

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**VYHODNOCENÍ AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY
OLOMOUCE ČASOPROSTOROVOU ANALÝZOU**

Bakalářská práce

Marcela TESAŘOVÁ

Vedoucí práce doc. RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D.

Olomouc 2021

Geoinformatika a geografie / Geoinformatika

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá časoprostorovou analýzou automobilové dopravy na území města Olomouce a hlavních dopravních tazích vedoucích z okolních sídel.

Dopravní situace je posuzována na základě dat společnosti Here, která jsou získávána na Katedru geoinformatiky z API Traffic Here od května 2020. Práce má za cíl zhodnotit stav dopravy v různých časových úsecích od hodin po týdny. Srovnat a zhodnotit rozdíly mezi hustotou dopravy v různých částech roku, a to jak pravidelný průběh, tak zvláštní události a situaci související s omezeními v důsledku pandemie Covid-19.

V teoretické části práce jsou popsány přístupy ke sběru dopravních dat, metody jejich získávání a případné výhody nebo omezení jednotlivých způsobů. Součástí jsou jak in-situ metody sběru dat, tak metody založené na crowdsourcingu. Popsán je i význam dopravních dat pro mapování aktuální dopravní situace. Na závěr je zde krátce popsán komunikační systém města Olomouce a dopravní chování místních obyvatel.

Praktická část se zabývá statistickým vyhodnocením automobilové dopravy v různých časových úsecích a grafickou vizualizací vybraných situací. Data o hustotě dopravy nejsou jediným zdrojem pro analýzu dopravní situace v Olomouci, analyzována jsou i data ze sčítání dopravy z roku 2016 a data o distribuci dopravních nehod od Policie ČR.

Na základě dílčích částí práce jsou definovány dopravní špičky a dlouhodobé průměry jam faktoru v rámci města. Vytipovány problematické úseky dopravní sítě, které jsou příliš zatíženy dopravou. A tyto výsledky jsou srovnány s výsledky analýz publikovaných v rámci Plánu udržitelné městské mobility. Součástí hodnocení je i stručné zhodnocení vlivu dopravy na životní prostředí a kvalitu života ve městě.

KLÍČOVÁ SLOVA

časoprostorová data; dopravní tok; intenzita dopravy; dopravní zácpy; Olomouc

Počet stran práce: 50

Počet příloh: 14 (z toho 9 volných)

ANOTATION

The bachelor's thesis deals with the spatiotemporal analysis of automobile traffic in the city of Olomouc and the main transport routes leading from the surrounding settlements. The traffic situation assessment is based on data from the company Here, which are being obtained via the Department of Geoinformatics from the API Traffic Here since May 2020. The work aims to evaluate the traffic situation in different time periods from hours to weeks. To compare and evaluate the differences between the traffic density in different parts of the year, both the regular daily course and the special events and situations related to the restrictions due to the Covid-19 pandemic. The theoretical part of the thesis describes the approaches to the collection of traffic data, methods of obtaining them and the possible advantages or limitations of individual methods. Both in-situ data collection methods and methods based on crowdsourcing are included. The importance of traffic data for mapping the current traffic situation is also described. Finally, a transportation system of the city of Olomouc and the traffic behaviour of local residents is shortly introduced. The practical part deals with the statistical evaluation of car traffic in different time periods and graphical visualization of selected situations. Data on traffic density are not the only source for the analysis of the traffic situation in Olomouc, data from the 2016 traffic census and data on the distribution of traffic accidents from the Police of the Czech Republic are also analyzed. Based on the sub-parts of the work, traffic peaks and long-term averages of the jam factor within the city are defined. Problem sections of the transport network that are often prone to congestion have been identified. And these results are comparable to the results of the analysis published under the Sustainable Urban Mobility Plan. The evaluation also includes a brief assessment of the impact of transport on the environment and the quality of life in the city.

KEYWORDS

spatio-temporal data; traffic flow; traffic intensity; traffic jams; Olomouc

Number of pages 50

Number of appendixes 14

Prohlašuji, že

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Marcela TESAŘOVÁ

Děkuji vedoucímu práce doc. RNDr. Jaroslavu Burianovi, Ph.D. za odborné vedení, podněty při psaní práce a vstřícnost při konzultacích a vypracování práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Tomáši Burianovi za konzultaci a cenné rady.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Marcela TESAŘOVÁ**
Osobní číslo: **R180202**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Téma práce: **Vyhodnocení automobilové dopravy Olomouce časoprostorovou analýzou**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je vyhodnotit automobilovou dopravu Olomouce a okolí pomocí časoprostorové analýzy dat API Traffic od společnosti Here. Kromě tohoto hlavního zdroje budou v případě potřeby využity také další dostupná data (např. z celostátního Sčítání dopravy, Plánu udržitelné městské mobility, atd.). Analýza bude zaměřena jak na pravidelný vývoj dopravy (v průběhu dne, týdne, roku), tak na změny související s konkrétními dopravními situacemi (např. významné sportovní a kulturní akce). Výsledky analýzy budou vhodným způsobem vizualizovány a interpretovány. Důležitou součástí práce bude identifikace problematických lokalit. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data) se odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči (CD, DVD, SD karta, flash disk). Text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Šablona KGI pro psaní bakalářských a magisterských prací

VOŽENÍLEK, V.: Diplomové práce z geoinformatiky, Vydavatelství UP, Olomouc, 2002, 60 s.

Plán udržitelné městské mobility Olomouc

ROUBALÍK, Š. 2017: Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran.

Vivek, S. (2020): Visualizing real-time traffic patterns using HERE traffic API. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/visualizing-real-time-traffic-patterns-using-here-traffic-api-5f61528d563>

Odborné články zaměřené na analýzy dopravních intenzit

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	8
ÚVOD.....	9
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ.....	12
2.1 Použitá data	12
2.2 Použité metody	14
2.3 Použité programy.....	15
2.4 Postup zpracování	15
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	18
3.1 Dopravní studie.....	20
3.2 Způsoby získávání a využití dopravních dat.....	21
3.3 Sběr dopravních dat in-situ	22
3.3.1 Invazivní metody sběru dat.....	22
3.3.2 Neinvazivní metody sběru dat	24
3.4 Floating car data.....	25
3.4.1 Real-time data v navigacích, společnosti a přístup k datům.....	26
4 DOPRAVA V OLOMOUCI.....	27
4.1 Co je PUMMO.....	27
4.2 Základní komunikační systém města	28
4.3 Dopravní prostředky a úroveň mobility obyvatelstva	29
5 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	30
5.1 Analýza denních průběhů.....	30
5.1.1 Březen.....	31
5.1.2 Září.....	32
5.1.3 Shrnutí výsledků analýz denního průběhu	33
5.2 Analýza týdenních průběhů jam faktoru	34
5.2.1 Týden 17. – 23. srpen – letní prázdniny	34
5.2.2 Týden 21. – 27. září – začátek semestru na UPOL.....	36
5.2.3 Týden 8. – 18. prosinec 2020 - rozvolnění.....	38
5.2.4 Lockdown – týden 1. – 7. března 2021	40
5.3 Analýza průměrné hustoty dopravy ve speciálních dnech.....	42
5.3.1 Analýza průběhu dopravy v průběhu neděle před, na začátku a v průběhu lockdownu	43
5.4 Intenzity dopravy	44
5.5 Analýza distribuce dopravních nehod	46
6 VÝSLEDKY.....	47
6.1 Souhrnné hodnocení	47

6.2	Stav dopravy ve zvolených obdobích a definování problémových úseků.....	49
6.2.1	Hustota dopravy za průměrný den v průběhu roku	50
6.2.2	Stav dopravy o víkendu (průměrný víkend leden/únor)	51
6.2.3	Stav dopravy v pracovní den v létě (průměrný pracovní den v červnu).....	52
6.2.4	Stav dopravy v ranní dopravní špičce (průměrný den v lednu)	52
6.3	Srovnání s výstupy PUMMO	55
6.3.1	Srovnání intenzit dopravy.....	55
6.3.2	Srovnání intenzit dopravy s hlukovou mapou.....	56
6.3.3	Srovnání intenzit dopravy s distribucí znečištění ovzduší	57
6.4	Animace.....	58
7	DISKUZE.....	59
8	ZÁVĚR.....	61
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
CDV	Centrum dopravního výzkumu v. v. i.
CSD	Celostátní sčítání dopravy
Esri	Environmental System Research Institute
FCD	Floating Car Data
GIF	Graphics interchange format
GIS	geografický informační systém
ITS	Intelligent Transportation Systems
MmOl	Magistrát města Olomouce
PNG	Portable Network Graphics
PND	Portable Navigation Device
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic ČR
SHP	Shapefile
UTC	Coordinated Universal Time (Světový koordinovaný čas)

ÚVOD

Doprava ve městě je v dnešní době důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu života jeho obyvatel. To platí zejména z pohledu funkčnosti dopravní sítě, která je médiem pro přepravu lidí, zboží i služeb. Největší nápor na dopravní infrastrukturu je vyvíjen v obdobích tzv. dopravní špičky, kdy se nejvíce lidí přepravuje po městě, z pravidla z důvodu cesty za prací nebo do škol v ranních hodinách. Obdobná situace nastává v odpoledních hodinách, kdy se lidé naopak vrací z práce nebo s dětmi ze škol domů, tehdy se tvoří tzv. odpolední špička. Přesné časy i hustota dopravy se liší mezi různými lokalitami. Nejvýraznější bývá situace na hlavních tazích a v centrech měst, kde nastává díky přílivu pracujících také nedostatek parkovacích míst.

Sekundární dopad intenzity dopravy působí na kvalitu života obyvatel města, zejména pak těch bydlících v blízkosti dálničních, či dalších hlavních tahů. Dopravní výkon má z pravidla přímý vliv na lokální emise znečišťujících látek do ovzduší, kdy je možné naměřit nejvyšší koncentrace právě v bezprostřední blízkosti dopravní komunikace. Dalším faktorem je zvýšená hlučnost projíždějících aut. Úroveň hluku podél velkých tahů může místy dosahovat až zdraví škodlivých hodnot a v takových případech se musí řešit lokálně prostřednictvím odhlučňovacích bariér a dalších protihlukových opatření, aby nedošlo ke zhoršení života místních obyvatel.

Tato práce se zaměřuje na rozbor časových průběhů intenzit dopravy v Olomouci v různých časových horizontech v průběhu období od léta 2020 do jara 2021.

Analýzy vychází z dat společnosti Here, která se na katedru podařilo získat díky zpřístupnění Traffic API rozhraní. Data o hustotě dopravy a dalších charakteristikách chování řidičů jsou pro společnost cenné a většina z nich real time data zadarmo neposkytuje. Proto je tento datový zdroj cenný pro analýzu dopravní situace s takto aktuálními daty. Práce na dopravní situaci nahlíží z hlediska denních průběhů za vybrané všední dny a dny pracovního klidu. Dále se zaměřuje na týdenní průběhy dopravy ve vybraných týdnech v průběhu roku. Největší důraz je kladen na srovnání dopravy v období méně či více zasažených platností protiepidemiologických opatření.

Uplynulý rok je z pohledu chování lidí odlišný od předchozích vlivem pandemie covid-19, což se projevuje i na dopravním chování. Nejvýrazněji se pandemie projevila zřejmě na zábavních, volnočasových a sportovních aktivitách, z nichž většinu nebylo možné v uplynulém roce provozovat. Není tedy možné srovnat aktuálně srovnat dopravní situaci v průběhu zvláštních událostí jako je hokejový zápas, koncert, nebo veletrh.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vyhodnotit automobilovou dopravu Olomouce a okolí pomocí časoprostorové analýzy dat API Traffic od společnosti Here. Kromě tohoto hlavního zdroje budou pro srovnání použity i další zdroje dat, jako například intenzity dopravy z Celostátního sčítání dopravy 2016 nebo data o dopravních nehodách od Policie ČR. V neposlední řadě budou v práci použity výsledky a stanoviska PUMMO. Analýza průběhu dopravy bude jednak zaměřená na pravidelný vývoj dopravy, tj. v průběhu dne, týdne či měsíce. Následně na změny související s konkrétními dopravními situacemi (např. státní svátky, opatření související s covid-19, změny v režimu škol). Na závěr budou analyzované časové úseky souhrnně vyhodnoceny, popsány denní dopravní špičky a průměrný den v průběhu roku a léta. Výstupy práce budou předloženy v podobě grafů, tabulek a map a animací.

2 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

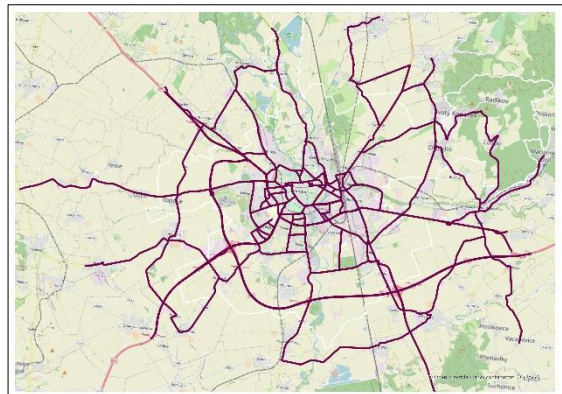
2.1 Použitá data

Data dále zpracovaná v této práci byla získána z několika zdrojů. Hlavním zdrojem dat pro analýzy dopravy v Olomouci je Here Traffic API, ze kterého jsou pro použití Katedry geoinformatiky stahována za pomoci python skriptu od května 2020. Data o dopravních nehodách pocházejí ze statistických údajů o nehodovosti Policie ČR (2021) a jsou volně dostupná v anonymizované podobě. Intenzity dopravy z roku 2016 vytvořená v rámci z Celostátního sčítání dopravy byla získána z volně dostupných zdrojů na webu Celostátního sčítání dopravy 2016. Bohužel v důsledku pandemie Covid-19, nebylo možné uskutečnit sčítání plánované na rok 2020 a bylo tedy nutné využít data starší. Veškerá použitá zdrojová data jsou obsažena v příloženém DVD v adresáři Vstupni_Data.

Data Here traffic

Data o dopravním provozu z API společnosti Here umožnila společnost stáhnout pomocí API rozhraní (odkaz: https://api.sap.com/api/Traffic_Flow/resource) a probíhá tak za pomoci skriptu v Python, který vytvořil dr. Tomáš Pohanka pro potřeby Katedry geoinformatiky. Stahování dat a příprava skriptu není součástí mé bakalářské práce, pouze následné stahování a zpracování dat z databáze pomocí SQL skriptu.

Data jsou stahována do databáze umístěné na serveru Katedry geoinformatiky téměř v reálném čase s počátkem v květnu 2020 a obsahují atribut nesoucí časový záznam v čase UTC (koordinovaný světový čas). Pro vyhodnocování výsledků bylo nezbytné záznamy převést na tzv. běžný občanský čas (UTC+1) a v období od dubna do října na letní čas (UTC+2). Bez tohoto kroku by výsledky analýz nedávaly smysl, jelikož se v mnoha případech jedná i o posun data o jednu až dvě hodiny. Ke zkrácení hodnot by došlo i u průměrů hodnot za hodinové úseky. Nakonec by se chyba nejspíš projevila zejména na posunutých dopravních špičkách, jelikož účastníci silničního provozu se řídí aktuálně platným časem nikoliv UTC. Výchozí souřadnicový systém, ve kterém byla data stahována je WGS84 (EPSG 4326).



Obrázek 1: Prostorové vymezení oblasti pro stahování dat z Traffic API. Měřítko: 1: 80 000.

Here Traffic data celkově pracují s proměnnou Current Flow (Tok dopravy), která zahrnuje informace o rychlosti a „Jam Factor“ což je údaj vyjadřující hustotu dopravy a indikuje zpoždění ke kterému v daném úseku v danou dobu dochází. Dále budu v práci používat počestěnou variantu „jam faktor“.

Ukázka atributů

- Identifikátor úseku (**id**)
- Čas záznamu (**meas_time**) – v čase UTC

- Spolehlivost „Confidence“ (**cf_cn**) – vyjadřuje údaj o tom, jak byla rychlost stanovena (-1.0 silnice uzavřena, obvykle hodnota mezi 0,7 a 1,0)
- Free flow neboli „volný průtok dopravy“ (**cf_ff**) – hodnota volného toku dopravy na vybraném úseku
- Jam faktor neboli "faktor hustoty dopravy" (**cf_jf**) – je hodnota vyjádřená číslem v rozmezí 0.0 a 10.0. Hodnota tohoto atributu charakterizuje očekávanou kvalitu jízdy ve sledované oblasti. V případě uzavírky dopravního tahu se hodnota JF rovná 10.¹
- Rychlost omezená nejvyšší povolenou rychlostí (**cf_sp**)
- Rychlost bez omezení povolenou rychlostí (**cf_su**)

Tabulka 1: Ukázka atributů dat z Here Traffic API.

id	meas_time	cf_cn	cf_ff	cf_jf	cf_sp	cf_su	cf_ty
21412	2021/03/01 15:00:30.000	0,75	47,9	0,05601	47,59	47,59	TR
22270	2021/03/01 10:00:31.000	0,78	65,6	0,05604	65,18	65,18	TR
21652	2021/03/01 22:00:31.000	0,7	40,3	0,0561	40,04	40,04	TR
21652	2021/03/01 04:45:30.000	0,7	40,3	0,0561	40,04	40,04	TR

Data ze sčítání dopravy 2016

Průměrné intenzity dopravy na komunikacích české silniční a dálniční sítě pro rok 2016 byly vytvořeny v rámci Celostátního sčítání dopravy. Ředitelství silnic a dálnic v rámci projektu CSD sbírá data o automobilové dopravě na silnicích a dálnicích na území ČR a z jeho výsledků vyhodnocuje informace o průměrných intenzitách dopravy.

Data z dálnic jsou sbírána pomocí automatických sčítacích zařízení, zatímco data o průjezdech aut na silnicích se stanovují ručním sběrem a následným přepočtem pomocí stanovených koeficientů. „Uváděné hodnoty jsou ročním průměrem denních intenzit dopravy (RPDI)“ a vyjadřují vozidla za 24 hodin v obou směrech. (ŘSD, 2016)

Datová vrstva obsahuje atributy:

- souřadnice v S-JTSK



Obrázek 2: Vymezení oblasti a ukázka dat z CSD 2016

¹ "Reverzibilní stav", který nelze směřovat, však používá faktor zaseknutí -1, protože většina aplikací nechce zobrazit na mapě zatemnění jako uzavírku. S hodnotou rostoucí směrem k JF 10.0 se kvalita cestování zhoršuje. -1.0 znamená, že JF nelze vypočítat.

- motorová vozidla celkem (průměrný pracovní den v průběhu roku)
- motorová vozidla celkem (průměrný pracovní den v létě)
- motorová vozidla celkem (průměrná neděle v létě)
- kód silnice
- třída silnice
- délka úseku
- typ vozidla: TV – těžká motorová vozidla celkem, O – osobní a dodávková vozidla bez přívěsů i s přívěsy, M – jednostopá motorová vozidla, SV – všechna motorová vozidla celkem (součet vozidel)
- cyklisté

Data ze statistik nehodovosti Policie ČR

Data o dopravních nehodách s přesným umístěním, časem a dalšími údaji jsou dostupná v databázi Policie ČR (dostupné: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>), kde jsou obsažena ve článku statistika nehodovosti. Ke stažení jsou dostupné ve formátu CSV za jednotlivé roky a kraje ČR.

Datová vrstva obsahuje několik atributů, ale pro zpracování v této práci je dostačující přesná poloha záznamů. Příklad atributů vrstvy:

- souřadnice v S-JTSK
- třída komunikace
- číslo komunikace
- směr
- rychlost

2.2 Použité metody

Úprava a statistické zpracování dat pomocí kontingenčních tabulek

Nástroj kontingenční tabulky, který je součástí MS Excel slouží pro zjednodušení a agregaci dat. Dále nabízí možnosti filtrování a základní statistické analýzy. Použitím této funkce bylo možné seskupit záznamy spadající do stejné hodiny a vytvořit tak průměrné hodnoty jam faktoru pro celou oblast, případně pro jednotlivé úseky komunikací. Z takto upravených dat bylo možné sestavit libovolný graf.

Statistické metody

V rámci statistického zpracování dat byly použity základní metody popisné statistiky, tedy vytvořeny hodinové a denní průměry (aritmetický průměr) a průměrné hodnoty pro jednotlivé úseky komunikací. Výsledky byly dále srovnány vizuálně pomocí grafů, mapových výstupů, nebo tabelárně.

Zpracování dat v GIS

V prostředí softwaru ArcGIS Pro byly provedeny všechny základní prostorové analýzy. Ke geometrii cest, pro které byly stahovány traffic data byly připojeny hodnoty vypočtené v kontingenčních tabulkách. Vrstvy byly zjednodušeny a vizualizovány pomocí jednotných intervalů. V prostředí QGIS byly vytvářeny zejména animace průběhu hustoty dopravy.

Kartografické metody

Pro vizualizaci dat byly použity základní metody tematické kartografie. Většina použitých dat má liniový charakter, proto byla zvolena metoda liniových znaků. Pro mapy hustoty dopravy z dat CSD 2016 byla jako proměnná kartografického znaku vybrána barva. Pro analýzy intenzity dopravy z dat Here byla jako proměnná zvolena tloušťka čáry. Hodnoty jsou kvantitativní a rozdělené do intervalů, tloušťka liniového znaku se v tomto případě počítá ke středům předem stanovených intervalů (Voženílek, Kaňok, 2011).

2.3 Použité programy

V počáteční fázi práce byl využíván převážně software QGIS ve verzi 3.8. Bylo nutné použít zmíněnou verzi programu nebo starší za účelem připojení PostGIS databáze pro výběr a ukládání dat ve formátu shapefile.

Pro úpravu a rozšíření tabulek a následné statistické zpracování pomocí nástroje kontingenční tabulky byl použit software Microsoft Office Excel 2019.

Prostorové analýzy a vizualizace výstupů byly realizovány v prostředí softwaru ArcGIS Pro 2.6.3 společnosti Esri. Pro závěrečnou grafickou úpravu grafů a dalších výstupů byl využit software Adobe Illustrator CC 2019 ve zkušební verzi.

2.4 Postup zpracování

Postup zpracování praktické části se dělí na několik dílčích částí:

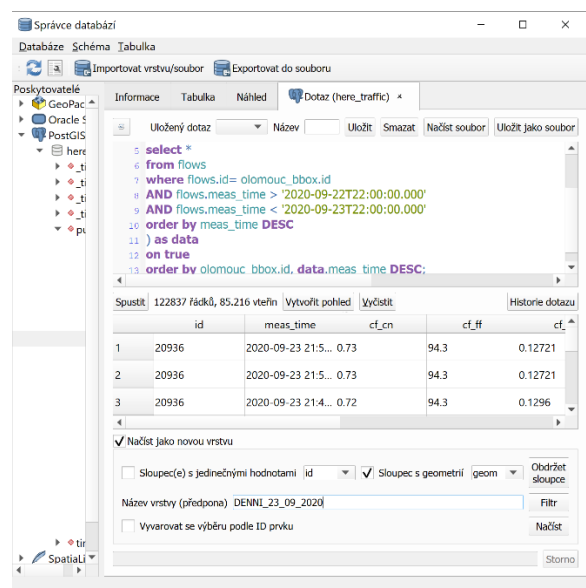
- primární úpravu dat,
- statistické zpracování,
- vizualizaci v GIS softwaru,
- grafickou úpravu v grafickém softwaru,
- tvorbu animací.

Primární úprava dat

Prvním krokem ke stažení požadovaných prostřednictvím SQL dotazu ve *Správci databází* programu QGIS 3.0. Na obrázku 3 je příklad okna Správce databází. Je zde možné vidět připojení do databáze a výběr konkrétní vrstvy za určitý časový úsek a příklad SQL dotazu. Po nastavení parametrů a stisknutí tlačítka se spustí výběr prvků. Vybraná vrstva se po zatržení políčka načte jako nová vektorová vrstva.

Vzhledem k náročnosti stahování dat do zmíněné databáze, dochází místy k výpadkům. Hluběji se příčinou tohoto problému ve své práci nezabývám, jelikož jsem pouze koncovým uživatelem databáze. V závislosti na konkrétním případě nebylo možné stáhnout ucelený týden, občas chyběl celý den či pár

dat bylo připojení do PostGIS databáze



Obrázek 3: Ukázka SQL dotazu pro výběr dat z připojené databáze PostGIS.

hodin. Svůj výběr jsem musela podřídit této skutečnosti a vybírat pouze dostupná ucelená data. Bohužel se to projevilo zejména v případech, kdy se jednalo o specificky vybrané významné období (například rozvolňování protikoronavirových opatření, první týden školy, atd).

Výchozí souřadnicový systém dat je WGS84 (*EPSG 4326*), jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1. Za účelem dalšího zpracování a vizualizace byl proveden export do nové shapefile vrstvy se souřadnicovým systémem WGS 84/UTM zone 33 N (*EPSG 32633*). Celkově bylo z databáze staženo 42 vybraných vrstev (24 denních, 6 týdenních a 12 vrstev za souhrnné měsíce)

Specifikem používaných dat je, že vrstvy obsahují velký počet atributů. To je dáno tím, že frekvence stahování dat je 15 min (navíc je časový záznam ve vrstvě většinou zdvojený např. 14:15 a 14:17, další záznam 14:30 a 14:32, atd). V každém časovém intervalu se stáhne geometrie obsahující přibližně 650 liniových úseků. To znamená, že v případě, že vybraný časový úsek byl 1 den, vrstva obsahovala okolo 85 000 záznamů (řádků v atributové tabulce). Nejdelší časové období zkoumané v rámci práce bylo 20 dní (4 x 5 pracovních dní za leden 2021) a tato vrstva obsahovala přes 1,5 milionu záznamů.

Pro další zpracování dat byla vybrána funkce kontingenční tabulky v programu MS Office Excel, a proto bylo potřeba převést data do tabelární podoby. Jako nejvhodnější se ukázal formát CSV, u kterého byl Excel schopen tabulku otevřít a zůstat relativně stabilní až do velikosti 1 milionu řádků. Větší soubor se již otevřít nepodařilo.

Pro další práci v kontingenčních tabulkách bylo nezbytné vytvořit sloupec s časem v UTC +1/+2, a to pomocí vzorce:

$$=ČAS(MOD(1;24);0;0)+@C2:C524371+CELÁ.ČÁST(1/24)$$

sloupec hodina a hodina utc+1. Dále pomocí vzorce vygenerovat den (vyjádřeno číslem 1–7) a slovy název dne.

Tabulka 2: Ukázka upravených dat v Excelu

id	meas_time	datum_cas	UTC+1	hodina	hodina utc+1	den	den_slovne	cf_jf
21098	2021/03/02 23:06:30.000	02.03.2021 23:06	03.03.2021 0:06	23	0	4	středa	0,07
21098	2021/03/02 23:05:30.000	02.03.2021 23:05	03.03.2021 0:05	23	0	4	středa	0,07
21098	2021/03/02 22:45:31.000	02.03.2021 22:45	02.03.2021 23:45	22	23	3	úterý	0,07

Úprava dat o dopravních nehodách spočívala v pečlivém prostudování přiloženého popisu atributů na stránkách statistik Policie ČR, většina sloupců ale bohužel stejně nebyla dobře označena a celkově jich byl velký počet. Primární úpravou tedy bylo zjednodušení CSV souboru, kde byly nechány jen sloupce s vybranými hodnotami použitelnými pro analýzu.

