] MONDEK, Norbert. Impact of higher category infrastructure on public transport related to travel to work. In: *Proceedings of the 35th European Modeling & Simulation Symposium (EMSS 2023)* [online]. Athens, 2023, s. 1–9. ISSN 2305-2023. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.46354/i3m.2023.emss.033>.
D – Indexované v databáze Scopus, 0 citácií.

Publikačná činnosť ostatná

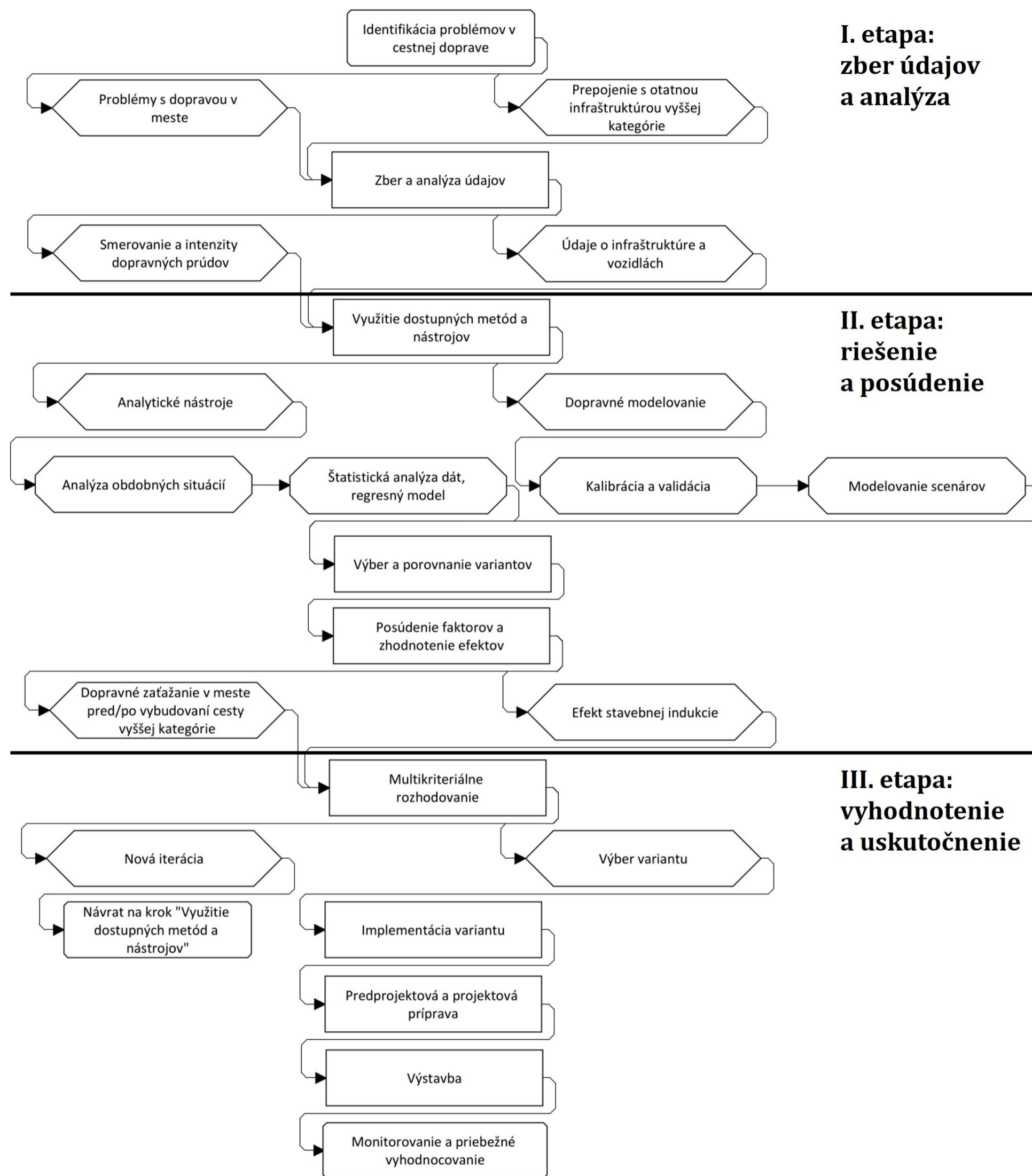
- [VI] BULÍČEK, Josef; ŠOUREK, David; VOJTEK, Martin; MONDEK, Norbert a ŠKORUPA, Milan. Modelling of Structure of Public Transport Lines in the Agglomeration of Pardubice. In: *Transport Means: Proceedings of the 26th international scientific conference*. Kaunas, 2022, s. 579–584. ISSN 2351-7034.
D – Indexované v databáze Scopus, 3 citácie.

Zoznam príloh

Príloha A Navrhnutý schematický diagram pre cestnú dopravu

Príloha B Navrhnutý schematický diagram pre verejnú dopravu

Príloha A Navrhnutý schematický diagram pre cestnú dopravu



Príloha B Navrhnutý schematický diagram pre verejnú dopravu

