

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**HODNOCENÍ ZMĚN V INTENZITÁCH
DOPRAVY VE VYBRANÝCH REGIONECH
ČESKA**

Diplomová práce

Bc. Ondřej HUBÁČEK

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

Olomouc 2022

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením změn v intenzitách dopravy ve třinácti regionech České republiky. Práce se snaží hledat trendy ve vývoji intenzit dopravy, rozdíly či podobnosti v rámci městských oblastí a hledat interpretaci v neobvyklých rozdílech, jež mohou působit dojmem, že jde o náhodné odchylky.

Hodnocení je zaměřeno na rok 2021, nicméně je doplněno časovými úseky z let 2020 a 2022, kdy probíhaly události s velkým dopadem na vývoj intenzity dopravy, jako je pandemie covid-19.

Základem hodnocení změn jsou časoprostorové analýzy o intenzitách dopravy z databáze *Here Traffic*, která poskytuje data o aktuálním provozu na území České republiky.

V teoretické části jsou rozebrány témata spojená s dopravou, dopravní analýzou, metody získávání dopravních dat a samotné datové sady nabízející data získávaná přímo z provozu v reálném čase.

V praktické části jsou prostřednictvím pěti analýz hodnoceny hodinové hodnoty hustoty dopravy, denní hodnoty hustoty dopravy, dopravní zácpy, vybrané městské oblasti s jejich parametry v oblasti intenzity dopravy a změny v hustotách dopravy během specifických dnů.

KLÍČOVÁ SLOVA

doprava; intenzita dopravy; dopravní analýza; časoprostorová analýza; here traffic;

Počet stran práce: 68

Počet příloh: 41 (z toho 2 volné)

ANOTATION

The thesis deals with the evaluation of changes in traffic intensity in thirteen regions of the Czech Republic. The thesis tries to look for trends in the development of traffic volumes, differences or similarities within urban areas and to look for interpretation in unusual differences that may give the impression of random variations.

The assessment focuses on the year 2021, but is supplemented by time periods in 2020 and 2022 when events with a large impact on traffic volume trends, such as the covid-19 pandemic, took place.

The assessment of changes is based on spatiotemporal analyses of traffic volumes from the Here Traffic database, which provides data on actual traffic in the Czech Republic.

The theoretical part discusses topics related to traffic, traffic analysis, methods of traffic data acquisition and the datasets themselves, offering data obtained directly from real-time traffic.

In the practical part, hourly traffic density values, daily traffic density values, traffic congestion, selected urban areas with their traffic volume parameters and changes in traffic densities during specific days are evaluated through five analyses.

KEYWORDS

traffic; traffic intensity; traffic analysis; spatio-temporal analysis; here traffic;

Number of pages: 68

Number of appendixes: 41

Prohlašuji, že

- bakalářskou/diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou/diplomovou 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/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

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

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové 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

Bc. Ondřej HUBÁČEK

Děkuji vedoucímu práce doc. RNDr. Jaroslavu BURIANOVÍ, Ph.D. za cenné rady vážící se k diplomové práci.

Dále děkuji Ing. Janu Masopustovi za rady v oblasti databází a celému kolektivu Katedry geoinformatiky za cenné připomínky v rámci magisterských dní.

Děkuji svým spolužákům Janu Rollerovi a Lukáši Pospíšilovi za společnou konzultaci našich diplomových prací, které napomohly k vyřešení mnohých úskalí.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej HUBÁČEK**
Osobní číslo: **R200040**
Studijní program: **N0532A330009 Geoinformatika a kartografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a kartografie**
Téma práce: **Hodnocení změn v intenzitách dopravy ve vybraných regionech Česka**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je na základě analýzy dat Here Traffic vyhodnotit změny v intenzitách dopravy ve vybraných regionech Česka. Základem hodnocení bude časoprostorová analýza dat Here Traffic o intenzitách dopravy a průměrných rychlostech. Analýzy budou zpracovány především pomocí SQL dotazování a dalších nástrojů umožňujících zpracování velkých objemů dat. Hodnocení bude zaměřeno na změny v intenzitách dopravy ovlivem ročního období, denní doby a také zásadních událostí v průběhu roku (např. 1. školní den, 1. prázdninový den, omezení v rámci COVID-19, atd.). Výstupem práce bude především hodnocení změn, zpracované vhodnými vizualizačními metodami (grafy, mapy, aplikace).

Celou práci, tj. text včetně všech příloh, posteru, výstupů, zdrojových i vytvořených dat, map, programových kódů a databází, student odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči připevněném k deskám práce s popisem (jméno, název práce, Katedra geoinformatiky UP, rok). Text práce s přílohami odevzdá ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry ve stanoveném termínu. O práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle obecných zásad (Voženílek, 2002) a závazné šablony pro kvalifikační práce na KGI. Povinnou přílohou práce je poster formátu A2.

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

Seznam doporučené literatury:

- Cinke, J. (2020): Analýza dat vytíženosti železniční infrastruktury. Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Gao, G., Wang, Z., Liu, X., Li, Q., Wang, W., & Zhang, J. (2019): Travel Behavior Analysis Using 2016 Qingdao Household Traffic Surveys and Baidu Electric Map API Data Journal of Advanced Transportation, 2019, 63830976383097. <https://doi.org/10.1155/2019/6383097>
- Cheng, T., Tanaksaranond, G., Brunson, C., & Haworth, J. (2013). Exploratory visualisation of congestion evolutions on urban transport networks. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 36, 296-306.
- Nagel, K., Wagner, P., & Woesler, R. (2003). Still flowing: Approaches to traffic flow and traffic jam modeling. Operations research, 51(5), 681-710.
- Roubalík, Š. (2017): Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran.
- Tripathi, B. C. R., Prasad, R. K. and Kumar, T. S. (2018): Prediction of Traffic Density in Internet Offline Mode,' 2018 3rd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Gurgaon, India, 2018, pp. 13-18, doi: 10.1109/IC3I44769.2018.9007277.
- 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>
- Dopravní chování v datech (2018). Sborník konference. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/sbornik-konference-dopravni-chovani-v-datech>

Odborné články zaměřené na analýzy dopravních intenzit
Dokumentace k Here Traffic API
Šablona KGI pro psaní bakalářských a magisterských prací
VOŽENÍLEK, V.: Diplomové práce z geoinformatiky, Vydavatelství UP, Olomouc, 2002, 60 s.

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

Datum zadání diplomové práce: **9. listopadu 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 9 |
| ÚVOD | 10 |
| 1 CÍLE PRÁCE..... | 11 |
| 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ..... | 12 |
| 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY | 15 |
| 3.1 Doprava..... | 15 |
| 3.2 Silniční doprava..... | 15 |
| 3.3 Vymezení pojmů | 16 |
| 3.4 Analýzy dopravy v České republice | 16 |
| 3.4.1 Odborné publikace..... | 17 |
| 3.4.2 Studentské práce | 18 |
| 3.5 Analýzy dopravy ve světě..... | 19 |
| 3.6 Dopravní data..... | 20 |
| 3.6.1 Konvenční metody..... | 20 |
| 3.6.2 Floating car data (FCD) | 22 |
| 3.7 Zdroje realtime dat..... | 22 |
| 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ | 28 |
| 4.1 Analýza hodinových hodnot hustoty dopravy | 29 |
| 4.1.1 Porovnání vybraných všedních dní v roce měření | 29 |
| 4.1.2 Porovnání vybraných víkendových dní v roce měření | 32 |
| 4.2 Analýza denních hodnot hustoty dopravy | 35 |
| 4.3 Analýza dopravních zácp..... | 40 |
| 4.4 Analýza městských oblastí | 42 |
| 4.4.1 Městské oblasti nad 150 tisíc obyvatel | 42 |
| 4.4.2 Městské oblasti od 80 do 150 tisíc obyvatel..... | 46 |
| 4.4.3 Městské oblasti do 80 tisíc obyvatel | 49 |
| 4.5 Analýza specifických událostí..... | 54 |
| 5 VÝSLEDKY | 64 |
| 6 DISKUZE | 66 |
| 7 ZÁVĚR | 68 |
| SEZNAM ILUSTRACÍ..... | 77 |
| POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE | |
| PŘÍLOHY | |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| Zkratka | Význam |
|----------------|---|
| API | Application Programming Interface |
| ASD | Automatický sčítač dopravy |
| CDV | Centrum dopravního výzkumu |
| CENIA | Česká informační agentura životního prostředí |
| CSV | Comma-separated values |
| FCD | Floating car data |
| FMCW | Frequency-Modulated Continuous Wave |
| FUA | Functional Urban Area |
| GIS | Geografický informační systém |
| GPS | Global Positioning System |
| JSON | JavaScript Object Notation |
| MHD | Městská hromadná doprava |
| OSM | Open Street Map |
| PDF | Portable Document Format |
| REST | Representational State Transfer |
| RPDI | Roční průměr denních intenzit |
| ŘSD | Ředitelství silnic a dálnic |
| SDS | Správa dálnic a silnic |
| SQL | Structured Query Language |
| XML | Extensible Markup Language |

ÚVOD

Doprava je nedílnou součástí lidské civilizace už od nepaměti. Od prvních, časově náročných pěších cest, přes využití zvířat pro přepravu lidí i nákladů až po první využití strojů jako dopravních prostředků. Od té doby se doprava posunula mílovými kroky vpřed což s sebou přineslo i nové nároky a výzvy. S růstem počtu automobilů vzrostl i požadavek na růst dopravní infrastruktury. Tento požadavek je však složité naplňovat, jak z důvodu velké ceny na vybudování, tak s ohledem na skutečnost, že typicky v městských prostorech je jen omezený prostor na její rozšiřování. To vede k negativním jevům jako jsou přetížené dopravní komunikace a s tím spojené dopravní zácpy. Tento negativní fenomén ovlivňující především velká města nese velkou časovou zátěž na cestující a s tím i obrovské ekonomické ztráty. Jednou z možností, jak se s těmito negativními jevy vypořádat nebo alespoň zmírnit jejich dopad, je dobře analyzovat dopravní situaci, na základě toho vytvářet modely dopravy, díky nimž bude možné dopravu lépe koordinovat, případně ji v budoucnu řídit jako celek.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je na základě analýzy dat *Here Traffic* vyhodnotit změny v intenzitách dopravy ve třinácti regionech v různých částech České republiky. Tento cíl se skládá z několika dílčích úkolů, které dohromady představují komplexní náhled do problematiky intenzit dopravy, které jsou časově definovány především do roku 2021.

V teoretické části bude provedena rešerše problematiky zasahující tematicky do dopravy a dopravních analýz se zaměřením na silniční dopravu. Budou zkoumány publikace zaměřující se na téma dopravních analýz jednak v obecné rovině, tak i s konkrétním zacílením na rozbor dopravy s využitím datových zdrojů o průběhu dopravy v reálném čase a možnostech využití těchto zdrojů.

V praktické části proběhne práce s velkoobjemovou časoprostorovou databází s daty *Here Traffic*, které budou těženy za pomoci SQL dotazů. Ty budou následně zpracovány tak, aby přinesly spolehlivou základnu pro vyhotovení analýz.

Následně bude provedeno pět analýz rozdělených takovým způsobem, aby co nejlépe popsaly rozebíranou situaci se snahou o efektivní využití datových zdrojů. Mezi ně se bude řadit analýza hodinových hodnot hustoty dopravy, analýza denních hodnot hustoty dopravy, analýza dopravních zácp, analýza městských oblastí a analýza specifických událostí.

Hodnocení změn se zaměřuje na stav intenzity dopravy ve třinácti oblastech zvolených podle krajských měst a její vývoj zasažený do roku 2021, ale částečně i 2020 nebo 2022. Součástí práce je také hodnocení při konkrétních specifických událostech v průběhu roku, při kterých nastávají velké rozdíly v intenzitách dopravy.

Výstupem z těchto analýz bude především hodnocení změn v intenzitách dopravy, které bude podpořeno vhodnými vizualizačními metodami, jako jsou grafy a mapy.

Nakonec bude pro potřeby diplomové práce vytvořena webová stránka umístěna server Katedry geoinformatiky a poster prezentující výsledky práce.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

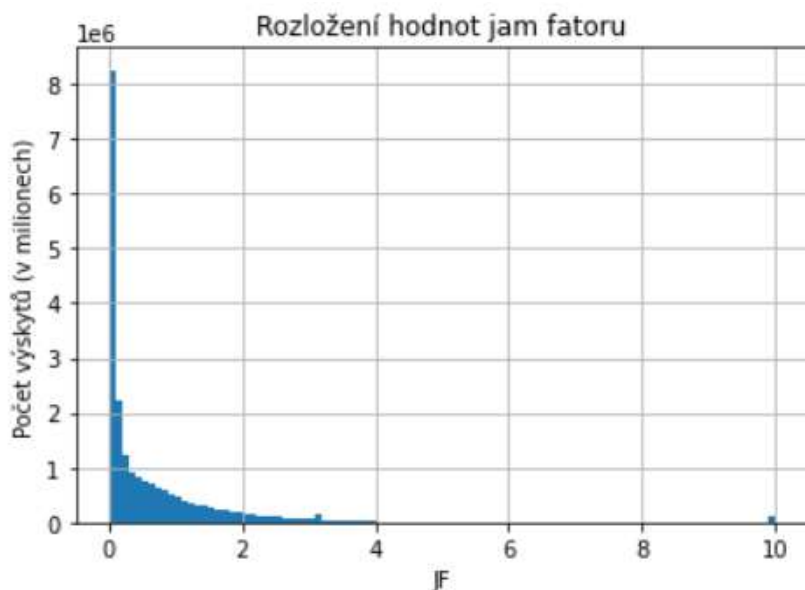
Použité metody

Definice prostorové a časové oblasti

Před začátkem bylo nutné definovat zájmové oblasti. Ty byly vybrány z důvodů popsanych v praktické části jako jádrové oblasti *Funkcional Urban Areas (FUA)* podle metodiky *OECD* a *Eurostatu (OECD 2012)*. Časová oblast byla pak postavena na roku 2021, který je jako jediný v databázi kompletní. K němu byly následně přidány pro doplnění (ve specifických událostech) části let 2020 a 2022.

Výběr statistické metody

Před samotnou analýzou bylo nezbytné zvolit vhodné statistické metody pro agregaci dat. Z toho důvodu byl otestován výběrový soubor, aby byla zjištěna variabilita datové sady.



Graf 2.1 – rozložení hodnot ukazatele *jam factor* ve výběrovém souboru

Histogram rozložení hodnot z výběrového souboru, který obsahoval kolem 20 milionů záznamů demonstrující velký nepoměr v rozložení hodnot. Hodnoty blízké nule jsou zastoupeny v obrovském množství a s rostoucí hodnotou ukazatele *jam factor* toto zastoupení dramaticky klesá. Poté lze sledovat nárůst u hodnot blízkých 10. To ukazuje, že rozdělení není normální a bylo tedy na místě přiklánět se ke statistické metodě mediánu a průměr využívat spíše jako podpůrnou metodu.

Výběr dat

Výběr dat byl omezen na ukazatel *confidence (CN)*, který udává důvěryhodnost, jaké dosahuje vybraný záznam. To znamená, že v případě reálných dat z provozu je hodnota ukazatele *confidence* větší než 0,7. Naopak hodnoty menší než 0,7 označují záznamy z historických měření. Z důvodu práce pouze s reálnými daty z provozu byly tedy dotazy omezeny o záznamy splňující podmínku, kde je hodnota *confidence* větší než 0,7.

Kartografické metody

Při tvorbě mapových vizualizací bylo pracováno především s liniovými znaky reprezentujícími jednotlivé úseky. Kartografická tvorba probíhala podle metod v *Metodách tematické kartografie* v části věnované metodám liniových znaků (Voženílek a Kaňok 2011).

Použitá data

Here traffic flow

Nejdůležitějším datovým zdrojem pro tuto práci byla data z datové sady *Traffic flow* od společnosti *HERE*. Jde o data o provozu v reálném čase, které je možné stahovat prostřednictvím REST API v nejnižším možném intervalu jedné minuty.

Pro sběr dat z datového zdroje *Here Traffic* byl na Katedře Geoinformatiky pod vedením doc. Jaroslava Buriana a Tomáše Pohanky Ph.D. vytvořen skript, který v patnáctiminutovém intervalu sbírá data a ukládá je na server katedry. Prostorové vymezení dat je uskutečněno pomocí definovaných bounding boxů, které ohraničují největší města v České republice. Sběr dat je uskutečňován od května 2020.

Databáze je postavena v *PostgreSQL*. Z důvodu vymezení časového prvku, kdy jsou záznamy s informací o hustotě dopravy ukládány s časovou značkou (kdy se událost stala), byla použita extenze *TimescaleDB*. Tato extenze je postavena na *PostgreSQL* a její hlavní funkcí je, že definuje kategorii v relační databázi pro data časových řad. V tomto případě je to čas, pro který jsou zaznamenány údaje o provozu na daném úseku.

Databáze se skládá z více tabulek, kdy nejdůležitější je tabulka *flows*, ve které se nachází záznamy identifikovatelné pomocí *id* a časové značky *measTime*. Tabulka je pak pomocí *id* propojená s tabulkami *section* a *section_geoms*, které představují charakteristiku úseků a geometrii úseků.

Struktura tabulky „flows“

Tabulka *flows* obsahuje charakteristiky dopravního toku, které představují hlavní informaci o stavu dopravy v daném čase a připojením navázaného úseku pomocí *id* i v daném místě. Charakteristiky dopravního toku, které se vyskytují v tabulce *flows* jsou popsány níže.

identifikátor "**ID**" = id

measTime "**MT**" = časová značka záznamu v čase UTC.

confidence "**CN**" = číslo, které udává hodnotu důvěryhodnosti naměřených hodnot. Tato hodnota předává informaci o tom, jaký podíl dat (ze senzorů) v reálném čase bylo zahrnuto do výpočtu ostatních ukazatelů a jaký byl podíl historický dat. Hodnota $CN > 0,7$ znamená velkou přesnost dat, a tedy rychlosti v reálném čase. Hodnoty v rozmezí $0,7 \Rightarrow CN > 0,5$ označují informace z historických měření a hodnoty $CN < 0,5$ označují omezení rychlosti.

freeFlow "**FF**" = referenční hodnota rychlosti na vozovce při podmínce, že na ní není žádný provoz.

jamFactor "**JF**" = číslo, které představuje hodnotu intenzity provozu na vozovce. Hodnota 0,0 znamená, že na vozovce není žádný provoz. Hodnota blízká se k 10 znamená velké přetížení a hrozící dopravní zácpu a samotná hodnota 10.0 znamená zablokovanou vozovku.

speed "**SP**" = předpokládaná rychlost jízdy na vozovce, za předpokladu dodržení rychlostního limitu daného úseku

speedUncapped "**SU**" = předpokládaná rychlost jízdy na vozovce, bez omezení rychlostního limitu daného úseku (počítá s porušením rychlostního limitu)

"**TY**" = informace o typu záznamu

Data pro podkladové mapy

Při tvorbě map byla využita data pro podklad k výstupům z analýz dat *Here Traffic*. Vrstva budov byla počita z databáze *OSM*. Vrstva silnic, ulic, vodních toků a vodních ploch z topografické databáze *Data50*. Administrativní hranice městských částí s popisky z databáze *ArcČR 500*. Poslední použitou vrstvou je administrativní vrstva *FUA core*.

Použité programy

Pro psaní a následnou úpravu textu v průběhu celé práce byl využíván textový procesor *Microsoft Word*.

Práce s databází a SQL dotazování probíhalo v prostředí *PostgreSQL* s rozšířením *Postgis* pomocí klienta *pgadmin* ve verzi 4.30 nebo v případě dotazů, kdy byl výstup v podobě geometrie, tomu tak bylo pomocí DB manageru v programu *Qgis*.

Data z SQL dotazů byla následně zpracována v tabulkovém procesoru *Microsoft Excel*, kde byly využity nástroje jako kontingenční tabulky, hledání a nahrazování, kopírování buněk, tvorba či úprava grafů a tabulek a další. Úprava a zpracování dat také probíhala s využitím programovacího jazyku *Python*. To probíhalo ve webovém prostředí nástroje Jupyter notebook. Zde byly zpracovány data s využitím knihoven *Pandas*, která je určena pro analýzu a manipulaci s daty, dále knihovna *Numpy* pro práci s maticemi a knihovny *Seaborn*, *Matplotlib* pro vytváření vizualizací v podobě různých typů grafů.

Pro zpracování prostorových daty a tvorbu mapových výstupů byly využity programy *Qgis* ve verzi 3.22.0 Białowieża a *ArcGIS Pro* ve verzi 2.7.3.

Postup zpracování

V prvním kroku byla provedena rešerše problematiky, kdy byl nejprve zkoumán obecný rozměr problematiky v oblasti dopravy a dopravních analýz. Poté byly popisovány metody pro získávání dopravních dat a následně samotné datové sady dopravních dat získaných z provozu v reálném čase. Při rešerši byly taky hledány podobně zaměřené publikace, především na práci s tímto typem dat a sepisovány možné postupy, které by mohly být aplikovány v praktické části.

Poté došlo na část věnované rozvržení práce a časovému managementu, kdy byl plánován postup prací, aby na sebe kroky navazovaly a nedošlo ke ztrátě času z důvodu opakování kroků.

Další část byla zaměřena na zprovoznění výstřížku z databáze na vlastním zařízení, kde byla zkoumána samotná struktura databáze a testovány SQL dotazy před tím, než byla zprovozněna hlavní databáze, ve které už nebyl prostor pro chyby v rámci špatně položených dotazů, jež by mohly způsobit technické problémy.

Po připojení hlavní databáze začala fáze těžby dat, kdy bylo prováděno velké množství dotazů s cílem získání dat potřebných pro analýzy. Tyto dotazy byly časově velmi náročné z důvodu obrovského množství záznamů v databázi a technickým parametrům serveru, na kterém je databáze uložena.

S vytěženými daty bylo možné začít fázi analyzování a tvorby výstupů. V této fázi byly postupně analyzována připravená data, vytvářeny vizualizace, a nakonec psáno samotné hodnocení a interpretace těchto analýz.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Doprava

Doprava je jedním z nejdůležitějších výdobytků lidské civilizace. Významně urychluje transport osob a nákladů a tím se zaslouhuje o celosvětový rozvoj. Může mít výrazný vliv na rychlost ekonomického růstu, což potvrzuje současná situace s koronavirovou pandemií, jež na nějaký čas zmrazila či omezila dopravu, čímž způsobila velké ekonomické ztráty.

Doprava je velmi široký a obecný pojem. Nejdůležitější rozdělení je podle doc. Ing. Vladimíra Adamce et al. (2008) ve vztahu k prostoru, v jakém se nachází její dopravní cesta, což je rozdělení na pozemní, vodní a leteckou dopravu. Pozemní doprava se dále dělí na silniční, železniční a nemotorovou. Kompletní klasifikace dopravy podle doc. Adamce se nachází v tabulce níže.

| | | | |
|--|--------------------------|----------------------------|---------------------|
| podle prostoru, ve kterém se nachází dopravní cesta | Pozemní | silniční | |
| | | železniční | |
| | | nemotorová | cyklistická pěší |
| | Vodní | vnitrozemská | |
| | | příbřežní | |
| | | námořní | |
| Letecká | | | |
| podle předmětu a způsobu dopravy | Osobní | individuální | |
| | | hromadná | |
| | Nákladní | veřejná na vlastní účet | |
| podle územního rozdělení přepravních potřeb | Městská, místní | | |
| | Vnitrostátní, regionální | | |
| | Mezinárodní | | |
| podle vztahu zdroje a cíle dopravy vzhledem k danému území | Vnitřní | | |
| | Vnější | | |
| | Tranzitní | | |

Tabulka 3.1 – rozdělení dopravy podle Vladimíra Adamce et al. (2008)

3.2 Silniční doprava

Silniční doprava je nejvyužívanějším druhem dopravy v České republice. Podle dat zpracovaných v informačním systému statistiky a reportingu v životním prostředí, který spravuje CENIA, patřilo v roce 2020 přibližně 76 % přepravního výkonu osobní dopravy individuální automobilové dopravě, 8 % MHD, 7 % železniční dopravě, 6 % silniční veřejné dopravě a jen 2 % letecké dopravě (CENIA 2020). Z těchto čísel vyplývá, že silniční doprava přepravě osob na území České republiky jasně dominuje. V rámci nákladní dopravy je situace obdobná. Nákladní silniční doprava zabírá přibližně 76 % z celkového přepravní výkonu, železniční doprava 21 % a ropovody 2 % (CENIA 2020).