Statistické zpracování

Hlavní část zpracování dat byla realizována pomocí kontingenčních tabulek v MS Excel. Byly zde vybrány dny a hodiny a z velkého množství hodnot byly díky agregaci vytvořeny průměry

Průměr z cf_jf	Popisky sloupců			
Popisky řádků	0	1	2	3
pondělí	0,18	0,21	0,22	0,20
úterý	0,18	0,20	0,20	0,21
středa	0,19	0,18	0,18	0,19
čtvrtek	0,19	0,21	0,20	0,24
pátek	0,20	0,18	0,18	0,20
sobota	0,15	0,14	0,15	0,16
neděle	0,15	0,15	0,14	0,15
(prázdné)				
Celkový součet	0,18	0,18	0,18	0,19

Obrázek 5: Ukázka kontingenční tabulky.

Obrázek 4: Ukázka nastavení kontingenční tabulky.

jam faktoru. Takto upravené tabulky byly *Joinem* připojeny ke geometrii cest v ArcGIS Pro.

Vizualizace v GIS softwaru

Mapy průměrných hodnot intenzity dopravy za vybraná období byly vytvořeny v softwaru ArcGIS Pro. Průměrné hodnoty jam faktoru byly přidány ke geometrii pomocí *Joinu* k atributové tabulce. Aby se daly informace ve vrstvě vizualizovat bylo potřeba vrstvu zjednodušit operací *Dissolve*, díky které zbyl jen jeden záznam s průměrnou hodnotou pro každý segment. Linie byly vizualizovány pomocí intervalové barevné stupnice. Barevná stupnice zelená – červená.

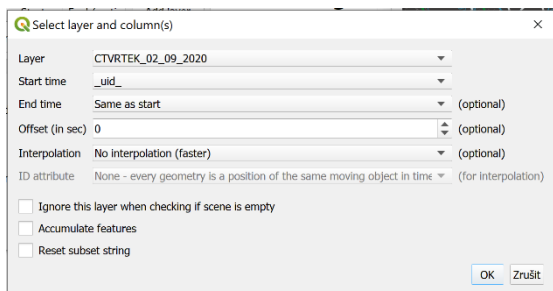
Data ze statistických tabulek o dopravních nehodách od Policie ČR (2021), která je na stránkách možné stáhnout v CSV souborech za jednotlivé roky. Jelikož jsou souřadnice záznamů místa nehod v S-JTSK, bylo nutné je převést a následně nahrát do ArcGIS Pro. Pro vizualizaci byla vybrána metoda agregace do polygonů tvaru hexagonu. Velikost polygonů byla vybírána experimentálně a po srovnání několika možností byly zvoleny plochy o rozloze 10 ha (0,1 km²). Hexagonová síť byla vytvořena pomocí funkce *Generate Tesselation* a následně pomocí *Spatial Joinu* spojena s bodovými daty o nehodách. Vizualizováno pomocí kvantitativní intervalové barevné stupnice.

Úprava v grafickém softwaru

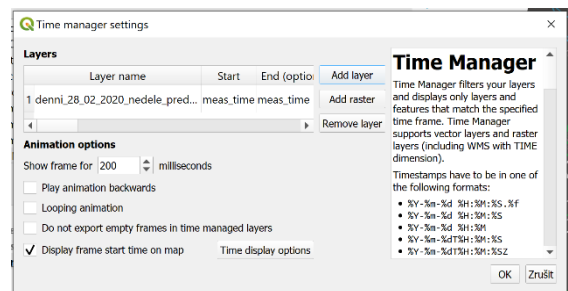
Grafy vytvořené v Excelu byly upraveny, sjednoceny a doplněny o základní prvky jako je nadpis, legenda a popisky os v grafickém softwaru Adobe Illustrator ve zkušební verzi. Doplněny byly také informace o maximech a minimech jednotlivých období zobrazených v grafech.

Tvorba animací

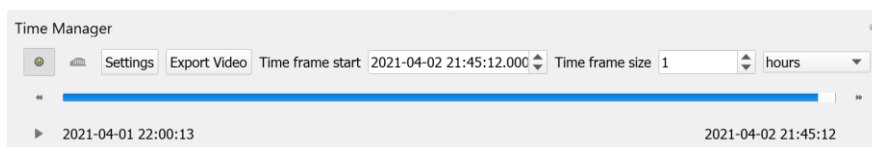
Animované mapy denních průběhů dopravy byly vytvořeny v prostředí QGIS za pomoci využití plugin nástroje Time Manager. Ten na základě časové stopy v datech dokáže vyexportovat jednotlivá datová okna ve formátu PNG do zvoleného adresáře. Časový záznam v atributové tabulce vrstvy musí být v jednom z podporovaných tvarů, jinak jej nástroj není schopen rozpoznat. V nastavení je možné i změnit font, velikost, barvu a text zobrazovaného popisku. Po nahrání vrstvy pomocí časového atributu se na liště načte časová osa, kde je možné přehrát si data v nastavených časových intervalech, nebo spustit export do složky. Jakmile jsou vyexportovány všechny sekvence export se ukončí. Pro spojení vzniklých PNG oken je potřeba použít nástroj pro tvorbu GIF obrázků. V tomto případě byl zvolen online nástroj *ezgif.com*, který je volně dostupný a poskytuje poměrně rozsáhlé možnosti editace animací.



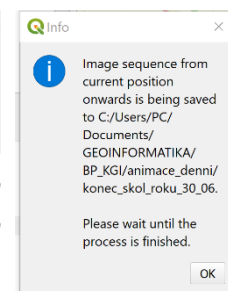
Obrázek 7: Výběr vrstvy a časového atributu v nástroji TimeManager.



Obrázek 6: Nastavení nástroje a výběr vrstev.



Obrázek 8: Ukázka nástroje Time Manager: časová osa vybrané vrstvy.



Obrázek 9: Okno exportu animací do vybraného adresáře.

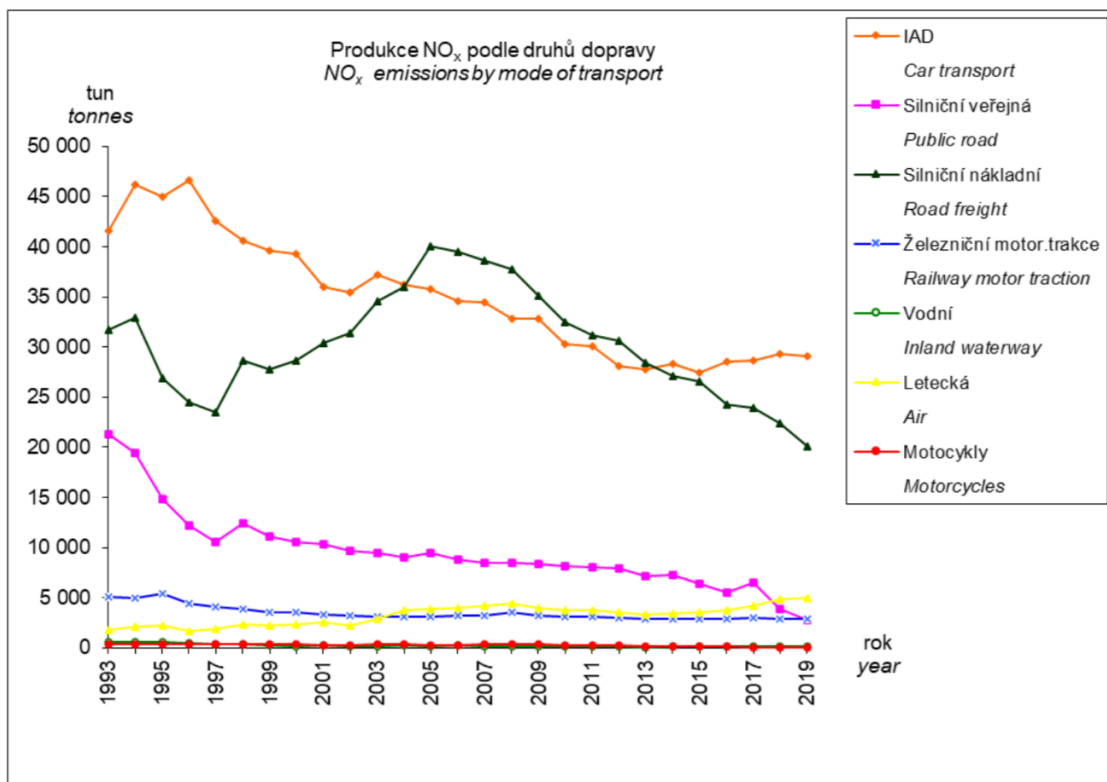
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Města se vyznačují vysokou mírou akumulace a koncentrace ekonomických aktivit. Vytváří tak komplexní prostorové struktury podmíněné existencí funkční infrastruktury. Interakce je však vzájemná, jelikož momentální podoba sídelní struktury může podmiňovat další možnosti rozvoje infrastruktury (např. struktura historického centra města nemusí dovolovat rozšíření, či modernizaci dopravní komunikace).

Čím větší město, tím větší je jeho komplexita a potenciál pro narušení funkčnosti infrastruktury. Hospodářská produktivita města je vysoce závislá na efektivitě dopravy sloužící k přepravě pracovní síly, zákazníků a zboží z místa A do místa B (Rodrigue, 2020)

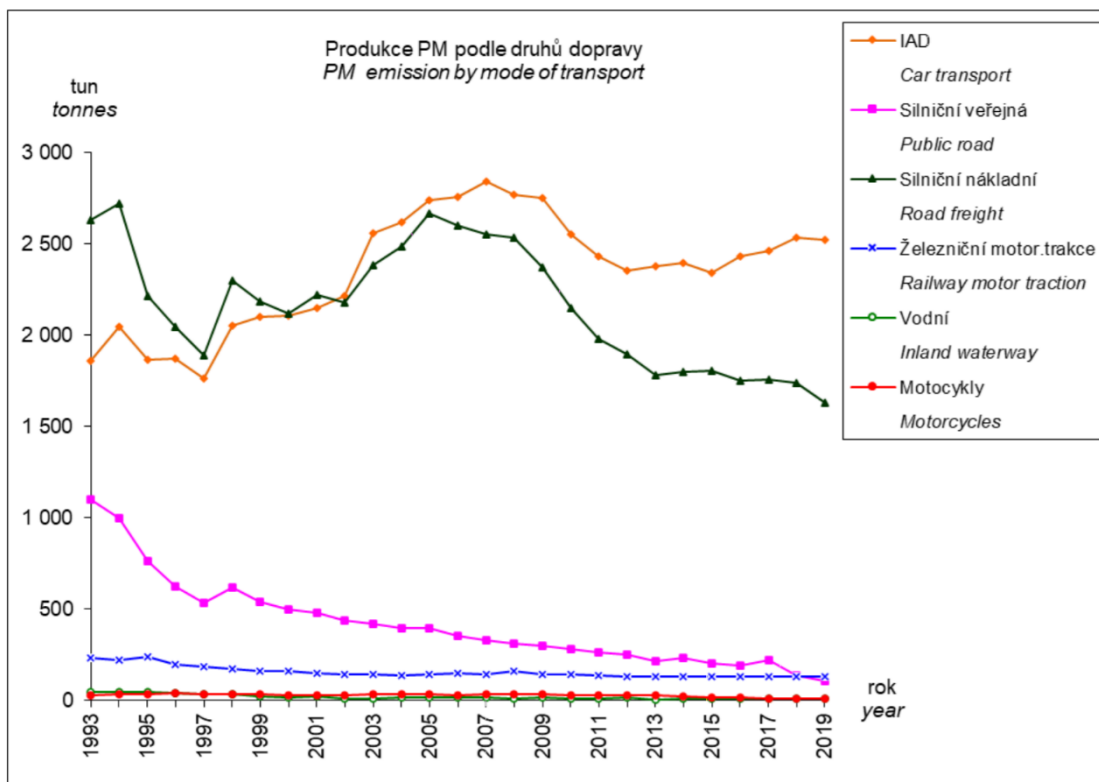
V tomto případě se budeme soustředit konkrétně na automobilovou dopravu. Městská infrastruktura je v mnoha případech zatížena tranzitní nákladní dopravou. Ta je v ideálním případě realizována pomocí dálničních, či rychlostních tahů, případně obchvatů měst. Avšak v případě, že tranzitní doprava, či její část prochází městem, nebo jeho určitou částí může značně snížit plynulost dopravy zvýšením intenzity dopravy v dané části, nebo měšť jako celku.

S dopravou ve městě jsou spojeny další aspekty, které přímo ovlivňují kvalitu života obyvatel. Na základě dat z Evropské agentury životního prostředí je automobilová doprava klasifikována jako jeden z hlavních polutantů ovzduší ve městech. Jedná se především o zvýšené koncentrace oxidů dusíku (NO_x) a suspendované pevné částice (PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$) v ovzduší (European Environment Agency, 2019). Obdobné výsledky pro území České republiky uvádí na svých stránkách Ministerstvo životního prostředí v podobě Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí (CVD, 2019). Studie zahrnuje meziroční vývoj koncentrací jednotlivých znečišťujících látek pocházejících z dopravy v časovém úseku mezi lety 1993 a 2019. V grafech 1 a 2 jsou zobrazeny meziroční hodnoty pro NO_x a PM_x vyprodukované jednotlivými druhy dopravy. Na jednu stranu je v posledních deseti letech u emisí uvolňovaných do ovzduší vidět pokles, za což zřejmě vděčíme rozvoji moderních technologií. Stále jsou však kategorie nákladní a osobní dopravy zodpovědné za podstatně větší podíl emisí než ostatní kategorie přepravy.



Zdroj: CDV
 Source: TRC

Graf1: Produkce NO_x podle druhů dopravy v tunách za rok. Zdroj: CDV 2020



Zdroj: CDV
 Source: TRC

Graf2: Produkce PM podle druhů dopravy v tunách za rok. Převzato z CDV 2020.

Dalším nepříznivým faktorem spojeným s intenzitou dopravy je zvýšená hlučnost. Podle výsledků statistik autorů Grubesa a Suhanek (2020), kteří zkoumali hlukové znečištění pocházející z různých zdrojů dopravy, je hluk pocházející z automobilové dopravy vnímán lidmi jako nejvíce rušivý. Na vysoce exponovaných místech může hlučnost dosahovat až zdraví škodlivých hodnot. Mnohé studie se přímo zabývají závislostí intenzity dopravy a zvýšenou frekvencí vzniku kardiovaskulárních a dalších chorob. Jedním příkladem je publikace Beelen et al (2009), kde byly vlivy hluku a znečištění z dopravy zkoumány na vzorku více než sto dvaceti tisíc jednotlivců. Statistiky prokázaly souvislost mezi úmrtími na vybrané kardiovaskulární choroby a bydlištěm v lokalitách s vysokou intenzitou dopravy. Dalšími fenomény spojenými se zvýšenou hustotou dopravy jsou také dopravní zácpy (především v dopravní špičce) a problémy s parkováním aut zejména v centrech měst a na sídlištích. Nedostatek parkovacích míst je palčivým problémem ve většině měst a řešení není vždy tak jednoduché. V rámci Olomouce se k tomuto tématu měli občané možnost vyjádřit v šetření v rámci *Parkovací politika města Olomouce* pod záštitou Magistrátu města Olomouce (Partnerství pro městskou mobilitu, 2020).

3.1 Dopravní studie

V této práci se soustředí na analýzu dopravní situace konkrétně na území města Olomouce v různých časových úsecích a speciálních událostech v průběhu roku.

Ve vědeckém prostředí existuje nespočet článků, které se zabývají intenzitou dopravy, zejména ve spojitosti s dalšími tématy. Obvykle se hustota dopravy dává do souvislosti s dopravními nehodami, dopravními zácpami, znečištěním NO_x , PM_x a dalšími polutanty pocházejícími z dopravy nebo třeba hlukovou zátěží. Aby taková data byla snáze sdělitelná, je potřeba zpracovaná data srozumitelně a líbivě vizualizovat. Nespočet prací se zaměřuje právě na vizualizaci dopravních a jiných časoprostorových dat.

Světové odborné práce

Velice komplexní publikaci s názvem *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulations* zpracovali Martin Treiber a Arne Kesting (2012). Autoři v knize popisují celý proces vedoucí ke vzniku modelů a simulací dopravy. Počínaje získáváním dopravních dat, přes jejich zpracování pomocí matematických modelů, které zde detailně popisují až k jejich možné implementaci v podobě modelů simulací toku dopravy.

Zajímavá je studie výzkumných pracovníků (Wang et al, 2018) z univerzity v čínském Jilinu, kteří se zabývali intenzitou a dynamikou dopravy ve městě Shenyang a spojitostí s městskou zástavbou, která do jisté míry ovlivňuje chování řidičů a volbu trasy městem. Na základě dopravních dat a statistických modelů definují denní dopravní špičky a následně je analyzují v souvislosti s polohou POI.

Dopravní analýzy, konkrétně ty zaměřující se na intenzitu a tok dopravy, jsou nejčastěji zpracovávány na základě objemných datových souborů (big data). Příčinou je obvykle potřeba velkého počtu záznamů, segmentů cest a také časových stop, aby bylo možné obsáhnout delší časové období. Výše uvedená práce do tohoto tématu také okrajově zasahuje, ale příkladným zpracováním big data je studie z roku 2017: *The impacts of congestion on automobile accessibility. What happens in large European cities?* kde autoři hodnotí vliv dopravních zácp na území 8 vybraných metropolí. Použita jsou data společnosti TomTom sbíraná po dobu dvou let. Výsledky ukazují,

jak dopravní zácpy ovlivňují dopravní dostupnost v jednotlivých městech. (Moya-Gómez a García-Palomares, 2017).

České odborné práce

Autoři Andrášik, Bíl a Sedoník (2019) vytvořili časoprostorovou analýzu dopravních nehod na venkovských silnicích s využitím dat o dopravních nehodách od Policie ČR. V článku nazvaném *A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots* díky metodě shlukování se jim podařilo vymezit hotspoty, kde se nehody dějí opakovaně v průběhu let.

V článku *Relation between Road Traffic Intensity and Urban Development in Cities of Czech Republic* Halounová (2013) používá dopravní data ze sčítání dopravy ŘSD k analýze intenzit dopravy, kterou dává do souvislosti s plochami využití a dalšími statistickými hodnotami a zkoumá, které hodnoty mají na intenzitu dopravy nejsignifikantnější vliv.

Významným faktorem v růstu počtu aut na silnicích a hustoty dopravy s tím spojené jsou vzorce rozhodování lidí. Jet do práce MHD, nebo autem? To je otázka, kterou řeší všichni, jež do zaměstnání dojíždí na delší než docházkovou vzdálenost a poslední roky roste počet těch, co zvolí individuální dopravu automobilem. Mimo jiné i toto téma je obsaženo v dokumentu Strategie ITI Olomoucké aglomerace (Foltýnek, 2016).

Studentské práce

Spojitosť mezi intenzitou dopravy a negativy, která s sebou může vysoká hustota aut nést jsou populárními tématy dnešní doby, a proto se v různých variacích pojetí a zpracování těchto témat objevují napříč akademickými kvalifikačními pracemi. Příkladem je třeba diplomová práce z Hornicko-geologické fakulty VŠB TU Ostrava s názvem *Zhodnocení vlivu silniční dopravy na kvalitu ovzduší v oblasti Hlučína* (Sochová, 2018). Autorka zde vypočítává intenzitu dopravy pomocí vlastnoručně sbíraných dat a vyhodnocuje pomocí nich, které znečišťující látky pocházejí převážně z automobilové dopravy. Problematikou intenzity dopravy a jejího vlivu na ovzduší se zabývala také Nýdecká (2018) z katedry geografie UPOL, která v rámci bakalářské práce s názvem *Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská* analyzovala souvislost dat z dopravního sčítače a stanice měření kvality ovzduší na ulici Velkomoravská v Olomouci. A zkoumala závislost koncentrace znečišťujících látek a intenzity dopravy v lokálním měřítku. Další práci, tentokrát diplomovou, zabývající se intenzitou dopravy v lokálním měřítku je *Intenzita dopravy v závislosti na hokejovém utkání v Pardubicích* (Petrová, 2012), kde autorka řeší intenzitu dopravy a vlivy na ni působící prostřednictvím ekonometrických modelů.

Analýzou intenzit automobilové dopravy a frekvencí průjezdů autobusových dopravců na základě dat z mýtných bran získávaných pomocí metody rádiových snímačů na dálnicích ČR se v rámci katedry Geoinformatiky UPOL zaměřuje bakalářská práce s názvem *Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran* (Roubalík, 2017). Další práci zabývající se intenzitou automobilové dopravy je bakalářská práce zpracovaná v rámci Západočeské Univerzity v Plzni – *Intenzita dopravy Plzeňského kraje* (Radová, 2019). Práce nahlíží na intenzitu dopravy na území Plzeňského kraje prostřednictvím dat z portálu dopravy Plzeňského kraje a jednotlivých tříd dopravních prostředků.

3.2 Způsoby získávání a využití dopravních dat

Podle mezinárodní organizace producentů motorových vozidel vlastnil v České republice v roce 2015 auto průměrně každý druhý člověk, také podle dat o produkci z roku 2020 aut na

silnicích stále přibývá (OICA,2021). S postupným nárůstem počtu aut roste i potřeba zlepšení dopravního managementu. Dopravní zácpy jsou každodenním úkazem postihujícím velká a střední města po celém světě. S omezenou městskou infrastrukturou a prostředky je velice efektivním způsobem kontrolovat dopravní zácpy pomocí analýzy a predikce intenzity dopravy. K tomu se vážou dva problémy, sběr dat a jejich analýza. (Wang, 2020)

Řešením dopravní situace může být implementace inteligentních dopravních systémů (z anglického Intelligent Transportation Systems – ITS), které se snaží o aplikování informací, komunikace a snímacích technologií do vozidel a dopravní infrastruktury. To se děje za účelem poskytnutí informací o dopravě v reálném čase, které by posloužili jak účastníků silničního provozu, tak operátorům dopravních systémů k učinění lepšího rozhodnutí. Cílem ITS je celkové zvýšení bezpečnosti na silnicích, omezení tvorby dopravní kolon, redukci znečištění ovzduší a větší energetickou efektivitu (Ni, 2015).

3.3 Sběr dopravních dat in-situ

Tato metoda v podstatě spočívá v měření pomocí senzorů pevně umístěných na určitých úsecích dopravní komunikace. Existuje několik druhů zařízení sloužících k pořizování dat in-situ. Například Centrum dopravního výzkumu je rozděluje podle umístění na invazivní a neinvazivní (CDV, 2018).

3.3.1 Invazivní metody sběru dat

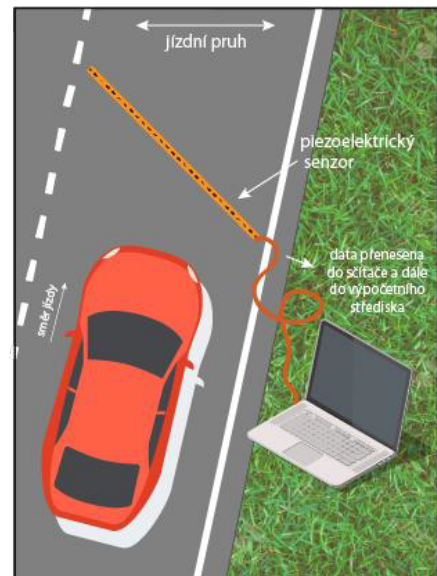
Tvoří technologie skládající se ze sčítače a senzoru umístěného na vozovce, nebo přímo v jejím povrchu. Tyto metody se používají již mnoho let a těmi nejpoužívanějšími jsou:

Pneumatické potrubní senzory tvoří jedna (případně několik) pneumatických gumových trubek o průměru cca 1 cm, natažených přes vozovku napříč jízdní pruhy. Na jedné straně silnice jsou trubky připojené k automatickému sčítači a opačná strana je zapečetěná. Jakmile vozidlo stlačí svou vahou vzduch v potrubí, tlak vzduchu aktivuje sčítač a ten zaznamená čas průjezdu. Díky umístění trubek v páru je také možné určit směr jízdy vozidla a jeho rychlost. Problém nastane, když jedou vozidla v čase průjezdu vedle sebe, nebo příliš blízko za sebou. Tento systém není příliš efektivní při pomalé rychlosti průjezdu a je značně ovlivňován povětrnostními podmínkami. Na druhou stranu je zařízení přenosné, dá se použít opakovaně v různých lokalitách a při jeho použití nedochází k poškození povrchu vozovky. Využívá se zejména pro krátkodobá měření.

Piezelektrické senzory jsou snímací zařízení ve formě pásu, úhlopříčně umístěného na povrchu jízdního pruhu vozovky. Mechanismus senzoru funguje na bázi piezelektrického jevu². Každé jednotlivé kolo vozidla vyvolá impuls stlačením krystalu ve snímači. Data jsou dále posílána a ukládána do počítače, který dokáže za pomoci klasifikačních algoritmů určit charakteristiky každého projíždějícího dopravního prostředku a díky strojovému učení automaticky klasifikovat typ, rychlost a některých případech i váhu vozidla.

Dnes je nejčastěji využíván jednoprvkový piezelektrický senzor, který je přesnější než jeho předchůdce, který se používal v kombinaci s indukčními smyčkami. Snížily se také náklady na instalaci a údržbu (Rajab, 2016)

Piezelektrický senzor vykazuje relativně přesná data u osobních a nákladních automobilů. Problém nastává při monitorování motocyklů, které nedokáže senzor díky délce a prostoru mezi koly přesně rozpoznat.



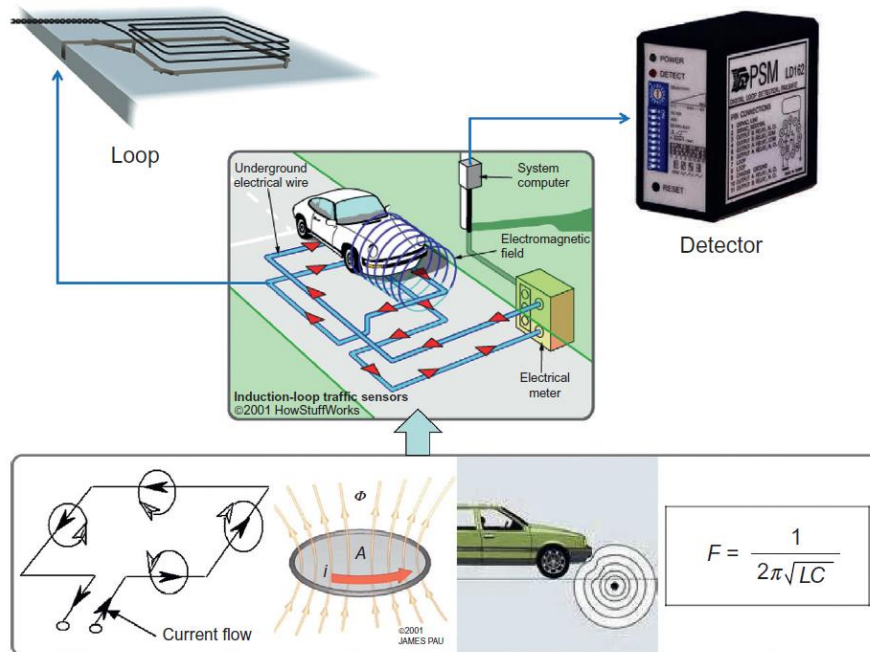
Obrázek 10: Použití piezelektrického sčítače v dopravě. Autor: vlastní tvorba. Zdroj vektorových obrázků: <https://www.freepik.com/vectors/car>

Indukční smyčky jsou jednou z nejběžněji používaných metod sběru dopravních dat, zejména díky vysoké přesnosti senzorů a nákladové efektivitě (Yogesh et al., 2018). Další velkou výhodou indukčních senzorů oproti předchozím je fakt, že jejich funkčnost není ovlivněna povětrnostními ani světelnými podmínkami.

Elektromagnetická cívka (nebo okruh) bývá zabudována v povrchu komunikace ve čtvercových formacích. Zjednodušeně funguje tak, že projíždějící vozidlo snižuje indukčnost cívky díky přítomnosti kovového materiálu. Snižovaná indukčnost způsobí rezonanci frekvence. Tento impuls se je zachycen jednotkou pro automatizovaný sběr a zpracování dat umístěný v blízkosti smyčky u okraje vozovky (Ni, 2015). Poměrně vysoké přesnosti je dosaženo zejména z toho důvodu, že smyčka zaznamená pouze větší množství kovu, vyloučí se tak například reakce na průchod člověka nesoucího si kovový předmět (Klein et al., 2006). Indukční senzory jsou schopny zaznamenat průjezd, či přítomnost vozidla s příslušným časovým označením a klasifikovat o jaký typ vozidla se jedná. Dále rychlost, směr jízdy, rozestup mezi vozy atd. Bývají hojně využívány na světelných křižovatkách, kdy je pomocí detekce přijíždějícího vozidla přepnuta barva na semaforu či na dálnicích pro monitoring a sčítání dopravy.

Tato metoda se dá využít i pro organizaci parkování, kdy je pomocí indukčních smyček monitorována obsazenost parkoviště a zbývající volná parkovací místa.

² Piezelektrický jev (z řečtiny piezein – tláčit) je schopnost krystalů generovat elektrické napětí při jejich deformaci. Nejznámější piezelektrickou látkou je monokrystalický křemen neboli křišťál (Curie, 1880)



Obrázek 11: Princip fungování detekce vozidla pomocí indukční smyčky. Převzato z: Traffic Flow Theory (Ni, 2015)

3.3.2 Neinvazivní metody sběru dat

Jsou takové techniky, fungující na základě bezkontaktního sběru dat., nevyžadující instalaci mechanického senzoru ani jiný zásah do povrchu vozovky.

Manuální sčítání dopravy můžeme označit jako nejtradičnější metodu sběru dat, která je v dnešní době hojně využívána i přesto, že existuje nepřeberné množství technických řešení. Může se jednat o úseky komunikací, kde je příliš nákladné, nebo obtížné použití automatického čidla, případně je potřeba ověřit jeho funkčnost, či provést kalibraci fyzickým sčítáním. Manuální sčítání je vhodnější také v případě dat, která nemohou být získána pomocí automatizovaného zařízení, například obsazenost projíždějících aut. V případě této metody jsou informace o dopravě zaznamenávány prostřednictvím školených pozorovatelů přímo v terénu. Sčítači pracují nejčastěji s připraveným záznamovým archem, mechanickými či elektronickými počítadly, případně mobilní aplikací.

Dopravní průzkumy můžeme rozdělit na několik druhů. Budeme zde vycházet ze sborníku konference Centra dopravního výzkumu. Nejčastějšími jsou *profilové průzkumy*, které zkoumají intenzitu dopravy na určitém profilu dopravní komunikace, rozlišuje se také typ vozidla, směr jízdy nebo jízdní pruhy. Časté jsou také *směrové průzkumy křižovatek*, kde je zapotřebí více osob, zaznamenávajících intenzitu dopravy ve všech směrech směřujících do/z křižovatky. Tento způsob může odhalit, který směr je nejvíce vytížen a z toho by mělo vycházet nastavení semaforů atd. Dalším druhem jsou *směrové průzkumy oblastní*. Fungují na podobném principu jako profilové. Intenzita dopravy se zjišťuje pomocí zaznamenávání registračních značek vozidel v určitém časovém intervalu na vymezeném úseku komunikace. Zejména ve městech vzrostla v posledních letech popularita *plošných průzkumů parkování* (CDV, 2018, str.5). Vlivem nárůstu počtu aut na obyvatele a dojížděky do města za prací stále častěji dochází k nedostatku parkovacích míst a volání po efektivním řešení.

Radio-frekvenční identifikační senzory využívají rádiové vlny k přenosu dat mezi čidlem a elektronickým zařízením v projíždějícím autě. Zařízení slouží k identifikaci a trasování pohybu vozidla. Na tomto principu funguje například výběr mýta na dálnicích používaný i v České republice.

Akustické/Ultrasonické senzory je systém nejčastěji využívaný pro detekci vozidla a rychlostní radary, ale také na tomto principu funguje systém parkovacích čidel ve vozidlech. Senzor vysílá zvukový paprsek, který se odrazí zpět po nárazu na jiný objekt a vrací se do čidla. Změří a zaznamená čas pohybu zvukové vlny. Na základě rychlosti zvuku je možné vypočítat vzdálenost mezi senzorem a objektem. Čidla tohoto typu mohou sloužit jak pro sčítání aut, ale také cyklistů a chodců (Ni, 2015).

Kamerové záznamy a obrazová detekce mají v dnešní době velký význam pro získávání a zpracování dopravních dat a díky rozvoji umělé inteligence (AI) a machine learningu se předpokládá obrovský potenciál do budoucna. Podle údajů z roku 2018 bylo celosvětově evidováno více než 500 miliónů kamer, zaznamenávajících přes 15 miliard gigabajtů dat týdně. Tento objem by se podle predikcí měl zdvojnásobit každé 2 roky (Štofán, 2018). Součástí kamerového systému sběru dat jsou primárně videokamery umístěné nad vozovkou zaznamenávají obraz. Dále telekomunikační systém tvořený dráty a modemem který přenáší data do IT centrály, kde je každý videozáznam zpětně počítačově zpracováván (Ni, 2015). Díky AI je možné zpracovat hodiny záznamů jen za zlomek času a s vysokou přesností určit nejen intenzitu dopravy, ale i rychlost projíždějících vozidel, jejich typ, případně i poznávací značku. Narozdíl od záběrů přezkoumávaných lidmi, je automatizovaný způsob mnohonásobně rychlejší a strojové rozpoznávání záběrů příliš neovlivní ani počasí, třes kamery, nebo rozdíl mezi denními a nočními záběry (CDV, 2018).

Obecně největší nevýhodou všech in-situ řešení je, že dokážou zajistit data jen za velmi omezený úsek dopravní infrastruktury. Pro získávání dat v reálném čase slouží pouze jako vedlejší zdroj, avšak mohou sloužit pro jejich zpřesnění nebo verifikaci.

Náklady na instalaci a údržbu invazivních mechanických senzorů jsou poměrně vysoké a zároveň je kvůli instalaci nutné odklonit nebo pozastavit dopravu, díky čemuž dochází ke zdržením a dopravním komplikacím.

3.4 Floating car data

Je metoda sběru dat založená na crowdsourcingu a na rozdíl od předchozí kategorie (in situ) nevyžaduje použití speciálního zařízení (případně pozorovatele) umístěného v jednom konkrétním bodě. Redukují se tak náklady na instalaci a údržbu zařízení. Navíc je pomocí této metody možné zaznamenat data z mnohem rozsáhlejší oblasti. Principem fungování FCD je sběr dat prostřednictvím lokalizace vozidla vybaveného zabudovanou GPS, nebo používající GPS v přenosné navigaci nebo mobilním telefonu. Každé takové vozidlo se stává dopravním senzorem, na mapě se jeví jako jednotlivý bod. Nevýhodou může být nižší polohová přesnost mobilních zařízení, ale tato nevýhoda se ztrácí díky velkému množství aut poskytujících informace, které se následně zprůměrují. Tady se projevuje podstata crowdsourcingu v tom ohledu, že, při malém množství aut poskytujících potřebné informace není možné dostatečně přesně modelovat aktuální dopravní situaci v dané lokalitě.

Informace ze zařízení v terénu jsou zcela anonymní, autu je přiřazeno pouze náhodné ID a sledované informace jsou ve výsledku relativně stručné. Z každého zařízení je zaznamenána zeměpisná šířka a délka, rychlost jízdy a směr. Získaná data o rychlosti většinou nejsou používána samostatně, ale dopočítávána a zpřesňována srovnáním polohy uražené na stanovenou vzdálenost. Tato informace je vyhodnocena a srovnána s povolenou rychlostí v segmentu cesty a dále zpřesňována pomocí dat z jiných zdrojů a historických záznamů. Na základě těchto informací je možné vyhodnotit, že vozidla na daném segmentu cesty stojí v zácpě nebo jedou nižší rychlostí, než je nejvyšší povolená – v důsledku husté dopravy.

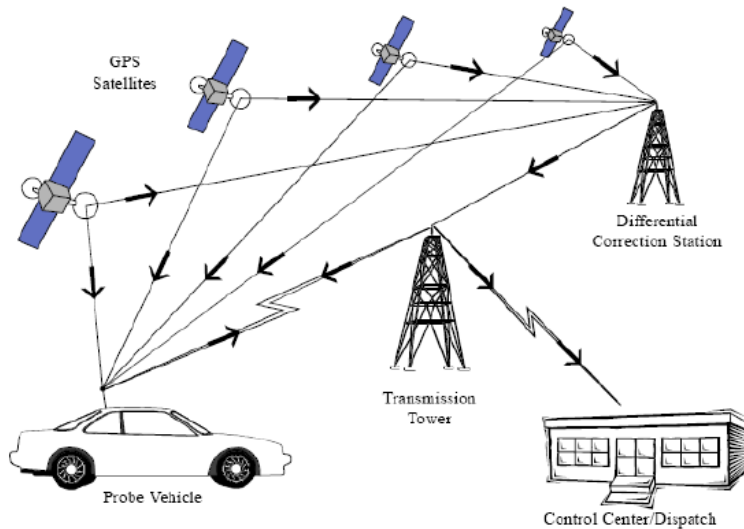


Figure 1: Communication from GPS
Source: [FHWA98]

3.4.1 Real-time data v navigacích, společnosti a přístup k datům

Současným fenoménem v mobilních navigacích jsou aktuální real-time informace o dopravě. Řidiči jsou informováni o kolonách a nehodách, uzavírkách a dalších místech, kterým je při plánování trasy lepší se vyhnout. Plánování dopravy tak díky nejnovějším technologiím dostává zcela novou efektivnější podobu. Význam těchto technologií je značný zejména v odvětvích zajišťujících přepravu lidí a zboží. Jinými slovy zde stále platí význam pořekadla, že čas jsou peníze.

Na trhu s navigacemi operuje několik velkých společností jako například TomTom, Here a Google, který vlastní také populární navigaci Waze³. Na území České republiky působí třeba také česká společnost Mapy.cz. Zatímco real-time traffic data od Google Maps nejsou volně pro stažení a osobní použití, jiné společnosti již data veřejnosti zpřístupnily. Data je možné získat použitím API, tak je tomu třeba u Here Traffic. Způsob stažení není zcela jednoznačný pro laika, ale existují již návody, jak se k takovým datům dostat pomocí python skriptu a xml parsingu, jak popisuje například (Vívek, 2020). Ke stažení dat za vybranou oblast je nutné specifikovat lat long souřadnice, které vymezí rámeček o požadované velikosti. Dále je nutné zadat informace jako jsou například funkční třídy cest, podle kterých bude možné data dále filtrovat a zpracovávat, nebo formát geometrie shapefile. Nevýhodou stahování dat přes API

³ Dopravní data od Waze byla použita v analýzách zhotovených v rámci PUMMO

je, že není možnost stažení starších dat, jelikož se historické údaje nikam neukládají. Stahovat se dají jen aktuální data v daný moment, tudíž pro získání dat pro delší období je zapotřebí nechat skript běžet na pozadí.

Data o aktuální dopravě po segmentech poskytuje například i TomTom, způsob stahování se liší v tom, že pro specifikaci dat za vybranou oblast je nutné porozumět úrovním přiblížení a rozdělení na jednotlivé dlaždice (úroveň 0 = celý svět, úroveň 22 = 2^{44} dlaždic) a je tak komplikovanější na výpočet, jaká úroveň přiblížení bude nejlépe vypovídat o zvoleném území. (Vivek, 2020)

Here Maps

Here je nizozemská firma specializující se na mapování, navigace a prostorová data, která roku 2007 přešla pod finskou firmu NOKIA. Poskytují dopravní data skrze aplikace cílené na firmy, vládní organizace, nebo další poskytovatele mapových služeb jako jsou Bing, Facebook nebo Yahoo! Maps (Davies, 2014).

Here každodenně shromažďuje miliardy GPS datových bodů z celého světa prostřednictvím několika druhů zařízení jako jsou *chytré telefony, přenosné navigace, údaje snímačů vozidla, auta se zabudovanou navigací a silniční senzory*. Navíc používá pro zpřesnění data o dopravních incidentech z více než 100 různých zdrojů po celém světě včetně národních portálů, historických údajů, dálničních kamer a sociálních sítí jako je Twitter. Poskytnuté informace tvoří robustní základ pro dopravní služby. (American Digital Cartography inc., 2021). Jakmile jsou potřebná data shromážděna, jsou zpracována prostřednictvím špičkového dopravního enginu Here, který data každých 60 sekund průběžně aktualizuje (Davies, 2014).

Systém dokáže také rozpoznat vzorce chování při řízení na základě dat od uživatelů. Jakmile je rozpoznán první náznak vzorce chování řidiče, systém jej analyzuje a dokáže z něj vyvodit užitečné závěry – například využití vzorců chování řidičů v zatáčce k vyladění zakřivení silnice v mapě a celkově zpřesňování topologie. Od těchto nových poznatků o chování řidičů a informací z jejich zařízení se bude odvíjet podoba softwarů a učení umělé inteligence pro automaticky pilotovaná auta (Davies, 2013).

4 DOPRAVA V OLOMOUCI

V této kapitole bude v krátkosti popsána dopravní situace Olomouce. Jednak z pohledu základní komunikační sítě a MHD, ale také dopravní chování obyvatel města na základě výsledků Průzkumu dopravního chování obyvatel města Olomouce.

4.1 Co je PUMMO

Plán udržitelné městské mobility Olomouc neboli PUMMO „je souhrnný strategický dokument, který komplexně analyzuje současný stav dopravy a dopravní infrastruktury v Olomouci a jejím okolí, stanovuje vize, cíle a priority dopravy ve městě Olomouci, navrhuje uspořádání dopravního systému města Olomouce pro horizonty let 2023, 2030 a 2050, atd.“ (PUMMO, 2017, str. 8)

Důvodů k pořízení PUMMO existuje hned několik:

- v současnosti je preferovaným nástrojem regionální politiky a územního plánování,
- zaměřuje se na dopravní systém jako celek,

- stanovuje koncepcce dalšího směřování dopravního systému napříč všemi dopravními módy

4.2 Základní komunikační systém města

Kolem Olomouce prochází ve směru JZ – JV dálniční obchvat D35 (plánované dálniční spojení Hradec Králové – Svitavy – Olomouc – Lipník nad Bečvou) momentálně spojující Mohelnici, Olomouc a Lipník nad Bečvou, kde se napojuje na D1. Tvoří tedy dálniční spojení s páteřní trasou D1 mezi Ostravou – Brnem a Prahou. Na západě Olomouce není D35 dokončená a doprava se svádí přes kruhový objezd u OC Olomouc City v městské části Olomouc-Neředín, zpět se napojuje až na úrovni obce Křelov. V tomto místě je plánované napojení D35 mezi úseky Křelov-Slavonín s předpokládaným uvedením do provozu v roce 2026. Tento úsek by měl tvořit tzv. západní tangentu⁴. Zmíněný úsek by měl také přímo propojit dálnici D46 (Vyškov – Prostějov – Olomouc) se severním dálničním tahem.

Provoz na uvedených úsecích D35 a D46 by se měl snížit po dokončení úseku D1 mezi Přerovem a Říkovcemi (předpokládané dokončení 2025).

Hlavní silniční tahy I. třídy vedoucí Olomoucí jsou I/35 (Křelov – Olomouc – (Olomouc-Hodolany) – odbočka na Přáslavice a napojení na D46), I/55 (Olomouc – (Olomouc-Holice) – Krčmaň – Přerov) a I/46 (Prostějov – Olomouc – Šternberk – Opava). Přípravuje se výstavba tzv. východní tangenty, která je plánovaná podél východního okraje Olomouce mezi Holicí a Týnečkem. Výsledkem by mělo být odklonění tranzitní dopravy směřující na sever po silnici I/46 na Šternberk. Zahájení stavby je plánováno na rok 2026 (ŘSD, 2021).

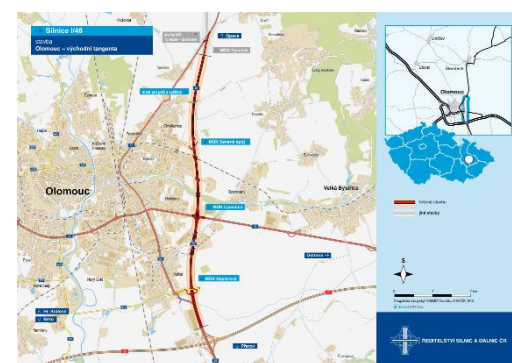
Městská hromadná doprava v Olomouci je realizována převážně Dopravním podnikem města Olomouce (DPMO), který na území Olomouce provozuje 8 tramvajových linek s celkovou délkou kolejí 45 kilometrů. Dále 24 linek autobusů s celkovou délkou linek 286 km. Počet přepravených osob za rok se uvádí na



Obrázek 12: Napojení I. a II. Úseku D35. Převzato z: ŘSD, 2021.



Obrázek 13: Propojení D1 mezi Přerovem a Říkovcemi. Převzato z: ŘSD, 2021.



Obrázek 14: Plánovaná východní tangenta, silnice I/46. Převzato z: ŘSD, 2021.

⁴ Tangenciální spojení (tangenta, tangenciála) je typ dopravního spojení, které zajišťuje spojení periferních bodů města. Naproti tomu radiální spojení (radiála) spojuje okraje města (periferie) s centrem nebo středem určitého území (aglomerace). ČSN 73 6100 (2006)

cca 57 milionů (DPMO, 2019). V současnosti je plánovaná stavba nové tramvajové trati (prodloužení stávající tramvaje č.3) na Nové Sady a Povel (MmOl, 2021). Na území města operují i další autodopravci provozující zejména příměstské spoje.



4.3 Dopravní prostředky a úroveň mobility obyvatelstva

Na základě Průzkumu dopravního chování (PDCHOL), který proběhl pro potřeby PUMMO v cca 1 000 olomouckých domácnostech na jaře 2016 byla zjišťována:

- úroveň mobility obyvatelstva (vybavenost domácností dopravními prostředky)
- účely cest a délka a četnost cest.

Z průzkumu vyplývá, že 68 % domácností disponuje alespoň jedním osobním automobilem a stupeň automobilizace je 320 vozidel/1000 obyvatel. Údaje o počtu kol zde nebudou dále rozebírány (PUMMO, 2017, str. 70). Dále z průzkumu vyplývá že 1 auto vlastní asi 45 % domácností a 2 či více aut vlastní pouze asi 10 %.

Tabulka 3: „Vybavenost domácností dopravními prostředky“. Převzato z PUMMO, 2017, str. 70.

	Počet aut v průzkumu (vzorek 1 076 domácností, 2 278 osob)	729
	Průměrný počet automobilů na domácnost	0,68
	Odhad počtu osobních automobilů v Olomouci	30 500
	Počet automobilů na 1000 obyvatel (stupeň automobilizace)	320
	Počet kol v průzkumu (vzorek 1 076 domácností, 2 278 osob)	1 280
	Průměrný počet kol na domácnost	1,19
	Odhad počtu jízdních kol v Olomouci	51 200
	Počet kol na 1000 obyvatel (<i>bicycle per capita ratio</i>)	562

- 90 % respondentů v průběhu běžného pracovního dne někam cestovalo
- průměrný respondent vykonal v pracovní den 2,87 cesty
- 39 % respondentů vykonalo v běžný pracovní den dvě cesty (předpoklad = kyvadlový pohyb domov-práce případně domov-ostatní)
- 20 % vykonalo celkem čtyři cesty
- 18 % obyvatel vykonalo více jak 5 cest
- pouze 12 % respondentů uskutečnilo tři cesty (tzn. lidé spíše cestují práce-domov-obchod-domov, než řetězové cesty práce-obchod-domov)
- 67 % cest autem bylo vykonáno do 4 km = relativně vysoké užívání auta na krátké vzdálenosti
- ¼ cest autem byla na vzdálenost větší než 6 km
- účelem cest jsou nejčastěji cesty do zaměstnání (31 %) a za volnočasovými aktivitami (23,5 %)

Všechny uvedené údaje pochází z (PUMMO, 2017, str. 73, 75 a 76).

5 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Řešené téma je z pohledu analýz velmi široké, tudíž se nabízela široká škála možností, jak jej uchopit. Bylo by velmi náročné (zejména z pohledu stahování a přípravy dat) zkoumat celý uplynulý rok kontinuálně. Na základě uvážení bylo vybráno několik reprezentativních časových úseků, na kterých je demonstrován jak dlouhodobý, tak krátkodobý průběh dopravy v Olomouci. Vybranými časovými úseky jsou:

- denní průběhy intenzity dopravy za vybrané dny v průběhu 2 měsíců
- týdenní průběhy intenzity dopravy za vybrané týdny v průběhu roku
- denní průběhy intenzity dopravy ve zvláštních dnech (svátky, dny spojené s výraznými změnami v souvislosti s COVID-19)

Obdobná byla situace v rámci výběru způsobů statistického zpracování. Vybírat bylo možné z různých metod popisné statistiky a variability.

Vzhledem k neobvyklé situaci nastalé v minulém i tomto roce, kdy v zemi většinu času platil nouzový stav, nebylo možné analyzovat dopravu v původně plánovaných situacích. Tím se myslí koncerty, sportovní utkání, výstavy, dokonce ani typické dny podle režimu škol.

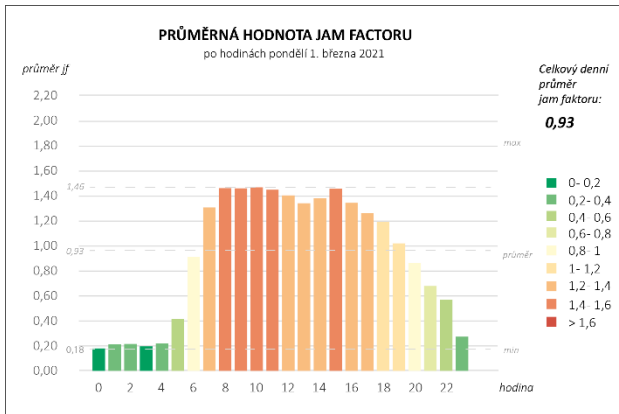
Vzniklá situace se výrazně promítla do chování lidí, včetně toho dopravního. Budeme-li vycházet z empirických znalostí o vzorcích chování průměrného občana, většina cest v rámci města a okolí bude za prací, dále na nákup, případně pro děti do škol. Podobné výsledky byly uvedeny i v (PUMMO, 2017). Zbytek cest bude spojených s volnočasovými aktivitami jak v rámci víkendů, tak například za kulturou v průběhu pracovního týdne, cestou za lékařem, na návštěvu za přáteli atd. V důsledky zavření škol, přesunu určité části pracovní síly na home office, zavření nákupních center a většiny volnočasových a sportovních aktivit se dá předpokládat, že se změnila i intenzita dopravy ve městě.

5.1 Analýza denních průběhů

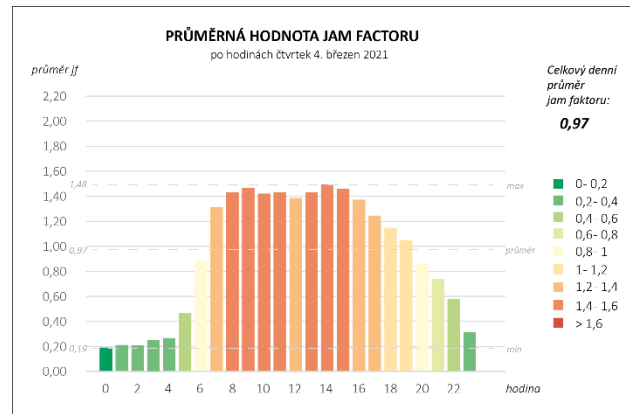
V této části se práce zaměřuje na denní průběh hustoty dopravy, vyjádřené průměrem jam faktoru pro danou hodinu. Grafy byly vytvořeny na základě dat zpracovaných v kontingenčních tabulkách. Pro detailnější pozorování jsem si vybrala dvě časová období tak, aby pokrývaly jak období před zhoršením průběhu pandemie COVID-19 (s relativně uvolněnými protiepidemickými opatřeními), tak v jejím nejvýraznějším průběhu (po vyhlášení lockdownu). Vybrala jsem proto září, kdy byly zároveň otevřeny i školy, začal prezenčně vysokoškolský semestr a březen, kdy byly zavedeny nejtvrdší protiepidemiologická opatření ve formě lockdownu a omezení cestování mezi okresy a mimo katastr obce o víkendech. Jako reprezentativní dny jsem vybrala pondělí a čtvrtek.

Celkové shrnutí vybraných období je možné najít v tabulce ve výsledcích práce.

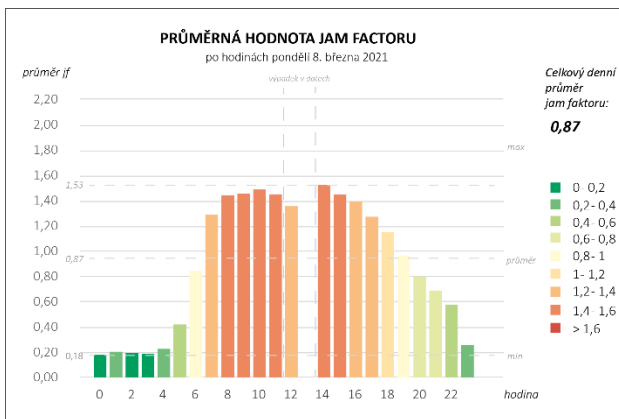
5.1.1 Březen



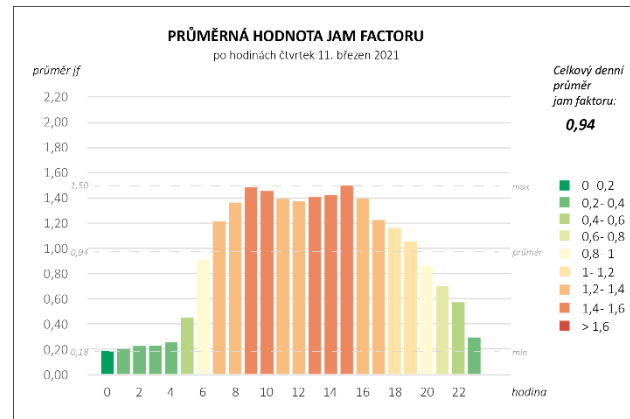
Graf 1: Průměrná hodnota jam factoru v pondělí 1. března.



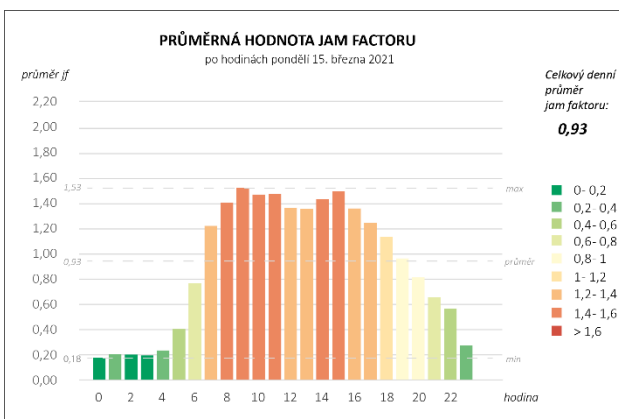
Graf 2: Průměrná hodnota jam factoru ve čtvrtek 4. března.