Takto velký objem přepravního výkonu potřebuje velké zázemí. Silnice představují stěžejní infrastrukturu České republiky. Z přehledu informačního systému o silniční a dálniční síti ČR je možné zjistit, že k 1. 7. 2021 činila celková délka silniční sítě 55798,9 km (ŘSD 2021). Oproti tomu délka železničních tratí nepřekračuje ani 9358 km (Správa železnic 2022).

S ohledem na tato fakta je možné prohlásit, že silniční doprava má v rámci všech druhů dopravy nejdůležitější roli a tato role se v blízké budoucnosti s největší pravděpodobností nebude měnit. V rámci této práce a s ohledem na zadání a využitá data se bude na silniční dopravu stahovat většina pozornosti.

3.3 Vymezení pojmů

Pro porozumění souvislostem je důležité definovat pojmy, které se objevují v problematice samotné dopravy či dopravních analýz. Mezi základní pojmy, které jsou ve velké míře skloňovány, patří mobilita a doprava. Brůhová je ve své práci definuje následovně: „Všechna technicky realizovatelná přání změnit místo za účelem naplnění své potřeby označujeme jako mobilitu, doprava pak představuje prostředek pro naplňování potřeb mobility“ (Brůhová-Foltýnová 2008).

Další zmiňované pojmy jsou dopravní zácpa, intenzita dopravy, tok dopravy. Dopravní zácpu definuje oxfordský slovník jako „stav přeplněnosti vozovky nebo stav maximální hustoty provozu“ (*Oxford Learner's Dictionary* 2022). Tento fenomén je velmi rozšířený a zasahuje do životů velké části populace. Obecně lze říct, že se s ním vypořádává většina velkých měst po celém světě a univerzální řešení tohoto problému je prozatím v nedohlednu, z toho důvodu je nutné zahrnovat jej do dalších analýz.

Pojem hustota dopravy, je především v anglickém jazyce (traffic intensity) velmi obecného charakteru a jeho význam přesahuje oblast dopravy. Tento pojem se vyskytuje také v telekomunikačních sítích, počítačových sítích nebo dalších síťových zařízeních. Ve vztahu k dopravě je to termín, který se snaží kvantifikovat zatížení komunikace, na které doprava probíhá. Na webových stránkách ceskedalnice.cz je popisován nejčastější postup kvantifikace zatížení komunikace jako: „udává se tzv. roční průměr denních intenzit (RPDI) pro daný úsek komunikace v obou směrech v počtu vozidel za 24 hodin. Intenzita dopravy se měří sčítáním, a to jak ručním, tak automatickým“ (*ceskedalnice.cz* 2017).

Tok dopravy je dalším termínem významem podobný intenzitě dopravy. Podle *TheFreeDictionary* je to: „celkový počet vozidel projíždějících daným bodem za daný čas, dopravní tok se vyjadřuje jako počet vozidel za hodinu“ (*TheFreeDictionary* 2005).

3.4 Analýzy dopravy v České republice

Rozboru dopravy bylo věnováno velké množství článků, knih, vědeckých publikací a studentských prací. Konkrétní téma hodnocení intenzit dopravy na základě dat z *Here Traffic* či jiných podobných datových sad je však příliš specifické na to, aby mu bylo věnována velká pozornost v tak malém územním celku, jakým je Česká republika. Nicméně v duchu výzkumu dopravních intenzit v České republice může být okruh publikací rozšířen i na výzkumy dopravy v širším pojetí.

V České republice se problematice věnuje Ministerstvo dopravy a jemu podřízená organizace Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Mezi publikace Ministerstva dopravy patří *Dopravní politika České republiky*, ve které jsou nejen analyzovány údaje o současném stavu dopravy, ale především vytyčovány cíle do let 2021–2027 s výhledem do roku 2050 (*Dopravní politika České republiky* 2021). Pravidelnou publikací je *Ročenka dopravy* s posledním vydáním v roce 2020, kdy jde o zhodnocení stavu všech druhů dopravy a dalších souvisejících událostí které se v minulém roce udály (*CDV* 2020).

Ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu, v. v. i. vznikla kniha *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*. Ta se věnuje problematice intenzit dopravy, kdy zkoumá samotnou metodiku provedení průzkumu intenzit dopravy s následným vyhodnocením. Tato získaná data poté kvantifikuje na průměry a jiné ukazatele za vybrané období. Nakonec provádí i výhledové predikce vývoje intenzit dopravy do budoucnosti. (Bartoš a Martolos 2012)

Další významnou organizací je Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD)¹, která má na starosti správu dálnic a silnic I. Třídy. ŘSD vydává publikace vztahující se primárně ke stavu silniční infrastruktury s hodnocením historického vývoje a dalšími záležitostmi popisného charakteru. Velkou publikací je *PÁTĚRNÍ SÍŤ SILNIC A DÁLNIC V ČR*, která velmi komplexně popisuje situaci kolem silniční infrastruktury v České republice do roku 2013. Publikace se taky věnuje vývoji intenzit dopravy na Českých silnicích a dálnicích (Čihák et al. 2013). Menšími publikacemi jsou pravidelné ročenky *Silnice a dálnice v ČR*, které jsou na webových stránkách ŘSD dostupné až do roku 2017. Ročenky obsahují informace o intenzitách dopravy nebo o vývoji přepravních výkonů (ŘSD 2018).

3.4.1 Odborné publikace

Mimo organizace veřejné správy a organizace napojené na veřejnou správu zabývající se dopravou, existuje velké množství odborných publikací, zabývající se různými aspekty dopravy či dopravními analýzami v České republice.

Brůhová (2008) se ve své práci zaměřuje především na otázku udržitelnosti dopravy a s tím související regulaci dopravy ve městech pomocí zkoumaných nástrojů z důvodu vyšší udržitelnosti. V rámci zkoumání udržitelnosti také analyzuje současný stav problematiky dopravy v České republice, vývoj trendů v dopravě a společenské faktory ovlivňující mobilitu obyvatelstva (Brůhová-Foltýnová 2008).

Výzkum *Změny intenzity osobní automobilové dopravy a vliv na prostorovou diferenciaci suburbanizace* pracuje s daty celostátního sčítání dopravy v letech 2000, 2005 a měření provedeného autory v roce 2010. Pomocí analýz z těchto dat sledují autoři vývoj intenzit dopravy v oblasti města Olomouce a určit (zkus to vyčasovat, nevím ale co tím chceš říct) místa, kde dochází k suburbanizaci (Heisig et al. 2011).

Oblastí veřejné dopravy se zabývá *Veřejná doprava v České republice*, která komplexně popisuje systém veřejné dopravy na území českého státu (Václav et al. 2015).

Matematickou stránkou výpočtu dopravních toků se zabývá *The Application of Mathematical Methods to the Determination of Transport Flows*, kde autoři popisují matematické principy, které používají pro popis dopravních toků. V praktickém příkladu přetavují tyto teoretické základy do konkrétního stanovení intenzity dopravy, dopravních toků v Českých Budějovicích, přičemž tyto jsou poznatky následně implementovány při stanovování rozvrhu linek tamější městské hromadné dopravy (Bartuška et al. 2015).

Problematikou měření objemů dopravy se zabývá *Verification of Methodical Procedure for Determining the Traffic Volumes Using Short-Term Traffic Surveys*. V publikaci je popsána metodika měření objemů dopravy na příkladu lokálních komunikací. Autorům se při měření podařilo vyvrátit hypotézu, že komunikace stejného typu mají stejné nebo podobné charakteristiky dopravních ukazatelů (Bartuška et al. 2016).

Vztahem intenzity dopravy a počty srážek automobilů s divokou zvěří se zabývá *The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic*. Autoři docházejí k závěrům, že zde platí negativní korelace, což znamená, že divoká zvěř se spíše vyhýbá úsekům s velkou intenzitou dopravy (Kušta et al. 2017).

V publikaci *Map of traffic accidents* se autoři zaměřili na vytvoření mapy dopravních nehod. Cílem práce bylo nejenom vytvořit samotnou mapu nehod, ale i analyzovat

¹ 28. 4. Ministerstvo dopravy legislativní radě vlády předložilo věcný záměr zákona, podle nějž by se z ŘSD po přeměně stala Správa dálnic a silnic (SDS)

nehody. Tyto analýzy měly přispět k potenciálnímu zlepšení dopravní situace na daných místech (Kmet et al. 2019).

Vliv pandemie COVID-19 na příměstskou veřejnou dopravu zkoumá *COVID-19 and suburban public transport in the conditions of the Czech Republic*. Autoři řeší změny během pandemie v dopravním vytížení a v dopravním chování ve vztahu k veřejné dopravě (Fridrisek a Janos 2022).

Podobně, jako předchozí, zkoumá i publikace *Changes in Road Traffic Caused by the Declaration of a State of Emergency in the Czech Republic – a Case Study* důsledky pandemie COVID-19 na dopravu. V tomto případě jsou to konkrétně omezení v podobě nouzových stavů (Bartuska a Masek 2021).

3.4.2 Studentské práce

Dopravní analýzy jsou častým zadáním studentských prací. Tyto práce postihují různé druhy dopravy, mezi nimiž nechybí ani ty zaměřené právě na dopravu silniční. Tematicky blízké spadají mezi obecné analýzy dopravy, analýzy hustoty a intenzity dopravy, analýzy vlivů na dopravu, analýzy dopravního chování obyvatelstva a další.

Analýza vnitrostátní a mezinárodní silniční dopravy v České republice se zaměřuje především na silniční nákladní dopravu, snaží se zhodnotit aktuální stav a vytvořit predikci výkonu do budoucnosti. Podle autora vnitrostátní nákladní doprava do roku 2020 rostla, než přišla pandemie COVID-19 a s ní propadl výkon, který byl však menší, než se očekávalo (Procházka Michal 2020).

Do kontextu životního prostředí, konkrétně znečištění ovzduší, směřuje práce *Modelování s daty DPZ v oblasti dopravy a znečištění ovzduší*, která se snaží porovnat data o intenzitě dopravy s daty dálkového průzkumu země zaměřené na látky znečišťující ovzduší. Data o intenzitách dopravy pocházejí z Celostátního sčítání dopravy spadajícího pod výkon ŘSD (Hebelka Jakub 2020).

Další prací zasahující do problematiky životního prostředí je *Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská*. Tato práce je lokálního charakteru, protože postihuje oblast kolem automatizované měřicí stanice Olomouc-Velkomoravská. Práce hodnotí intenzitu dopravy ve vybrané oblasti z dat o průjezdech dopravních prostředků poskytnutých magistrátem města Olomouc. Data o průjezdech jsou rozdělena po hodinách a dnech v rámci jednoho týdne. Intenzita dopravy je poté porovnávána s daty o výskytu prašných částic. Výsledky ukazují na zjištění, že vliv intenzity dopravy a prašnosti části je silně narušován dalšími vlivy (Nýdecká Tereza 2018).

Podobného směřování jsou i *Dopady silniční dopravy na stav životního prostředí ve městě Brně a možnosti jejich řešení*, které se zaměřují na oblast města Brna. Autor se z dat o intenzitě dopravy ze sčítání dopravy a analýzy společnosti *Sudop Praha* snaží zmapovat růst intenzity dopravy, pomocí dotazníkového šetření zjistit příčiny a důsledky a poskytnout doporučení pro zlepšení situace (Zanetti Roberto 2015).

Dílo *Individuální automobilová doprava v Brně – vývoj, kontext, problémová místa* se zaměřuje na pojem kongesce – tedy dopravní zácpy. Data pro výzkum dopravních zácp čerpá z portálu *doprava-brno.cz*, kde se data o intenzitě dopravy nachází. Ta pak analyzuje a hledá, co do kongesce, problémová místa v Brně (Lengal Daniel 2019).

Mezi práce, které zkoumají okolní vlivy na dopravu, konkrétně vlivy počasí, patří *Posouzení vlivu počasí na dopravu v intravilánu*. Práce se snaží vypořádat spojitost mezi počasím a dopravními nehodami nebo rychlostí provozu v jednotlivých krajských městech České republiky (Jalůvková Denisa 2018).

Jedním z největších témat poslední doby je situace ohledně pandemie covid-19 a její dopad na téměř všechny obory lidské činnosti. Její dopad na hustotu dopravy zkoumá práce *Statistické vyhodnocení vlivu koronaviru na hustotu provozu*. Hlavním objektem zájmu se v tomto případě stala osobní a nákladní silniční doprava a její vývoj během pandemie. Výsledky autorova zkoumání ukazují na pokles výkonu dopravy v roce 2019 a na opětovný růst v roce 2020 (Beck Pavel 2021).

Prognóza dopravního chování obyvatel sleduje trendy v dopravě ve městech Brno, Curych, Drážďany, Norimberk a Curych – máš tu 2× Curych. Práce porovnává různé ukazatele, jako jsou intenzity dopravy, přepravní výkony, dělby přepravní práce a další. Výsledky práce vedou k zajímavým zjištěním, že intenzita dopravy ve vybraných městech klesá, avšak s výjimkou Brna, kde tento ukazatel roste (Kobzová Hana 2020).

Do poslední části studentských prací patří práce od studentů Katedry geoinformatiky v Olomouci. Bakalářská práce *Analýza dopravního chování obyvatel města Olomouce* využívá dotazníkového šetření pro získání vzorů dopravního chování obyvatelstva. Autorka zkoumá vlivy jako smog, počasí, opravy silnic, očekávané zácpy, víkend a další (Šolcová Kateřina 2015).

Štěpán Roubalík ve své práci *Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran* porovnává intenzitu dopravy a využívá při tom data z mýtných bran. Intenzitu dopravy srovnává v rámci dnů, hodin, směru jízdy a hledá lokální extrémy. Výsledky analýzy srovnává s daty z celostátního sčítání dopravy. Výsledkem je analýza časoprostorové variability, která obsahuje statistiku průjezdů, průměrné denní průjezdy, zatížení podle směru jízdy, míru intenzity zatížení úseků a další (Roubalík Štěpán 2017).

Tematicky nejbližší prací je *Vyhodnocení automobilové dopravy Olomouce časoprostorovou analýzou*, která využívá data z provozu v reálném čase od společnosti HERE pro analýzu denních a týdenních průběhů, hustoty dopravy a analýzu průměrné hustoty dopravy ve speciálních dnech. K analýze dat z *Here Traffic* přidává analýzu intenzit dopravy na základě hodnot ze sčítání dopravy 2016. Autorka se ve své práci zaměřuje pouze na oblast Olomouce (Tesařová Marcela 2021).

Jakkoliv mají tyto představené publikace některá témata, aspekty či řešení podobná, tato práce se snaží zaměřit na silniční dopravu v České republice a hodnotit především intenzitu, vývoj, změny a trendy, které se v posledním roce udály.

3.5 Analýzy dopravy ve světě

Po celém Světě je dopravě a různým oblastem této problematiky věnováno obrovské množství odborných publikací. Problematice hodnocení intenzity dopravy s využitím floating car dat (FCD), které by se snažily zachytit časoprostorovou analýzou vývoje intenzit dopravy na větším území však nikoli.

Příkladem využití FCD dat na velkém území je práce *Measuring Traffic in Cities Through a Large-Scale Online Platform*, kde autoři stejně jako v této práci využívají dat společnosti HERE pro časoprostorovou analýzu dopravy. Rozdíl mezi prací zmiňovaných autorů a touto prací v datech spočívá v tom, že autoři stahují data o dopravě každých 5 minut pro 45 měst a využívají atribut rychlost. Výsledky ukazují v podobě shlukové analýzy, kde je vytvořeno několik shluků měst podle vybraných charakteristik (Verendel a Yeh 2019). V podobném duchu, tedy prací s daty společnosti HERE a porovnáním vybraných měst (13 měst v Rumunsku), se zabývá *A dataset of urban traffic flow for 13 Romanian cities amid lockdown and after ease of COVID19 related restrictions*. Tentokrát však jde o porovnání změny dopravy v rámci pandemie covid-19 (Iovanovici et al. 2020).

Další práce se zaměřují na menší oblasti měst, kde se snaží testovat FCD data a pomocí nich hledat rozdíly v intenzitách dopravy, a nakonec vyhodnocovat potenciál těchto dat. Jde o města jako je Hannover, Minneapolis, Florencie a Stockholm (Golze et al. 2021; Keler 2021; Pugliese et al. 2009; Rahmani et al. 2010). Hodnocení potenciálu FCD dat je také cíl práce *Validation and usability of floating car data for transportation policy research*, která porovnává data od HERE s dalšími datovými sady, které byly sbírány jinými metodami. Výsledkem je zjištění, že FCD data jsou velmi dobře využitelná oproti konvenčním metodám ve specifických situacích, kdy je zapotřebí velké prostorové podrobnosti (van der Loopa et al. 2018).

Další oblastí výzkumu je hodnocení přesnosti a využitelnosti FCD dat. Studie ukazují na relativně jednoduché budování infrastruktury pro sběr takových dat, na vysokou úroveň podrobnosti, velkou přesnost dat, spolehlivost při identifikaci dopravních zácp a relativní spolehlivost při odhadu stavu hustoty dopravy (Brouwer 2015; Brockfeld et al. 2007; Sunderrajan et al. 2016; Graser et al. 2012).

Problematika životního prostředí, konkrétně emisí vypouštěných dopravou, je další oblastí využití dopravních analýz pracujících s FCD daty. Vybrané studie ukazují na problémy ve využití tohoto typu dat v souvislosti, kdy je velkým problémem celková komplexnost této problematiky. Při hodnocení vztahů mezi hustotou dopravy a emisemi v měřítku částí měst je pak zapotřebí velké množství dat, nicméně i tak postihuje výsledky nejistota (Jiang et al. 2021; Guhnemann et al. 2004).

S blízkou související problematikou dopravních zácp se zabývá množství výzkumů. S nárůstem automobilů je problém aktuální po celém světě a jeho ekonomické dopady jsou obrovské. Pro identifikaci kongescí se využívá více přístupů, jako jsou tradiční metody založené na číselných statistikách či nové dynamické zkoumání časoprostorového průběhu (Xu et al. 2013). Samotná identifikace kongescí je pak důležitá pro řešení tohoto problému. Jedním z přístupů k řešení je zpoplatnění zón s dopravními zácpami. Při tomto přístupu jsou pak velmi důležité výzkumy, které by správně identifikovali tyto zóny, aby zefektivnily celý proces (Loo a Huang 2021).

3.6 Dopravní data

Dopravní analýzy potřebují k dosažení uspokojivého výsledku reálná data z komunikací. V ideálním případě je žádoucí, aby tato data byla také přesná. S velkou přesností může dojít k růstu ceny jejich pořízení. Existuje velké množství metod, jak tyto data získat. Neméně důležitá je rovněž znalost metody, jež byla ke sběru dat využita. Každá metoda je specifická a může vykazovat specifické chyby v datech, které následně ovlivňují výsledky analýzy.

Podle Leduc (2008) se dopravní silniční data dají sbírat podle základního rozdělení pomocí dvou metod. První metodou je využití konvenčních metod sběru, mezi které patří jednotlivé invazivní a neinvazivní techniky. Druhou metodou je sběr dat v reálném čase metodou s názvem *floating car data* (FCD) (Leduc 2008).

3.6.1 Konvenční metody

Konvenční metody se zaměřují na sběr dat pomocí senzorů umístěných na vozovce nebo v blízkém okolí vozovky (Leduc 2008). Podle přítomnosti senzoru je lze rozdělit na invazivní a neinvazivní. Invazivní metody vyžadují přítomnost alespoň části zařízení pro sběr dat přímo na vozovce. Neinvazivní metody sbírají data na základě vnějšího pozorování mimo vozovku. Zařízení pro sběr dat je tedy umístěno vedle nebo nad vozovkou.

Pneumatické potrubní senzory

Základem tohoto typu senzoru je trubice, která je umístěná napříč jedním nebo více silničními pruhy. Sběr dat funguje tak, že při přejetí trubice vozidlem se trubicí uvolní tlak vzduchu, který sepne spínač a ten vyšle signál (French a Solomon 1986). Tento signál poté ve sčítacím zařízení oznamuje připočtení dalšího vozidla.

Piezoelektrické metody

Fungují na principu piezoelektrického generátoru, který je sestaven z jednoho nebo více vrstev piezoelektrických materiálů vložených do vozovky. Tyto vrstvy při průjezdu vozidla díky změně tlaku generují elektrickou energii (Shoaib 2020). Tato metoda se používá k měření hmotnosti a rychlosti (Leduc 2008).

Detektory s magnetickou smyčkou

Detektory s magnetickou smyčkou jsou instalovány přímo do vozovky. Když vozidlo přejede magnetickou smyčkou, změní indukčnost smyčky v elektromagnetickém poli detektoru, které je generováno procházejícím elektrickým proudem. Tato událost vyšle signál o projíždějícím vozidle (Lawrence A. Klein et al. 2006).

Manuální sběr

Technologicky nejjednodušší metoda, při které lidé manuálně zaznamenávají údaje o projíždějících vozidlech na zvolených stanovištích. Nejsou zapotřebí žádné speciální technologie pro záznam údajů. Nejdražší položkou jsou lidské zdroje. S vývojem nových technologií může být manuální sběr postupně nahrazován jinými metodami.

Manuální sběr dat byl využit v Celostátních sčítáních dopravy. Ve sčítání z roku 2016 byla využita data z automatických sčítačů dopravy (ASD) pro dálnice a tyto data byla doplněna o manuální sčítání (ŘSD 2016).

Pasivní a aktivní infračervené senzory

Infračervené senzory se rozdělují na dva základní typy senzorů, a sice pasivní a aktivní infračervené senzory (Basavaraju 2014). Pasivní fungují tak, že detekují energii vyzařovanou sledovanými objekty. Znamená to, že je potřeba instalace zařízení pouze na jedné straně vozovky. To pak podle tepelného rozdílu detekuje vozidlo, případně jejich počet. Aktivní infračervené senzory mají vlastní zdroj infračerveného záření, kterým toto záření vysílají z jedné strany vozovky na druhou. Vysílač vyšle signál z jedné strany vozovky k přijímači na druhé straně, ten pak podle přerušení signálu pozná průjezd vozidla (FHWA 2013).

Pasivní magnetické senzory

Magnetické senzory pasivně sledují přítomnost kovového předmětu v jejich dosahu. Fungují na principu detekce změny magnetického pole, která je zapříčiněna působením magnetického pole jiného předmětu (FHWA 2013). V senzorovém systému jsou umístěna čidla, která měří narušení magnetického pole. Když je magnetické pole narušeno, čidlo vyšle signál a vozidlo je tímto započítáno. Navíc podle úrovně šumu je systém schopen vyhodnotit, jaká je velikost vozidla a jakou rychlostí se vozidlo pohybuje (Bugdol et al. 2014).