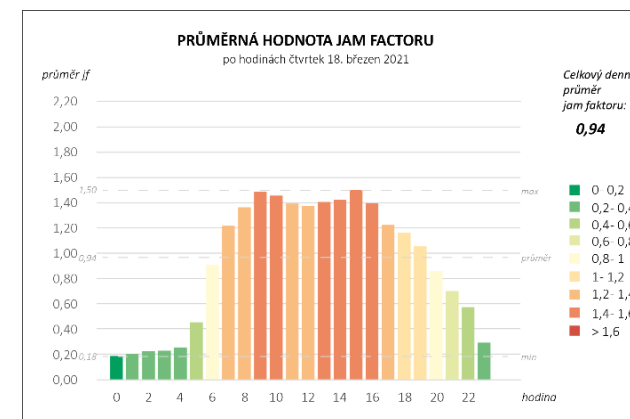
Graf 3: Průměrná hodnota jam factoru v pondělí 8. března.



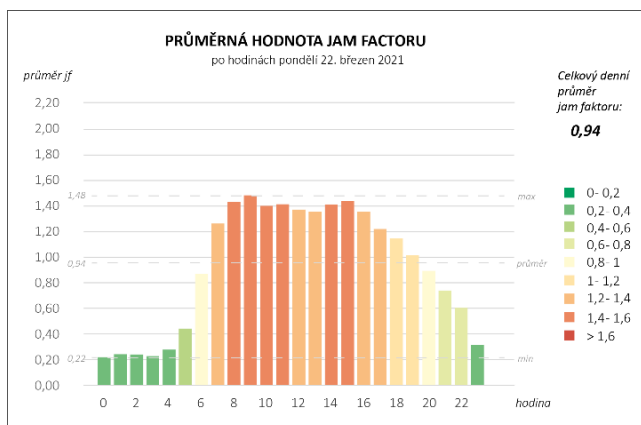
Graf 4: Průměrná hodnota jam factoru ve čtvrtek 11. března.



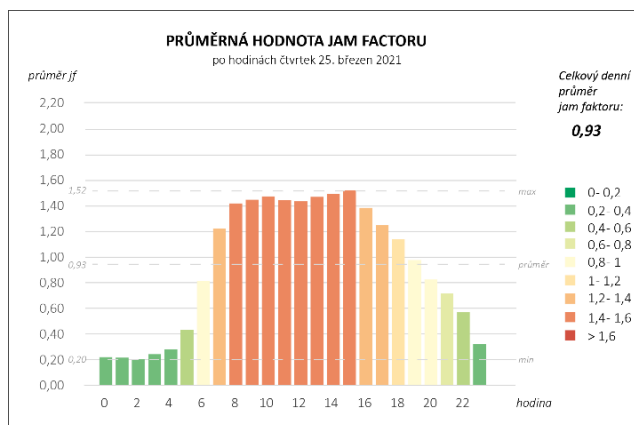
Graf 5: Průměrná hodnota jam factoru ve čtvrtek 15. března.



Graf 6: Průměrná hodnota jam factoru v pondělí 18. března.



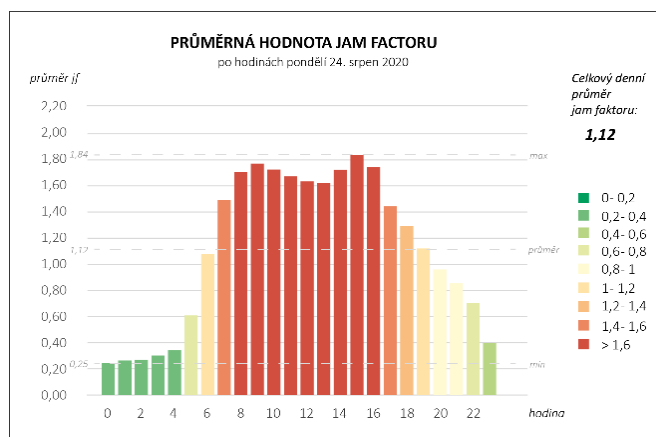
Graf 7: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 22. března.



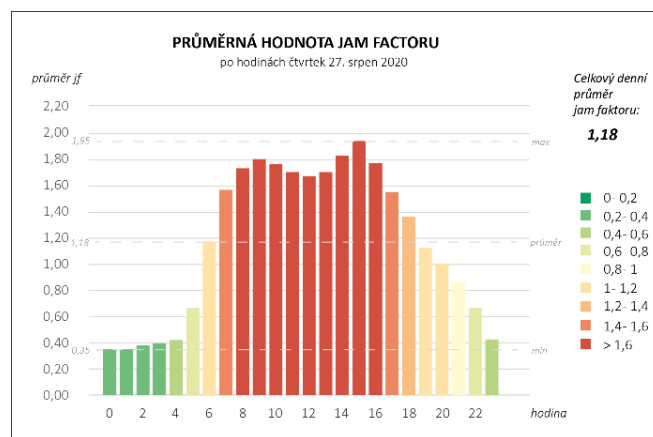
Graf 8: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 25. března.

Srovnáme-li grafy vizuálně, žádný z dnů nepůsobí příliš odlišně. Je patrné že, dopravní špičky jsou intenzitou srovnatelné mezi všemi zkoumanými dny, nepatrný rozdíl je v délce trvání ranních špiček v průběhu pondělků. Naproti tomu ve čtvrtku bývá o něco málo delší odpolední špička. Denní průměry za vybrané pondělky a čtvrtky v březnu se pohybují v rozmezí mezi hodnotami 0,87 až 0,97. Denní maxima se pohybují v rozmezí od 1,46 do 1,53.

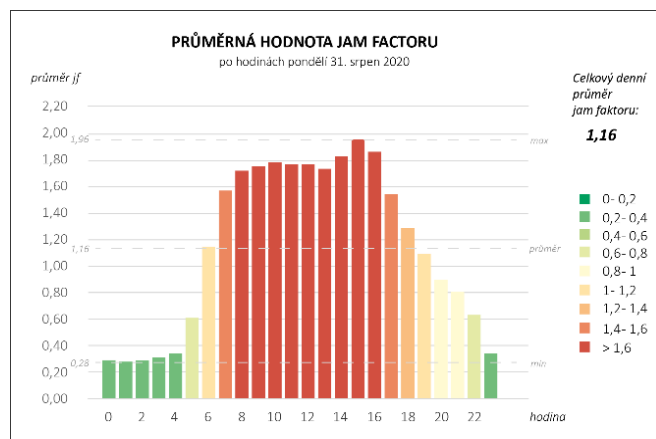
5.1.2 Zář



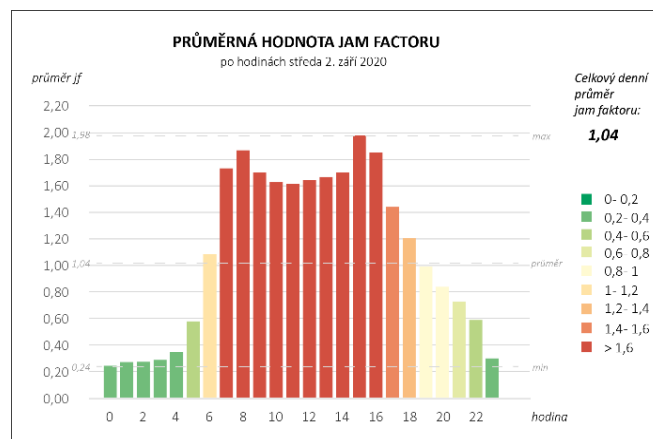
Graf 11: Průměrné hodnoty jam faktoru ve čtvrtek 24. srpna



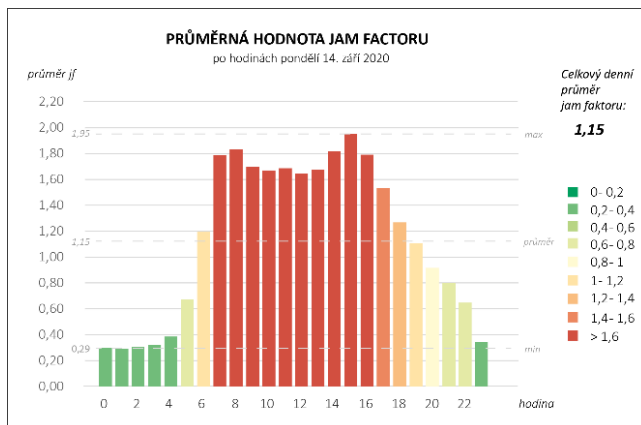
Graf 12: Průměrné hodnoty jam faktoru v pondělí 27. srpna



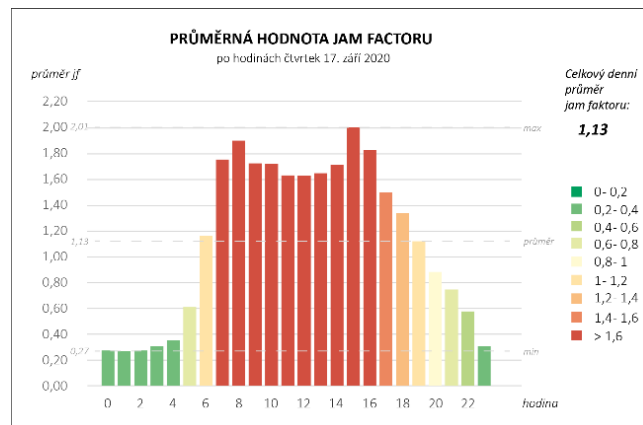
Graf 10: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 31. srpna



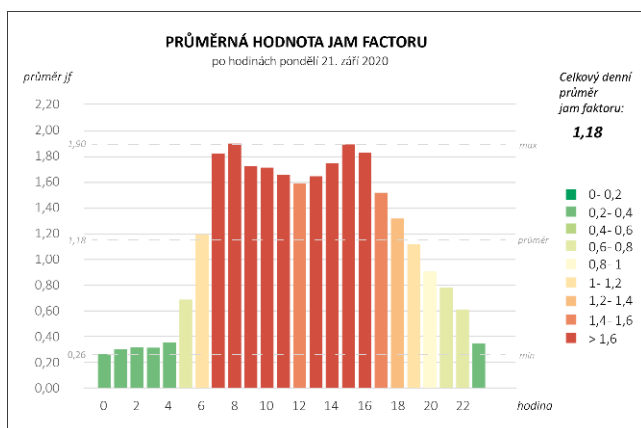
Graf 9: Průměrná hodnota jam faktoru ve středu 2. září



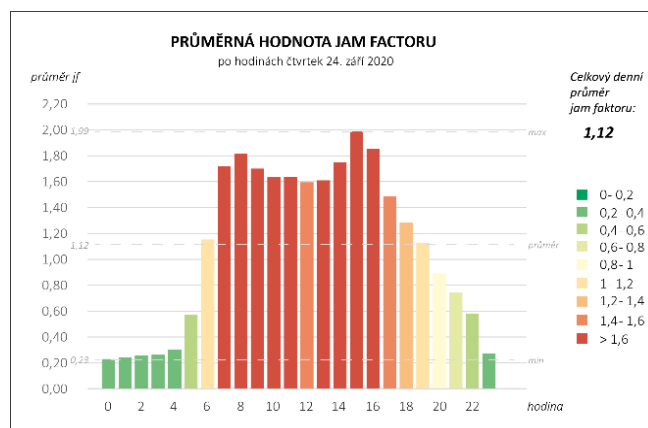
Graf 16: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 14. září



Graf 15: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 17. září



Graf 13: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 21. září



Graf 14: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 31. srpna

Denní průměry za vybrané pondělky a čtvrtky v září se pohybují v rozmezí mezi hodnotami 1,04 až 1,18. Denní maxima se pohybují v rozmezí od 1,84 do 2,01. Dopravní špičky jsou v průběhu všech sledovaných dní za srpen/září velmi jasně patrné. Vyšší hodnoty hustoty dopravy vykazují odpolední špička, kde se často vyskytují i denní maxima.

5.1.3 Shrnutí výsledků analýz denního průběhu

Rozdíly mezi intenzitami dopravy v průběhu srpna/září a března jsou na první pohled viditelné jak na základě barevné stupnice, tak podíváme-li se na celodenní průměry. Dopravní špičky jsou situované ve stejném časovém rozmezí. V průběhu března jsou poměrně nevýrazné oproti zbytku dne (myslí se mezi 7 a 19 hod). Naproti tomu v průběhu září jsou dopravní špičky zřetelnější a celkově dosahují podstatně vyšších hodnot.

5.2 Analýza týdenních průběhů jam faktoru

V této kapitole budou blíže analyzovány vybrané týdenní úseky. Tento způsob byl vybrán, jelikož jsem chtěla vidět srovnání průběhu intenzity dopravy v průběhu celého týdne kontinuálně. Data v tabulkách jsou zvýrazněna pomocí barevné škály. Nejtmavší červená indikuje nejvyšší průměrné hodnoty, směrem k zelené se snižují a tmavě zelená znamená nejnižší hodnoty.

- letní prázdniny – týden 17. - 23. srpen 2020
- začátek zimního semestru na UPOL – týden 21. – 27. září 2020
- rozvolnění opatření – týden 10. – 18. prosinec 2020
- lockdown – týden 1. – 7. březen 2021

5.2.1 Týden 17. – 23. srpen – letní prázdniny

Tabulka 4: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 17. – 23. srpna

hodiny	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	celkový součet
0	0,32	0,39	0,37	0,30	0,37	0,34	0,25	0,34
1	0,40	0,41	0,37	0,29	0,38	0,33	0,25	0,36
2	0,40	0,43	0,37	0,33	0,39	0,34	0,26	0,37
3	0,44	0,46	0,47	0,37	0,45	0,35	0,26	0,41
4	0,73	0,72	0,72	0,61	0,66	0,40	0,27	0,61
5	1,26	1,21	1,23	1,14	1,13	0,54	0,29	1,03
6	1,61	1,60	1,60	1,48	1,51	0,77	0,37	1,37
7	1,92	1,81	1,81	1,66	1,72	0,91	0,55	1,57
8	1,93	1,85	1,80	1,72	1,78	0,99	0,65	1,62
9	1,91	1,85	1,78	1,80	1,78	1,02	0,71	1,63
10	1,86	1,81	1,73	1,71	1,71	0,97	0,76	1,60
11	1,77	1,74	1,71	1,68	1,68	0,95	0,76	1,56
12	1,77	1,69	1,77	1,68	1,64	0,87	0,78	1,51
13	1,87	1,79	1,89	1,75	1,73	0,87	0,85	1,63
14	1,95	1,99	1,96	1,87	1,67	0,84	0,86	1,71
15	1,76	1,81	1,77	1,73	1,52	0,85	0,85	1,56
16	1,54	1,56	1,49	1,46	1,43	0,85	0,88	1,37
17	1,38	1,39	1,29	1,28	1,26	0,78	0,83	1,20
18	1,19	1,21	1,10	1,11	1,12	0,69	0,77	1,05
19	1,04	1,05	0,86	0,97	0,96	0,65	0,69	0,91
20	0,90	0,96	0,79	0,87	0,85	0,55	0,56	0,81
21	0,75	0,80	0,61	0,68	0,69	0,48	0,49	0,66
22	0,45	0,50	0,33	0,40	0,38	0,31	0,35	0,39
23	0,40	0,36	0,29	0,36	0,35	0,27	0,31	0,34
celkový součet	1,21	1,23	1,17	1,13	1,13	0,65	0,54	1,05

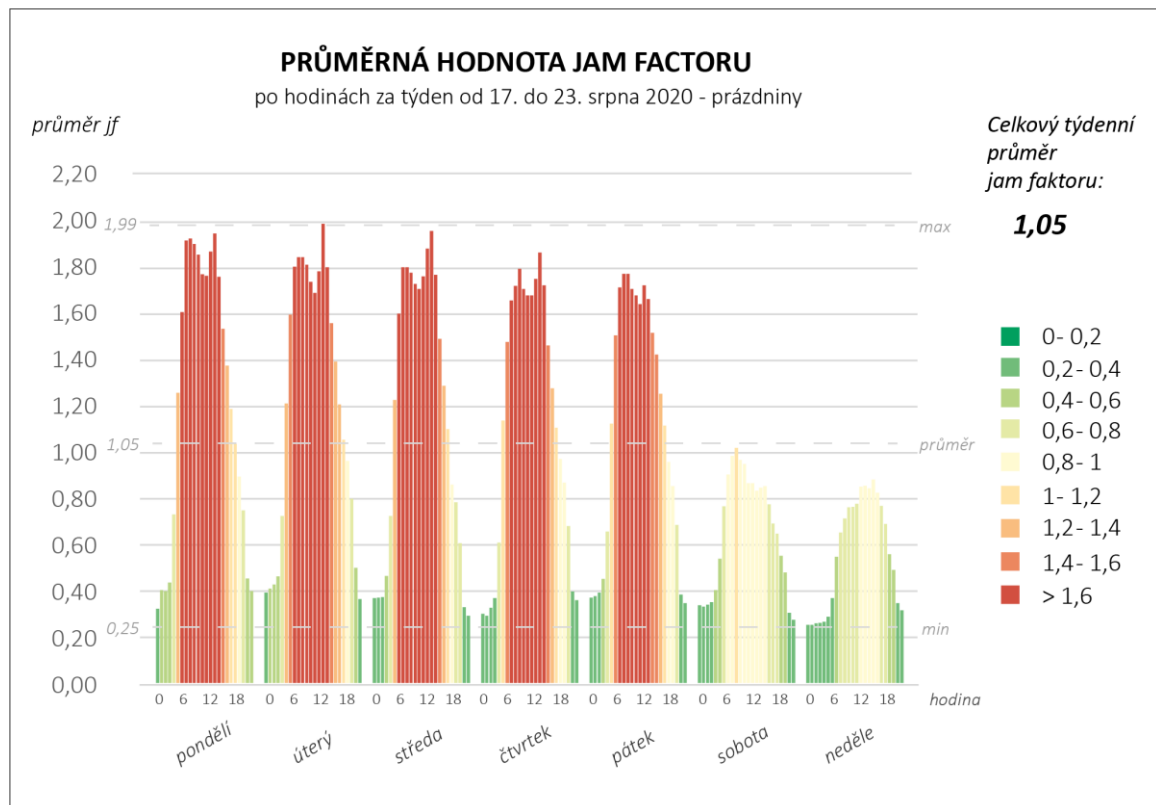
V tabulce 4 jsou zobrazeny průměrné hodinové hodnoty hustoty dopravy (jam faktoru) pro celou Olomouc, po jednotlivých hodinách.

Průběh hustoty dopravy v průběhu pracovních dnů v týdnu:

- velmi klidný provoz mezi 22. a 3. hodinou ránní,
- mezi 4. a 5. je zřetelný nárůst,
- od 6. ranní začíná postupně ranní dopravní špička,
- mezi 7. a 9. dosahuje hustota dopravy nejvyšších hodnot,
- okolo poledne mezi 10. a 12. zůstává provoz stále poměrně vysoký a graduje mezi 13. a 16. hodinou,
- od 16 hodin se provoz směrem k večeru pozvolna snižuje.

Nejvyšší hodnoty je možné vidět v pondělí a v úterý (ranní maxima 1,93 a 1,85 a odpolední maxima 1,95 a 1,99). Od středy směrem ke konci týdne se průměrná celková hodnota jam faktoru snižuje. Ranní dopravní špička je méně výrazná než odpolední, kde doprava dosahuje maxima (1,97) mezi 13. a 15. hodinou. Ve čtvrtek je nepatrně nižší doprava v ranní špičce, nejvyšší hodnota jam faktoru byla naměřena až mezi 9. a 10. hodinou, mezi 10. a 13. můžeme vidět mírnější dopravní sedlo, od 13. do 16. odpolední dopravní špička s hodnotami nepatrně nižšími než předchozí dny. Doprava v pátek je oproti předchozím dnům klidnější s denním maximem 1,78 mezi 8. a 10. hodinou ráno.

O víkendu je nepatrně vyšší intenzita dopravy v sobotu, zejména v první půlce dne, kde se nachází denní maximum jam faktoru 1,02 v 9 hodin, směrem k odpoledni a večeru doprava pozvolna slábne. V neděli je to naopak, ráno je klidnější až do 13 hodin a pak je patrný mírný nárůst s maximem mezi 16. a 17. hodinou.



Graf 17: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 17. – 23. srpna

Celkově nejvyšší průměrná hodnota intenzity dopravy je 1,71 v čase mezi 14. a 15. hodinou.

Z grafu jsou patrné výrazné vrcholy maximálních průměrných hodnot, jejichž rozložení koresponduje s předpokládanými dopravními špičkami.

5.2.2 Týden 21. – 27. září – začátek semestru na UPOL

Tabulka 5: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 21. – 27. září

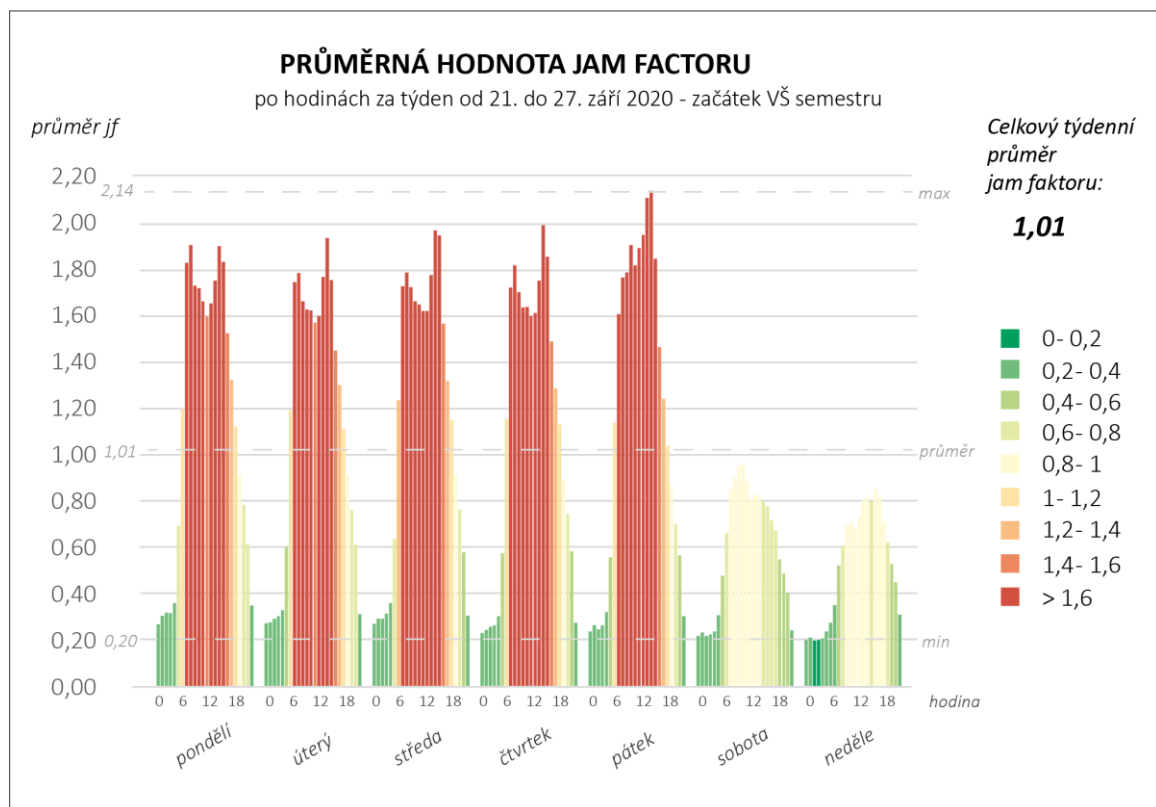
hodina	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	celkový součet
0	0,26	0,27	0,27	0,23	0,23	0,21	0,20	0,24
1	0,30	0,27	0,29	0,24	0,26	0,23	0,21	0,26
2	0,31	0,29	0,29	0,25	0,24	0,21	0,20	0,26
3	0,31	0,30	0,31	0,26	0,26	0,22	0,20	0,27
4	0,36	0,32	0,36	0,30	0,32	0,23	0,20	0,31
5	0,69	0,60	0,63	0,57	0,55	0,30	0,23	0,53
6	1,19	1,19	1,23	1,15	1,14	0,47	0,27	1,02
7	1,83	1,74	1,72	1,72	1,60	0,66	0,35	1,45
8	1,90	1,78	1,78	1,81	1,76	0,85	0,52	1,55
9	1,73	1,66	1,72	1,70	1,78	0,90	0,60	1,51
10	1,72	1,62	1,66	1,63	1,90	0,94	0,69	1,53
11	1,66	1,62	1,65	1,64	1,81	0,96	0,70	1,48
12	1,59	1,57	1,62	1,59	1,89	0,88	0,68	1,44
13	1,65	1,59	1,62	1,61	1,95	0,80	0,73	1,46
14	1,75	1,76	1,77	1,75	2,11	0,83	0,80	1,56
15	1,90	1,93	1,97	1,99	2,14	0,81	0,81	1,65
16	1,83	1,75	1,94	1,85	1,84	0,79	0,80	1,57
17	1,52	1,45	1,56	1,49	1,46	0,77	0,85	1,33
18	1,32	1,30	1,31	1,28	1,24	0,71	0,81	1,15
19	1,12	1,11	1,14	1,13	1,03	0,67	0,71	0,99
20	0,91	0,91	0,91	0,89	0,86	0,54	0,62	0,82
21	0,78	0,76	0,76	0,74	0,70	0,48	0,52	0,69
22	0,61	0,61	0,57	0,58	0,56	0,40	0,45	0,55
23	0,35	0,31	0,30	0,27	0,30	0,24	0,31	0,30
celkový součet	1,18	1,12	1,16	1,12	1,17	0,60	0,55	1,01

Tabulka 5 a graf 17 se vztahují k týdnu 21. - 27. září, který byl prvním týdnem semestru 2020/2021 na UPOL a výuka probíhala prezenčně. V tomto období zároveň nebyly opatření související s COVID-19 tak přísné. Do školy prezenčně chodili i žáci ZŠ A SŠ.

Průměrné intenzity v nočních hodinách (22–4) jsou velmi nízké. Doprava začíná startovat po 5. hodině ranní a pak přichází velmi strmý nárůst. Mezi 7. a 9. hodinou probíhá dopravní špička, která je největší v pondělí (maximum 1,90). Od 9. do 14. se tvoří tzv. dopravní sedlo s poměrně stabilní relativně hustou dopravou. Opětovný nárůst v podobě odpolední špičky přichází po 14. hodině. V tomto týdnu byly zaznamenány velmi vysoké hodnoty pro odpolední špičku, nejvyšší z pozorovaných období.

Pro první týden semestru je velmi výrazným dnem pátek. V datech si můžeme všimnout maximálních hodnot hustoty dopravy mezi 14. a 16. hodinou, ale i v průběhu celého dne je doprava výrazně intenzivnější než předešlé dny. Studenti vysokých škol nemají pevný rozvrh, a proto se cesty do školy autem relativně rozprostřou. Ve čtvrtek a v pátek ale obvykle mnozí studenti míří zpět domů. Zejména k tomu přispívá fakt, že hospody a noční život jsou stále omezeny pandemií.