Mikrovlnný radar

Další možností sběru dopravních dat je využití radarové technologie. Pro tento účel se využívají dva typy radarů. Prvním typem je Dopplerův radar založený na Dopplerovu jevu. Funguje tak, že vysílá radarové vlny směrem k snímaným objektům a když je snímáný objekt v pohybu, tak se frekvence radarové vlny mění. Takto může radar měřit samotný výskyt vozidla a jeho rychlost. Druhým typem je FMCW (Frequency-Modulated Continuous Wave) radar. Tento radar na rozdíl od prvního typu měří změnu frekvence i

fáze radarové vlny. Tento přístup mu umožňuje změřit i délku vozidla. (Penny 2021). Podle Rowell (2021) se radar stává stále více používaným. Děje se tak především díky jeho přednostem, mezi něž patří především nízká cena, přesnost měření, použití v nepříznivých meteorologických podmínkách a snadná přenosnost. Využívá se pro měření vozidel, která jsou v pohybu, protože radar není schopen zachytit pomalu pohybující se vozidla (Rowell 2021).

Ultrasonické a pasivní akustické senzory

Ultrasonické a pasivní akustické senzory jsou zařízení, která vysílají zvukové vlny směrem k místu průjezdu vozidel a podle doby, za kterou se odražená vlna vrátí zpět do senzoru, zjišťují přítomnost vozidla. Ultrasonické senzory se od pasivních akustických senzorů liší tím, že jsou umístěny nad vozovkou, naopak pasivní akustické senzory bývají umístěny podél vozovky (Leduc 2008). Výhodou těchto zařízení je dobrá funkcionality v prostředí se špatnými světelnými podmínkami, relativně malá velikost a nízká spotřeba energie (Stiawan et al. 2019).

Detekce z obrazu a videa

Pro sběr dopravních dat pomocí detekce z obrazu a videa je zapotřebí zařízení pro zaznamenání obrazového media, což může být jedna nebo více kamer, dále je zapotřebí software, který dokáže záznamy zpracovat a analyzovat. Omezení přesnosti, může nastat při sběru dat v noci, kdy se systém musí spoléhat na detekci podle světel automobilů (FHWA 2013). Předností sběru dat pomocí obrazu a videa může být velikost snímané oblasti a možnost v reálném čase zasílat s dopravními daty i videozáznam, který může poskytnout další cenné informace (Versavel 2007).

3.6.2 Floating car data (FCD)

Tato metoda sběru dat počítá s použitím GPS zařízení umístěného ve vozidle nebo mobilního telefonu, který má u sebe uživatel a je ochoten sdílet údaje o své poloze. Z údajů o poloze lze z více bodů extrapolovat informace o rychlosti a směru jízdy (Asiag 2021). Výhodou je dostupnost těchto zařízení a možnost sbírat data ve velkém měřítku a v reálném čase. Jak uvádí Kuhns a kol. (2011), protože není nutná instalace žádných speciálních senzorů, je cena pořízení takových dat levná v porovnání s ostatními konvenčními metodami (Kuhns et al. 2011). Tímto způsobem mohou vznikat obrovské databáze dopravních dat aktualizované v reálném čase.

Data z GPS zařízení

Prvním způsobem, jak získat FCD data, jsou GPS systémy zabudované ve vozidlech. Podle Leduc (2008) nabízí tato možnost velkou přesnost lokalizace, a tím i lepší dopravní údaje než data z mobilních zařízení, nicméně je omezena menším počtem zařízení (Leduc 2008).

Data z mobilních zařízení (CDMA, GSM, UMTS a GPRS sítě)

Díky dostupnosti mobilních zařízení a jejich rozšíření je možné pomocí této metody sbírat velké množství dat. K tomu stačí pouze chytré mobilní zařízení s funkčním softwarovým vybavením. Podle Leduc (2008) je přesnost obecně nízká, nicméně je tento nedostatek kompenzován množstvím zařízení (Leduc 2008). Proto je spolehlivost nejmenší při nízkém vzorku vozidel – tedy na málo vytížených komunikacích. Naopak nejvíce je metoda spolehlivá na zatížených komunikacích s velkým provozem (Roper 2018).

3.7 Zdroje realtime dat

Jako realtime data jsou označována ta data, která jsou získávána „za běhu“, tedy v reálném čase. Tato data mohou být získávána pomocí výše uváděných metod nebo jejich

kombinací. Velmi často jsou v tomto případě využívána FCD, která nevyžadují, pro svůj sběr, budovat velmi drahou infrastrukturu. V odstavcích níže jsou popsány některé významné zdroje realtime dat a jejich případného využití.

HERE

HERE technologies, fungující pod obchodní značkou *HERE*, je společnost zabývající se mapováním, geolokací, prací s prostorovými daty, ale především vývojem aplikací pro navigaci silničních vozidel. Za svou více než 30letou historii byla postupně koupena společností Nokia, aby se v roce 2015 dostala pod křídla konsorcia sdružující automobilové výrobce, jako Audi, BMW, Mercedes-Benz v akvizici o celkové hodnotě kolem 2,8 miliardy dolarů (Sharwood 2015). Po akvizici došlo na přejmenování hlavní aplikace *HERE Maps* na *HEREWeGo* (Andrew Orłowski 2016).

Data pro své dopravní služby získává *HERE* ze sensorových dat na automobilech, z chytrých zařízení využívajících její služby, PND kamer, silničních senzorů a GPS zařízení z připojených vozidel (ADCi 2022).

HERE tyto data poskytuje prostřednictvím rozhraní pro programování aplikací (API) v podobě REST API, předává uživateli data z dopravních událostí z databáze *HERE*. Mezi služby poskytované *HERE traffic API* patří *Traffic Incident Data*, která poskytuje data o dopravních událostech ve formátech XML nebo JSON, *Traffic Map Tile Overlays (Traffic Tiles)*, jež nabízí mapové dlaždice obsahující dopravní informace, *Traffic Flow Availability*, kde jde o poskytování informací o hustotě dopravy, pokud je tato informace k dispozici. Poslední službou je *Traffic Flow Data*. Tato služba je z pohledu této práce nejdůležitější a poskytuje informace o dopravě za jednotlivé úseky, definované výběrem v požadavku a poskytované ve formátu XML nebo JSON (*HERE* 2022).

Služba *Traffic Flow Data*, obsahuje údaje o provozu na konkrétních úsecích. Poskytované údaje charakterizují dopravní situaci na daném úseku. Jejich konkrétní znění a charakteristika je popsána níže ve struktuře *Traffic flow*. Údaje jsou aktualizovány každou minutu. Služba pokrývá více než 70 zemí světa. Výpis všech zemí je možné nalézt zde: https://developer.here.com/documentation/traffic-api/dev_guide/topics/coverage-information/traffic.html

Konkurence

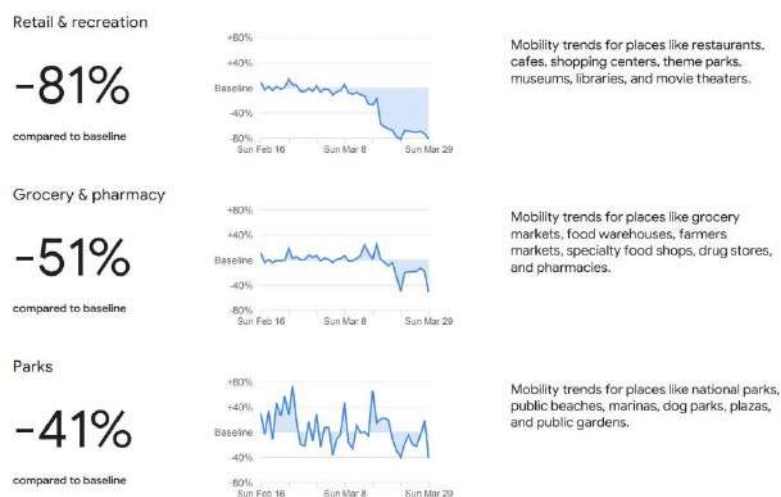
Here traffic se svou API není jediným zdrojem dopravních dat. Existují další společnosti, které nabízejí podobná řešení ať už pomocí API rozhraní, ze kterého lze získat dopravní data v reálném čase, nebo méně otevřené řešení v podobě agregovaných dat (vycházejících z agregace real time dopravních dat) o mobilitě za definovaný územní celek či jen reporty o mobilitě. Zdroje těchto dat, respektive společnosti, které je nabízejí, jsou popsány (včetně popisu dat a příkladů jejich využití) v následující části.

Google Maps

Google Maps jsou jednou z nejznámějších a nejpoužívanějších mapových služeb. V rámci svého portfolia poskytují také informace o dopravě. Uživatelům nabízejí informace o zatížení vozovek a o incidentech na cestách (dopravní nehody, uzavírky, práce na silnici a další). Data o dopravě pocházejí ze senzorů a jsou doplněna o data z crowdsourcingu, kdy *Google* využívá anonymizovaná data od uživatelů využívajících jejich služby (Barth Dave 2009). *Google* má pro své služby vytvořenou API knihovnu, ve které je možné využívat dopravní vrstvu jako službu pro uživatelské projekty. V této knihovně však není možné oficiální cestou stahovat tyto data.

Existuje však možnost, jak sledovat mobilitu obyvatelstva z dat z *Google*. *Google* v roce 2020 v probíhající pandemii covid-19 přestavil *Google Community Reports*. Podle oficiálních stránek zde představují přehledy, které „znázorňují trendy v pohybu podle

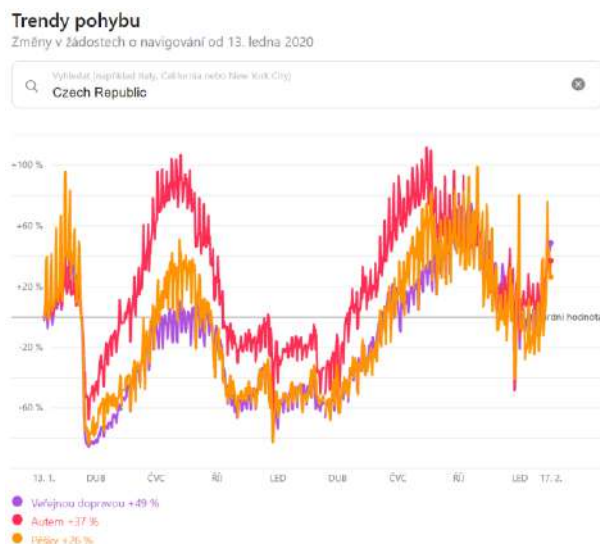
času a oblasti, a to v různých kategoriích míst, jako jsou provozovny a volnočasové prostory, potraviny a lékárny, parky, stanice veřejné dopravy, pracoviště a bydliště“ (Google 2020). Data je možné stáhnout ve formátu PDF, kde je nachystaný přehled mobility?? za poslední týden, který ukazuje změny (vyjádřené v procentech) v již zmiňovaných kategoriích míst. Další možností je data stáhnout ve formátu CSV, což je dále rozděleno na stažení lokálního nebo globálního souboru. Globální soubor poskytuje data spojené do jednoho globálního souboru a regionální soubor rozděluje data na regiony. Z takových dat je možné vytvářet zajímavé analýzy.



Obrázek 3.1 – náhled na analýzy Google Community Reports (GOOGLE MOBILITY REPORT, 2022)

Apple Maps

Firma *Apple* se u svých produktů zaměřuje především na doplnění vlastního ekosystému. Její služby mají doplňovat vlastní produkty, fungovat především na vlastních systémech (iOS, macOS). *Apple Maps* vznikly jako reakce na neshody se společností Google, která do té doby poskytovala mapové služby pro zařízení *Apple* (Arthur 2012). I přes počáteční problémy po spuštění služby se postupně mapy dostaly na vysokou úroveň a poskytují jistý standard srovnatelný s konkurencí (Kahn 2012). Mezi službami nechybí ani informace dopravního charakteru. Jde o dopravní incidenty (nehody, práce na vozovce, uzavření vozovky, hlavní uzavírky), intenzita dopravy na úsecích, dopravní zácpy. Data pro tyto služby jsou získávána od společností *TomTom*, *Automotive Navigation Data*, *Getchee*, *Hexagon AB*, *IGN*, *Increment P*, *Intermap Technologies*, *LeadDog*, *MDA Information Systems*, *OpenStreetMap* a *Waze* (Danna 2013). Výhodou *Apple Maps* by měla být v kontrastu s konkurencí starost o soukromí uživatelů. Jak společnost uvádí na oficiálních stránkách, „Apple Maps jsou od základu navrženy tak, aby chránily vaše soukromí, neshromažďují žádné osobní údaje související s používáním map“ (*Apple* 2022).



Obrázek 3.2 – náhled na trendy pohybu od společnosti Apple (APPLE COVID MOBILITY, 2022).

Přístup k realtime dopravní datům od *Apple maps* je v současné době problém. Nicméně společnost v reakci na pandemii covid-19 začala poskytovat alespoň parciální data o mobilitě agregovaná na země, regiony nebo města (Roy a Stephens 2020). *Apple* neposkytuje žádné rozhraní *API* pro práci s daty. Data jsou zpřístupněna jako datový soubor *CSV*. Příkladem použití může být práce publikovaná v článku *Visualizing Jakarta Mobility Trends and Traffic Using Data from Public APIs*, kdy autoři zpracovali data pomocí skriptu v jazyce *python* a vytvořili dashboardy zobrazující vývoj mobility ve městě *Jakarta* za měsíc leden v roce 2020 (Hadhari et al. 2021).

Waze

Waze je aplikace pro *Android* a *iOS* zaměřená na navigaci. Funguje na základě crowdfundingu. To znamená, že aplikace bere data od svých uživatelů. Na základě těchto dat vyhodnocuje stav provozu na komunikacích a tyto informace posílá ostatním uživatelům využívající aplikaci. Uživatelům také umožňuje nahlašovat události na komunikacích (nehody, uzavírky a další).

V roce 2013 byla společnost *Waze* odkoupena společností *Google*, která taky poskytuje služby v oblasti dopravních dat. *Google* se postupně snaží přidávat služby z aplikace *Waze* do svých vlastních produktů a může se stát, že v budoucnu budou tyto produkty sloučeny (Kelleher 2019).

Právě spolupráce s firmou *Google* umožnila spuštění programu *Waze for Cities Data*, který od roku 2014 zpřístupňuje dopravní data v reálném čase pro města po celém světě. Tato data jsou přístupná pomocí služby *Google Cloud* a jde na ně používat analytické nástroje, jako *BigQuery* nebo *Data Studio* (Stephen Edelstein 2019).

V rámci bezplatného přístupu je možné dostat se i k datům z vybraného města/regionu za období jednoho roku. Mezi dopravní data, která jsou poskytována, patří dopravní výstrahy, dopravní události a dopravní nehody (*Google* 2022).

Možnosti analýzy s touto datovou sadou jsou enormní. Ukázkou může být projekt pro zlepšení mobility ve městě *Louisville*. V tomto projektu byla analyzována data o zácpách ve městě a na základě těchto analýz vznikla podpora pro úpravu časování světelné signalizace na zatížených úsecích, která zaznamenala úspěchy ve snížení počtu dopravních zácp (Ed Blayney 2018). Další projekt ukazuje na příkladu města *Madrid* možnosti vizualizace dopravních dat z *Waze for Cities Data*. Autor přebírá data z *BigQuery*

a importuje je do nástroje *CARTO Builder*, ve kterém vytváří výslednou vizualizaci (viz obrázek 3-3) (Kyle Pennell 2020).



Obrázek 3.3 – ukázka vizualizace dat Waze pomocí nástroje *CARTO Builder* (CARTO, 2022).

TomTom

TomTom je společnost zabývající se nejen tvorbou mapových podkladů využívaných především pro navigaci, ale také vývojem samotného navigačního systému pro vozidla a vývojem technologií pro zefektivnění autonomní jízdy. Podle společnosti pocházejí dopravní data využívaná pro zpřesňování navigačního systému od přibližně 600 milionů uživatelů jejich služeb (TomTom 2022).

Tato data jsou v anonymizované podobě a je možné se k nim dostat, podobně jako *Here Traffic*, přes rozhraní pro programování aplikací *TomTom Traffic API*. Dostupné jsou služby *Traffic Incidents*, která poskytuje data za dopravní události a dopravní zácpy na silniční síti a služba *Traffic flow*, která dodává data o rychlostech a o cestovních časech na všech klíčových silničních úsecích (TomTom 2022). Obě tyto služby fungují v reálném čase a pomocí architektury *REST* vrací požadavek na data ve formátech *XML* nebo *JSON*.



Obrázek 3.4 – změna v dopravních špičkách ve zvolených zemích v *TomTom Traffic Indexu* (TOMTOMTRAFFIC INDEX 2022).

Jako ukázkou využití dopravních dat vytvořila společnost *TomTom* analýzu změn v mobilitě za každý rok nazvanou *TomTom Traffic Index*. Tato analýza srovnává intenzitu dopravy či dopravních zácp ve velkých městech (kolem 400 měst) po celém světě a snaží se kvantifikovat změny během uplynulého roku pomocí vlastního indexu. Na základně těchto čísel pak vyhodnotit nejproblémovější město ze všech hodnocených (Perry 2021). Jak však upozorňuje Matthew Bedham, nelze tento index brát jako přesnou interpretaci

zlepšení nebo zhoršení dopravy v jednotlivých městech, ale spíše jako informaci o změně dopravy bez interpretace zapojených vlivů. A to proto, že index například nebere v potaz různé dopady lockdownu ve městech během pandemie covid-19 na dopravu, které ukazují, že takto jednoduše nelze města srovnávat (Matthew Beedham 2022).

Bing maps

Bing maps je mapová služba patřící firmě *Microsoft* a jedná se o službu, která doplňuje portfolio ke konkurenci již dříve zmiňovaným technologickým gigantům, jako je *Google* či *Apple*. Funkčně se pohybuje někde na úrovni svých konkurentů, přidanou hodnotou může být propojení s dalšími službami od *Microsoftu*, jako je například *Power BI*, které umožňuje analýzu a vizualizaci dat.

Bing maps, podobně jako některé zmíněné mapové zdroje, umožňují získat dopravní data v reálném čase prostřednictvím rozhraní pro programování aplikací *Traffic API*. Dopravní data se v posledních letech rozšířila na území více než 50 států, a to včetně České republiky (*Bing* 2017). Dostupná jsou v podobě *Traffic Incident* dat, pod čímž se skrývají dopravní události a jejich popis ve vybraných atributech, ve formátech XML nebo JSON (*Microsoft* 2022).

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Cílem práce v její praktické části je vyhodnotit změny v intenzitách dopravy v třinácti vybraných regionech České republiky. Zadání pro tuto práci má velmi široký výklad, a proto bylo důležité sestavit ji tak, aby bylo její provedení z důvodu časových a jiných nákladů vůbec možné, ale především aby přinesla výsledky odpovídající zadání v co nejlepší míře detailu získaných informací.

Z pohledu prostorového byl nejdůležitější výběr a vymezení regionů v České republice, které vstupují do analýzy. Databáze *Here traffic*, popsána v kapitole metody a data, je definována územím třinácti bounding boxů, což jsou čtyřúhelníky ohraničující všechny definované oblasti FUA v okolí velkých měst, sestavující se z jádra (města) a dojížděcí zóny. Od myšlenky provádět výpočty statistických ukazatelů s využitím kompletní sady sestavující ze všech úseků uvnitř bounding boxů, bylo postupně opuštěno z následujících důvodů. Využití všech úseků v bounding boxech by vyžadovalo velký výkon technické infrastruktury, na které jsou data uložena. Tento výkon nebyl dostupný a znamenalo by to buďto selhání výpočtů, nebo velkou časovou náročnost výpočtů. Dalším důvodem, který vychází z povahy dat, byl, že výběr velkých oblastí zahrnující mimoměstské komunikace zkresluje výsledné hodnoty hustoty dopravy ve smyslu snižování rozdílů mezi porovnávanými oblastmi. Mimo města existuje velké množství komunikací, které vykazují v průběhu dne velmi malou nebo žádnou hustotu dopravy. Tyto komunikace pak zkreslují rozdíly mezi agregovanými statistickými údaji mezi jednotlivými oblastmi. Posledním důvodem bylo sjednocení metodiky, ve smyslu získání vzorku, který by byl schopen analyzovat změny intenzity dopravy v celé České republice při udržitelné míře zkreslení výsledků analýzy jako celku.

Dalším důležitým bodem bylo definování časového rámce pro tvorbu analýz. Vstupní data jsou dostupná od května 2020, přičemž stahování dat na server stále pokračuje. Problémem v této záležitosti je neúplnost databáze, kdy vlivem technických závad byly ztraceny celé dny a týdny záznamů.

Při těchto popsáních souvislostech byly vybrány oblasti všech krajských měst v České republice, definované jádry měst z FUA v rámci metodiky Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) ve spolupráci s Eurostatem. Do těchto oblastí patří jednak zmiňovaná krajská města, ale v několika případech i další blízká města. Jedná se o Kladno, které patří do jádrové oblasti Prahy, dále o Karvinou či Havířov spadající do jádrové oblasti Ostravy, Stráž nad Nisou patřící do oblasti Liberce a Jaroslavice, které se řadí do oblasti Zlína. Tento výběr zajišťuje dobrou prostorovou diferenciaci po celé České republice a zachycuje vývoj intenzit dopravy ve všech krajích.

Časový rozměr je definován méně striktně z důvodu zmiňovaných „děr“ v databázi. Jako hlavní časová linka, kterou se řídí analýzy v základním nastavení, byl zvolen časový úsek v délce jednoho roku od zadání diplomové práce, tedy rok 2021. Tento úsek je dále doplňovaný o další data využité například pro vyhodnocení událostí v rámci pandemie covid-19 nebo pro doplnění časových řad.

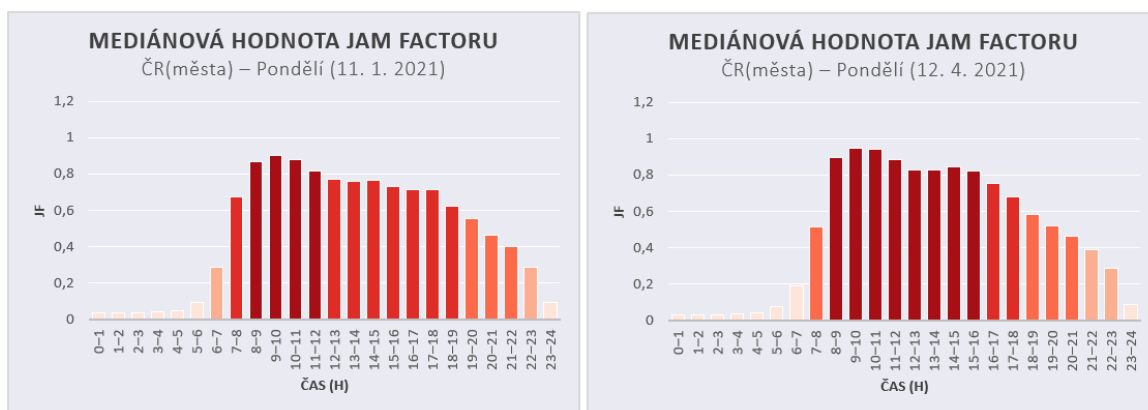
4.1 Analýza hodinových hodnot hustoty dopravy

Nejmenší agregovaná jednotka využitá v analýzách byla stanovena jako jedna hodina. Na menší jednotky nebyla agregace možná z důvodu existujícího mechanismu, a sice, ukládání dat v 15minutovém intervalu. Z toho vyplývá, že agregace za hodinu, pro jeden úsek, je sestavena ze čtyř záznamů. Všechny úseky z *FUA core* jednotlivých měst jsou agregovány pomocí statistické veličiny medián z ukazatele *jam factor*, čímž vzniká hodinová hodnota mediánu každého města nebo všech úseků z vybraných oblastí.

Pro porovnání hodnot z jednotlivých období nebyl využit agregát z celého sledovaného souboru, v tomto případě roku. Tato možnost by byla ideální v případě, že byla dostupná kompletní datová sada sledovaného roku, popřípadě dalších roků, jež v rámci této práce nebyla dostupná.