Víkend má z pohledu průměrné intenzity v průběhu dne standardní rozložení hodnot. Sobota dosahuje vyšší průměrné hodnoty jam faktoru (0,60) a silnější provoz můžeme pozorovat spíše v ranních hodinách. Neděle má průměr o něco nižší (0,55) a nárůst v dopravě je možné pozorovat od 8. hodiny s vyššími hodnotami až odpoledne kolem 17.



Graf 18: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 21. – 27. září

5.2.3 Týden 8. – 18. prosinec 2020 - rozvolnění

Tabulka 6: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 10. – 18. prosince

hodina	čtvrtek 10.12.	pátek 11.12.	sobota 12.12.	neděle 13.12.	pondělí 14.12.	úterý 15.12.	středa 16.12.	čtvrtek 17.12.	pátek 18.12.	Celkový součet
0	0,25	0,26	0,23	0,22	0,29	0,25	0,24	0,21	0,21	0,24
1	0,25	0,26	0,23	0,22	0,29	0,25	0,25	0,22	0,23	0,24
2	0,29	0,29	0,25	0,23	0,31	0,27	0,24	0,25	0,23	0,26
3	0,33	0,35	0,27	0,22	0,35	0,3	0,3	0,28	0,25	0,29
4	0,53	0,58	0,31	0,26	0,59	0,58	0,54	0,51	0,48	0,49
5	0,96	1,04	0,45	0,3	1,04	1,05	1,07	0,94	0,95	0,89
6	1,5	1,56	0,65	0,37	1,63	1,55	1,62	1,53	1,47	1,35
7	1,76	1,8	0,85	0,53	1,81	1,72	1,68	1,74	1,54	1,52
8	1,66	1,7	0,96	0,62	1,73	1,66	1,62	1,66	1,7	1,51
9	1,7	1,75	0,99	0,68	1,71	1,63	1,67	1,71	1,71	1,53
10	1,67	1,74	1,03	0,72	1,71	1,61	1,61	1,71	1,73	1,52
11	1,59	1,69	0,92	0,7	1,6	1,57	1,61	1,65	1,68	1,49
12	1,6	1,73	0,9	0,76	1,65	1,6	1,66	1,7	1,75	1,51
13	1,7	1,93	0,89	0,81	1,75	1,7	1,76	1,83	1,82	1,64
14	1,87	1,99	0,87	0,83	1,86	1,92	1,88	1,96	1,8	1,74
15	1,77	1,79	0,86	0,94	2,01	1,89	1,94	1,82	1,6	1,71
16	1,58	1,51	0,85	0,88	1,58	1,56	1,51	1,48	1,37	1,41
17	1,34	1,3	0,79	0,83	1,3	1,29	1,23	1,21	1,21	1,17
18	1,09	1,06	0,67	0,71	1,08	1,04	0,99	1,01	1,06	0,98
19	0,88	0,88	0,59	0,6	0,88	0,84	0,81	0,84	0,87	0,8
20	0,7	0,74	0,53	0,53	0,72	0,67	0,68	0,69	0,73	0,67
21	0,56	0,61	0,43	0,45	0,58	0,56	0,51	0,52	0,59	0,53
22	0,29	0,31	0,26	0,28	0,29	0,25	0,24	0,25	0,34	0,27
23	0,22	0,25	0,23	0,22	0,27	0,24	0,2	0,19	0,19	0,22
Celkový součet	1,08	1,12	0,63	0,5	1,15	1,04	1,05	1,1	1,07	0,99

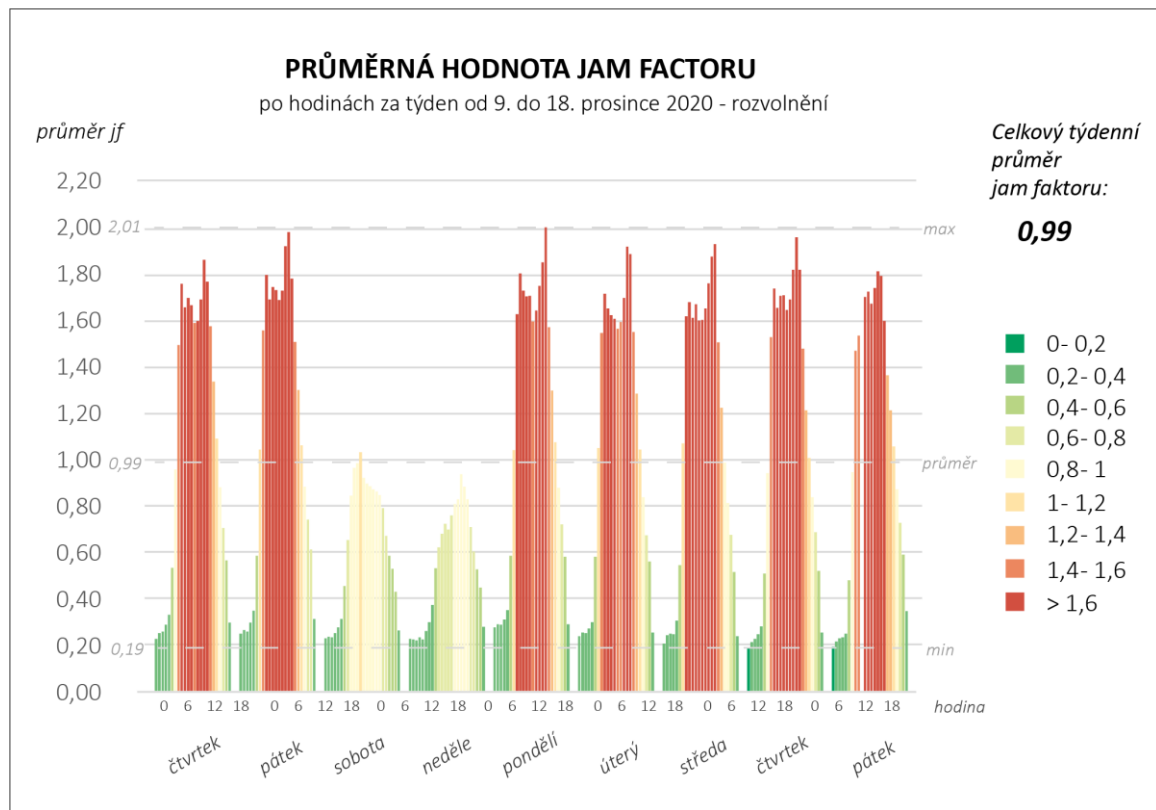
Data v tabulce 7 a grafu 19 poukazují na situaci v prosinci 2020 kdy byly krátce rozvolněny opatření.

Provoz v nočních hodinách od 22. do 4. hodiny ranní je nízký v průběhu celých deseti dní.

Od 4. hodiny ranní se provoz postupně zvyšuje (s výjimkou víkendu, který bude rozebrán na závěr). Ranní špička je nejvýraznější mezi 7. a 8. hodinou a hodnoty zůstávají relativně vysoké i v průběhu dopoledne a brzkého odpoledne. Dopravní sedlo je viditelné mezi 11. a 12. hodinou a potom se hodnoty zvyšují k denní maximům v odpolední špičce.

Největší doprava byla naměřena v průběhu pátku a pondělí, ale celkový průměr je relativně vysoký v průběhu všech zkoumaných dní.

O víkendu je výrazný průběh dopravy v sobotu, jam faktor stoupá od 7. hodiny a dosahuje maxima mezi 10. a 11. a dále opět klesá a okolo 17 hodin je hustota dopravy opět nízká. V neděli je průběh oproti sobotě posunutý směrem do odpoledne, denní maximum je viditelné okolo 15. hodiny. Celkově je průměrný jam faktor vyšší v sobotu (0,63) než v neděli (0,5).



Graf 19: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 10. – 18. prosince

5.2.4 Lockdown – týden 1. – 7. března 2021

Tabulka 7: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 1. – 7. března

hodina	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	celkový součet
0	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,15	0,15	0,18
1	0,21	0,20	0,18	0,21	0,18	0,14	0,15	0,18
2	0,22	0,20	0,18	0,20	0,18	0,15	0,14	0,18
3	0,20	0,21	0,19	0,24	0,20	0,16	0,15	0,19
4	0,22	0,23	0,24	0,26	0,24	0,16	0,15	0,21
5	0,42	0,42	0,42	0,46	0,43	0,20	0,17	0,33
6	0,91	0,88	0,92	0,88	0,86	0,31	0,20	0,67
7	1,31	1,30	1,24	1,30	1,32	0,51	0,24	1,02
8	1,46	1,42	1,44	1,42	1,41	0,73	0,44	1,18
9	1,46	1,41	1,46	1,45	1,43	0,75	0,52	1,17
10	1,47	1,41	1,42	1,41	1,42	0,77	0,56	1,19
11	1,45	1,36	1,41	1,42	1,37	0,75	0,59	1,19
12	1,41	1,36	1,35	1,37	1,34	0,71	0,60	1,17
13	1,34	1,35	1,37	1,42	1,35	0,70	0,61	1,15
14	1,38	1,40	1,40	1,48	1,43	0,70	0,69	1,21
15	1,46	1,42	1,45	1,45	1,36	0,70	0,69	1,24
16	1,35	1,36	1,37	1,36	1,27	0,72	0,71	1,12
17	1,27	1,25	1,23	1,23	1,20	0,67	0,71	1,07
18	1,19	1,16	1,18	1,14	1,14	0,64	0,69	1,01
19	1,02	1,02	1,01	1,04	0,98	0,58	0,63	0,87
20	0,87	0,87	0,86	0,85	0,82	0,51	0,53	0,74
21	0,68	0,73	0,72	0,73	0,70	0,42	0,47	0,63
22	0,57	0,58	0,58	0,57	0,53	0,36	0,40	0,52
23	0,29	0,29	0,30	0,30	0,28	0,20	0,25	0,27
celkový součet	0,93	0,94	0,90	0,96	0,91	0,48	0,43	0,78

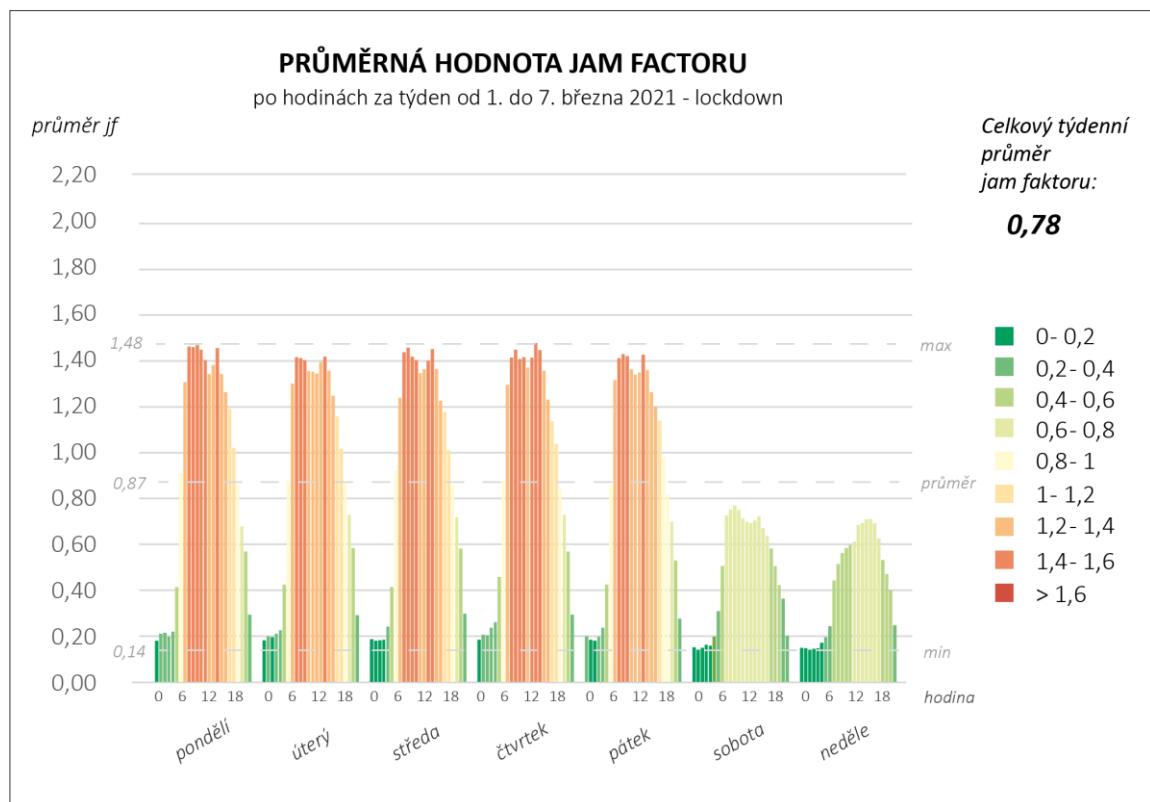
Data v tabulce 8 a grafu 20 ilustrují týdenní průběh dopravy v prvním týdnu lockdownu v březnu 2021. Oproti jiným zkoumaným týdnům, v tomto je doprava nejvíc citelně zasažená opatřeními proti COVID-19. Zpřísnění se totiž týkalo zejména cestování mimo okres přes pracovní dny a katastrof obce o víkendu.

Provoz v nočních hodinách od 22. do 4. hodiny ránní je všeobecně nízký jak v průběhu týdne, tak o víkendu, kdy je ale ještě nepatrně nižší provoz.

Mezi 5. a 6. je nepatrný nárůst intenzit, který se dál stupňuje a přechází do ranní špičky. Ta je oproti jiným týdnům nepatrně posunutá spíše kolem 8. a 9. hodiny. V průběhu poledne nastává nepatrný pokles intenzity a od 14. hodiny začíná opět odpolední špička.

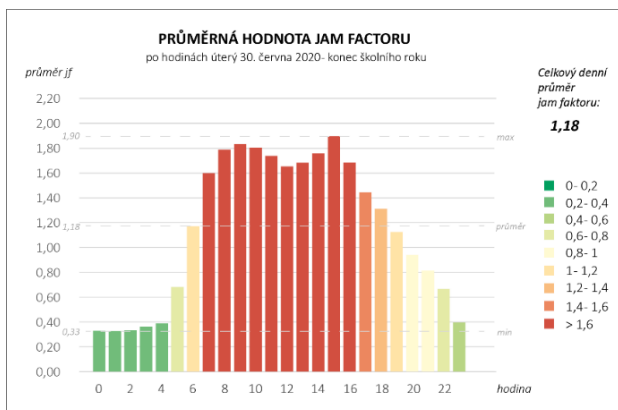
V tomto týdnu se doprava pondělí–pátek zdá velmi srovnatelná, žádný den nevystupuje výraznými hodnotami. Pouze v pátek odpoledne je intenzita dopravy ještě o málo nižší než předešlé dny. Týdenní celkový průměr je 0,78 a maximum 1,48 a té bylo dosaženo ve čtvrtek mezi 14. a 15. hodinou.

O víkendu je situace podobně klidná, hodnoty pozvolna stoupají a zůstávají konstantní celý den a k večeru je viditelný zase pozvolný pokles. Opět je patrné, že v sobotu přichází nárůst o něco dřív a v neděli naopak o něco později klesá. Celkově je průměrný jam faktor vyšší v sobotu (0,48) než v neděli (0,43).

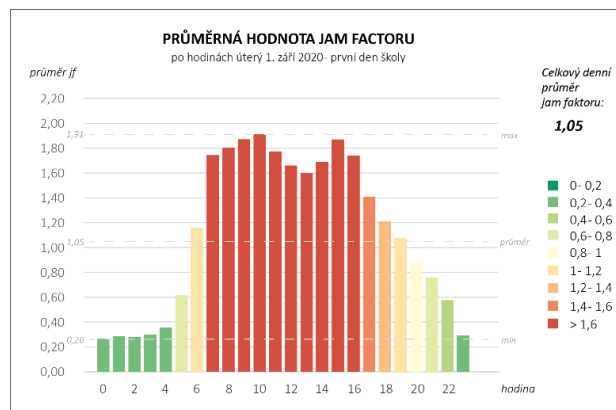


Graf 20: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 1. – 7. března

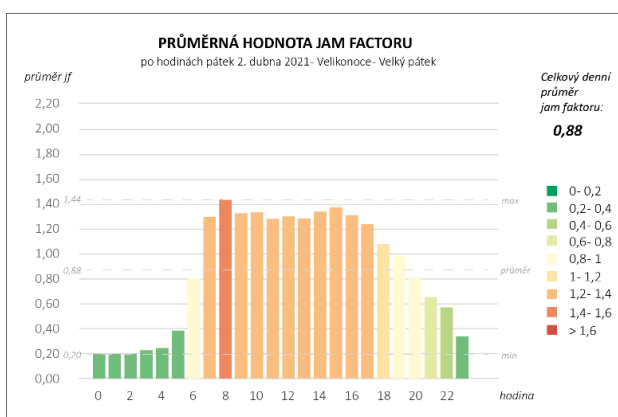
5.3 Analýza průměrné hustoty dopravy ve speciálních dnech



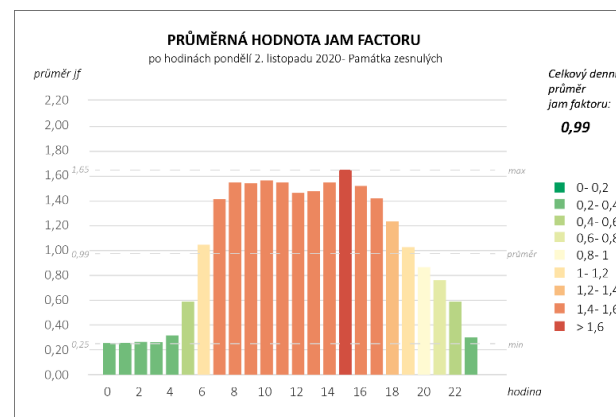
Graf 21: Průměrné hodnoty jam faktoru v poslední den školního roku 2020.



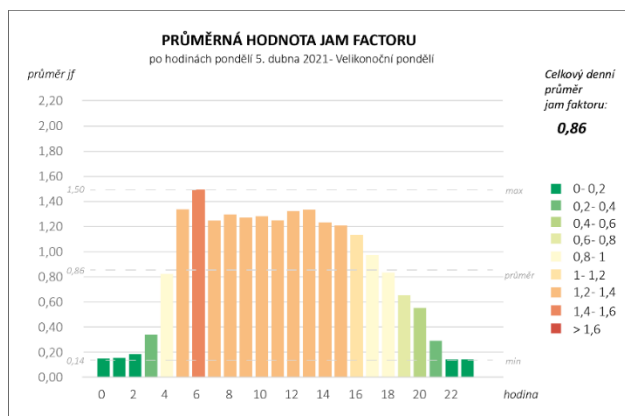
Graf 22: Průměrné hodnoty jam faktoru v první den školy.



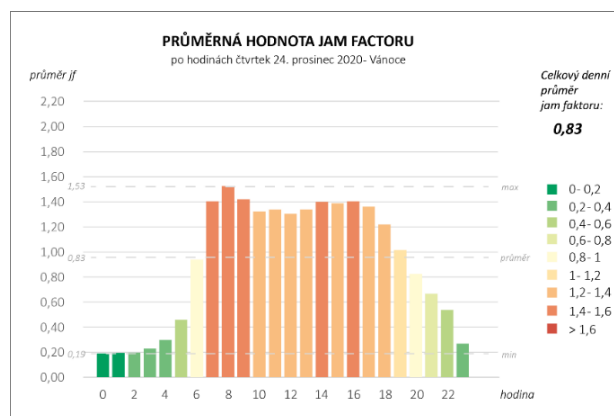
Graf 26: Průměrné hodnoty jam faktoru na Velký pátek.



Graf 25: Průměrné hodnoty jam faktoru na dušičky.



Graf 24: Průměrné hodnoty jam faktoru na Velikonoční pondělí.



Graf 23: Průměrné hodnoty jam faktoru na Štědrý den.

Na grafech 21 až 26 jsou znázorněny denní průměry hustoty dopravy za celou zkoumanou oblast. Intenzity se mezi vybranými dny zřetelně liší jak v rozložení v průběhu dne, tak celkovým průměrem. U některých dní jako např Velikonoční pondělí jde vidět, že lidé cestovali spíš ráno a v pozdějších hodinách byla doprava už stabilně klidná. Na Památku zesnulých tomu bylo spíš naopak, jelikož lidé po práci mohli vyrazit na hřbitov. V průběhu posledního a prvního dne školy je doprava hustá během celého dne s výraznými dopravními špičkami.

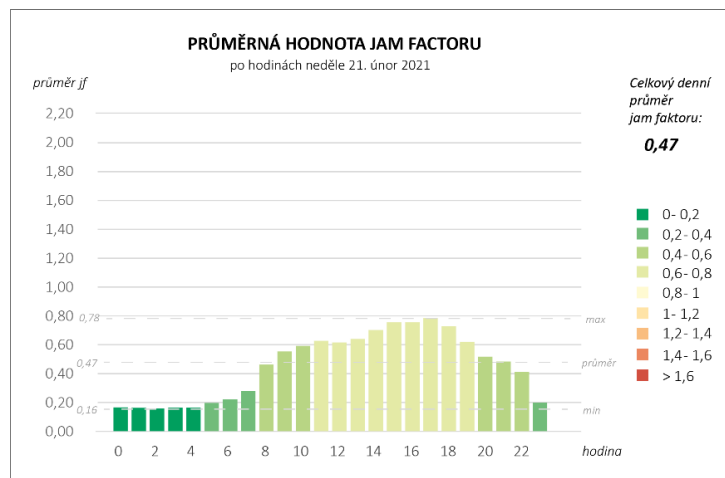
5.3.1 Analýza průběhu dopravy v průběhu neděle před, na začátku a v průběhu lockdownu

Prvním zajímavým zjištěním, kterého bychom si zde měli povšimnout je absence dopravních špiček v průběhu všech sledovaných nedělí. Na základě analýz totiž vychází, že dopravní špičky jsou spíš jevem postihující město v pracovních dnech. To je způsobené začátkem práce ráno v podobnou dobu a obdobně na konec pracovního dne, což způsobuje na území celého města výrazné kongesce.

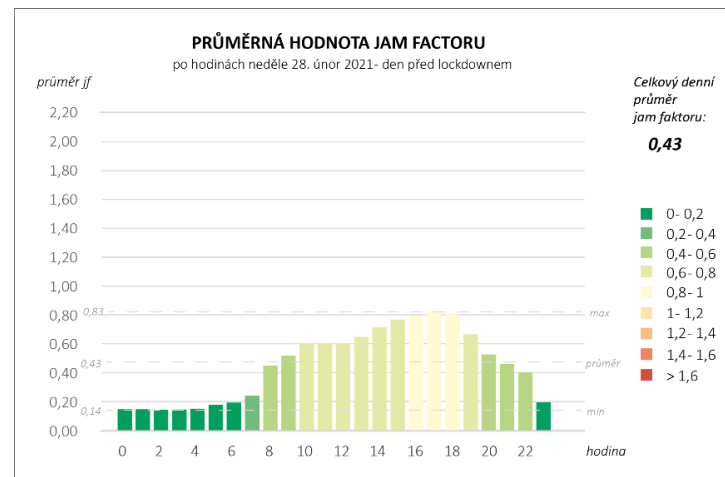
Hustota dopravy o víkendu před lockdownem zobrazená na grafu 27 je o něco vyšší než v průběhu lockdownu graf 29. Tato skutečnost může být ovlivněna omezením cestování mezi okresy včetně cest do přírody a za sportem.

V grafu 28 reprezentujícím neděli před vyhlášením přísnějšího lockdownu je patrný odlišný průběh dopravy

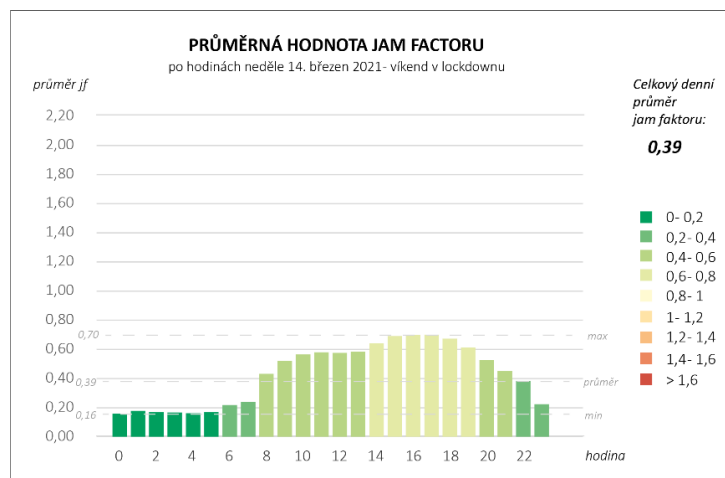
než v grafech 27 a 29. Od 10. hodiny ráno provoz stoupá a v odpoledních hodinách jsou viditelné vyšší hodnoty. Tato situace se dá vysvětlit zvýšenou frekvencí cest do/z Olomouce před začátkem kontrol. Lidé si totiž museli vybrat jedno místo pobytu z něhož nesměli bezdůvodně přejíždět na jiné.



Graf 27: Průměrné hodnoty jam faktoru v neděli 21. února – v neděli týden před lockdownem.



Graf 29: Průměrné hodnoty jam faktoru v neděli 28. února – v neděli den před lockdownem.