4.1.1 Porovnání vybraných všedních dní v roce měření

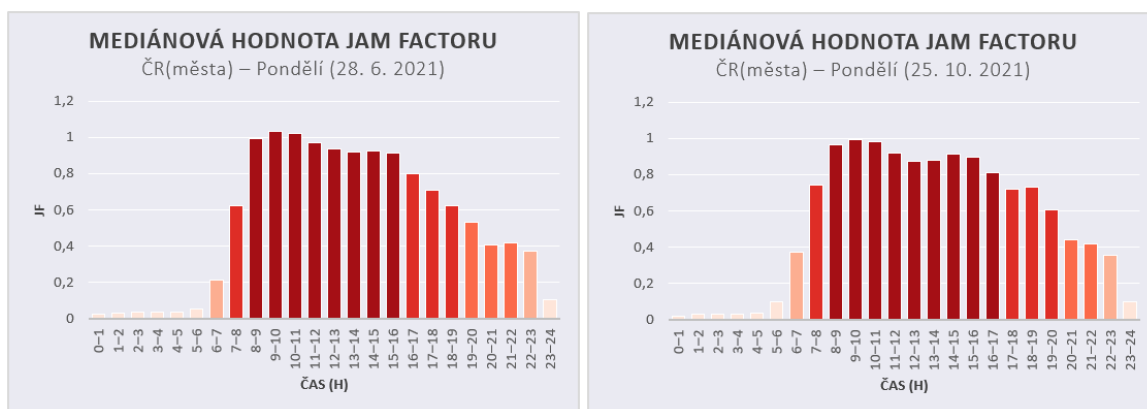
Prvním porovnáním je porovnání mediánových hodnot ukazatele *jam factor* z úseků všech vybraných oblastí ze začátku roku, tedy z ledna 2021, oproti hodnotám postupně z dubna, června, října, a nakonec z ledna 2022. Pro tuto analýzu byly vybrány dny 11. 1. 2021, 12. 4. 2021, 28. 6. 2021, 25. 10. 2021 a 10. 1. 2022. Výběr dnů by měl simulovat různé období v průběhu roku, což by mělo ve výsledku podhalit průběh vývoje v roce 2021. Všechny vybrané dny jsou pondělí, což by mělo eliminovat rozdíl způsobený rozdílnou hustotou dopravy mezi dny v týdnu, která je dále analyzována v následujících částech práce.



Grafy 4.1 a 4.2 – mediánové hodnoty ukazatele *jam factor* v pondělí 11. 1. 2021 a 12. 4. 2021

V obecné rovině jde z grafů 4.1 a 4.2 vidět základní rozložení hustoty dopravy během všedního dne. Během brzkých ranních hodin je hustota velmi nízká, blížíci se k nule, což souvisí s nízkou aktivitou obyvatelstva během těchto hodin. Hustota dopravy po 5 hodině prudce narůstá až do dopravní špičky kolem 8.–11. hodiny, kdy obyvatelstvo využívá dopravní prostředky k dojížděcí do zaměstnání či do škol. Poté následuje menší snížení hustoty dopravy kolem obědových hodin, než začne v odpoledních hodinách znovu narůstat. Zde se může objevit odpolední dopravní špička kolem 14.–16. hodiny, která souvisí s návratem zpět ze zaměstnání a škol. Postupem k večerním hodinám se hustota snižuje až do 23 hodiny. Od toho času se hustota dopravy skokově sníží na hodnoty, které odpovídají brzkým ranním hodnotám. Tyto vzorce dopravního chování se mohou lišit v jednotlivých městech, čemuž je věnována další analýza v oddíle analýza měst. Rovněž může být dopravní chování a rozložení hustoty dopravy ovlivněno dalšími specifickými událostmi, čemuž se věnuje analýza specifických událostí.

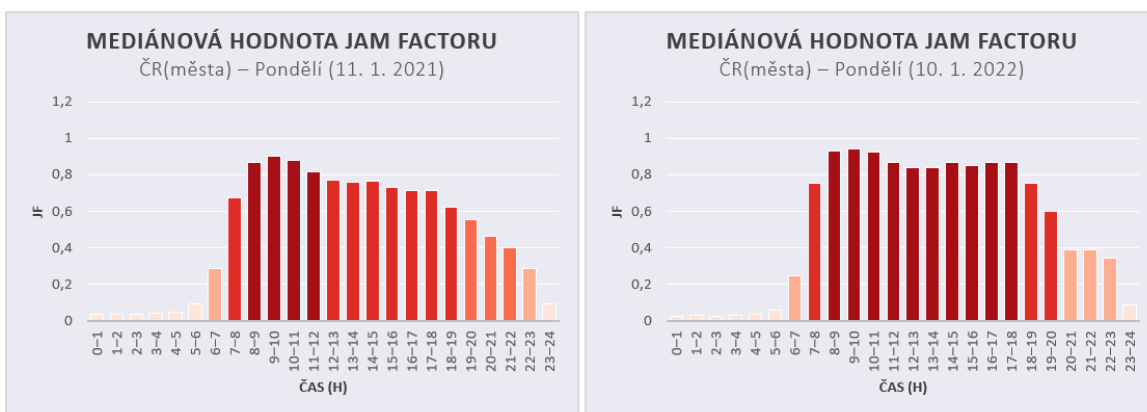
Porovnání konkrétních dní dvou vybraných období ukazuje celkový nárůst hustoty dopravy z jara na grafu 4.2 oproti datům ze zimy na grafu 4.1. Ukazují se také změny v rozložení hustoty dopravy během hodin. Klidný stav dopravy v ranních a pozdních večerních hodinách mezi 23.–6. hodinou zůstává nezměněn. Naproti tomu v rušných ranních a odpoledních hodinách se na jaře zvyšují rozdíly mezi jednotlivými hodinami. Dalším jevem, který lze vysledovat, budíž rozlišení dvou dopravních špiček během dne z dat z jara: nejdříve ranní kolem 9.–11. hodiny, a poté odpolední kolem 15.–16. hodiny. Oproti tomu v datech z ledna se dopravní špička rozprostírá mezi 8.–11. hodinou ranní a druhá, odpolední dopravní špička chybí nebo se nijak výrazně neodlišuje od okolních hodin. Výrazný je pokles hustoty dopravy v dubnovém dnu mezi 6.–8. hodinou, která by mohla ukazovat na zavádění opatření proti pandemii covid-19, která mohla způsobit výrazná omezení v oblasti dojíždění do zaměstnání, škol či obchodů v těchto hodinách.



Grafy 4.3 a 4.4 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 28. 6. 2021 a 25. 10. 2021

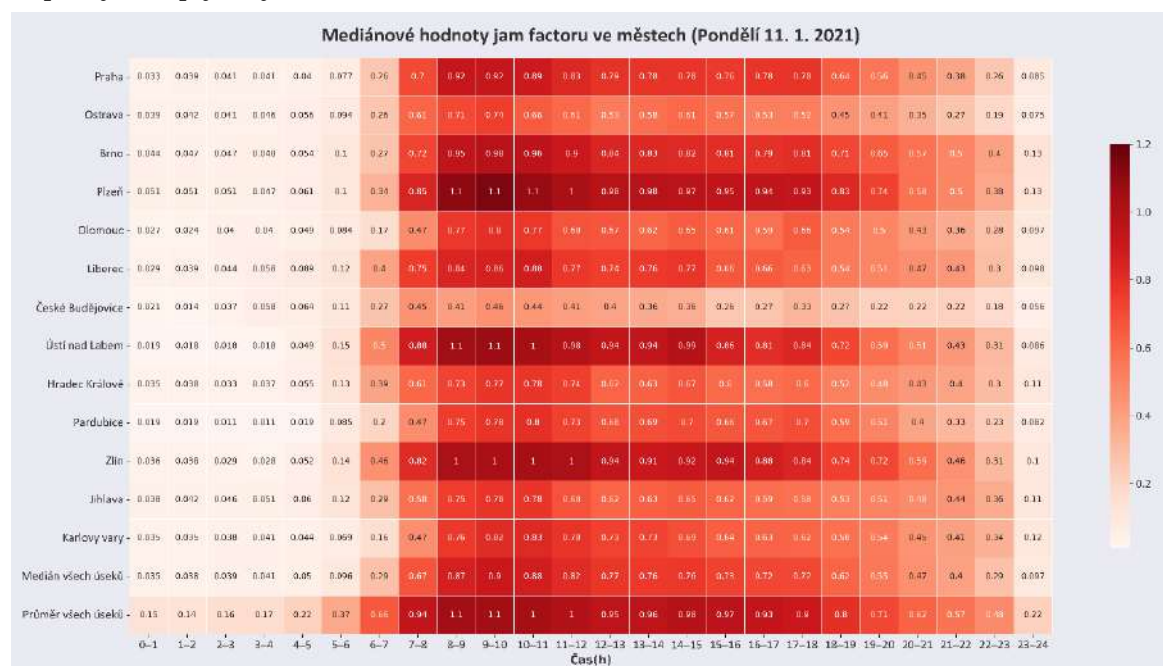
Další dny určené k srovnání zachycují léto a podzim roku 2021. Červnový den oproti dubnovému ukazuje poměrně velký celkový nárůst průměrných hodnot hustoty dopravy. Nejvyšší červnové mediánové hodnoty ukazatele *jam factor* se přibližují hranici 1,1; oproti tomu dubnové nejvyšší hodnoty se pohybují lehce nad 0,9. Rozložení velikostí hustot v průběhu dne je velmi podobné v obou případech s dvěma dopravními špičkami během dne, jednou ranní a jednou odpolední, kdy ranní špička převyšuje tu odpolední.

Ze srovnání letních hodnot z června s podzimními hodnotami z října, které reprezentují grafy 4.3 a 4.4, nelze vypořádat mnoho výrazných změn. Hodnoty hustoty dopravy se pohybují v podobných číslech. Podzimní hodnoty jsou v průběhu dne menší v řádu setin ukazatele *jam factor*. Jedinou signifikantní změnou je nárůst podzimních hodnot mez 6.–8. hodinou. To může být způsobeno nárůstem školáků přijíždějících do škol v novém školním roce oproti posledním dnům předchozího školního roku.

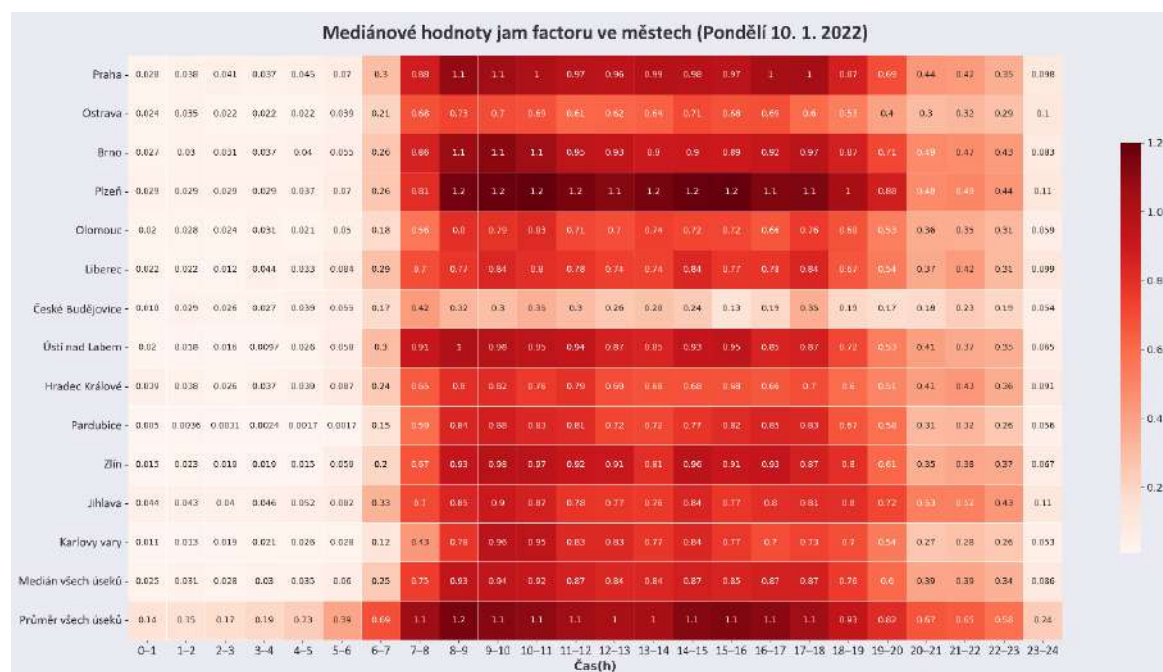


Grafy 4.2 a 4.6 – mediánové hodnoty ukazatele jam factoru v pondělí 11. 1. 2021 a 10. 1. 2022

Srovnání ročního rozdílu dat na grafech 4.5 a 4.6, kdy jsou vybrány pondělí 11. 1. 2021 a 10. 1. 2022, ukazuje nárůst mediánových hodnot hustoty dopravy během téměř celého dne vyjma brzkých ranních a pozdních večerních hodin, kdy je nárůst zanedbatelný nebo žádný. Taky je zde viditelný pokles hodnot mezi 20–23 hodinou. Co do rozložení hodnot se více zvyrazňují dopravní špičky. Interpretace tohoto nárůstu může být různá. Buďto jde a důsledek opatření proti pandemii covid-19, které byly aktivní v roce 2021, což bude dále zkoumáno v analýze specifických událostí, nebo může jít o zvýšení z důvodu špatných meteorologických podmínek nebo k celkové zvýšení intenzity dopravy za uplynulý rok.



Graf 4.7 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 11. 1. 2021

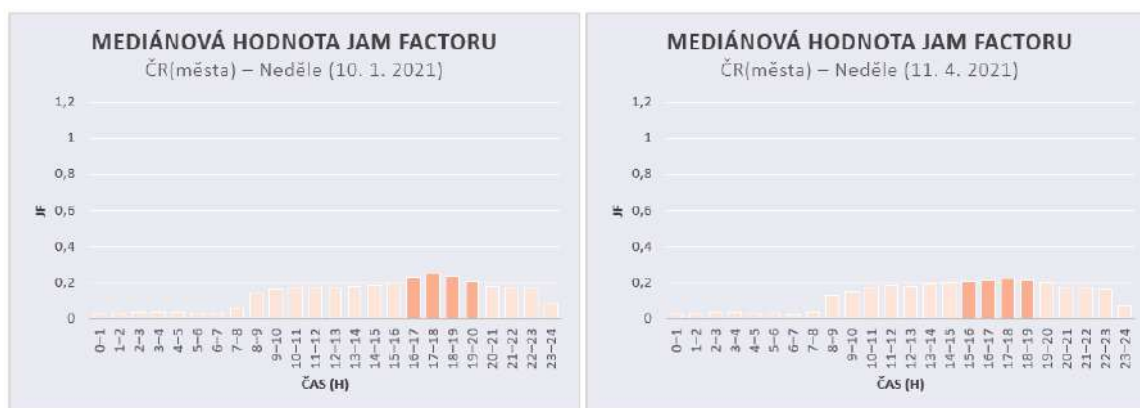


Graf 4.8 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 10. 1. 2022

Při bližším pohledu na všechna města a jejich mediánové hodnoty, tedy neagregované hodnoty do mediánu ze všech úseků, lze vidět celkový nárůst ve vybraném dnu z roku 2022 oproti roku 2021. V některých městských oblastech lze také vidět trend přesunu intenzity dopravní špičky z dopoledních hodin do odpoledních hodin (Zlín, Ostrava, Plzeň), v dalších zůstává intenzivnější dopravní špička v ranních hodinách (Brno, Jihlava, České Budějovice, Praha, Ústí nad Labem) a ve zbylých městech se objevují dopravní špičky v ranních i odpoledních hodinách v podobné intenzitě. Další specifické charakteristiky jsou rozebrány v analýze měst.

4.1.2 Porovnání vybraných víkendových dní v roce měření

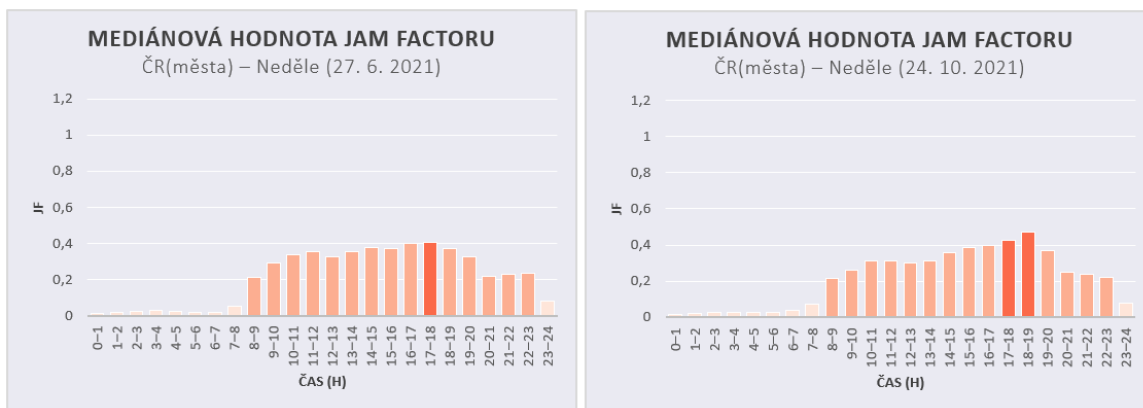
Stejně jako v předchozí části jsou i v tomto případě porovnávány hodnoty z ledna 2021 oproti hodnotám z dubna, června, října, a nakonec z ledna 2022. Rozdíl je v porovnávaném dnu, kdy místo pondělí je vybrána neděle jakožto zástupce víkendu.



Grafy 4.9 a 4.10 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021 a 11. 4. 2021

Už na první pohled je rozložení hustoty dopravy vizualizované na grafech 6.1 a 6.2, a s tím spojené dopravní chování obyvatelstva o víkendu, velmi odlišné od všedních dnů, na které byla zaměřena předchozí část. Přestože v brzkých ranních hodinách je situace podobná v tom smyslu, že hustota dopravy je velmi nízká až blížící se nule, v přechodu do dopoledních hodin nenastává velké zvýšení hustoty v důsledku dojížděky do zaměstnání či škol, ale pouze pozvolné zvyšování hustoty. Toto pozvolné zvyšování postupně pokračuje v odpoledních hodinách. Dopravní špička o víkendech se přesouvá z časů kolem 8.–11. a 14.–16. běžných pro všední dny do času v rozmezí 17.–18. hodiny. V pozdních odpoledních až večerních hodinách se hustota dopravy postupně snižuje až do skokového snížení kolem 23. hodiny, kdy se dostává zpět na nejnižší úroveň blízkou nule.

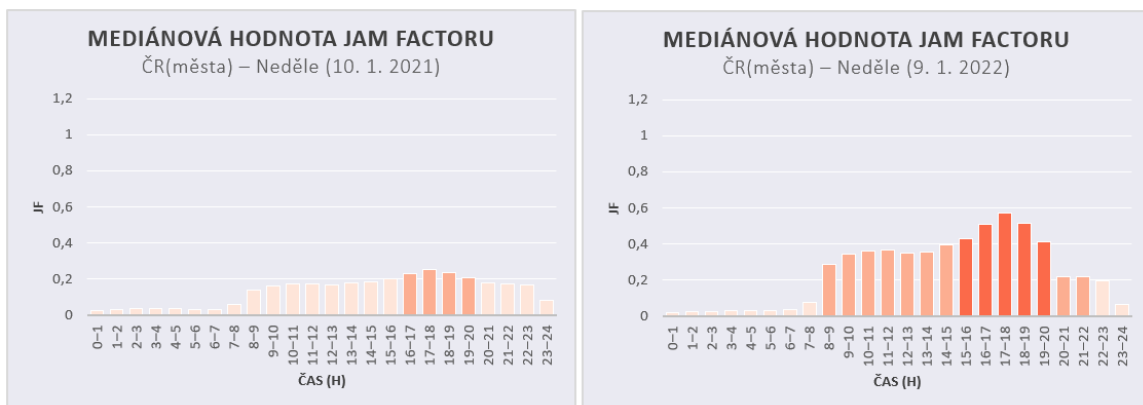
Porovnání vybraného dne z ledna 2021 oproti dni z dubna 2021 přináší zjištění, že hodnoty hustoty dopravy o víkendech se téměř neměnily. Viditelný je pouze velmi malý pokles hodnot v dubnovém dnu. Zaznamenána není ani změna rozložení či průběh hustot během dne.



Grafy 4.11 a 4.12 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 27. 6. 2021 a 24. 10. 2021

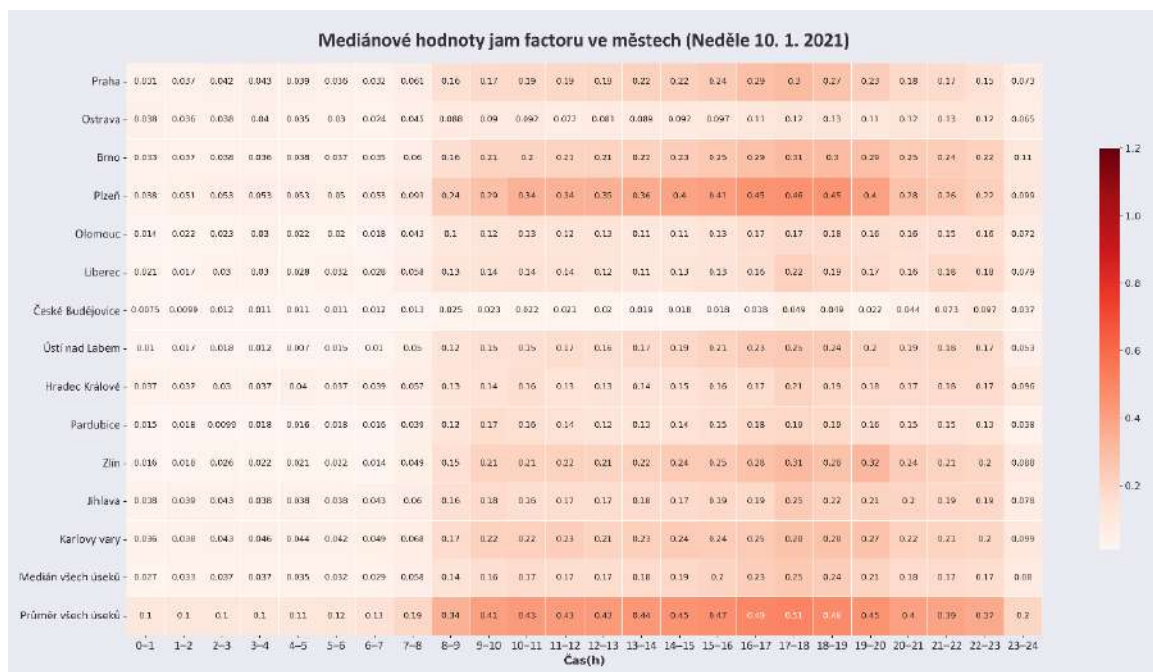
Naopak v případě srovnání hodnot hustoty dopravy z června 2021 oproti hodnotám hustoty dopravy z dubna 2021 je vidět markantní zvýšení v průběhu celého dne. Pozoruhodným zjištěním se může jevit, že se hodnoty v průběhu dne v mnoha případech i zdvojnásobily. To může ukazovat na zvýšenou aktivitu obyvatelstva v letních měsících či na rozvolněná opatření proti šíření covid-19, která mohla mít větší účinnost právě o víkendech, kdy obyvatelstvo vynechalo cestování z důvodu zbytných záležitostí a hustota dopravy tím byla výrazně snížena. Nejpravděpodobnější možností je pak kombinace těchto zmiňovaných příčin. Dopravní špičky se pak pohybují v podobném časovém rozložení, a to od 16 do 19 hodin.

Trend růstu v průběhu roku se od června do října 2021 v optice dnů jako celku spíše mění na stagnaci. V rámci hodin během dne se ukazuje pokles hodnoty hustoty dopravy od 8. do 14. hodiny. Naproti tomu v časech od 15. do 19. hodiny se ukazuje nárůst, který vyvrcholí ve výraznější dopravní špičce mezi 18.–19. hodinou.

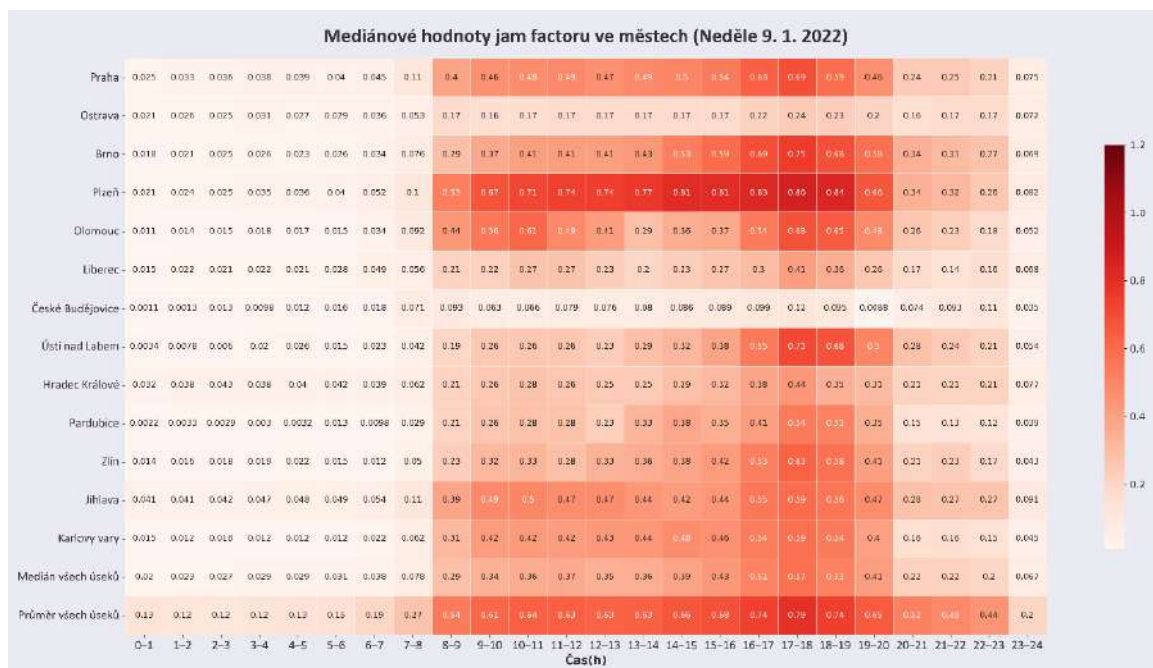


Grafy 4.13 4.14 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021 a 9. 1. 2022

V porovnání celého roku v podobě hodnot ze dne 10. 1. 2021 a 9. 1. 2022 lze vidět velký nárůst hustoty dopravy v roce 2022. Nárůst se nijak neprojevuje v klidných brzkých ranních a pozdních večerních hodinách, ale naplno se ukazuje od 6. do 23. hodiny. Dopravní špička je v podobném čase, tedy mezi 16. a 19. hodinou. Jelikož se jedná o stejný den, který dělí jeden rok, nabízí se otázka, co stojí za tak velkým nárůstem hodnot hustoty dopravy, a zvláště o víkendových dnech. Meteorologické jevy, které zastihly Českou republiku 9. 1. 2022 byly daleko nepříznivější než v druhém srovnávaném dnu. Na území České republiky se vyskytovaly sněhové přeháňky, o čemž lze obecně říct, že mohou být příčinou situací, které mohou vést ke zvyšování hustoty dopravy. V opačném případě to znamená, že tento velký nárůst je způsoben rozvolněním omezení proti šíření pandemie covid-19.



Graf 4.15 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021



Graf 4.16 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 9. 1. 2022

V porovnání jádrových oblastí všech krajských měst se ukazuje trend nárůstu hustoty dopravy v roce 2022. Nejsou očividné žádné větší odchylky v tomto trendu v jednotlivých městech. Dopravní špičky se téměř jednotně objevují v odpoledních hodinách kolem 15.–19. hodiny. Jedinou výjimkou se ukazuje být město Olomouc, kde se dopravní špička objevuje i v dopoledních hodinách v rozmezí 9.–11. hodiny.

4.2 Analýza denních hodnot hustoty dopravy

Další jednotkou, na kterou byla data agregována, je den. Denní průměr či medián za jeden úsek je spočítán z 96 záznamů z ukazatele *jam factor*. Oproti 4 záznamům agregovaných v hodinovém agregátu narůstá robustnost dat, která byla agregována do průměru nebo mediánu. Analýza se zabývá průměrem a mediánem ze všech úseků, který byl spočítán ze všech jádrových oblastí měst. Kvůli velkému počtu měst, a tudíž přehlednosti jsou tyto ukazatele analyzovány samostatně, kdežto jednotlivé ukazatele za každé město zvlášť jsou porovnávány v analýze měst.

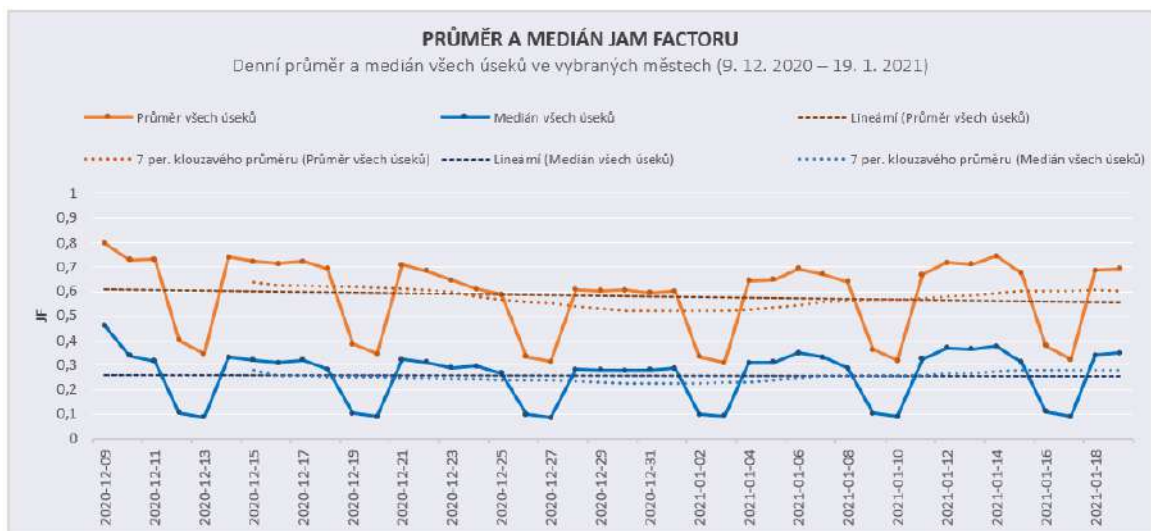
Denní hodnoty hustoty dopravy byly počítány za celý sledovaný rok 2021, nicméně po zjištění, že databáze není kompletní, bylo sledované období rozšířeno na časový úsek od 9. 12. 2020 do 22. 3. 2022. Jelikož by v tomto případě vznikla jedna časová řada s velkým množstvím prázdných míst, která by zbytečně zabírala kapacitu, což by snižovalo detail, na který je možné se zaměřit, bylo přistoupeno k vytvoření více menších, ale kompletních časových řad. Konkrétně jde o tři časové řady, které byly vytvořeny z kompletních sekvencí, obsahujících po sobě jdoucí alespoň měsíc denních hodnot hustoty dopravy. Tímto sítím prošly tři časové řady zasahující přibližně do devíti měsíců v dříve ve výše uvedeném období.

Úkolem analýzy je především hledat a vyhodnocovat trendy vývoje hustoty dopravy ve vybraných obdobích, pro která jsou vytvořeny časové řady. To znamená zaměření na větší celky a pochopení vývoje dopravy v rozsáhlém časovém horizontu. Dílčím úkolem je hledání odchylek od trendu a interpretace v podobě pravděpodobných důvodů, proč k těmto odchylkám došlo. Jelikož k uvedeným odchylkám dochází ve velké míře ve specifických událostech, kdy se předpokládá změna dopravního chování obyvatel, budou některé vybrané dále rozebrány v analýze specifických událostí v podrobnějším měřítku.

Grafy časových řad jsou sestaveny z průměru a mediánu hodnoty ukazatele *jam faktor* ze všech úseků z dříve definovaného výběru jádrových oblastí měst, za každý den z vybraného intervalu, dále z přímky reprezentující lineární funkci, která ukazuje trend růstu, stagnace či poklesu celé časové řady, a nakonec křivky reprezentující sedmidenní klouzavý průměr, jenž ukazuje trendy v měřítku týdnů.

První časová řada (9. 12. 2020–19. 1. 2021)

První časová řada zachycuje období mezi 9. 12. 2020 a 19. 1. 2021. V tomto období může být hustota dopravy ovlivněna nepříznivými meteorologickými podmínkami v zimním období, opatřeními proti šíření pandemie covid-19, která v této době probíhala v plné intenzitě, a Vánočními svátky.

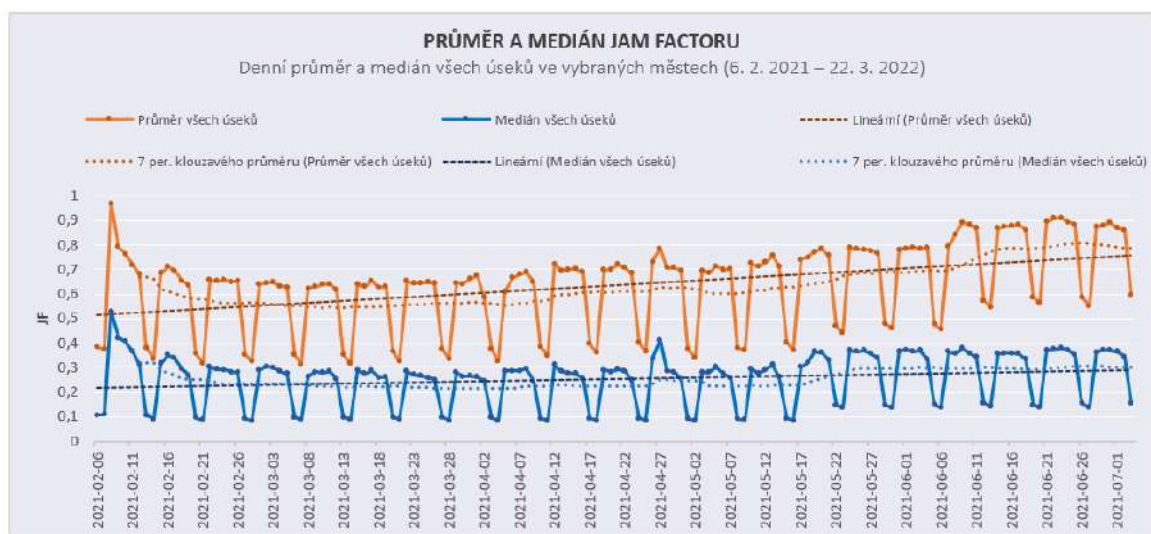


Graf 4.17 – časová řada za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

Časová řada na grafu 4.17 ukazuje celkový trend pozvolného klesání hustoty dopravy směrem poslednímu měřenému datu. Lze spatřit krátkodobé výkyvy hustoty dopravy v podobě výrazného zvýšení, jako ve středu 9. 12. nebo čtvrtek 14. 1. Od středy 23. 12. je viditelný pokles hustoty dopravy až do pondělí 4. 1. Tento pokles je s velkou pravděpodobností důsledkem Vánočních svátků. Po začátku roku 2021 lze pozorovat nárůst hustoty dopravy, která se buďto vrací do obvyklých hodnot z období před Vánočními svátky nebo je ovlivněna meteorologickými podmínkami, kterými se v případě zmiňovaného čtvrtku 14. 1. rozumí husté sněžení.

Druhá časová řada (6. 2. 2021 – 3. 7. 2021)

Druhá časová řada zachycuje období od 6. 2. 2021. až do 3. 7. 2021. Jedná se o nejdelší časovou řadu s rozsahem téměř půl roku. Tento velký rozsah umožňuje sledovat dlouhodobé trendy v hustotě dopravy rozdělené mezi vícero ročních období, konkrétně zimu, jaro a léto. Nejdůležitější události a jevy, které by v tomto období nejvíce ovlivňovaly hustotu dopravy, jsou opět spojeny s pandemií covid-19, počasím a událostmi, jako jsou Velikonoce, jarní prázdniny, letní prázdniny a další.



Graf 4.18 – časová řada za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

Podle časové řady zachycené na grafu 4.18 je trend růstu hustoty dopravy s rostoucím datem výrazný v období od března až do období července. Tento růst koreluje s rostoucí

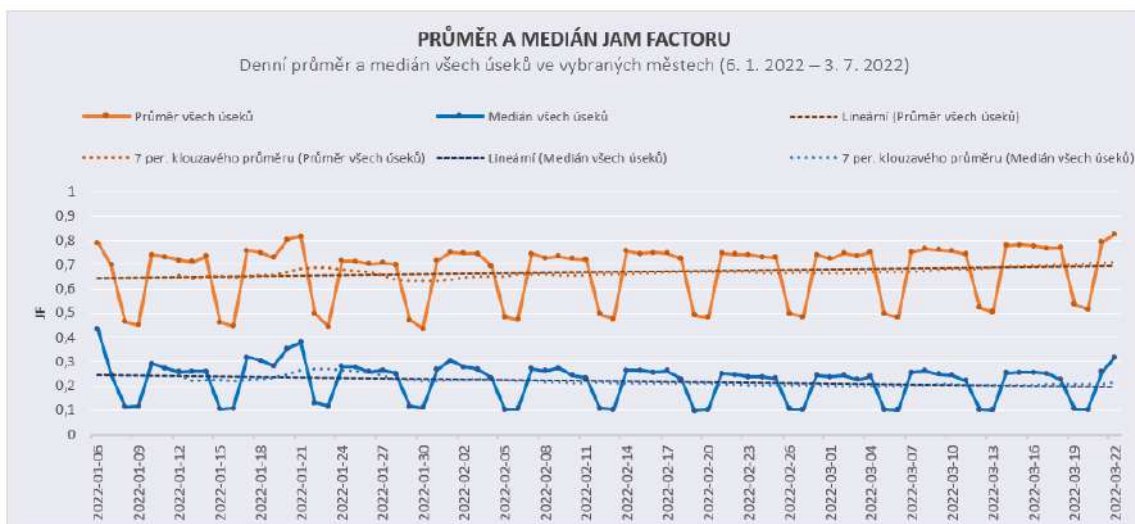
teplotou vzduchu, což může vést k hypotéze, že za lepšího počasí vyjíždí více řidičů a zvyšuje se doprava ve městech, i když by očekávaný předpoklad mohl být i opačný. Tedy takový, že v horším počasí více obyvatel měst využívá k přesunům silniční dopravu a pěší či cyklistickou dopravu už méně. Je nutné rozlišovat mezi meteorologickými podmínkami a jejich vlivy na hustotu dopravy. Zmiňovaná vyšší teplota vzduchu, která v obecné mluvě zní jako „lepší počasí“, může vést k vyšší frekvenci výjezdů obyvatel dopravními prostředky a tím tedy ke zvýšené dopravě hustoty. Na druhou stranu meteorologické podmínky jako jsou srážková činnost, rychlost větru, či bouřky, které naopak bývají označovány jako „špatné počasí“, mohou vést k zvýšenému výskytu dopravních incidentů, které v konečném důsledku taky způsobují zvýšenou hustotu dopravy.

Rozdíl v celkovém trendu ze všech úseků mezi průměrem a mediánem je v celku vysoký. Průměrné hodnoty ukazují na výrazný postupný nárůst v průběhu časové řady, kdežto mediánové hodnoty spíše pozvolný nárůst do poloviny května a poté spíše stagnaci hodnot. To je způsobeno nárůstem úseků s nejvyššími hodnotami ukazatele *jam factor*, které vytahují průměrné hodnoty uměle nahoru, kdežto mediánové hodnoty jsou tímto jevem málo ovlivněné.

V časové ose se pak objevují jinak výrazné výkyvy. Nejvýraznější je pak 8. 2. v pondělí, kdy zasáhla Českou republiku sněhová kalamita, která způsobila velké množství dopravních událostí, jež vedly k tvorbě kolon a tím i zvýšení hustoty dopravy na území měst. Týden poté, 16. 2. a 17. 2., je zaznamenaný nárůst, který je způsoben taktéž srážkovou činností. Další výrazný výkyv lze vidět od 2. 4. do 5. 4. Na tyto dny připadají Velikonoční svátky, kdy se hustota dopravy mírně zvýšila na zelený čtvrtek (3. 4.) a pak skokově snížila od pátku až do konce svátků. Ve dnech 26. 4 a 27. 4 je pak další výrazný nárůst, který by mohl být spojen s návratem žáků druhého stupně do škol v některých krajích a otevřením služeb (od pondělí 26. 4.), které by do té doby v rámci vládních restrikcí uzavřeny. Tento nárůst byl však krátkodobý, což by znamenalo okamžité projevení se otevření služeb a obrovskou poptávku z řad obyvatel a následné rychlé opadnutí této poptávky. Posledním výrazným výkyvem je nárůst dopravy od 19. 5., kdy Českou republiku zasáhly deště. Časová řada ukazuje, že po tomto nárůstu už nedošlo k poklesu zpět na nižší hodnoty, nýbrž hodnoty zůstaly na vysoké úrovni.

Třetí časová řada (6. 1. 2022 – 22. 3. 2022)

Poslední časová řada je z období od 6. 1. 2022 až do 22. 3. 2022. Zachycuje období zimy 2022, která už nebyla ovlivněna žádnými opatřeními namířenými proti pandemii covid-19. Dopravní chování v závislosti na změně mobility je pravděpodobně nejvíce ovlivněno počasím. Pro toto období je také typické zvyšování cen pohonných hmot, jehož dopad na změnu mobility obyvatel je spíše předmětem ekonomických analýz.

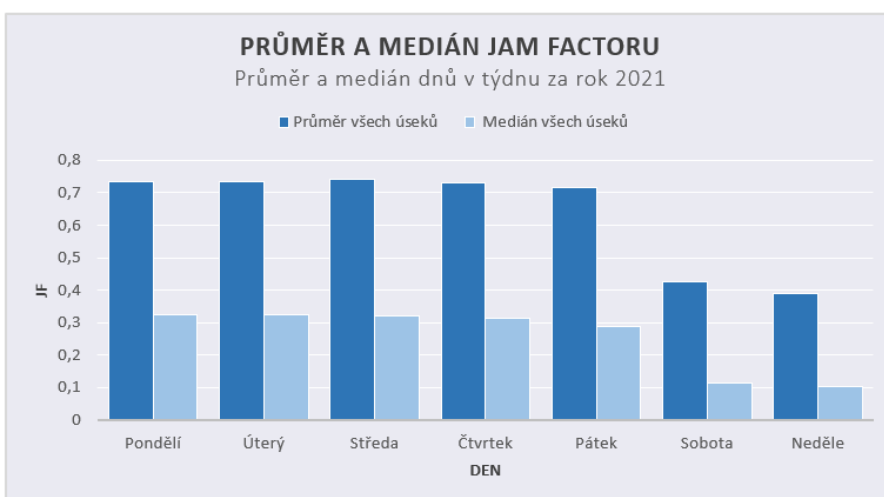


Graf 4.19 – časová řada za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022

Celkový trend v průměrných hodnotách, který vyjadřuje lineární funkce, ukazuje pomalé zvyšování hustoty dopravy s postupujícím datem. Naopak celkový trend v mediánových hodnotách ukazuje pomalé snižování či stagnaci. Časová řada neukazuje velké množství týdenních odchylek od celkového trendu. Viditelné jsou však vysoké nárůsty hustoty dopravy v rámci jednotlivých dní. Patří mezi ně dny 20. 1. do 23. 1., čtvrtek 6. 1. a úterý 22. 3. Tyto odchylky, které se objevují v měsíci lednu, jsou pravděpodobně spojeny se sněžením a následnými dopravními událostmi v jeho důsledku. Odchylna situující se v poslední den měření je způsobena chybou v datech, kdy chybí data z večerních hodin, což posouvá průměr i medián směrem nahoru.

Vyžití dny v týdnu

V rámci analýz je počítáno s rozličnými vlivy, které mají impakt na hustotu dopravy. V tomto ohledu je důležité zkoumat vliv dne z perspektivy specifického dílu týdne. Rozdíl mezi dopravním chováním během všedních dnů a během víkendu je velmi patrný, což je zřetelné i z předchozí analýzy. Rozdíly mezi všedními dny a mezi víkendovými dny už na první pohled zřetelné nejsou.



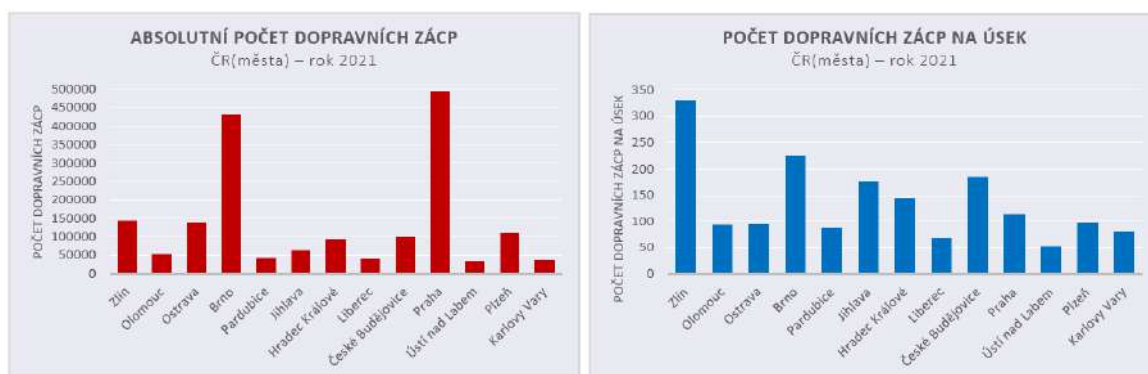
Graf 4.20 – srovnání celkového mediánu a průměru jednotlivých dnů v týdnu za rok 2021

Po zpracování naměřených hodnot dostupných v databázi z roku 2021 v podobě průměru a mediánu jsou výsledné hodnoty vizualizovány v grafu 4.20. Je zcela evidentní, že agregované hodnoty ukazatele *jam factor* všedních dnů v případě průměru téměř

dvojnásobku víkendových hodnot a v případě mediánu více než dvojnásobku. Co se týče porovnání víkendových dní, situace už není tak jednoznačná. Nedělní hodnoty jsou nepatrně menší než sobotní. V případě rozdílů mezi jednotlivými všedními dny jsou hodnoty ještě těsnější, kdy největší průměrná hustota dopravy bývá zaznamenána ve středu a nejvyšší mediánová hodnota v pondělí. Naopak nejnižší je v obou případech zaznamenána v pátek.