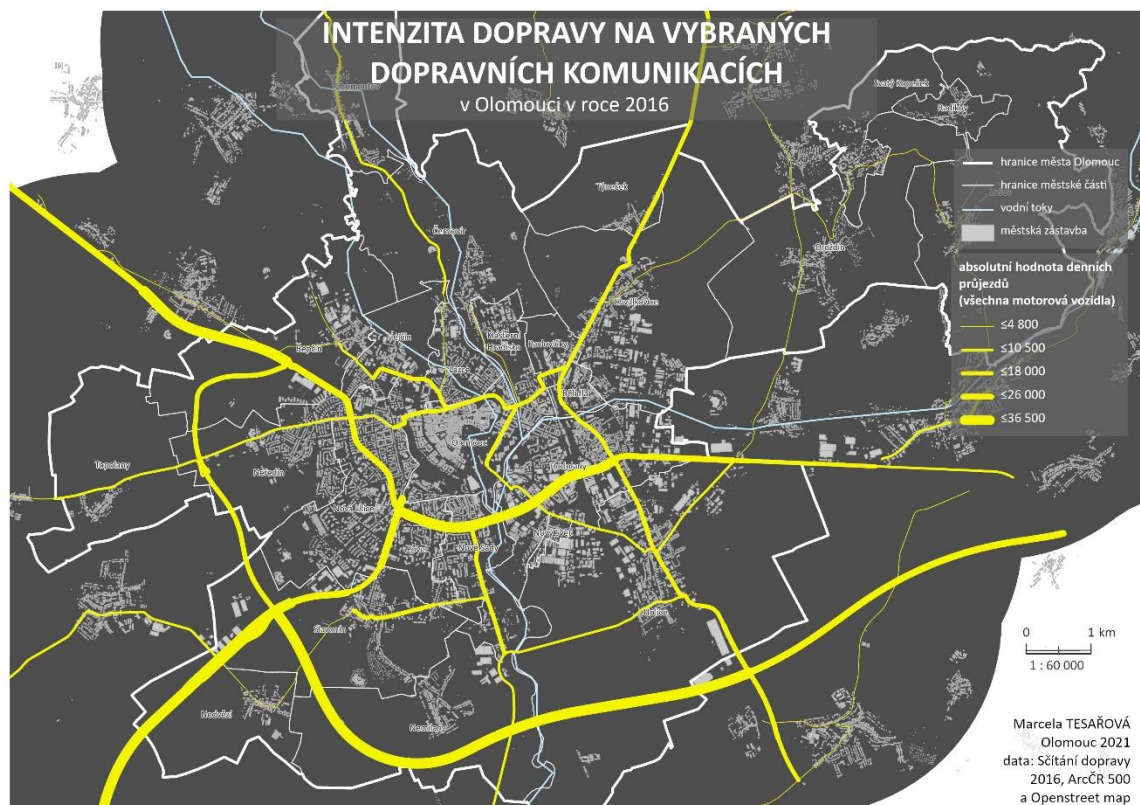


Graf 28: Průměrné hodnoty jam faktoru ve čtvrtek 27. srpna – neděle v průběhu lockdownu

5.4 Intenzity dopravy

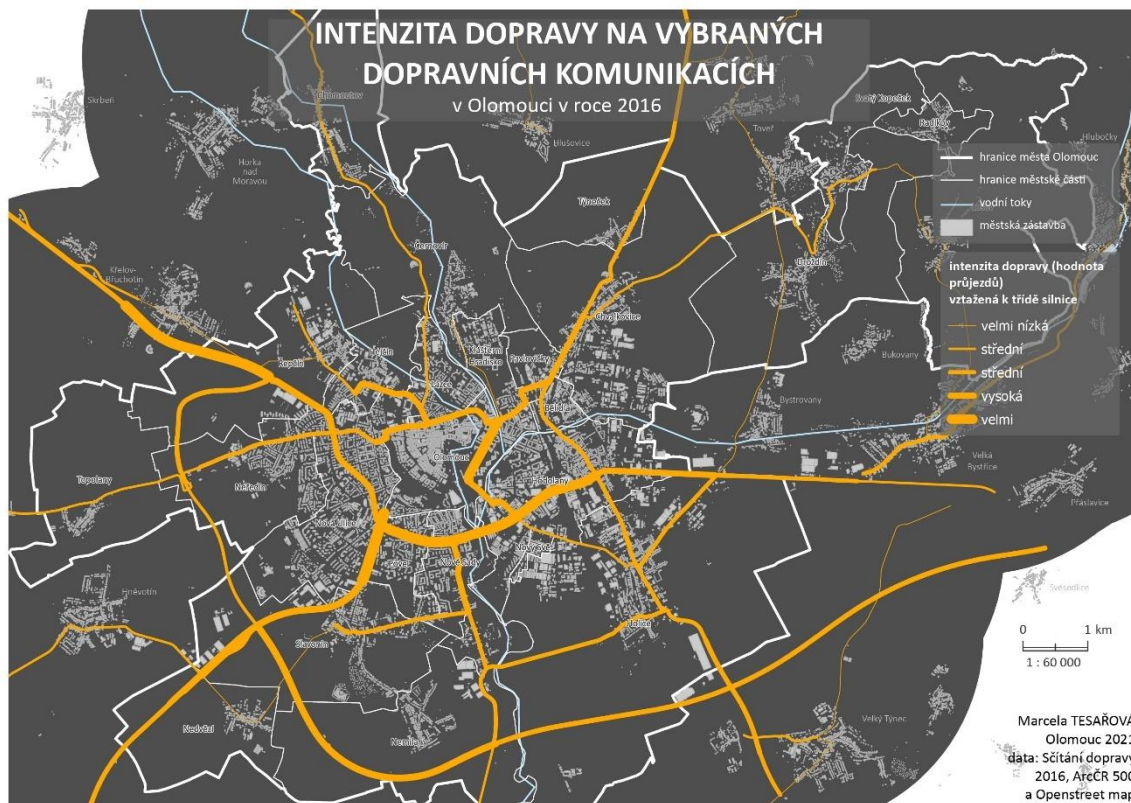
Intenzity dopravy, zpracované na základě hodnot průjezdů ze sčítání dopravy 2016 byly po uvážení vyjádřeny dvěma způsoby, jednak absolutním vyjádřením denních průjezdů, ale také ve vztahu k třídě dané silnice. Šířka čar v mapě 1 je vyjádřena absolutními hodnotami průjezdů automobilů za 24 hodin (průměrný den v průběhu roku).

V mapě 2 se šířka čar odvíjí od poměru dopravy v závislosti na velikosti silnice. Toto rozhodnutí je založené na faktu, že jakákoliv absolutní hodnota průjezdů automobilových vozidel na silnici 1. třídy, nebo dálnici je velmi odlišná od obdobného počtu projíždějících aut za den na poměrně daleko menším dopravním tahu jakým je silnice 3. třídy. Uvedeno na příkladu: Uvažujeme-li úsek kde projede denně 10 000 aut, bude provoz „pocitově“ rozdílný na silnici I. třídy než na silnici III. třídy. Tahle úvaha platí zejména pro dálnici, která je konstruována pro velké objemy projíždějících aut. Provoz ale může být místy vysoký i na menších komunikacích (třeba z důvodu uzavírky, nebo oprav větší silnice) a v takových místech může následně docházet k různým dopravním a jiným komplikacím.



Mapa 1: Intenzita dopravy na vybraných komunikacích. Absolutní hodnoty denních průjezdů.

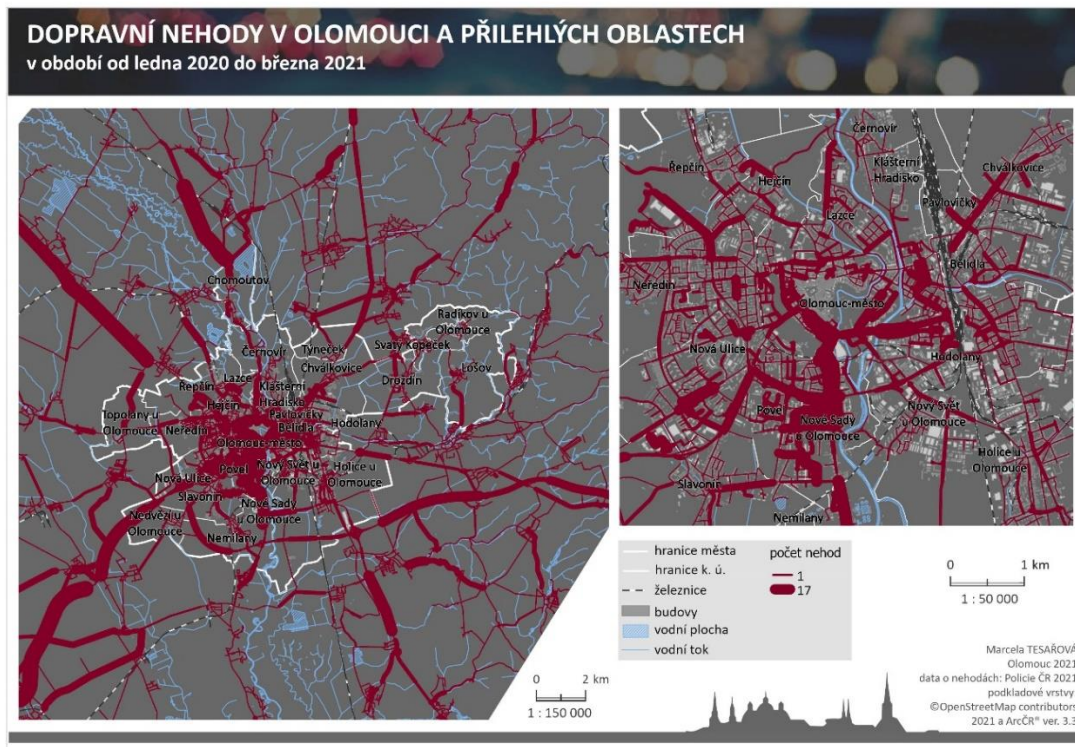
Na mapě 1 je zřetelné, že nejvyšší počet průjezdů je zaznamenán na dálničních tazích D35 a D46. Zobrazenými úseky projede v průběhu běžného pracovního dne v průběhu roku více než 36 500 aut v obou směrech. Relativně velký průjezd aut je zde viditelný i na vnitřním městském průtahu, silnici I/35. O něco nižší množství aut bylo překvapivě napočítáno na silnici I/46 do Šternberka.



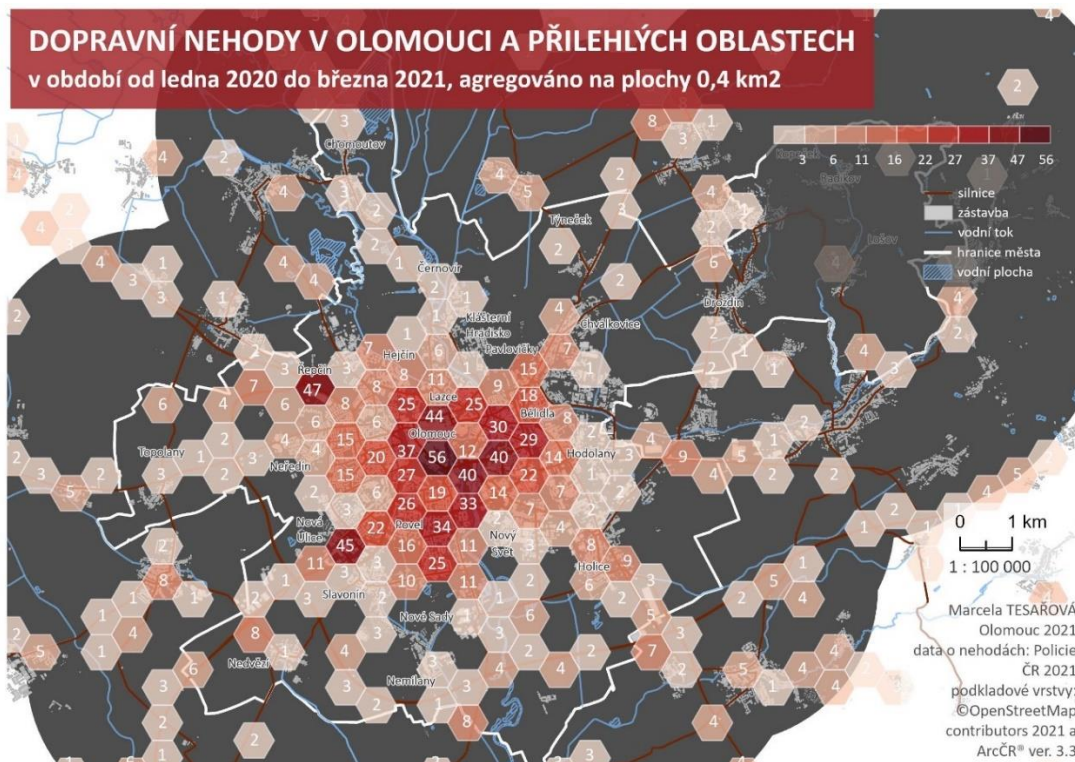
Mapa 2: Intenzita dopravy na vybraných dopravních komunikacích. Hodnota denních průjezdů vztahena k třídě silnice.

Z mapy č. 1 je zřejmé, že nejvíce zaznamenaných průjezdů má dálniční obchvat Olomouce D1. Dálnice jsou však na velké intenzity průjezdů konstruované a také většinou neprocházejí v bezprostřední blízkosti lidských obydlí, proto jejich vliv na okolí není místy takový jako na nižších třídách komunikací. Výborným příkladem komunikace vedoucí městem bezprostředně mezi městskou zástavbou a vykazující vysoké hodnoty intenzity dopravy je silnice I/35. Na mapě č.2 je vyjádřena jako úsek s velmi vysokou intenzitou dopravy (zejména ulice Velkomoravská a Tovární). Vysoká intenzita je patrná i na komunikaci I/46 (ul. Brněnská) a 17. listopadu.

5.5 Analýza distribuce dopravních nehod



Mapa 3: Dopravní nehody v Olomouci a přilehlých oblastech v období od ledna 2020 do března 2021.



Mapa 4: Dopravní nehody v Olomouci a přilehlých oblastech v období od ledna 2020 do března 2021, agregováno na plochy 0,4 km².

Na mapách 3 a 4 jsou znázorněny oblasti s největší nehodovostí. Mapa číslo 3 zobrazuje nehody přímo vztažené k dané komunikaci na které se staly. Počet nehod je zde vyjádřen metodou proporčních linií. Podle počtu nehod se odvíjí šířka linie pro danou komunikaci.

Jasně zřetelná je zvýšená nehodovost v centru města – na tř. Svobody, tř. Kosmonautů a tř. 17. listopadu, dále také na ulici Polské, Velkomoravské, Pražské a I.P. Pavlově. Podobně tyto lokality charakterizuje i mapa 4, kde jsou nehody agregovány do polygonů o velikosti 0,4 km²

Na poměrně vysokou nehodovost na komunikacích vedoucích do Olomouce z okolních sídel taktéž poukazuje mapa 3. To platí zejména pro úsek cesty 446 před Chomoutovem, D46 u Hněvotína a Nedvězí a D35 u Křelova a příjezdu ke kruhovému objezdu u OC Olomouc City a D35 mezi Přáslavicemi a Velkým Týncem. Na mapě 4 není tato situace tolik zřetelná, jelikož zmíněné úseky jsou poměrně dlouhé a nehody jsou spíše rozprostřené do délky.

6 VÝSLEDKY

6.1 Souhrnné hodnocení

Výsledky všech sledovaných období jsou přehledně shrnuty v tabulce 9. Jsou zde uvedeny jak denní, tak týdenní i delší časové úseky a hustota dopravy je zde vyjádřena hodinovými průměry jam faktoru. Časy jsou agregovány do několikahodinových bloků v průběhu dne, tak aby vyjadřovaly výrazná období z hlediska dopravní situace v průběhu dne. Zvolené časové úseky jsou:

0–4 (noční klid), kdy jsou hodnoty jam faktoru zpravidla nízké. Pouze v jednom případě přesahuje průměrná hodnota 0,4. Z údajů vyplývá, že mezi půlnocí a čtvrtou hodinou ranní není takřka žádný provoz.

5–6 v časovém úseku od páté hodiny ranní se hustota dopravy pravidelně zvyšuje s výjimkou víkendu, kdy lidé necestují za prací a s dětmi do škol.

7–9 (ranní špička) – Od sedmé do deváté hodiny ranní dosahuje hustota provozu takřka maximálních hodnot. V tomto časovém úseku může docházet k dopravním zácpám⁵ a prodlužování dojezdového času. Nejvyšší hodnoty dle tabulky byly zaznamenány v září (výrazná je ranní dopravní špička v první školní den).

10–14 – Pro časové rozmezí kolem oběda, mezi desátou a druhou hodinou odpolední byl první předpoklad, že se provoz po odeznění ranní špičky uklidní, ale podle zjištěných hodnot je tomu opačně. U všech uvedených období je průměr jam faktoru nepatrně nižší, vyšší nebo stejný jako v ranní špičce. Provoz tedy zůstává i přes poledne velmi hustý.

15–16 (odpolední špička) počínaje třetí hodinou odpolední začíná odpolední dopravní špička. V datech je vidět nárůst oproti předchozímu úseku, ten je výrazný zejména v průběhu září, kde jsou z tabulky zřejmá průměrná maxima. Silný provoz je zapříčiněn cestami z práce v rámci Olomouce i mimo území do přilehlých sídel. V průběhu září se v datech také zřejmě projevila prezenční školní výuka a začátek semestru na UPOL, kdy ještě studenti mohli nějakou dobu docházet prezenčně na výuku.

17–23 v odpoledních a večerních hodinách provoz opět klesá. Hodnoty jsou podobné úseku mezi 5-6 hodinou ranní.

⁵ Dopravní zácpu můžeme charakterizovat jako momentální nerovnováhu mezi poptávkou a kapacitou infrastruktury (Ortúzar, a Willumsen, 2011) a (Moya-Gómez a García-Palomares, 2017).

Tabulka 8: Souhrn průměrných hodnot jam faktoru za vybraná období v průběhu roku

	0-4	5-6	7-9	10-14	15-16	17-23
lockdown 1.-7. březen	0,19	0,53	1,14	1,19	1,19	0,74
rozvolnění prosinec 2020 (týdenní)	0,25	0,68	1,43	1,51	1,67	0,83
14. 03. 2021 - neděle v lockdownu	0,17	0,2	0,4	0,59	0,7	0,51
28. 02. 2021 - neděle před lockdownem	0,15	0,19	0,4	0,63	0,79	0,55
30. 06. 2020 - konec školního roku	0,35	0,93	1,74	1,73	1,8	0,96
poslední týden letních prázdnin (týdenní)	0,41	1,12	1,52	1,51	1,39	0,75
01. 09. 2020 - 1. den školy	0,3	0,89	1,81	1,73	1,81	0,89
celkem VŠ semestr začátek (týdenní)	0,26	0,73	1,43	1,45	1,6	0,82
02. 11. 2020 - dušičky	0,27	0,82	1,5	1,52	1,59	0,89
24. 12. 2020 - Štědrý den	0,22	0,7	1,45	1,34	1,4	0,84
02. 04. 2021 - Velký pátek	0,21	0,6	1,36	1,31	1,35	0,81
05. 04. 2021 - Velikonoční pondělí	0,33	1,42	1,27	1,28	1,17	0,51
pondělky březen 2021	0,21	0,64	1,4	1,42	1,42	0,83
01. 03. 2021	0,21	0,67	1,41	1,41	1,41	0,84
08. 03. 2021	0,2	0,64	1,4	1,46	1,43	0,82
15. 03. 2021	0,2	0,59	1,39	1,42	1,43	0,81
22. 03. 2021	0,24	0,66	1,39	1,39	1,4	0,85
pondělky srpen/září 2020	0,3	0,9	1,73	1,71	1,86	0,95
24. 08. 2020	0,28	0,85	1,66	1,68	1,79	0,97
31. 08. 2020	0,3	0,88	1,68	1,78	1,92	0,94
14. 09. 2020	0,32	0,93	1,77	1,7	1,87	0,95
21. 09. 2020	0,31	0,94	1,82	1,67	1,87	0,94
čtvrtky březen 2021	0,22	0,66	1,37	1,43	1,44	0,84
04. 03. 2021	0,22	0,67	1,39	1,42	1,41	0,84
11. 03. 2021	0,22	0,68	1,36	1,41	1,45	0,84
18. 03. 2021	0,22	0,68	1,36	1,41	1,45	0,84
25. 03. 2021	0,23	0,62	1,36	1,47	1,46	0,83
čtvrtky srpen/září 2020	0,3	0,88	1,75	1,68	1,91	0,93
27. 08. 2020	0,38	0,93	1,71	1,74	1,87	1
02. 09. 2020	0,28	0,84	1,77	1,65	1,92	0,87
17. 09. 2020	0,29	0,89	1,8	1,67	1,92	0,93
24. 09. 2020	0,26	0,86	1,74	1,64	1,92	0,91
leden 2021	0,23	0,79	1,51	1,45	1,53	0,86

6.2 Stav dopravy ve zvolených obdobích a definování problémových úseků

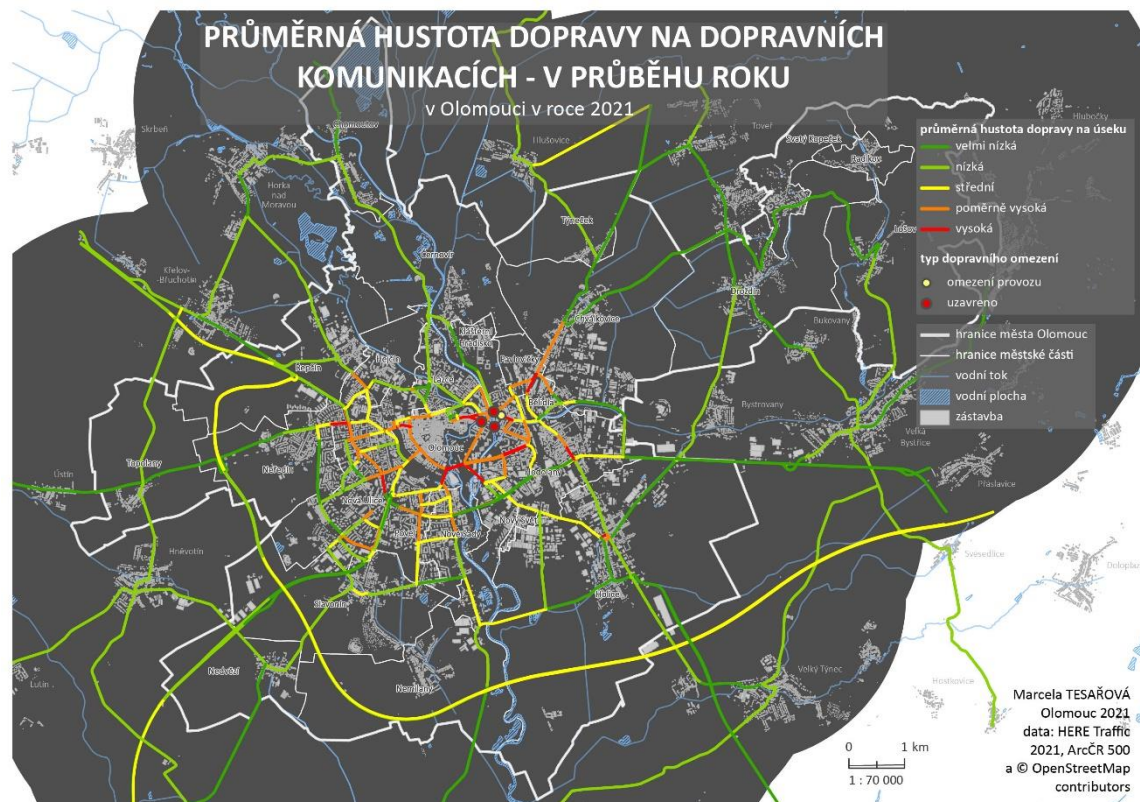
Mapy 5 až 9 zobrazují hustotu dopravy vyjádřenou průměrem jam faktoru za průměrný den v průběhu roku (zde byla jako reprezentativní vzorek vybrána data za pracovní dny v průběhu ledna a února 2021), průměrný víkend (za víkendy v průběhu ledna a února 2021), průměrný den o prázdninách (data za pracovní dny v červenci 2020). Pro průměrný pracovní den (leden/únor) byla dále vizualizována ranní a odpolední dopravní špička. Mapy 5 až 9 jsou zmenšené oproti originálnímu měřítku. Ve skutečné velikosti jsou mapy přiložené v přílohách včetně detailu centra města.

V době zpracovávání dat a analýz pro bakalářskou práci probíhaly v Olomouci na několika místech stavební práce a rekonstrukce, které ovlivňují tok dopravy v dané lokalitě. Podle webových stránek Magistrátu města Olomouce byly dohledány uzavírky probíhající v době, kdy byla sledována dopravní situace a dále analyzována v bakalářské práci. V Olomouci už od jara 2018 probírá v Olomouci II. etapa protipovodňových opatření na řece Moravě spojená s rekonstrukcí mostů na ulici Komenského a Masarykově třídě. Tyto konstrukční práce vyžadují odklon dopravy z uzavřených komunikací po jiných objízdných trasách. Most přes řeku Moravu na ulici Komenského je v současnosti dokončen včetně křižovatek na obou stranách řeky. Koryto se v dané lokalitě však stále rozšiřuje a v důsledku toho jsou stále uzavřené některé ulice v blízkosti stavby. Zavřený a v procesu výstavby je v současnosti stále most přes Moravu na Masarykově třídě, kterou vozidla musejí objíždět po třídě Kosmonautů, nebo objízdnou trasou přes ulice, Jeremenkova, Pasteurova a Komenského. To ve výsledku znamená zvýšení provozu na objízdných trasách. Od 7. července na více než měsíc byla zavřená také ulice U Podjezdu z důvodu elektrifikace železniční trati v daném úseku.

Přehled dlouhodobých uzavírek:

S platností od 01. 03. 2020 00:00 do 30. 08. 2022 23:59: platí na ulicích: Masarykova třída, Blahoslavova, Nábřeží, Komenského a Pasteurova, Husova, Sokolovská (mimo BUS, IZS, SSOK a vozidel stavby) a místních komunikací ul. Na Letné, Nábřeží, Gorazdovo nám., Praskova a Blahoslavova, ul 1. Máje. (MmOl, 2021)

6.2.1 Hustota dopravy za průměrný den v průběhu roku

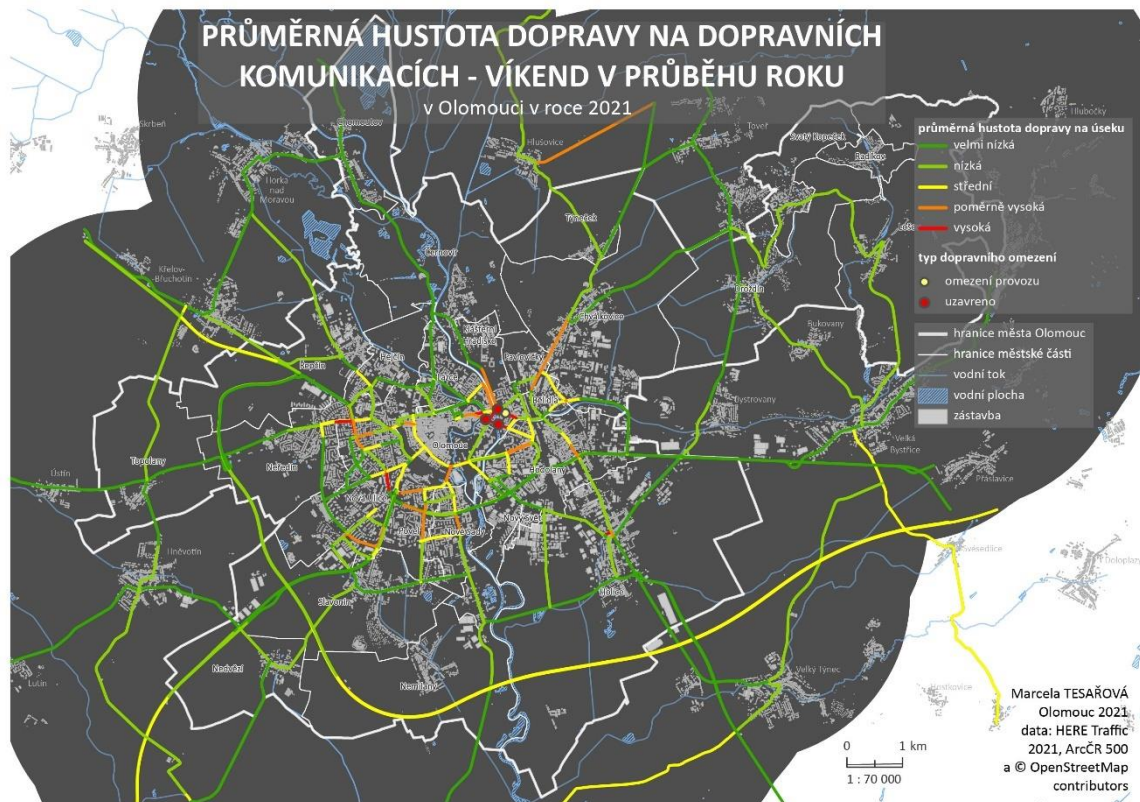


Mapa 5: Průměrná hustota dopravy na dopravních komunikacích za průměrný pracovní den v průběhu roku. Data vybrána za leden/únor 2021.

Z mapy je patrné, že v průběhu pracovního dne jsou některé úseky v rámci města zatíženy automobilovou dopravou. Tato místa jsou označena červenou barvou a v legendě jsou popsány jako úseky s vysokou hustotou dopravy. Doprava v centru města je obecně poměrně frekventovaná, zřejmě je to na třídě Kosmonautů v blízkosti vlakového nádraží a jejím pokračování dále směrem k 17. listopadu (včetně) a ul. Polská v blízkosti OC Šantovka. Situace je obdobná dále směrem k náměstí Hrdinů na třídě Svobody. Červenou barvou jsou označeny i ulice 8. května a 1. máje, což je ale zapříčiněno celkovým nebo částečným uzavřením kvůli stavebním pracím. Spojitost husté dopravy a uzavírek je viditelná i v okolí Masarykovy třídy a dalších ulic viz. začátek kapitoly. Problémovou lokalitou jsou i městské části Pavlovičky/Bělidla/Chválkovice, kde pravidelně dochází k dopravním zácpám z důvodu chybějící části obchvatu města Olomouce. Silnice I/35 je hlavní trasou na sever Olomouce využívaná nejen obyvateli okolních sídel ale také pro tranzitní dopravu směrem na Šternberk a dále na sever Moravy. Ulice Pavlovická, zejména v oblasti křížení s ul. U Podjezdu a dále pokračování na ulici Chválkovickou jsou v mapě v kategorii s vysokou hustotou dopravy. Další lokalitou výrazně zatíženou vysokým provozem je křižovatka ulic Erenburgova, Tomkova, Na Trati a Na Šibeníku v městských částech Hejčín/Řepčín. Provoz na páteřní komunikaci města I35 se mění v závislosti na lokalitě. Na ulicích Pražská, Foerstrova a Velkomoravská je doprava v průměru celkem poměrně vysoká až vysoká. Naopak od křížení s ul. Rooseveltovou směrem do Hodolan je podle dat hustota dopravy obvykle velmi nízká. Provoz na dálnici je spíše plynulý, na základě dat z ledna je patrná pouze středně vysoká hustota

dopravy na jih od Olomouce mezi sjezdy na Přáslavice a Nedvězí. Dále pak u kruhového objezdu u OC Olomouc City a napojení směrem na Mohelnici.

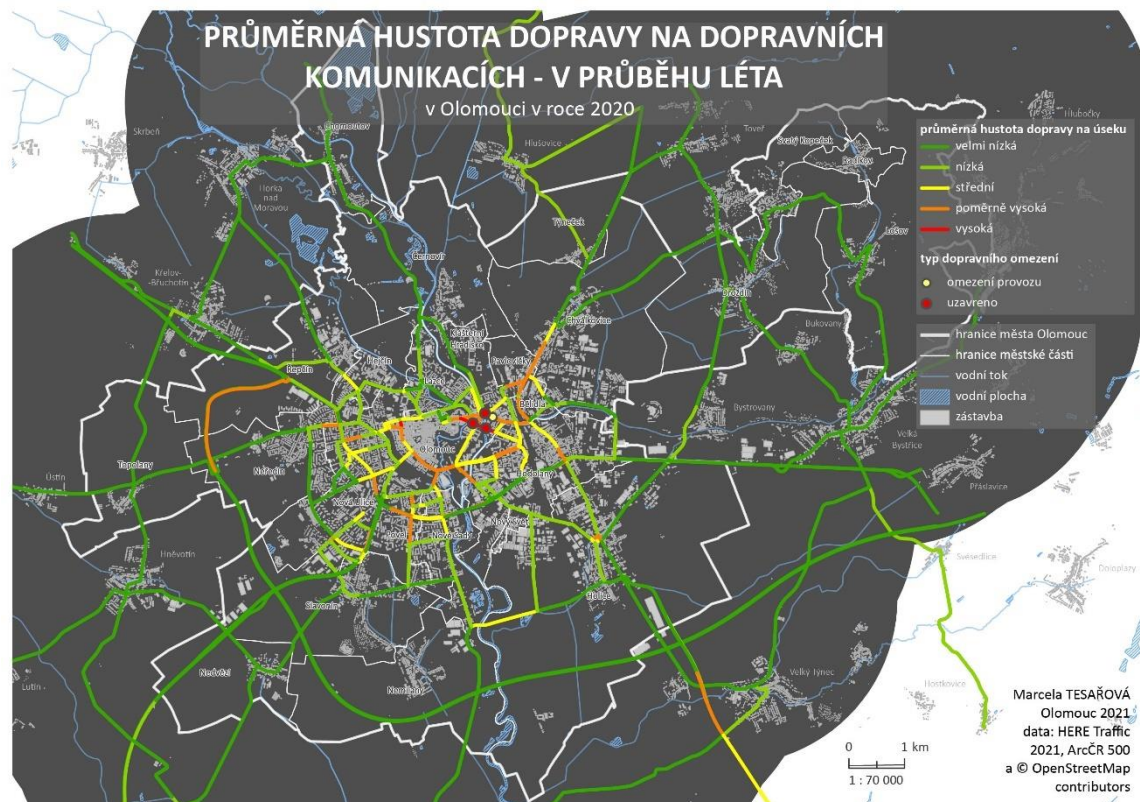
6.2.2 Stav dopravy o víkendu (průměrný víkend leden/únor)



Mapa 6: Průměrná hustota dopravy na dopravních komunikacích za průměrný víkend v průběhu roku. Data vybrána za víkendy v lednu/únoru 2021.

Oproti předchozí mapě je na mapě 6 vidět o něco méně úseků s vysokou a poměrně vysokou intenzitou dopravy (oranžová a červená). Lokality v centru města uvedené v předchozím odstavci vykazují menší průměrnou hustotu dopravy o víkendu než v průběhu týdne. Zejména je velmi klidná ulice 17. listopadu. Na druhou stranu se nedá říct, že by byl provoz zcela klidný všude. V některých částech města je doprava frekventovaná i o víkendu, jednou z takových lokalit je ulice Chválkovická, která je na mapě znázorněna oranžovou barvou. Překvapivý je provoz na silnici mezi Hlušovickými a Dolany, nepodařilo se dohledat žádnou oficiální uzavírku, ale na druhou stranu Hlušovice jsou relativně rychle se rozrůstající „satelit“ Olomouce, a vzrůstající počet aut v kombinaci s případnou dopravní nehodou může způsobit znatelný rozdíl v průměrné hodnotě. Na silničním tahu I35 se intenzity střídají bez zřetelné vzájemné souvislosti od nejnižší po nejvyšší stupeň. Provoz na dálnici je nepatrně menší v průběhu týdne.

6.2.3 Stav dopravy v pracovní den v létě (průměrný pracovní den v červnu)

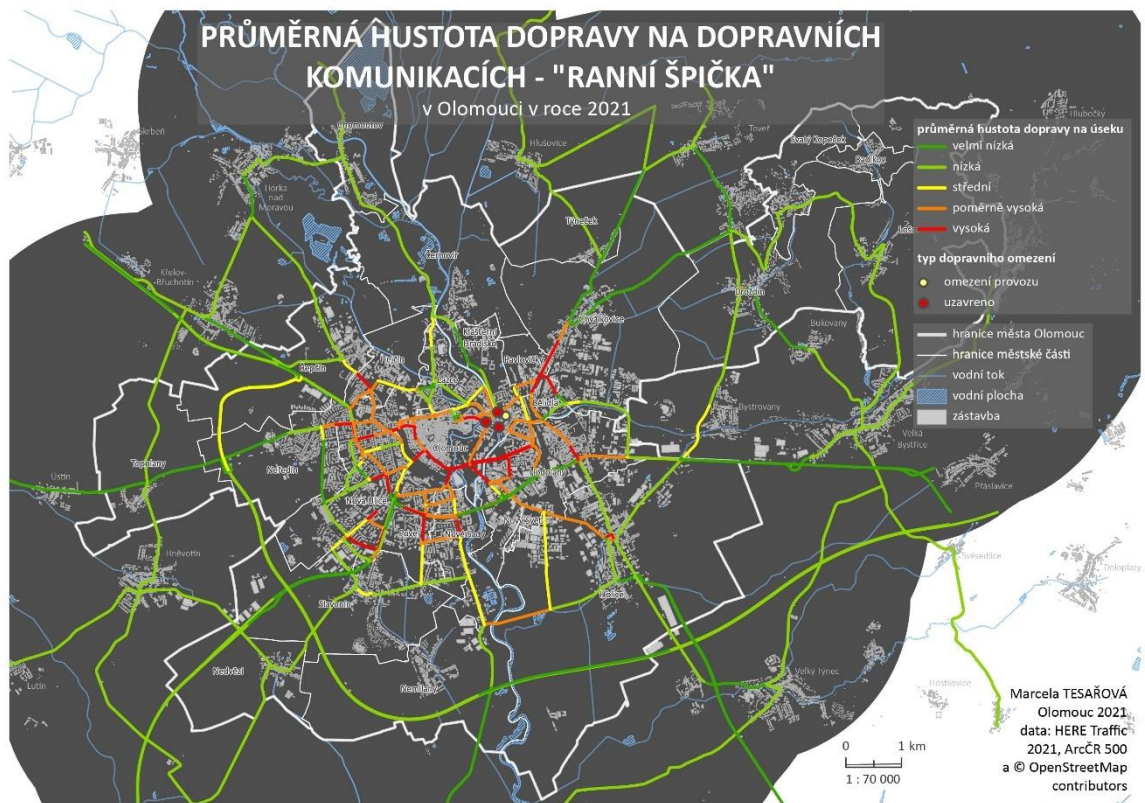


Mapa 7: Průměrná hustota dopravy na dopravních komunikacích za průměrný pracovní den v průběhu prázdnin. Data vybrána za červenec 2020.

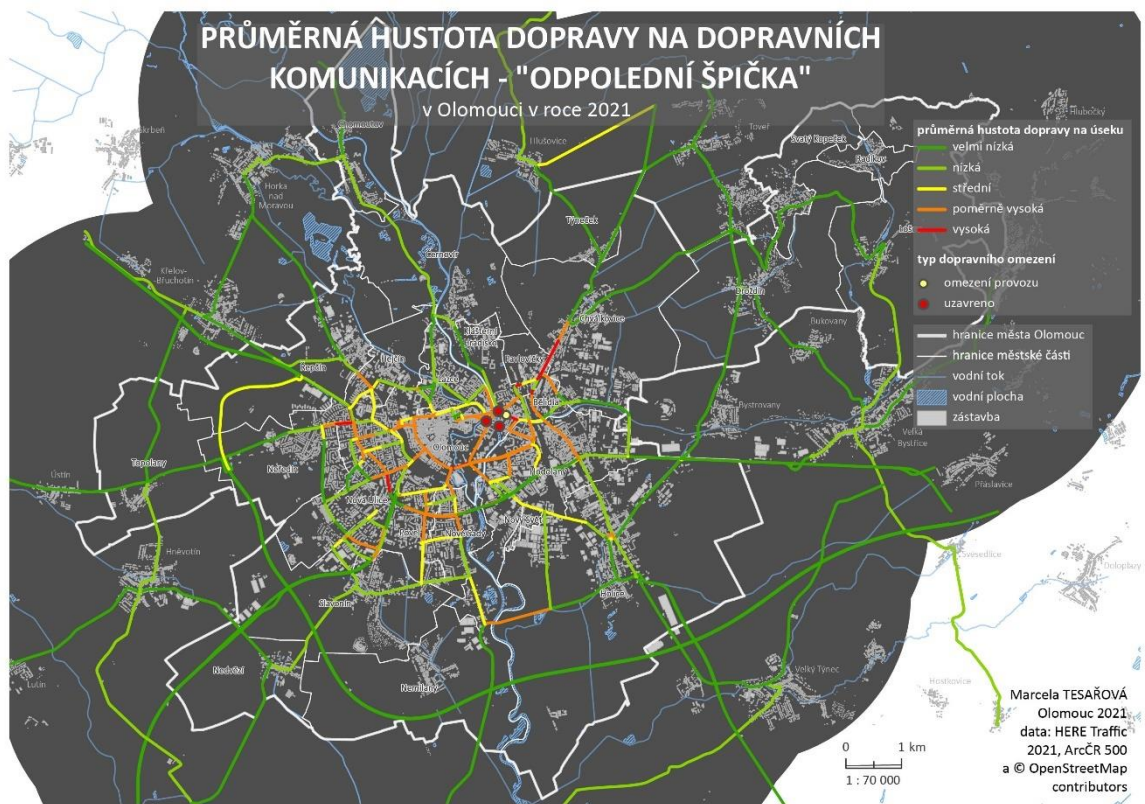
Stav dopravní sítě v průběhu léta nevykazuje žádné neobvyklé situace. Doprava působí ve srovnání s průměrem za leden/únor spíše klidným dojmem. Vyšší intenzity dopravy jsou viditelné opět na ulicích Chválkovická, tř. Svobody, tř. Kosmonautů a ulice Foerstrova. Dále úsek silnice I55 u Velkého Týnce a Vsiska, nebo sjezd z dálnice D35 u Globusu. Zajímavá je situace na ulici U Podjezdu, která byla v průběhu července uzavřená pro osobní dopravu (práce na železnici), průjezd byl však povolen pro MHD a IZS a vozidla stavby, takže úsek v mapě není značený červenou barvou.

6.2.4 Stav dopravy v ranní dopravní špičce (průměrný den v lednu)

Nejvýraznějším obdobím dne z pohledu dopravy jsou dopravní špičky. Jak již bylo uvedeno, tyto situace souvisí s cestami do práce, do škol apod a jsou spojeny s výraznými kongescemi na území celého města. Mapa 8 zobrazuje situaci v průběhu ranní dopravní špičky. Je zřejmé, že se zde vyskytuje nejvíc červených úseků ze všech sledovaných období. Situace je velice podobná v rámci celého centra, nejvyšší hustota dopravy je viditelná na ulicích tř. Svobody, Polská, 17. listopadu, Havlíčkova, tř. Kosmonautů, Wittgensteinova, Na trati, Hraniční a dále na ulicích Chválkovická a Roháče z Dubé. Velmi překvapivá je mapa 9 zobrazující odpolední dopravní špičku. V porovnání s ranní špičkou jsou úseky viditelně průjezdnější (intenzita je pouze na oranžové barvě, tedy poměrně vysoká). Na základě srovnání grafů, kde vycházela odpolední špička s vyššími průměrnými hodnotami nedává tento závěr smysl. Nižší hodnoty na mapě zřejmě mohou být způsobeny delším sledovaným časovým oknem, který je mezi 15. a 16. hodinou (včetně 16:45).

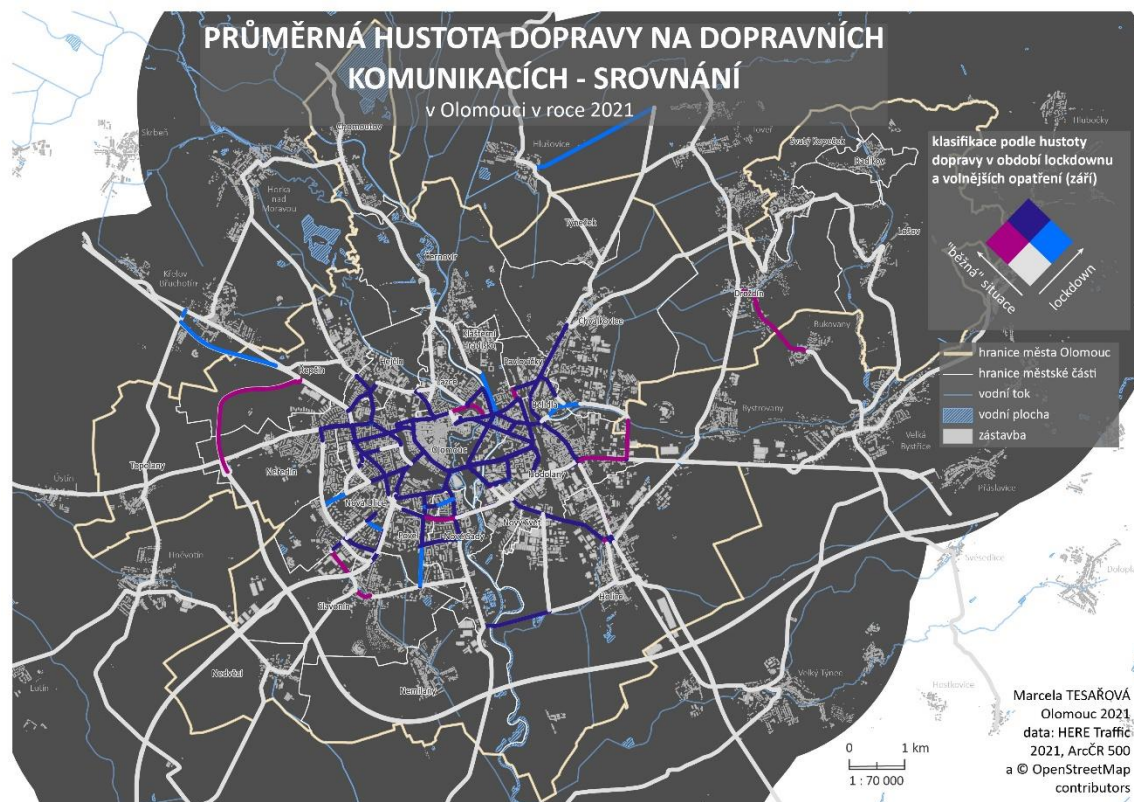


Mapa 8: Průměrná hustota dopravy na dopravních komunikacích za pracovní den v průběhu roku. V časovém úseku 7–9 (ranní dopravní špička).



Mapa 9: Průměrná hustota dopravy na dopravních komunikacích za pracovní den v průběhu roku. V časovém úseku 15–16 (odpolední dopravní špička).

Jelikož bylo uplynulý rok v dlouhodobém měřítku velmi neobvyklý, lidé se nechovali podle obvyklých vzorců. Mnoho lidí pracovalo z domu a děti chodily do školy jen ve velmi omezeném počtu, mohlo dojít i ke změně dopravních vzorců. Mapa č. 10 ukazuje rozdíly mezi úseky silnic, které byly podle dat nejvytíženější v průběhu lockdownu (březen 2021), ty úseky, kde byla naopak největší hustota naměřena v průběhu září ještě v období před zprůšňováním protiepidemických opatření.



Mapa 10: Srovnání hustoty dopravy mezi obdobím lockdownu a prvním týdnem semestru na úsecích silniční sítě města Olomouce a přilehlého okolí

Barvy použité v mapě 10 znázorňují úseky, pro které byla vypočítána velká hustota dopravy v průběhu lockdownu (modrá), nebo naopak ty, kde byl velký provoz v průběhu rozvolnění (růžová). Fialovou barvou jsou znázorněny úseky, kde byla hustota dopravy velká v průběhu obou období a bílá značí úseky, kde nebyla hustota dopravy výrazná v žádném ze zkoumaných období.

Do kategorie vysoké hustoty dopravy za obě období spadá v podstatě celé centrum, což odpovídá výsledkům předešlých období, kde tyto lokality většinou měly vyšší hodnoty. Naopak nízkou hustotu dopravy vykazují téměř všechny komunikace vedoucí do Olomouce z okolních sídel a dálniční obchvat. Rozmístění úseků, které byly intenzivněji vytěžovány v různých obdobích nevykazují žádnou výraznou spojitost, nejspíš se bude jednat o krátkodobá dopravní omezení nebo dopravní nehody převažující v některém období.

6.3 Srovnání s výstupy PUMMO

6.3.1 Srovnání intenzit dopravy

V rámci PUMMO byly sledovány hustoty dopravy v tzv. analýze kongescí. Výsledkem byla identifikace dopravních špiček, a to na příkladu typické středy:

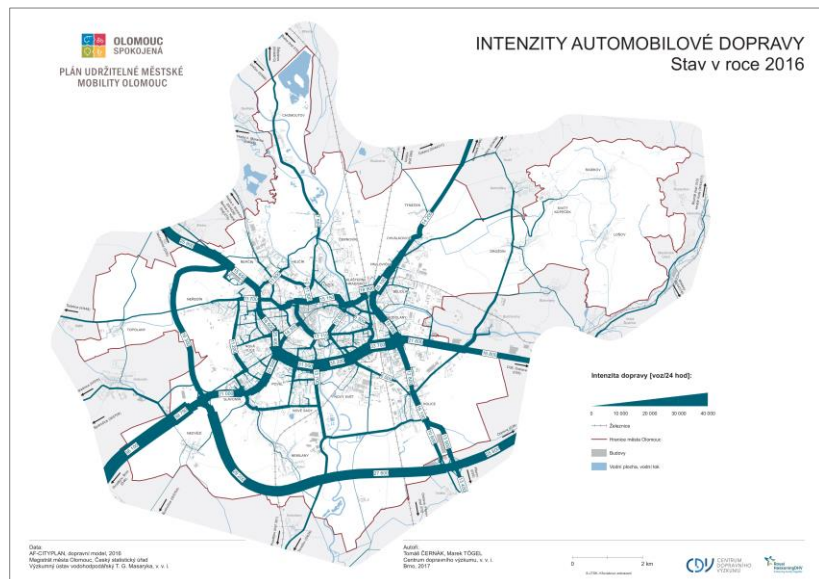
- ranní 7:00-8:00
- odpolední 15:30-16:30

(PUMMO, 2017, str. 228)

Na základě vlastních dat byly v práci dopravní špičky identifikovány v rozmezí 7–9 (tzn.10, jelikož se zahrnuje až 9:45) pro ranní špičku a 15–16 (tzn 17, jelikož do hodiny 16 se zahrnuje až 16:45).

Posuzovány byly z hlediska hustoty dopravy také jednotlivé silniční úseky na území Olomouce (obr.9.). Podle dat vypracovaných v tzv. dopravním modelu došli autoři ke stanovisku, že se doprava soustřeďuje zejména na hlavních dopravních tazích (tangenty a radiály). Nejvyšší intenzity dopravy jsou podle PUMMO (2017, str 175) naměřeny na křížení dálnic D35 a D46 a obecně na dálnicích. Výrazná však byla i doprava přímo v centru města a to ulice 17. listopadu, Hynaisova, Studentská, Dobrovského a tř. Svobody dále také silnice I/35 (Velkomoravská a Tovární). Jako zajímavý fakt PUMMO uvádí, že byla zjištěna podobná intenzita dopravy v rámci města (křížení ul. Pavlovické a U Podjezdu) jako na dálnici. A jen o něco lépe v tomto poměru vyšly ulice Chválkovická a Šternberská.

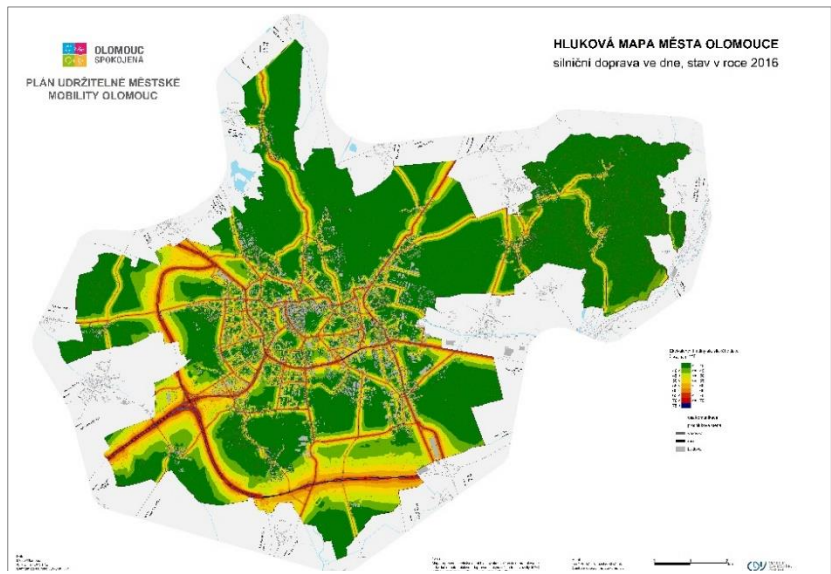
K podobným výsledkům jsem dospěla i v rámci výše prezentovaných analýz. A podobně tomu tak je, co se týče silnic na pomezí Hejčína a Řepčína, kde se kříží ulice Ladova, Tomkova, Erenburgova, Na Střelnici a Dolní Hejčínská. Dále se v dopravním modelu autoři zmiňují o silné dopravě na ulici Okružní, v blízkosti hlavního vlakového nádraží nebo na ul. Rooseveltově, která je spojkou ulice Velkomoravské a dálnice D35.



Obrázek 15: Výstup analýzy PUMMO. Intenzity automobilové dopravy. Zdroj: PUMMO, 2017, str.177

6.3.2 Srovnání intenzit dopravy s hlukovou mapou

Na obrázku 11 je zobrazena prostorová distribuce míst nejvíce zatížená hlukem pocházejícím ze silniční dopravy. Data o hluku sice nebyla v rámci této práce samostatně analyzována, myslím však, že by zde v rámci posuzování vlivů dopravy neměla chybět. Výstup pochází z PUMMO (2017, str. 2019). Na základě znalostí distribuce intenzity dopravy v předchozích kapitolách je zřejmé,

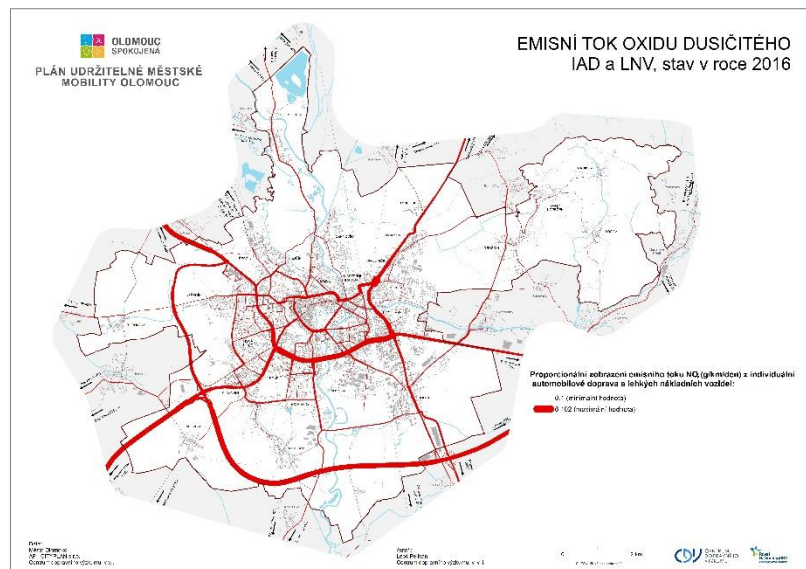


Obrázek 16: Výstup analýzy hluku PUMMO: Hluková mapa města Olomouce.
Zdroj: PUMMO, 2017, str. 2019

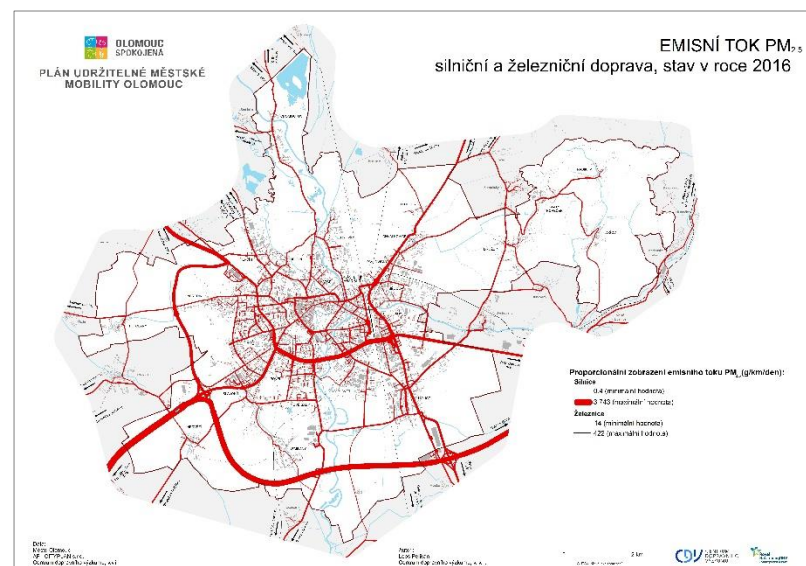
že se nejhluchnější lokality shodují s komunikacemi s nejvyššími hodnotami denních průjezdů. Zde vychází, že největší zvukový dosah má dálnice (především křížení D35 a D46), kde se předpokládá, že s vyšší rychlostí se zvýší i objem hluku. Tato skutečnost je viditelná i na silnici I46 před Týnečkem. Zanedbatelná však není ani intenzita hluku na ulici Velkomoravská a Brněnská, kde je pozorován relativně velký provoz a zároveň vyšší povolená rychlost než na jiných komunikacích v centru. Hluk produkovaný automobily do značné míry souvisí i se stylem jízdy jednotlivých řidičů a typu motoru.