4.3 Analýza dopravních zácp

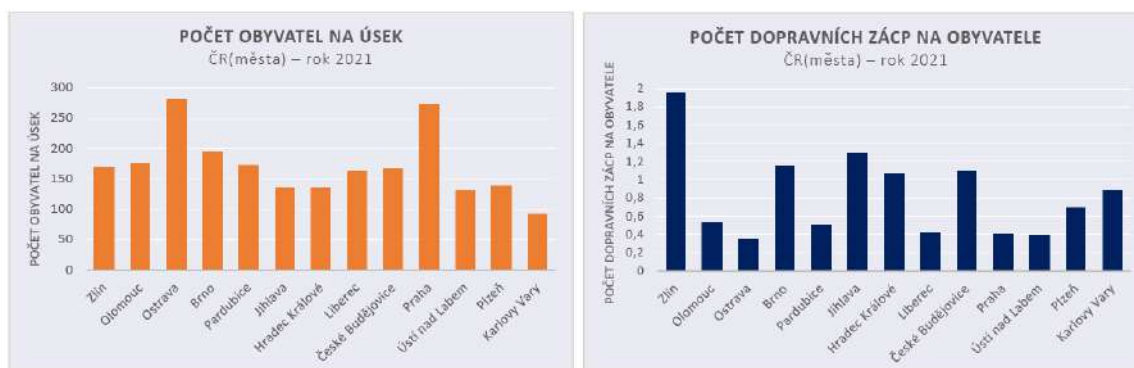
Analýza dopravních zácp se zaměřuje na kvantifikaci těchto jevů v rámci vybraných třinácti jádrových oblastí měst jako celku. Dopravní zácpa nebo kongesce, definovaná v teoretické části práce, zjednodušeně stav, kdy je komunikace zahlcená vozidly a zcela neprůjezdná. V perspektivě dat, se kterými je nakládáno v této práci je to stav, kdy *jam factor* dosahuje své nejvyšší hodnoty, to znamená *jam factor* = 10,0. V tomto stavu je úsek v daném čase započítán do statistiky, jako dopravní zácpa. V analýze se nepočítá s časovým úsekem, který by definoval, jak dlouho dopravní zácpa probíhala. Sčítání dopravních zácp je zaměřeno na rok 2021, který jej definuje. Dopravní zácpy jsou agregovány na vybrané oblasti a porovnávány mezi sebou. Sčítání na jednotlivé úseky ve městech je využito v analýze měst.



Grafy 4.21 a 4.22 – absolutní počet dopravních zácp a počet dopravních zácp na úsek

V absolutním měřítku bylo za rok zjištěno nejvíce kongescí ve velkých a lidnatých oblastech Prahy a Brna. V těchto oblastech se počet blížil půl milionu. Následovala města Zlín, Ostrava, Hradec Králové, České Budějovice a Plzeň, kde se počet pohyboval okolo sta tisíc. Zbytek městských oblastí se pohyboval pod hranicí sto tisíc.

Samotná informace o absolutním počtu dopravních zácp v městských oblastech může být přínosná v rámci celkového evaluování, nicméně postrádá hodnotu v rámci porovnání městských oblastí mezi sebou. Proto jsou hodnoty přepočítány na relativní, v tomto případě to znamená přepočítání na všechny úseky dané oblasti, ze kterých byla sbírána data. V tomto porovnání výrazně nejvíce dopravních zácp na úsek má oblast Zlína, která dosahuje hodnoty nad 300. V druhé kategorii mezi hodnotami 150–250 se objevují města Brno, Jihlava, Hradec Králové a České Budějovice.



Grafy 4.23 a 4.24 – počet obyvatel na úsek a počet dopravních zácp na úsek

V tomto srovnání je zásadní element počet úseků a samotný úsek se svým atributem délka, kdy ne každý úsek je stejně dlouhý a mezi městy tak mohou vznikat velké rozdíly. Při přepočtu obyvatel na úsek vychází nejvyšší hodnoty pro nejlidnatější oblasti Praha,

Ostrava a Brno v tomto pořadí. To znamená, že v největších městech je buďto i velká koncentrace obyvatel, nebo relativně méně hustá dopravní síť, nebo jsou úseky nejdelší. Nejpravděpodobnější variantou je samozřejmě kombinace těchto možností.

Poslední přepočítání na relativní hodnoty zohledňuje počet obyvatel města. Počítá dopravní zácpy na obyvatele městské oblasti. V tomto přepočtu dosahuje výrazně nejvyšších hodnot oblast Zlín. Počet dopravních zácp na obyvatele zde dosahuje hodnoty 2. Více než jednu dopravní zácpu na obyvatele za uplynulý rok dosahují města Brno, Jihlava, Hradec Králové a České Budějovice. Zbytek měst se drží pod hodnotou 1.

4.4 Analýza městských oblastí

Analýza městských oblastí se zaměřuje na jednotlivé vybrané jádrové oblasti měst a rozbor jejich ukazatelů. Analýza se skládá z časových řad, kde jsou porovnávány trendy v hustotě dopravy mezi jednotlivými oblastmi nikoliv, jako celkový agregát ze všech úseků, který byl rozebírán v analýze denních hodnot hustoty dopravy. Další část je vyčleněna na hodnocení dopravních zácp v rámci jednotlivých oblastí, kde lokalizují úseky s největším počtem dopravních zácp za rok 2021. V poslední části je objektem studia hodnocení vytíženosti úseků v jádrových oblastech měst.

Ještě před samotnou analýzou je dobré se podívat na obecné statistiky vybraných městských oblastí, které mohou mít dopad na dopravní chování obyvatelstva, a tím i na výsledky analýz. Statistiky jsou vybrané tak, aby byly srovnatelné pro všechny městské oblasti a měly by podhalovat širší kontext pozadí, nad kterým jsou počítány hodnoty hustoty dopravy.

| Jádrová oblast města FUA core | Počet obyvatel (2022) | Rozloha FUA core (km ²) | Délka použité silniční sítě (km) | Počet úseků | Silnice na obyvatele (km/obyv.) | Silnice na FUA core (km/km ²) | Počet obyvatel na úsek |
|----------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|--|---------------------------|
| Praha | 1196291 | 533,36 | 2062,56 | 4365 | 1,72 | 3,87 | 274,06 |
| Ostrava | 401319 | 304,02 | 934,88 | 1426 | 2,33 | 3,08 | 281,43 |
| Brno | 374851 | 229,98 | 876,83 | 1927 | 2,34 | 3,81 | 194,53 |
| Plzeň | 155566 | 137,58 | 553,21 | 1120 | 3,56 | 4,02 | 138,90 |
| Olomouc | 97993 | 103,20 | 301,04 | 557 | 3,07 | 2,92 | 175,93 |
| Liberec | 97937 | 110,35 | 344,03 | 597 | 3,51 | 3,12 | 164,05 |
| České Budějovice | 90264 | 55,45 | 236,66 | 539 | 2,62 | 4,27 | 167,47 |
| Ústí nad Labem | 89356 | 93,76 | 365,90 | 685 | 4,09 | 3,90 | 130,45 |
| Hradec Králové | 88597 | 105,67 | 355,46 | 656 | 4,01 | 3,36 | 135,06 |
| Pardubice | 83482 | 84,51 | 290,10 | 481 | 3,47 | 3,43 | 173,56 |
| Zlín | 73250 | 118,92 | 273,73 | 433 | 3,74 | 2,30 | 169,17 |
| Jihlava | 48086 | 88,03 | 258,00 | 356 | 5,37 | 2,93 | 135,07 |
| Karlovy Vary | 43162 | 58,72 | 210,57 | 464 | 4,88 | 3,59 | 93,02 |

Tabulka 4.1 – srovnání měst (data: ČSU, HERE, OECD)

Tabulka 2 ukazuje vybrané statistiky městských oblastí. Je to počet obyvatel, rozloha jádrové oblasti města FUA core, délka použité silniční sítě, a počet úseků. Následují relativní ukazatele, které umožňují oblasti lépe porovnávat mezi sebou. Patří mezi ně délka silnice na obyvatele, délka silnice na kilometr čtvereční a počet obyvatel na úsek.

Pro úplnost je potřeba zmínit, že do Pražské jádrové oblasti patří i blízké město Kladno a do Ostravské jádrové oblasti zase města Havířov a Karviná.

Města jsou v analýze rozdělena na tři skupiny podle počtu obyvatel. To umožňuje ve skupinách porovnávat městské oblasti, které by mohly mít podobné vzory na základě vnitřních charakteristik. Nevýhodou je nepodobnost na základě geografického prostoru. Ta by byla dosažena v případě vytvoření skupin na základě geografické blízkosti, které však není možné vytvořit, protože jsou městské oblasti rozprostřeny po celém území České republiky.

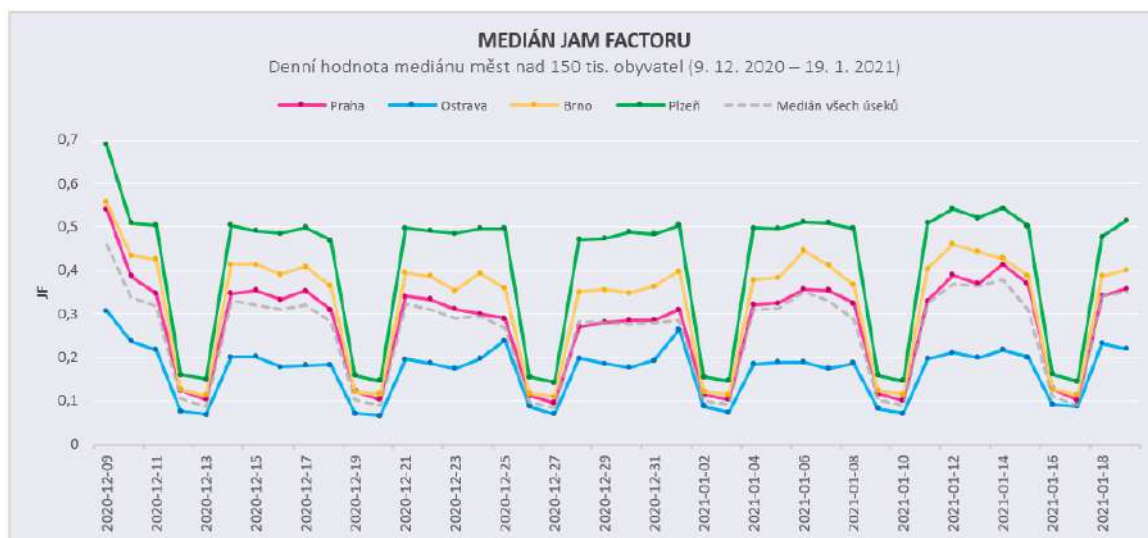
4.4.1 Městské oblasti nad 150 tisíc obyvatel

Mezi městské oblasti nad 150 tisíc obyvatel patří oblasti Prahy, Ostravy, Brna a Plzně. Mezi těmito městy je složité hledat geografickou podobnost, protože se nachází v jiných částech České republiky. Jasně největší oblastí je oblast Prahy, co do všech absolutních statistik. Naopak nejnižší hodnoty zaznamenává Plzeň. Prahu následuje Ostrava a poté Brno. Nicméně Brno převyšuje Ostravu co do počtu úseků.

Časové řady

Rozdělení na tři časové řady odpovídá tomu, které bylo v analýze denních hodnot hustoty dopravy a platí to pro všechny tři kategorie měst podle počtu obyvatel. Úkolem je hledat podobnosti, rozdíly mezi průběhem hustoty dopravy v časových řadách mezi městy v každé kategorii. Tyto podobnosti či rozdíly popsat a hledat příčinu tohoto stavu a

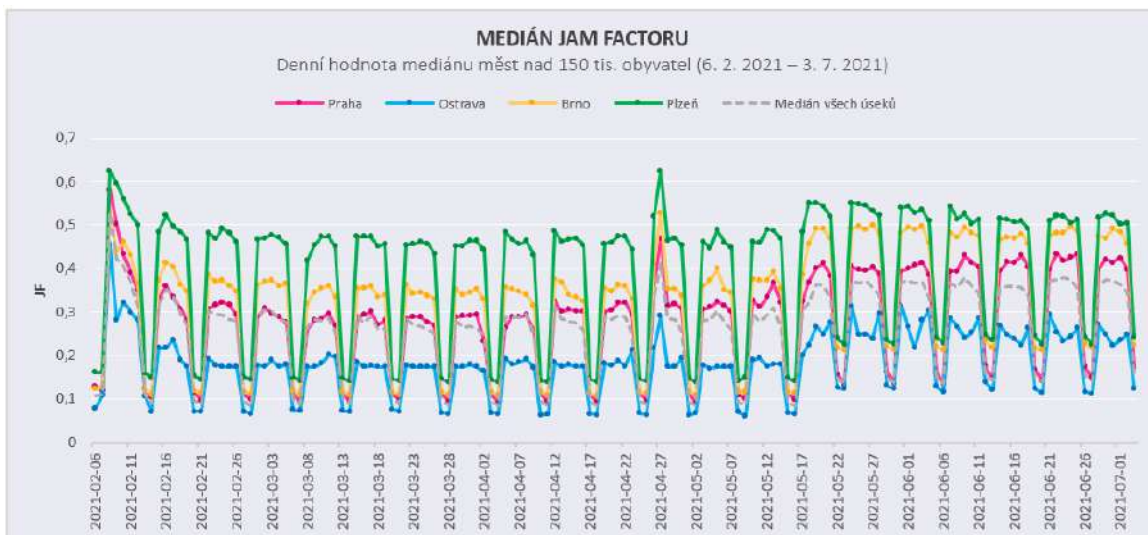
možnou souvislost s výše popsanými statistikami charakterizujícími vybrané městské oblasti.



Graf 4.25 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

Časová řada z období od 9. 12. 2020 do 19. 1. 2021 ukazuje, že městské oblasti Plzeň, Brno a Praha se hodnotami v průběhu celé řady drží nad mediánem ze všech úseků. Oblast Praha pak vykazuje podobný průběh, jako je tomu u mediánu všech úseků, což je způsobeno tím, že je v této oblasti zdaleka nejvíc úseků (celkem 4365, což představuje necelou třetinu všech úseků). U oblasti Ostravy je tomu naopak, kdy se hodnoty pohybují pod úrovní mediánů všech úseků.

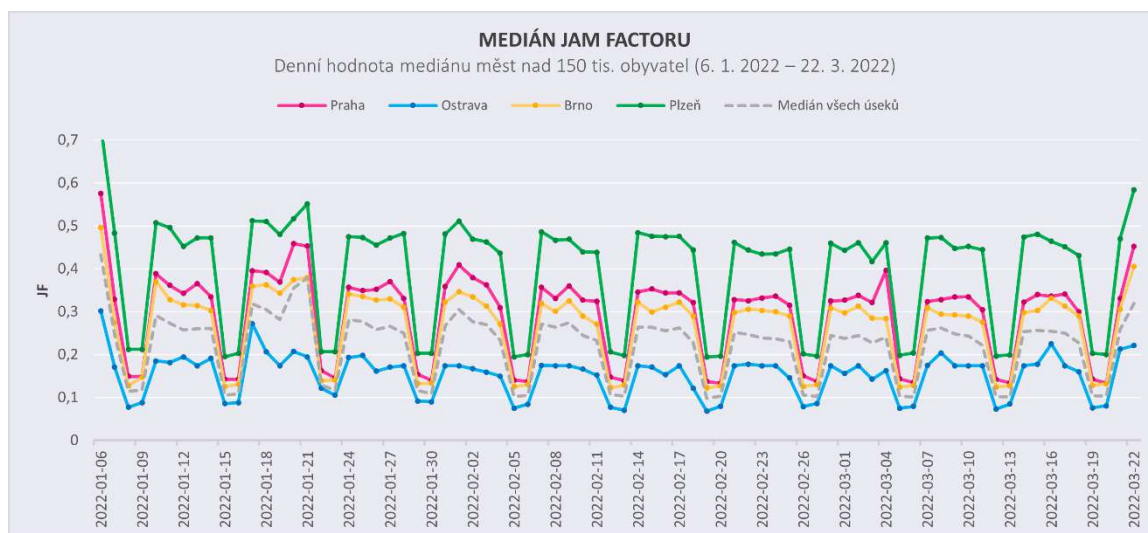
Velká odchylka od průběhu hodnot lze zaznamenat v Ostravě 25. 12. 2020, kdy je vidět velký nárůst oproti ostatním oblastem, kde hodnoty v této době spíše klesají nebo alespoň stagnují. Tato situace je způsobena sněžením, které zasáhlo v té době z vybraných oblastí pouze tu Ostravskou. Odchytkou, kterou se odlišují všechny vybrané oblasti od mediánu všech úseků, je nárůst hodnot připadající na den 1. 1. 2021. K tomuto datu se váže Nový rok, který je dále podroben rozboru v analýze specifických událostí.



Graf 4.26 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

Druhá časová řada začíná dnem 6. 2. 2021, kdy probíhaly na území České republiky intenzivní sněhové bouře. Je zajímavé sledovat průběh této události v jednotlivých oblastech, kdy je vidět, jak v oblastech Brna a Ostravy dochází k rychlému klesání hodnot

během dalšího dne a pak k opětovnému nárůstu. To může vypovídat o průběhu bouře na území státu nebo o vypořádání se měst s dopravními incidenty, které zvyšovaly hustotu dopravy. Následuje období, ve kterých nedochází k žádným výrazným rozdílům, a to až do nárůstu dne 26. 4. 2021, který je popsán v analýze denních hodnot hustoty dopravy. Ke konci sledovaného období se objevuje jev, při kterém jsou v oblasti Ostravy zaznamenávány poklesy dopravy uprostřed týdne, naopak k pondělkům a pátkům připadají nejvyšší hodnoty. To jde proti celkové statistice rozložení hustoty dopravy během týdne, kdy největší hustota dopravy připadá na pondělí a nejmenší na pátek.



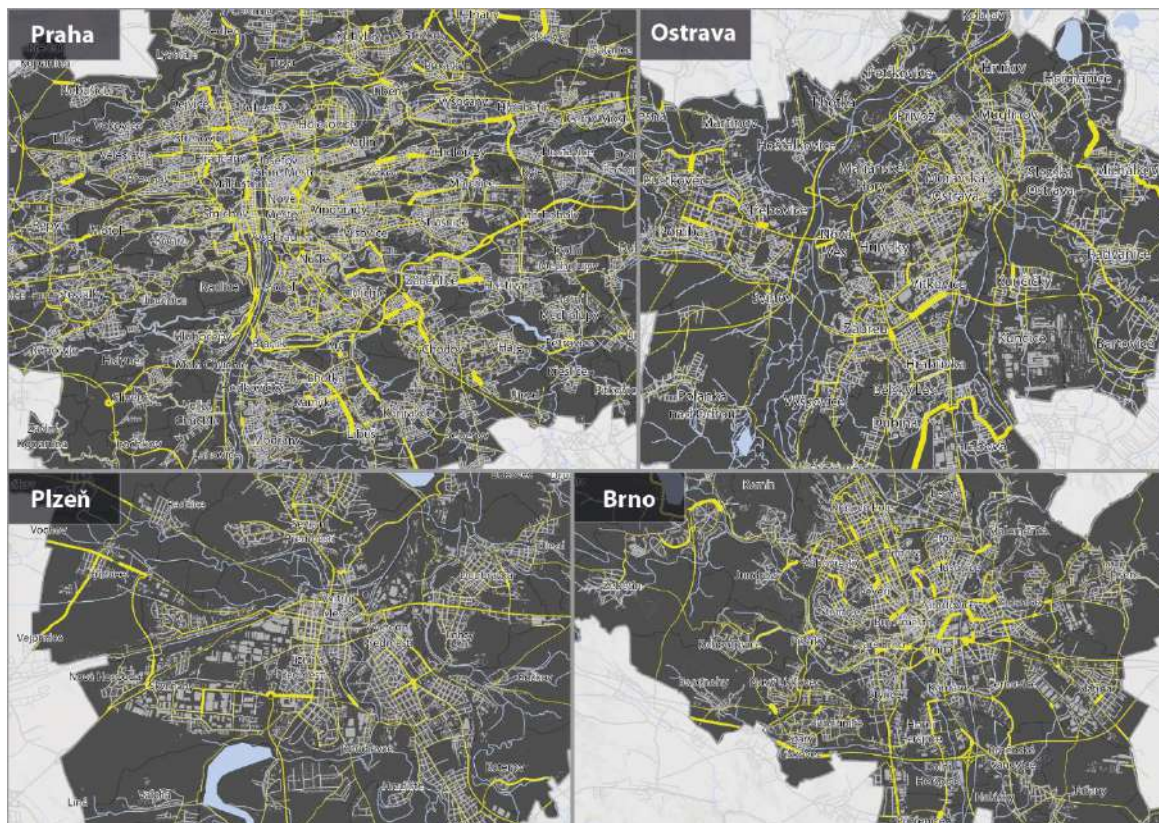
Graf 4.27 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022

Poslední časová řada neukazuje žádné velké vzory či odchylky mezi oblastmi. Za zmínku stojí týden od 17. 1. 2022 do 23. 1. 2022. V tomto časovém úseku se ukazuje naprosto opačný vývoj hustoty dopravy v oblasti Ostravy oproti ostatním oblastem, kdy v Ostravě přichází nárůsty na začátku týdne a poklesu na konci týdne.

Ve všech třech časových řadách se ukazuje jistá podobnost mezi velikostmi hodnot hustoty dopravy oblastí Prahy a Brna, což může ukazovat na vztah velikosti oblasti ve smyslu rozlohy, počtu obyvatel a počtu úseků.

Dopravní zácpy na úsecích

Počítání dopravních zácp probíhalo podle stejné metodiky jako v analýze dopravních zácp. To znamená, že byly hledány situace, kdy dosáhl *jam factor* hodnoty 10. Dopravní zácpy byly poté agregovány pro každý úsek za celý rok 2021, aby bylo zjištěno, které úseky v městských oblastech jsou tímto fenoménem nejvíce postížené. Jako vizuální výstup z této analýzy vznikla série map za každou městskou oblast, která ukazuje vytiženost úseků vyjádřenou tloušťkou linie.



Obrázek 4.1 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí nad 150 tis. obyvatel

Série náhledů z map dopravních zácp v městských oblastech ukazuje nejvytíženější úseky z městských oblastí. Kompletní mapy jsou dostupné v sekci příloh.

Mezi městskými oblastmi není žádný výrazný vzor v prostorovém rozmístění úseků nejvíce postižených dopravními zácpami. V Praze dosahují počty dopravních zácp ve třech nejvíce postižených úsecích hodnoty kolem 15 tisíc. V Ostravě dosahují hodnot od 9 do 12 tisíc a je pro ně společným jmenovatelem, že se tyto úseky nacházejí na sídlištích. V Brně přesahují všechny tři úseky hodnotu 19 tisíc. A nakonec v Plzni od 10 do 14 tisíc a jejich výskyt je jako v případě Ostravy omezen na sídliště.

Vytíženost úseků v čase dopravních špiček

Pro získání přehledu o situacích v městských oblastech při dopravních špičkách byly agregovány hodnoty mediánu ukazatele *jam factor* za rok 2021 v jednotlivých úsecích ve vybraných hodinách, které byly v předchozích analýzách identifikovány jako hodiny, kdy probíhá ve městech dopravní špička. To bylo provedeno jednak pro všední dny dohromady, kdy probíhá dopravní špička od 8 do 11 hodin, ale také pro víkendy, kdy probíhá dopravní špička mezi 16. a 19. hodinou.