6.3.3 Srovnání intenzit dopravy s distribucí znečištění ovzduší

Stejně jako u hlukové mapy v předchozí kapitole, jsou analýzy znečištění z dopravy převzaty z PUMMO (2017, str. 185–194). Na základě obr. 11 a 12, které ilustrují stav emisí oxidu dusičitého a pevných částic $PM_{2,5}$ v rámci automobilové dopravy lze konstatovat, že existuje souvislost mezi hustotou dopravy a objemem emisí naměřených v blízkosti komunikací. Podle PUMMO (2017, str. 189) byla prokázána škodlivost zvýšených koncentrací emisí NO_2 na zdraví zejména pro lidi žijící v blízkosti frekventovaných silnic. Kromě dálnic, které většinou prochází v trochu větší vzdálenosti od lidských obydlí, je situace opět špatná na silnici I35 (ulice Velkomoravská, Tovární, Foerstrova, Pražská) a v lokalitě ulic Pavlovická, Chválkovická, Šternberská. Ale ani na menších komunikacích nejsou koncentrace škodlivých látek zanedbatelné vzhledem k tomu, že prochází přímo hustě obydlenou zástavbou.



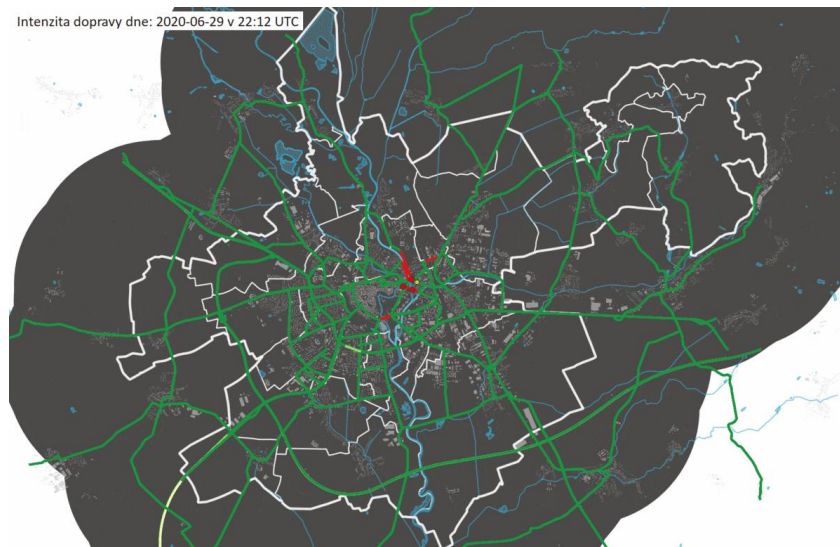
Obrázek 18: Výstup analýzy PUMMO. Emisní tok oxidu dusičitého. Zdroj: PUMMO, 2017, str. 194



Obrázek 17: Výstup analýzy PUMMO. Emisní tok oxidu dusičitého. Zdroj: PUMMO, 2017, str. 193

6.4 Animace

V práci bylo prezentováno množství statistických a mapových výstupů zobrazujících použitá data. Vizualizovat časoprostorová data, zejména pokud jsou objemnější je poměrně náročné a vyžaduje jistou míru generalizace. Pro data zahrnující delší časové období, jako v této práci, je jednou z možných variant vizualizace animace. Animované sekvence jednotlivých dní zobrazují stav dopravy v průběhu vybraného časového období po hodinách. Je na nich hezky vidět denní vývoj hustoty dopravy a rozdíly mezi jednotlivými dny. Animace ve formátu .gif jsou dostupné na webové stránce vytvořené pro tuto práci.



Obrázek 19: Ukázka animace 2.

7 DISKUZE

Pro svoji práci jsem využívala data vyjadřující informaci o intenzitě dopravy, konkrétně pocházející z Here traffic API, což je rozhraní umožňující stahování dat pro zvolený rozsah a v libovolných časových intervalech. Tudíž existuje možnost zkoumat data téměř v reálném čase. Jelikož jsou data sbírána s využitím metody FCD, informace o hustotě dopravy přichází přímo od řidičů z konkrétních lokalit. Tím poskytují jedinečný zdroj informací nejen o hustotě dopravy, ale také o jejím pravidelném vývoji a cyklech.

Srovnáme-li analyzovaná data od Here například s daty z Celostátního sčítání dopravy, můžeme získat na první pohled podobnou informaci, avšak první zmíněný zdroj je daleko dynamičtější a umožňuje uživateli získat daleko víc informací než pouhé množství vozidel projíždějící konkrétními lokalitami. Velice zajímavé je srovnání průběhu intenzit dopravy mezi různými denními dobami, případně v dlouhodobém horizontu. Po bližším prozkoumání dat jsem došla k závěru, že se skutečně nemění jen mezi obvyklými úseky dne, ale ve speciálních situacích se celkově lišila celková hladina intenzity dopravy

Jistou nevýhodou je přístupnost dat pouze pro větší komunikace, alespoň v rámci menších měst jako je Olomouc. Zajímavé analýzy by jistě byly proveditelné i v rámci menších komunikací. Naopak právě komunikace nižších tříd jsou občas zatíženy hustou dopravou více než ty větší.

Z pohledu zpracování dat jsem přistupovala v rámci jednotlivých časových úseků, kterými byly:

- denní průběhy intenzity dopravy za vybrané dny v průběhu 2 měsíců
- týdenní průběhy intenzity dopravy za vybrané týdny v průběhu roku
- denní průběhy intenzit dopravy ve zvláštních dnech (svátky, dny spojené s výraznými změnami v souvislosti s COVID-19)

Tento přístup jsem důkladně zvažovala a došla jsem k závěru, že relativně dostatečně postihuje různá období v průběhu celého roku. Avšak našla by se i mnohá omezení. Zaprvé jsem došla k závěru, že zkoumat jednotlivé vrstvy samostatně je relativně zdlouhavé. Proto je možné takových analýz vytvořit menší množství, než kdyby byla použita analýza pracující dejme tomu s větší částí databáze souhrnně. Zadruhé, také výběr konkrétně zvolených období může jistým způsobem ovlivnit výsledný vzhled analýzy. Například vybíráme-li si zejména období, která mají předpoklad, že budou rušná a doprava bude dosahovat vysokých intenzit, jistě se to projeví v konečném výsledku. Jestliže bychom záměrně vybrali dny pracovního klidu, výsledek se bude zase lišit. Nejlepší by bylo zahrnout do analýzy co nejdelší kontinuální nepřerušované období. To se však bohužel v průběhu práce ukázalo být relativně složité. V důsledku občasných výpadků v databázi nebylo možné zobrazit všechna požadovaná období a zároveň z pohledu fungování softwaru docházelo ke komplikacím při stahování dat za delší období. V rámci rozsáhlejší práce by jistě stálo za to zamyslet se nad efektivnějšími způsoby stahování a zpracování dat, například postup pro práci nad celou databází.

V rámci této práce byly vytvořeny grafy zobrazující hodinové průměry intenzity dopravy pro dny a týdny. V závěru práce byly vizualizovány průměrné dny v rámci roku a léta. Průměrná intenzita dopravy o víkendu. A na závěr také ranní a odpolední dopravní špičky.

Výsledky analýz z velké části korespondují s výsledky PUMMO, zejména v lokalizaci problémových úseků komunikací a určení dopravních špiček, které byly ve vlastním zpracování velmi dobře viditelné v grafech intenzit. Poznatky získané analýzou intenzit dopravy by mohly najít mnohé využití v plánování a řízení dopravní infrastruktury. Podobně jako data z Celostátního sčítání dopravy by se výsledky daly použít pro hodnocení intenzit dopravy v různých částech města. Užitečné mohou být také jako průzkum poměru mezi dopravní intenzitou (poptávkou) a kapacitou komunikační sítě (nabídkou). Dále mohou posloužit zastupitelům města pro získání lepší představy o aktuální dopravní situaci ve městě. Poslední velký přínos, stojící za zmínku, je využití dat k pochopení vzorců chování řidičů, zejména v aktuální situaci spojené s COVID-19. Doprava ve městě se totiž odvíjí od chování lidí. Následkem pandemie a vládních opatření s ní spojených nejspíš došlo ke změnám v obvyklých vzorcích chování lidí. Taková změna může být znatelná i na intenzitě a dynamice dopravy, což se částečně prokázalo u srovnání mezi intenzitami v období lockdownu a volnějším dnů, jakými bylo rozvolnění na začátku prosince 2020. V této práci na to není prostor, ale věřím, že by bylo velmi zajímavé srovnání mezi současnými daty a daty za normální situace. Existují modely, které demonstrují rozdílnou intenzitu dopravy v ranní a odpolední dopravní špičce. Například kolektiv autorů (Wang et al, 2018), kteří ve své studii používali data od TomTom, došli na základě získaných dat k výsledkům dokazujícím, že ráno lidé cestují převážně s jedním cílem dostat se do práce, do školy, či případně na nejnnutnější schůzky. V odpoledních hodinách je časové rozmezí dopravní špičky širší, i distribuce dopravy po městě se liší, jelikož motivace řidičů může být odpoledne jiná. Zkrátka velká část lidí nejede z práce přímo domů ale např do obchodu, na návštěvu, do kina atp. Dá se předpokládat, že jak v současné době, tak v průběhu nejpřísnějších opatření nebyla motivace jet z práce jinam než domů, nebo na nákup stejná.

8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyhodnotit automobilovou dopravu Olomouce a okolí pomocí časoprostorové analýzy dat API Traffic od společnosti Here a dalších doplňujících datových zdrojů. Práce se skládá ze dvou hlavních částí – v teoretické části jsou shrnuty akademické práce a studie zabývající se dopravou a tématy s ní spojenými. Dále jsou popsány principy a metody sběru dopravních dat, jejich dělení a některé praktické příklady. Nakonec je stručně charakterizována komunikační síť Olomouce, MHD a dopravní chování obyvatel. V praktické části práce jsou analyzována data z Here Traffic v různých časových horizontech, jejichž logika výběru je v práci také blíže popsána. Těmito časovými horizonty jsou dny v průběhu dvou zvolených měsíců, dále čtyři týdny v průběhu roku a na závěr specifické dny jako jsou státní svátky, neděle, nebo dny s průběhem ovlivněným opatřeními spojenými s COVID-19 a nouzovým stavem v Česku. Výstupy analýz jednotlivých úseků jsou vždy v závěru kapitoly shrnuty a porovnány. Výsledky práce obsahují souhrnné hodnocení dopravní situace v Olomouci napříč sledovanými časovými úseky. Všechny hodnoty byly seskupeny do podoby souhrnné tabulky, interpretovány a diskutovány možné příčiny vysvětlující naměřené hodnoty intenzity dopravy. Dále byly vytvořeny mapy znázorňující období charakteristická pro určitý stav intenzity dopravy, která byla zvolena na základě empirických poznatků o dopravě a stanovisek Plánu udržitelné městské mobility. Vybranými obdobími jsou průměrný den v průběhu roku, průměrný den v průběhu letních prázdnin, průměrný den o víkendu a dále ranní a odpolední dopravní špička. Pro tato období byla vizualizována průměrná hustota dopravy na jednotlivých úsecích cest na území Olomouce a blízkého okolí. Vizualně znázorněny formou mapy jsou také rozdíly průměrné hustoty dopravy mezi obdobími s mírnějšími opatřeními v souvislosti s COVID-19 a v průběhu nejpřísnějšího lockdownu. Součástí práce je dále srovnání výsledků práce s výstupy analýz pořízených v rámci PUMMO. Konkrétně je srovnávána průměrná intenzita dopravy, rozložení hlukové zátěže a rozložení emisí látek do ovzduší. Výsledkem tohoto srovnání je relativní shoda exponovaných úseků na základě zpracovávaných dat a výstupů intenzit PUMMO. Na základě vizuálního srovnání výsledků hustoty dopravy (jam faktoru) a výstupů týkajících se hluku a znečištění bychom také našli patrnou souvislost těchto dvou faktorů.

V rámci práce bylo vytvořeno: 10 map, 22 animací, 29 grafů a 5 tabulek.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] American Digital Cartography inc. (2021). HERE Traffic. In *American Digital Cartography, Inc.* <https://www.adci.com/here/here-traffic/>. Retrieved: 07.03.2021.
- [2] BEELEN, R., HOEK, G., HOUTHUIJS, D., VAN DEN BRANDT, P. A., GOLDBOHN, R. A., FISCHER, P., ... & BRUNEKREEF, B. (2009). The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occupational and environmental medicine*, 66(4), 243-250.
- [3] BÍL, M., ANDRÁŠIK, R., & SEDONÍK, J. (2019). A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots. *Applied geography*, 107, 82-90.
- [4] CDV, BAJGART, M., et al. (2018). *Sborník konference: Dopravní chování v datech*. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. 31.října 2018, Brno. ISBN 978-80-88074-61-8.
- [5] CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, (2019), Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2019. Převzato: 25.01.2021, z webu MŽP: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/\\$FILE/OOO-Studie_vyvoj_dopravy_2020_final-20201006.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/$FILE/OOO-Studie_vyvoj_dopravy_2020_final-20201006.pdf)
- [6] CURIE, J., & Curie, P. (1880). Développement par compression de l'électricité polaire dans les cristaux hémihédres à faces inclinées. *Bulletin de minéralogie*, 3(4), 90-93.
- [7] ČSN 73 6100 (2006) - Názvosloví pozemních komunikací, odstavec 6.5. Ministerstvo pro místní rozvoj. (online). Dostupné z: <https://www.unmz.cz/files/normalizace/%C4%8CSN%2073%206110/74506.pdf>
- [8] DAVIES, Chris (2013), Nokia HERE Research: We talk Smart Cities, ethical tracking & self-driving cars. August 21, 2013. Slash Gear magazine. Online. Retrieved: 07.03.2021. <https://www.slashgear.com/nokia-here-research-we-talk-smart-cities-ethical-tracking-self-driving-cars-21294397/>
- [9] DAVIES, Chris (2014), Nokia HERE Traffic: Inside the team tracking America's roads. April 21, 2014. Slash Gear magazine. Online. Retrieved: 06.03.2021. <https://www.slashgear.com/nokia-here-traffic-inside-the-team-tracking-americas-roads-21325850/>
Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/55/infoletak_d35-krelov-slavonin-2et.pdf
- [10] DPMO (2019), Zajímavosti: Statistické údaje. Dostupné z: <https://www.dpmo.cz/dpmo/zajimavosti/>
- [11] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2019), Exceedances of air quality limit values due to traffic: Indicator Assessment. (2019, December 17). Převzato: 25.01.2021, odkaz: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exceedances-of-air-quality-objectives-7/assessment-2>
- [12] FOLTÝNEK, D (2016). Strategie ITI Olomoucké aglomerace (online). 2016, [cit. 2021-21-02]. Dostupné z: http://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/16_/16335/2016_09_30_ITI-OA.cs.pdf
- [13] GRUBESA, S., SUHANEK, M. (2020). Traffic Noise. In *Noise Pollution*. IntechOpen. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/noise-and-environment/traffic-noise>
- [14] HALOUNOVA, Lena, (2013), Relation Between Road Traffic Intensity And Urban Development In Cities Of The Czech Republic. Gisak.vsb.cz. Dostupné z: http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2013/sbornik/papers/gis201350bc66d331724.pdf
- [15] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers(OICA). "2020 Production Statistics". OICA. Retrieved 2021-03-04.

- [16] KLEIN, L. A., MILLS, M. K., & GIBSON, D. R. (2006). *Traffic detector handbook: Volume I* (No. FHWA-HRT-06-108). Turner-Fairbank Highway Research Center.
- [17] LEDUC, G. (2008). Road traffic data: Collection methods and applications. *Working Papers on Energy, Transport and Climate Change*, 1(55), 1-55.
- [18] Magistrát města Olomouce (2021), Dopravní aktuality. Web magistrátu města Olomouce, dostupné z: <https://www.olomouc.eu/portal/dopravni-aktuality>
- [19] Magistrát města Olomouce (2021), Web MmOl. Aktuality: Tramvajová trať na Nové Sady a Povel (online). Dostupné z: <https://www.olomouc.eu/tramvajova-trat/aktuality>
- [20] MOYA-GÓMEZ, B., & GARCÍA-PALOMARES, J. C. (2017). The impacts of congestion on automobile accessibility. What happens in large European cities?. *Journal of transport geography*, 62, 148-159.
- [21] NI, D. (2015). Traffic flow theory: Characteristics, experimental methods, and numerical techniques. Butterworth-Heinemann.
- [22] NÝDECKÁ, Tereza. Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská. Olomouc, 2018. bakalářská práce (Bc.). Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta
- [23] ORTÚZAR J.D, WILLUMSEN, L.G, (2011), Modelling Transport (4th ed.), John Wiley & Sons, West Sussex (United Kingdom)
- [24] Partnerství pro městskou mobilitu (2020), *Olomouc má novou parkovací politiku*. (online) Retrieved April 26, 2021, from <https://www.dobramesta.cz/novinky/1220/olomouc-ma-novou-parkovaci-politiku>
- [25] PETROVÁ, Věra. Intenzita dopravy v závislosti na hokejovém utkání v Pardubicích. Pardubice, 2012. diplomová práce (Ing.). Univerzita Pardubice. Dopravní fakulta Jana Pernera
- [26] Plán udržitelné městské mobility (PUMMO), (2017), Objednatel: Statutární město Olomouc, Zhotovitel: Centrum dopravního výzkumu v.v.i. Dostupné z: <https://spokojena.olomouc.eu/plan-udrzitelne-mobility-olomouc/>
- [27] Policie ČR (2021), Statistika nehodovosti. Údaje o nehodovosti na území ČR. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [28] RADOVÁ, Eliška. Intenzita dopravy Plzeňského kraje. Plzeň, 2019. bakalářská práce (Bc.). Západočeská Univerzita v Plzni. Fakulta ekonomická
- [29] RAJAB, S., Al Kalaa, M. O., & Refai, H. (2016). Classification and speed estimation of vehicles via tire detection using single-element piezoelectric sensor. *Journal of Advanced Transportation*, 50(7), 1366-1385.
- [30] RODRIGUE, J. P. (2020). The geography of transport systems. *Fifth Edition*. New York: Routledge. 456 stran.
- [31] ROUBALÍK, Š. 2017: Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/roubalik17/documents/roubalikBP.pdf>
- [32] ŘSD (2016), Celostátní sčítání dopravy 2016: Základní údaje. (online). Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>
- [33] ŘSD (2021), Dálnice D1 Říkovice – Přerov, stavba 0136, Informační leták, stav k 04/21. (online). Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/8/infoletak_d1-0136-rikovice-prerov.pdf
- [34] ŘSD (2021), Dálnice D35 Křelov – Slavonín II.etapa. Informační leták, stav k 01/21. (online).
- [35] ŘSD (2021), silnice I46 Olomouc – východní tangenta, Informační leták, stav k 01/21. (online). Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/328/infoletak_s46-olomouc-vychodni-tangenta.pdf

- [36] SOCHOVÁ, Kristýna. Zhodnocení vlivu silniční dopravy na kvalitu ovzduší v oblasti Hlučínska [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <<https://theses.cz/id/7mg4xw/>>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta.
- [37] Šablona KGI pro psaní bakalářských a magisterských prací
- [38] ŠTOFAN, D. (2018). Collecting Structured Traffic Data from Big Piles of Camera Footage. *GoodVision: Advanced Traffic Analytics Platform for Traffic Engineers*. <https://medium.com/goodvision/extracting-structured-data-from-big-amounts-of-traffic-camera-footage-7de86b682a03#:~:text=There%20are%20500%20millions%20surveillance,by%20human%20eyes%20no%20more.traffic-api-5f61528d563>
- [39] TREIBER, M., & KESTING, A. (2013). Traffic flow dynamics. Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [40] VIVEK, S. (2020): Visualizing real-time traffic patterns using HERE traffic API. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/visualizing-real-time-traffic-patterns-usinghere->
- [41] VOŽENÍLEK, V.: Diplomové práce z geoinformatiky, Vydavatelství UP, Olomouc, 2002, 60 s.
- [42] VOŽENÍLEK, Vít. KAŇOK, Jaromír, (2011). Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 128. s ISBN 978-80-244-2790-4.
- [43] WANG, H., Ouyang, M., Meng, Q., & Kong, Q. (2020). A traffic data collection and analysis method based on wireless sensor network. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020(1), 1-8.
- [44] WANG, S., YU, D., MA, X. *et al.* Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. *Eur. Transp. Res. Rev.* 10, 50 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0325-5>
- [45] YOGESH, G. K. V., Sharma, A., & Vanajakshi, L. (2018). An improved inductive loop detector design for efficient traffic signal operations and leaner space requirements. *Transportation Research Record*, 2672(18), 143-153.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1: Prostorové vymezení oblasti pro stahování dat z Traffic API. Měřítko: 1: 80 000.
- Obrázek 2: Vymezení oblasti a ukázka dat z CSD 2016
- Obrázek 3: Ukázka SQL dotazu pro výběr dat z připojené databáze PostGIS.
- Obrázek 4: Ukázka nastavení kontingenční tabulky.
- Obrázek 5: Ukázka kontingenční tabulky.
- Obrázek 6: Nastavení nástroje a výběr vrstev.
- Obrázek 7: Výběr vrstvy a časového atributu v nástroji TimeManager.
- Obrázek 8: Ukázka nástroje Time Manager: časová osa vybrané vrstvy.
- Obrázek 9: Okno exportu animací do vybraného adresáře.
- Obrázek 10: Použití piezoelektrického sčítače v dopravě. Autor: vlastní tvorba. Zdroj vektorových obrázků: <https://www.freepik.com/vectors/car>
- Obrázek 11: Princip fungování detekce vozidla pomocí indukční smyčky. Převzato z: Traffic Flow Theory (Ni, 2015)
- Obrázek 12: Napojení I. A II. Úseku D35. Převzato z: ŘSD, 2021.
- Obrázek 13: Propojení D1 mezi Přerovem a Říkovicemi. Převzato z: ŘSD, 2021.
- Obrázek 14: Plánovaná východní tangenta, silnice I/46. Převzato z: ŘSD, 2021.
- Obrázek 15: Výstup analýzy PUMMO. Intenzity automobilové dopravy. Zdroj: PUMMO, 2017, str.177
- Obrázek 16: Výstup analýzy hluku PUMMO: Hluková mapa města Olomouce. Zdroj: PUMMO, 2017, str. 2019
- Obrázek 17: Výstup analýzy PUMMO. Emisní tok oxidu dusičitého. Zdroj: PUMMO, 2017, str. 193
- Obrázek 18: Výstup analýzy PUMMO. Emisní tok oxidu dusičitého. Zdroj: PUMMO, 2017, str. 194
- Obrázek 19: Ukázka animace 2.

SEZNAM TABULEK

- Tabulka 1: Ukázka atributů dat z Here Traffic API.
- Tabulka 2: Ukázka upravených dat v Excelu
- Tabulka 3: „Vybavenost domácností dopravními prostředky“. Převzato z PUMMO, 2017, str. 70.
- Tabulka 4: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 17. – 23. srpna
- Tabulka 5: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 21. – 27. září
- Tabulka 7: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 10. – 18. prosince
- Tabulka 8: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 1. – 7. března
- Tabulka 9: Souhrn průměrných hodnot jam faktoru za vybraná období v průběhu roku

SEZNAM GRAFŮ

- Graf 1: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 1. března.*
- Graf 2: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 4. března.*
- Graf 3: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 8. března.*
- Graf 4: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 11. března.*
- Graf 5: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 15. března.*
- Graf 6: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 18. března.*
- Graf 7: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 22. března.*
- Graf 8: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 25. března.*
- Graf 12: Průměrná hodnota jam faktoru ve středu 2. září*
- Graf 11: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 31. srpna*
- Graf 9: Průměrné hodnoty jam faktoru ve čtvrtek 24. srpna*
- Graf 10: Průměrné hodnoty jam faktoru v pondělí 27. srpna*
- Graf 15: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 21. září*
- Graf 16: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 31. srpna*
- Graf 14: Průměrná hodnota jam faktoru ve čtvrtek 17. září*
- Graf 13: Průměrná hodnota jam faktoru v pondělí 14. září*
- Graf 17: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 17. – 23. srpna*
- Graf 18: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 21. – 27. září*
- Graf 19: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 10. – 18. prosince*
- Graf 20: Průměrné hodnoty jam faktoru po hodinách v průběhu týdne 1. – 7. března*
- Graf 21: Průměrné hodnoty jam faktoru v poslední den školního roku 2020.*
- Graf 22: Průměrné hodnoty jam faktoru v první den školy.*
- Graf 26: Průměrné hodnoty jam faktoru na Štědrý den.*
- Graf 25: Průměrné hodnoty jam faktoru na Velikonoční pondělí.*
- Graf 24: Průměrné hodnoty jam faktoru na dušičky.*
- Graf 23: Průměrné hodnoty jam faktoru na Velký pátek.*
- Graf 27: Průměrné hodnoty jam faktoru v neděli 21. února – v neděli týden před lockdownem.*
- Graf 29: Průměrné hodnoty jam faktoru ve čtvrtek 27. srpna – neděle v průběhu lockdownu*
- Graf 28: Průměrné hodnoty jam faktoru v neděli 28. února – v neděli den před lockdownem.*

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy

- Příloha 1 Detail mapy intenzity dopravy v odpolední špičce
- Příloha 2 Detail mapy intenzity dopravy v ranní špičce
- Příloha 3 Detail mapy intenzity dopravy za průměrný letní den
- Příloha 4 Detail mapy intenzity dopravy za průměrný víkend
- Příloha 5 Detail mapy intenzity dopravy za průměrný den

Volné přílohy

- Příloha 6 Poster
- Příloha 7 Mapa dopravních nehod agregovaná A4
- Příloha 8 Mapa dopravních nehod linie A4
- Příloha 9 Mapa intenzity dopravy za průměrný den
- Příloha 10 Mapa intenzity dopravy za průměrný letní den
- Příloha 11 Mapa intenzity dopravy za průměrný víkend
- Příloha 12 Mapa intenzity dopravy v ranní špičce
- Příloha 13 Mapa intenzity dopravy v odpolední špičce
- Příloha 14 DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

- Text_Prace
- Vstupni_Data
 - Excel
 - tabulky týdnů
 - tabulky dnů
 - CSD 2016
 - Data Policie ČR
- Vystupni_Data
 - Excel
 - Prostorova_Data
 - Distribuce_dopravnich_nehod
 - Intenzity_dopravy_CSD
 - Intenzity_dopravy_Here
- Přílohy
- Web