Obrázek 4.2 – náhled na mapy mediánu ukazatele jam factor za rok 2021 oblastí nad 150 tis. obyvatel

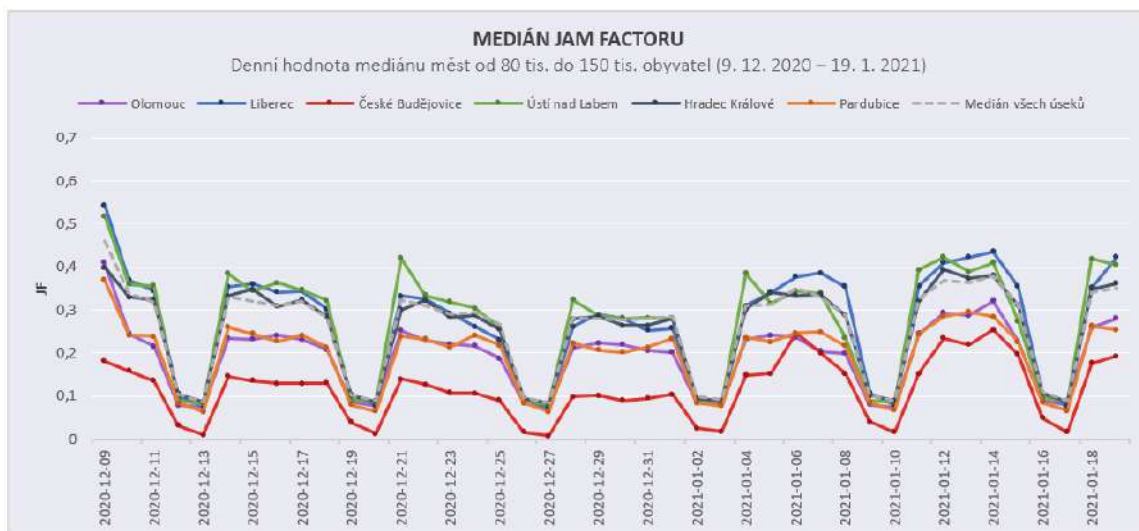
Náhledy na mapy ukazují mediánové hodnoty ukazatele *jam factor* pro všední dny. Více vytížené úseky mají tendenci se spíše objevovat kolem center měst. U víkendových hodnot je pak vidět velký pokles oproti hodnotám z všedních dnů. Navíc se někdy objevují úseky s nejvyššími hodnotami, které však ve všední dny vykazují spíše nižší hodnoty.

4.4.2 Městské oblasti od 80 do 150 tisíc obyvatel

Do těchto městských oblastí patří středně velká krajská města s geografickým rozmístěním po celé České republice. Jmenovitě jde o Olomouc, Liberec, České Budějovice, Ústí nad Labem, Hradec králové a Pardubice. Jedná se o nejvíce početnou skupinu městských oblastí, která kromě podobného počtu obyvatel sdílí i podobné počty úseků. V tomto smyslu se porovnávání jeví jako objektivnější.

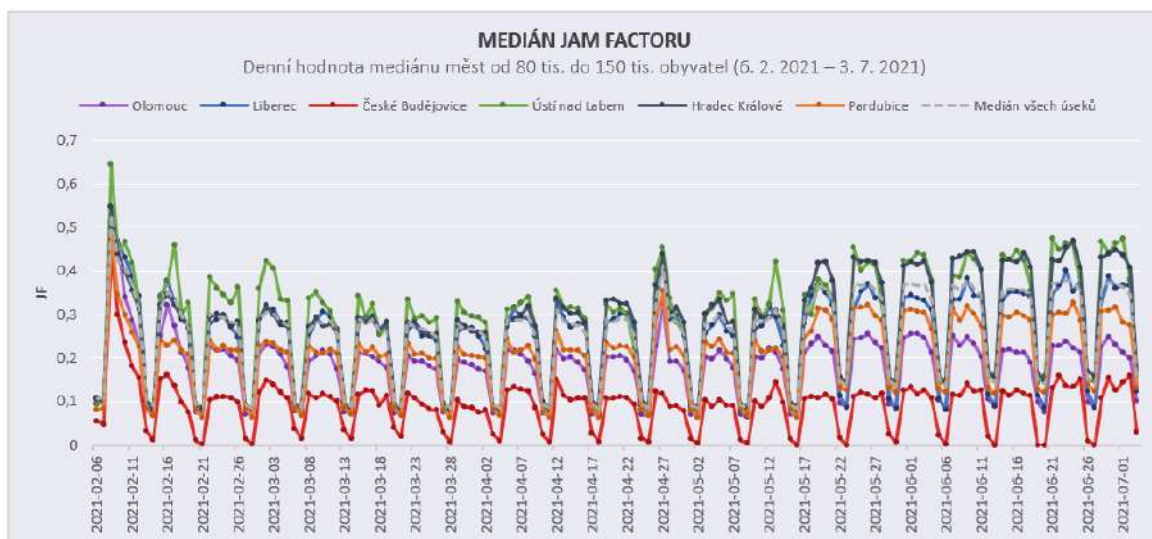
Časové řady

Tři časové řady jsou vytvořeny pro stejné časové období jako u předchozího případu. Menší komplikací je velký počet měst, který činí grafické zobrazení méně přehlednější. U samotných městských oblastí je velkou otázkou podstatně značný rozdíl v hodnotách v oblasti Českých Budějovic, kde se hodnoty výrazně pohybují pod úrovní ostatních měst. Po bližším přihlédnutí k definici oblastí měst a počtu úseků není znám důvod, proč se v tomto případě hodnoty tak propadají oproti ostatním oblastem.



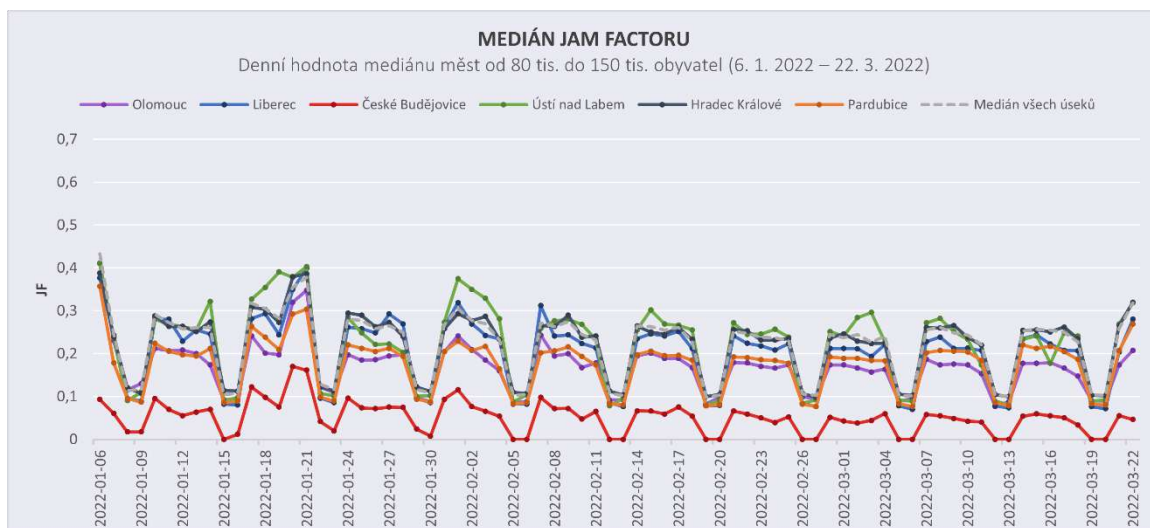
Graf 4.28 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

V první časové řadě lze pozorovat velmi podobné hodnoty a průběhy hustoty dopravy ve všech městech, tedy až na výjimku zmiňovaných Českých Budějovic. Tomuto tvrzení se vymyká jen oblast Ústí nad Labem, která vykazuje vzor vyšších hodnot v pondělky v rámci čtyř týdnů mezi daty 14. 12. 2020 a 8. 1. 2021.



Graf 4.29 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

Druhá časová řada ukazuje odchylky v úvodním měsíci, poté jisté ustálení a malé rozdíly mezi jednotlivými městskými oblastmi v měsících březnu, dubnu, a nakonec růst hodnot v květnu a červnu a s ním i růst rozdílu v hustotě dopravy. Nejvíce vychylující se oblastí je Ústí nad Labem, kde se velké krátkodobé nárůsty hodnot objevují především v první části časové řady. Tento jev je pravděpodobně způsoben geografickou polohou této oblasti a častějším výskytem nepříznivých meteorologických podmínek v tomto období.

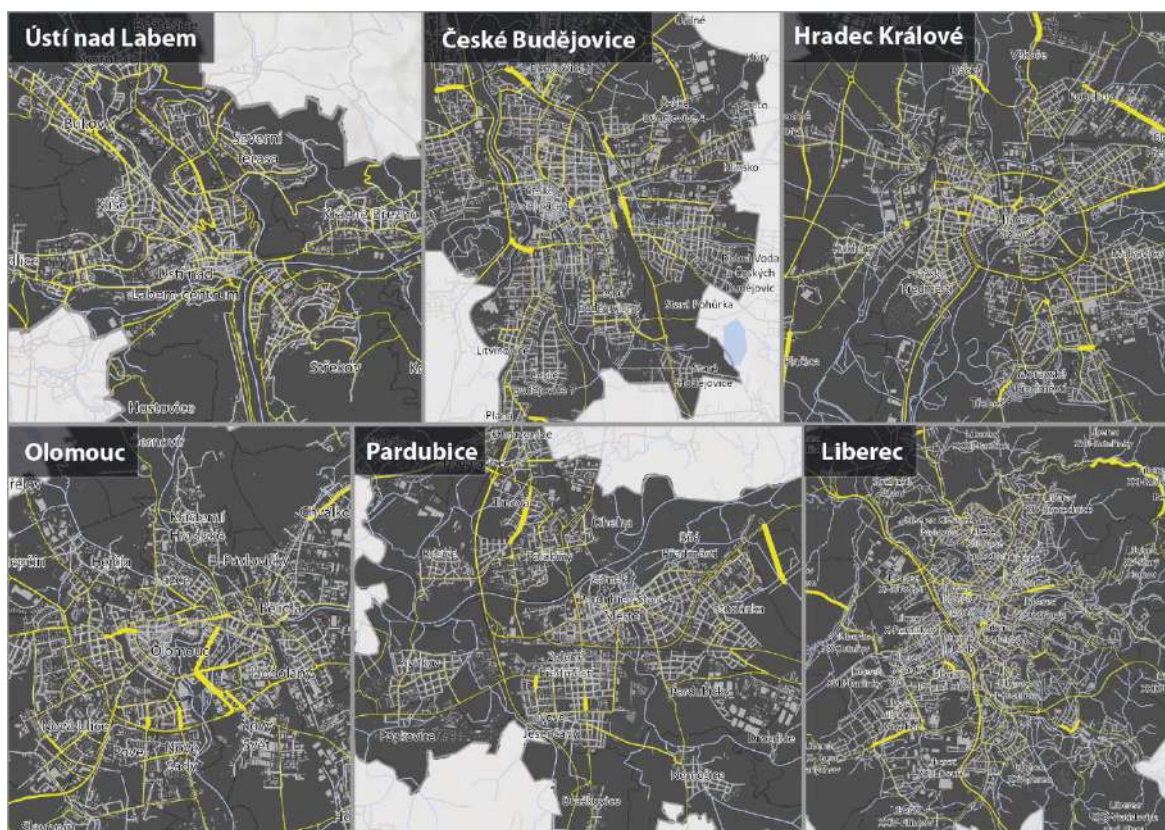


Graf 4.30 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022

Třetí a poslední časová řada opět ukazuje na relativně podobné průběhy hustoty dopravy ve všech městských oblastech s výjimkou Ústí nad Labem a v úvodu zmiňovaných Českých Budějovic, u kterých je důvod nízkých hodnot prinejmenším nejasný. V této oblasti opět dochází k výraznějším odchýlkám od ostatních oblastí i od mediánu všech úseků.

Dopravní zácpy na úsecích

Stejným způsobem, jako u městských oblastí s počtem obyvatel nad 150 tisíc byly dopravní zácpy počítány a vizualizovány pro oblasti s počtem obyvatel od 80 do 150 tisíc.



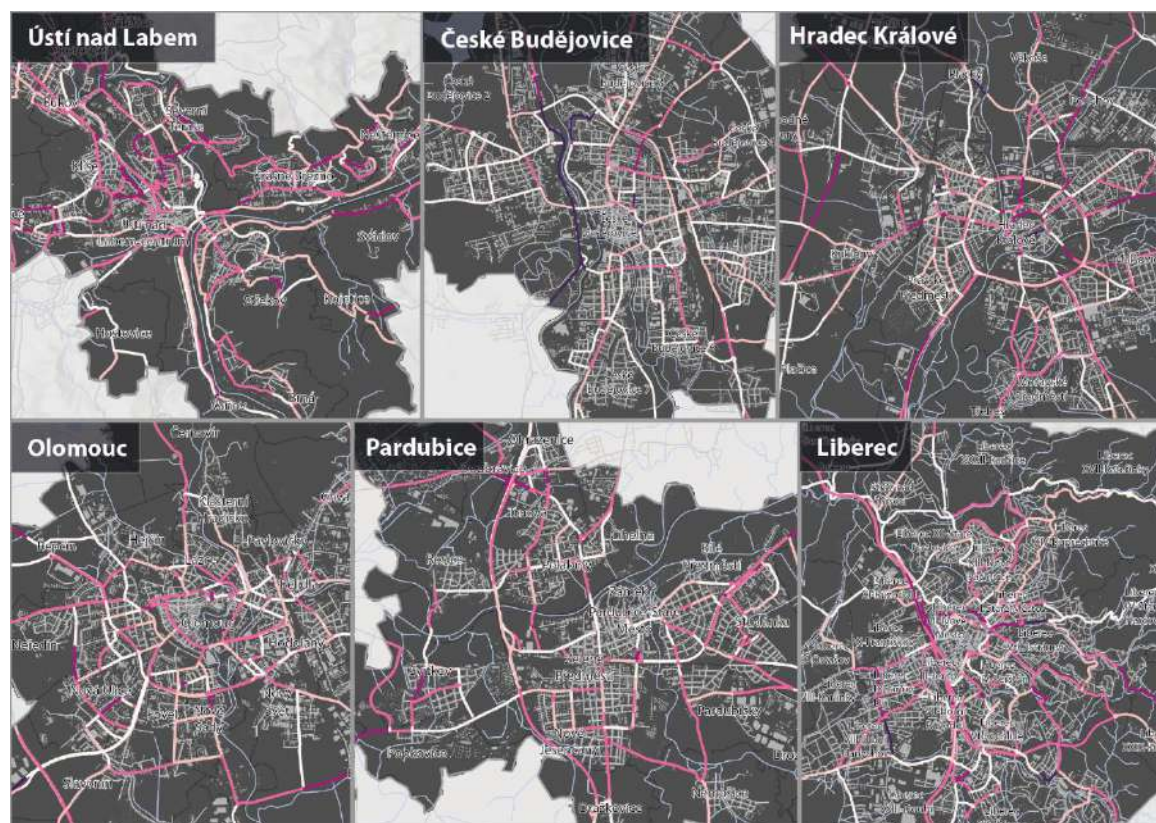
Obrázek 4.3 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí od 80 tis. do 150 tis. obyvatel

I v těchto oblastech je těžké hledat vzory prostorového rozmístění tohoto jevu. Oblasti jako Olomouc a České Budějovice se vyznačují tím, že se dopravní zácpy nejvíce vyskytují v blízkém okolí center měst. Naopak v oblastech jako je Liberec či Pardubice je výskyt znatelný spíše v periferiích měst. U zbylých měst jde pak o směs obou případů.

V absolutním počtu dopravních zácp na úsek se ukazuje, že nejvíce zatížené úseky se nachází v Českých Budějovicích, kdy top tři úseky dosahují hodnot od 15 do 19 tisíc. Na druhé straně stojící oblast Ústí nad Labem, ve které top tři úseky dosahují hodnot od 3 do 4 tisíc.

Vytíženost úseků v čase dopravních špiček

Vytíženost úseků v dopravních špičkách stejně jako u oblastí s počtem obyvatel nad 150 tisíc ukazuje medián ukazatele *jam factor* ve špičkách o víkendech a všedních dnech v úsecích za rok 2021.



Obrázek 4.4 – náhled na mapy mediánu ukazatele *jam factor* za rok 2021 oblastí od 80 tis. do 150 tis. obyvatel

Opět se ukazuje, že hustota dopravy v úsecích ve všední dny je daleko větší než o víkendech. Vytížené úseky mají tendenci se více shlukovat v okolí center měst s výjimkou Pardubic a Českých Budějovic. V oblasti Českých Budějovic je situace velmi specifická. V předchozích analýzách vykazovaly agregované hodnoty ukazatele *jam factor* pro tuto oblast velmi nízká čísla. Na vizualizacích lze vidět, že je v oblasti velké množství úseků s nízkými hodnotami a několik úseků s trvale nejvyššími hodnotami. To může být vysvětlením tohoto jevu.

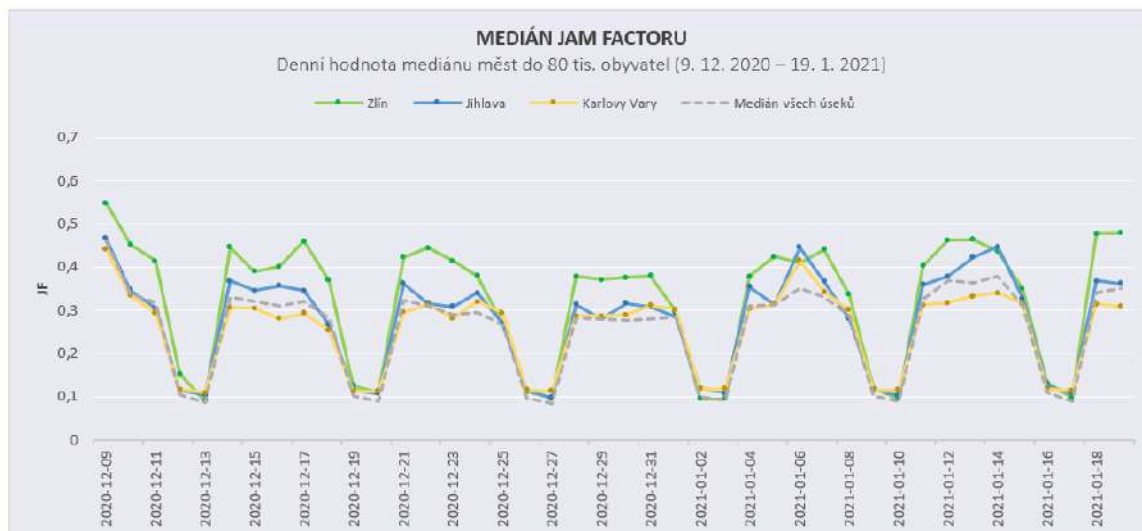
4.4.3 Městské oblasti do 80 tisíc obyvatel

Třetí kategorie městských oblastí, které se svým počtem obyvatel vlezou pod hraniční hodnotu 80 tisíc, se skládá ze Zlína, Jihlavy a Karlových Varů. Tato města jsou současně i nejmenšími krajskými městy v České republice. V těchto oblastech se nachází také

nejméně měřených úseků, kdy oproti předpokladům je jich nejvíce v nejmenší oblasti, co do počtu obyvatel, tedy v Karlových Varech. Geografické rozložení těchto oblastí je velmi specifické, kdy Zlín zastupuje oblast na východě republiky, Jihlava spíše oblast středu a Karlovy Vary oblast západu.

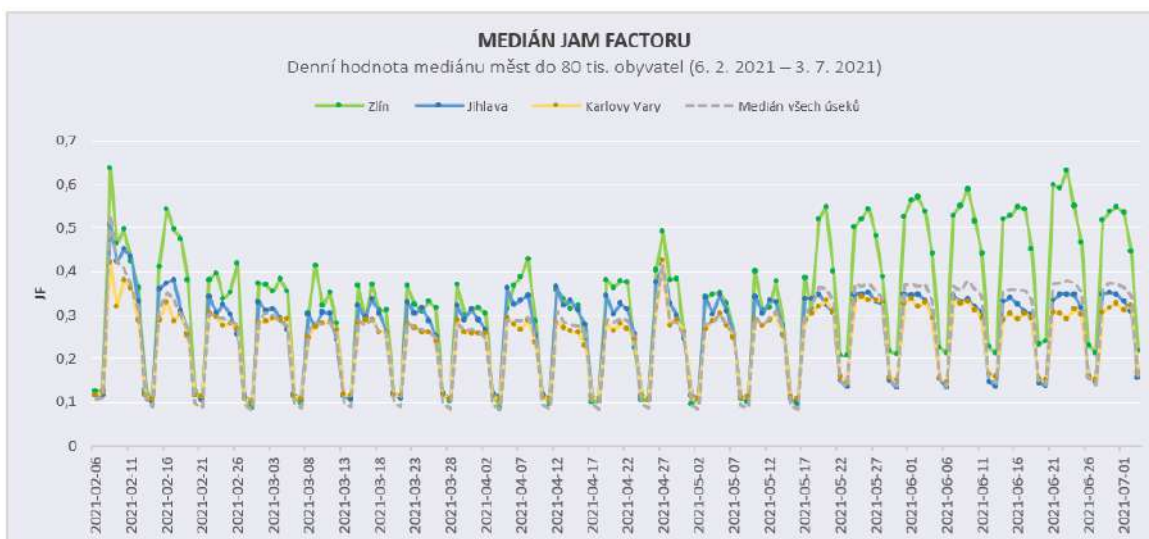
Časové řady

Stejně jako v případě předchozích dvou kategorií městských oblastí i zde jsou vytvořeny tři časové řady za stejné období.



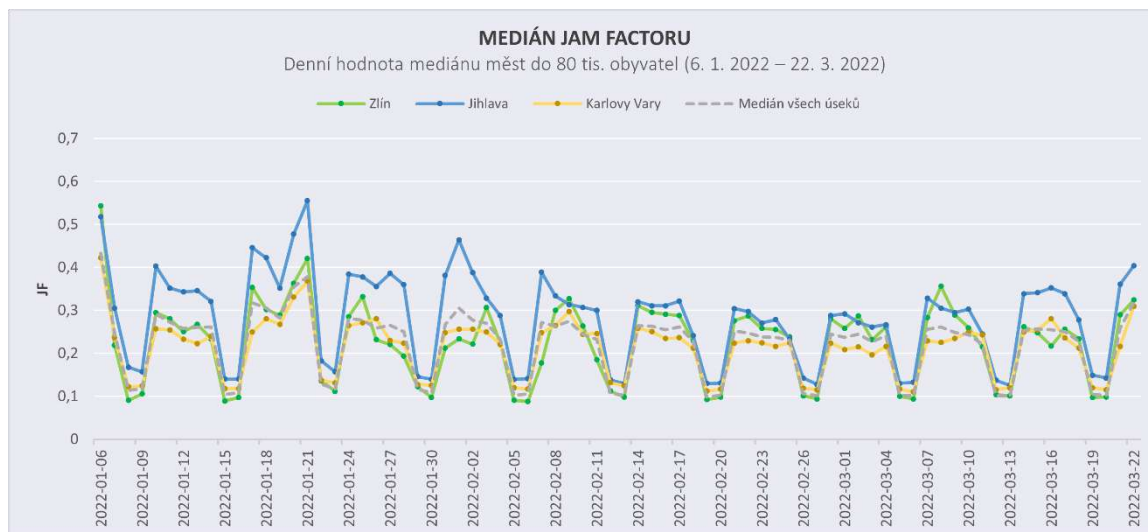
Graf 4.31 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

V první časové řadě jde vidět, že mají městské oblasti ve většině případů hodnoty vyšší, než je medián všech úseků. Jen hodnoty oblasti Karlových Varů se mu hodně blíží nebo jsou v několika případech nižší. Z hlediska průběhu vykazují hodnoty Jihlavy a Karlových Varů velkou míru podobnosti na rozdíl od Zlína, u kterého se objevují časté odchylky. To lze odůvodnit geografickou polohou těchto oblastí. Jako příklad může být uveden den 6. 1. 2021, kdy v Karlových Varech a v Jihlavě probíhá nárůst hustoty dopravy pravděpodobně zapříčiněný sněžením. Nicméně ve Zlíně se tento nárůst dostane do nejvyšší hodnoty až v následujícím dnu, což značí prodlevu při pohybu srážek ze západu na východ.



Graf 4.32 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

Druhá časová řada potvrzuje tvrzení o rozdílu hodnot hustoty dopravy v oblasti Zlína oproti hodnotám z oblastí Jihlavy a Karlových Varů. V této časové řadě jsou odchylky zdaleka nejdramatičtější. Jednak v únoru, kdy probíhaly zmiňované meteorologické podmínky na místní poměry extrémního rázu a jednak v měsících květnu a červnu, kdy obecně pro všechny oblasti platí nárůst hodnot oproti předešlým měsícům. V případě oblasti Zlína je tento nárůst až dvojnásobný. Může to vyplívat z definovaného území Zlína, kde je menší počet úseků soustředěných ve větší míře v centru města, který je víc náchylný na nárůsty hodnot. V tomto případě je pak vidět i význam restrikcí proti šíření covid-19 omezující mobilitu obyvatelstva, kdy na přelomu května byla zrušena většina těchto vládních nařízení.

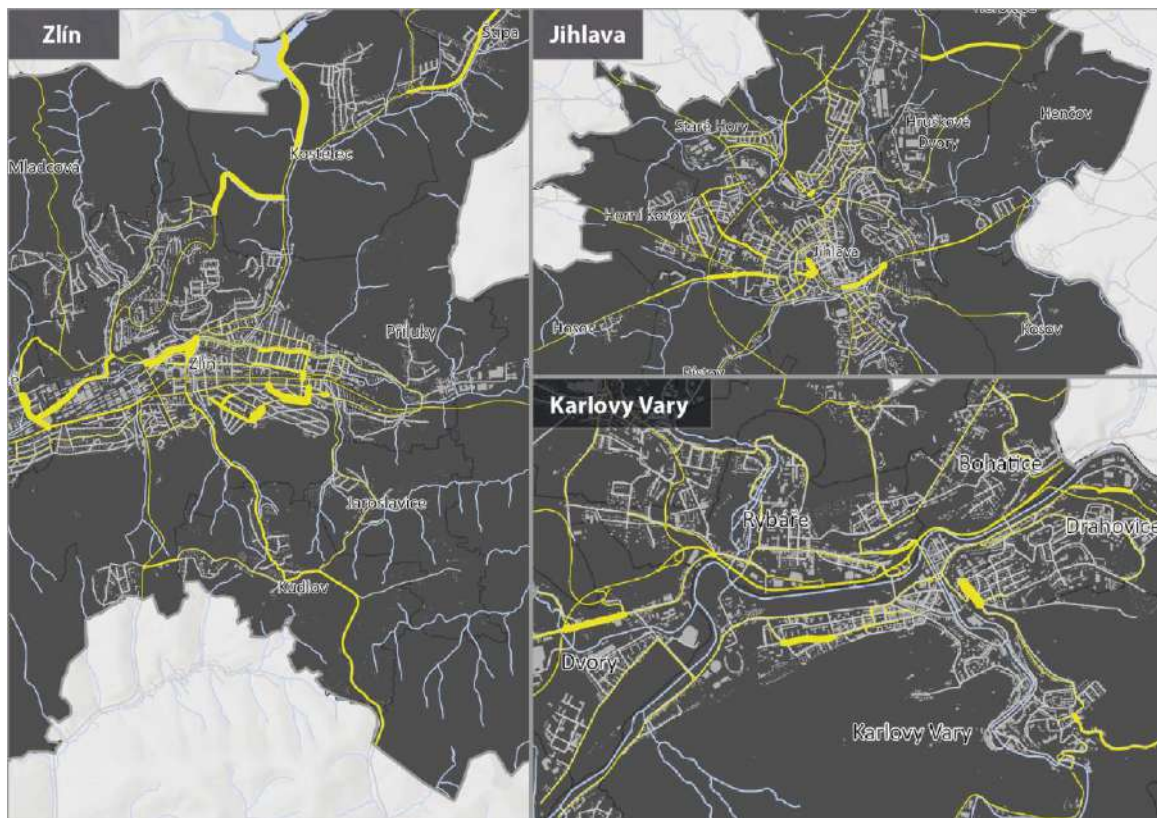


Graf 4.33 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022

V poslední časové řadě se naopak pravidlo odchylujících se hodnot oblasti Zlína oproti ostatním oblastem nepotvrzuje. Hodnoty hustoty dopravy pro oblast Zlína se více přibližují průměru všech úseků, než jak tomu bylo v předchozích řadách. Naopak oblastí s hodnotami daleko vyššími je oblast Jihlavy. Je však nutné poznamenat, že průběh hodnot má oblast Jihlavy velmi podobný, jako je tomu u mediánu všech úseků. Jedním z důvodů mohou být náhodně způsobené výkyvy v meteorologických podmínkách, jako je výkyv 10. 1. 2022, 21. 1. 2022 či 2. 2. 2022.

Dopravní zácpy na úsecích

V poslední kategorii městských oblastí do 80 tisíc obyvatel je při tvorbě map dopravních zácp postupováno stejně jako v předchozích dvou kategoriích.

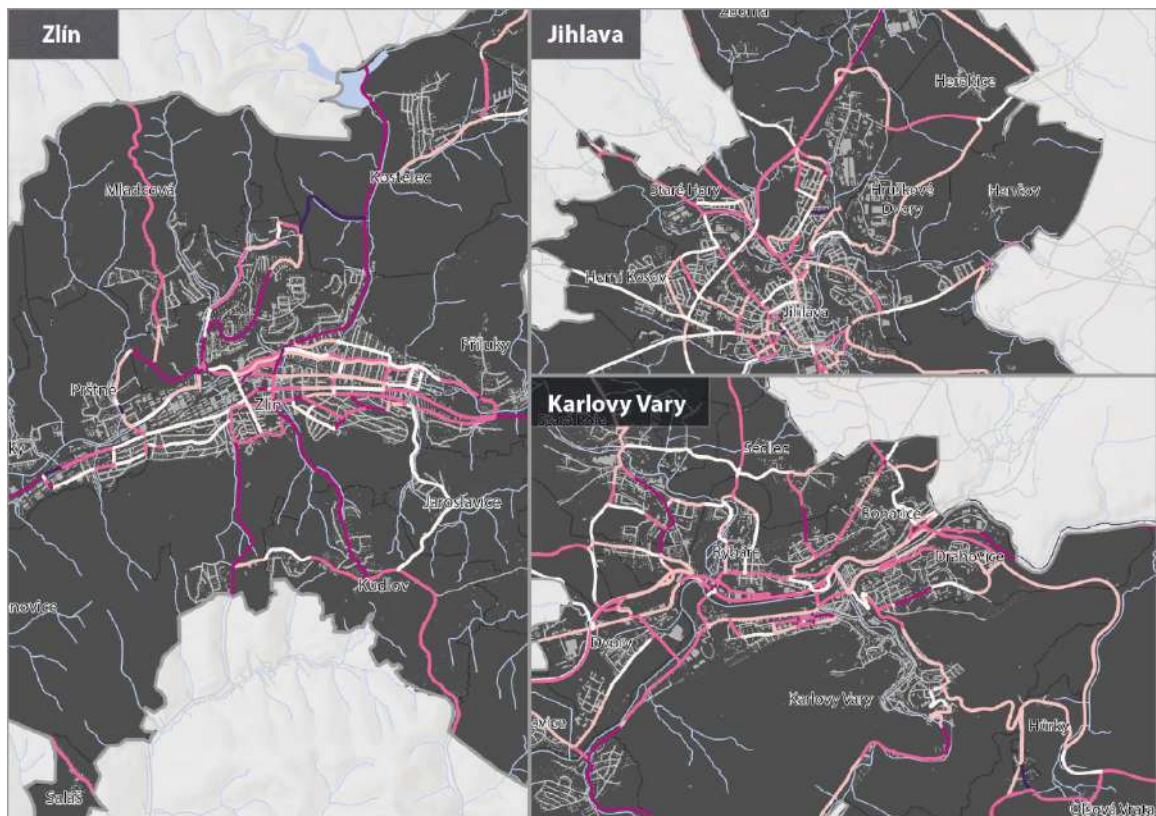


Obrázek 4.5 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí do 80 tis. obyvatel

Mezi oblastmi velmi výrazně převyšuje ostatní oblast Zlína. I přes to, že je to oblast s menším počtem obyvatel, byly zde zaznamenány mezi top třemi úseky hodnoty dvakrát převyšující dvacet tisíc a jednou převyšující třináct tisíc. To ukazuje na problematickou dopravu v této oblasti. Zbylé dvě oblasti nijak výrazně nepřevyšují oblasti z dalších kategorií.

Vytíženost úseků v čase dopravních špiček

Analyzování vytíženosti úseků v kategorii městských oblastí do 80 tisíc obyvatel se rovněž řídí stejnou metodikou, jako v předchozích dvou kategoriích.



Obrázek 4.6 – náhled na mapy mediánu ukazatele jam factor za rok 2021 oblastí do 80 tis. obyvatel

Ve městské oblasti Zlín se objevuje velké množství úseků s vysokou mediánovou hodnotou ukazatele *jam factor*. To koreluje s velkým množstvím dopravních zácp naměřených v této oblasti. U všech oblastí se opět objevuje jev, kdy se vytíženější úseky spíše objevují blíže k centru. Specifická situace je v oblasti Jihlavy, kdy navíc k tomuto jevu jsou velmi vytížené ještě úseky spojující město s dálnicí D1.

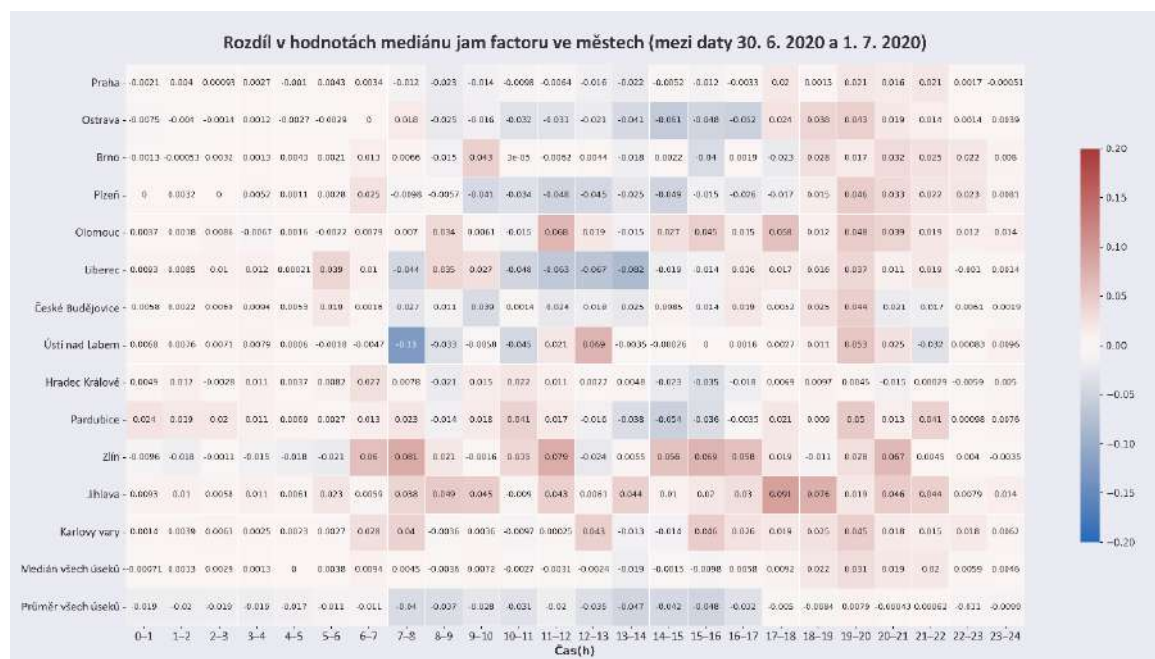
4.5 Analýza specifických událostí

Analýza specifických událostí se zaměřuje na významné události, při kterých se měnila nebo pravidelně každý rok mění dopravní situace a tím i hustota dopravy. Mezi tyto události patří jednak ty, jež jsou předem vybrané, u kterých se předpokládá onen rozdíl v hustotě dopravy a je na místě tyto události dále analyzovat a měřit tyto rozdíly. Dále jsou to pak události, u kterých byly objeveny výraznější změny v předchozích analýzách a je na místě podívat se na ně ve větším měřítku ve snaze objevit další informace o změně hustoty dopravy.

Pro analýzu specifických události bylo počítáno s daty z roku 2021, nicméně kvůli chybějícím dnům v databázi nebylo možné sestavit analýzu, a proto byla doplněna dny z roku 2020. Vybrané dny jsou porovnávány v první řadě s nejbližšími stejnými dny v rámci týdne. To, aby byly eliminovány rozdílné hodnoty mezi jednotlivými dny týdne. Pokud to situace nedovoluje, jsou speciální dny porovnány s nejbližšími libovolnými dny. Pro některé situace by bylo také vhodné vybrat pro porovnání spíše stejný den z jiného roku. Nicméně to z uváděného důvodu chybějících dat nebylo možné zjistit.

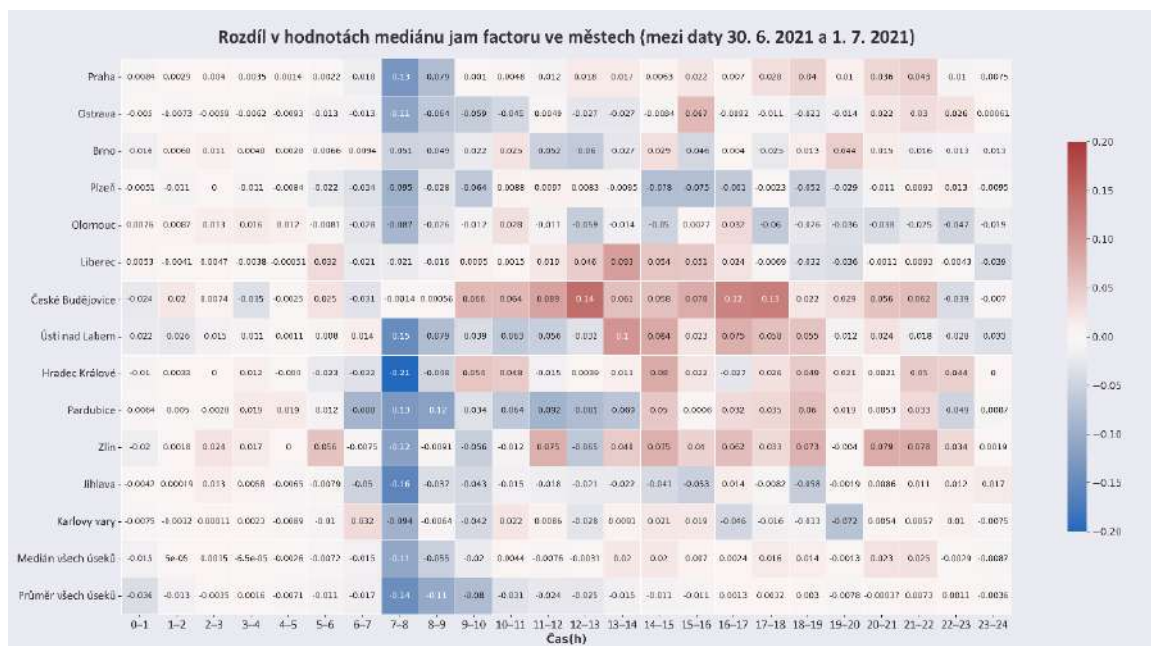
Konec školního roku / první prázdninový den

Prvním případem specifické situace je srovnání konce školního roku a začátku prázdnin. Tato situace předpokládá změnu mobility obyvatelstva z důvodu přerušování dojíždky do škol.



Graf 4.34 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 30. 6. 2020 a 1. 7. 2020

Na grafu 4.34 je vidět rozdíl mediánových hodnot hustoty dopravy mezi posledním školním dnem a prvním dnem prázdnin v roce 2020. Rozdíly jsou minimální, což si lze vyložit tak, že změny nejde jednoznačně interpretovat a může se jednat o odchylky, které nemusí znamenat změnu dopravního chování mezi těmito dvěma dny. V tomto případě jde o ukázkou důsledku pandemie covid-19, kdy v tomto období neprobíhala výuka ve standardním formátu nebo neprobíhala vůbec.

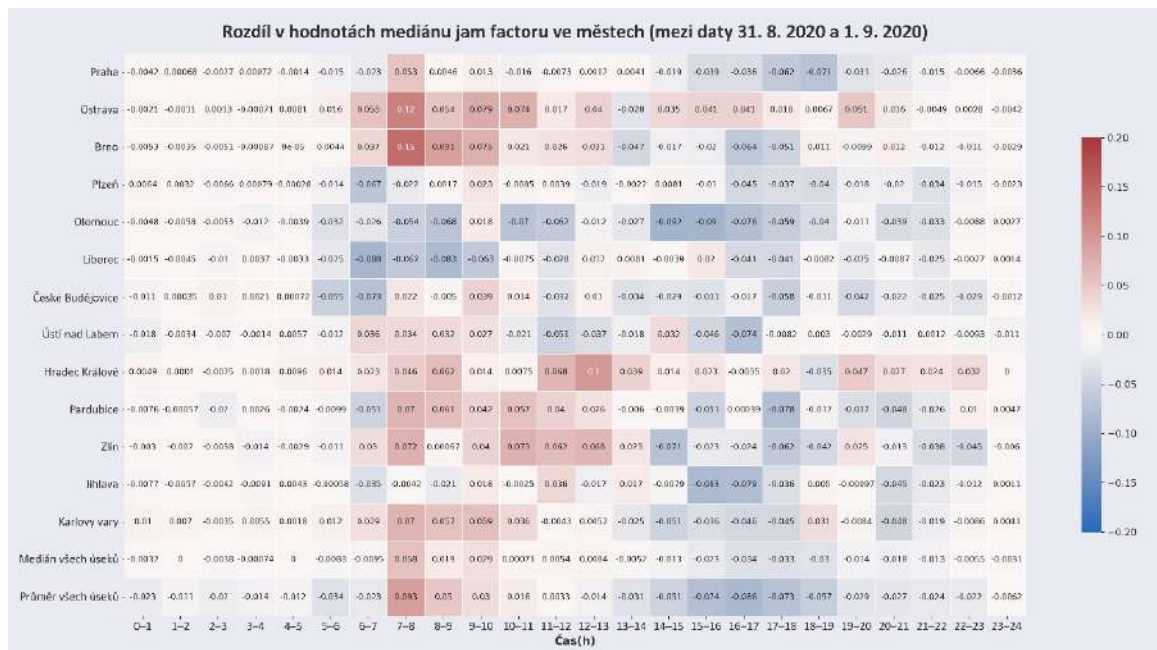


Graf 4.35 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factoru mezi daty 30. 6. 2021 a 1. 7. 2021

V kontrastu s rokem koncem školního roku 2020 je rok 2021, kdy je na grafu 4.35 vidět velký pokles hustoty dopravy kolem 7–9 hodiny ve všech vybraných městech. To ukazuje na velký dopad dojíždky do škol na celkovou hustotu dopravy ve městech. Dalším poznatkem je absence poklesu dopravy ve všech městech v jednom časovém intervalu, který by připadl na dojíždku ze škol zpět domů. To může být vysvětleno jako důsledek různých časů, kdy výuka v jednotlivých školách a městech končí a v důsledku toho je tedy hustota dopravy rozložena v různých časových intervalech.

Konec prázdnin / první školní den

Zcela opačná situace by měla nastat po konci prázdnin v první školní den. Předpokládá se velký nárůst hustoty dopravy v časech spojených s dojíždkou žáků do škol. V tomto případě byl v databázi dostupný pouze ten z roku 2020. Při začátku školního roku byla v rozjezdu podzimní vlna pandemie covid-19, nicméně v tomto datu ještě nebyly přijaty žádné restriktce dopadající na mobilitu obyvatelstva.



Graf 4.36 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 31. 8. 2020 a 1. 9. 2020

Graf 4.36 ukazuje předpokládaný nárůst hustoty dopravy v časech mezi sedmou a osmou hodinou ranní ke dni 1. 9. oproti 31. 8. V některých městských oblastech jako je Ostrava, Brno, Hradec Králové, Pardubice a Zlín je nárůst rozšířen po celé dopoledne až do 13 hodiny. Oproti předpokladu nárůstu v dopoledních hodinách jdou hodnoty hustoty dopravy v městských oblastech Plzni, Olomouc, Liberci a Českých Budějovicích. V těchto zmiňovaných oblastech hustota dopravy mírně klesá. Na tento jev není jednoznačná interpretace. V odpoledních hodinách je ve většině měst zaznamenám pokles dopravy.

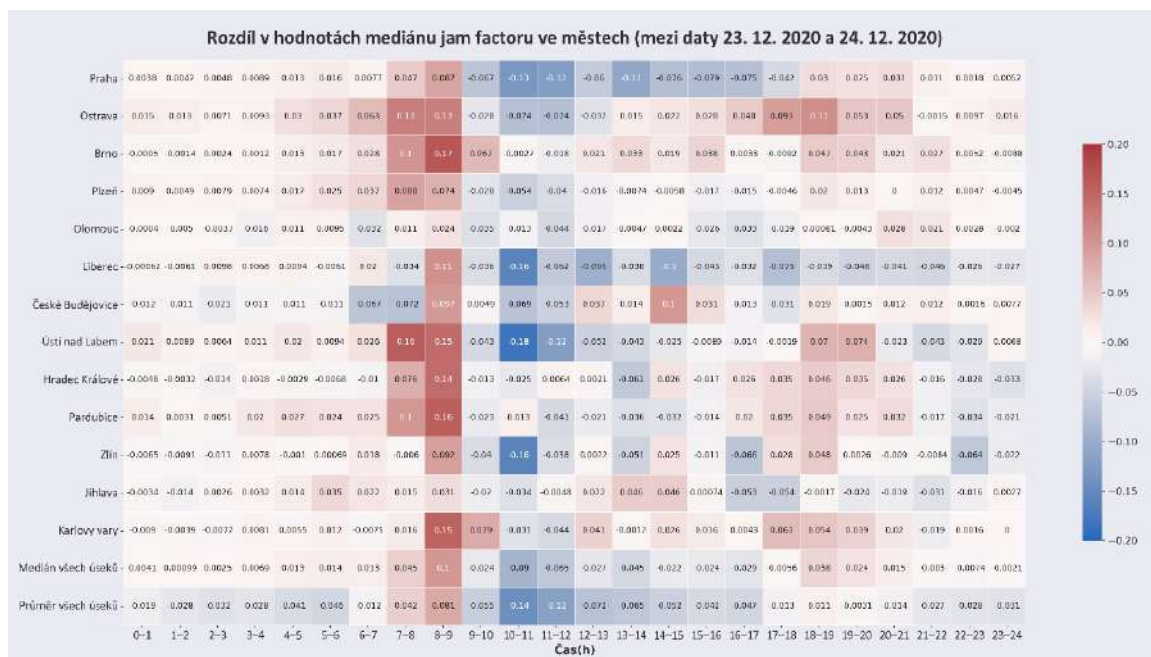
Vánoční svátky

Na vánoční svátky nastávají velké rozdíly ve vzorech mobility obyvatelstva oproti běžným dnům. Vzory změn v hustotě dopravy jsou ovlivněny především absencí dojíždky do práce či do škol nebo její velké omezení. Dále jsou ovlivněny změnou otevírací doby obchodů, stravovacích zařízení, sportovních a zábavních zařízení, či kulturních akcí. Nakonec výrazným ovlivněním může být i to, že toto období se vyznačuje častým cestováním obyvatel za účel návštěv rodinných příslušníků či přátel.

Kvůli nedostupnosti dat z roku 2021 jsou data pro tyto dny jsou měřená v roce 2020, kdy se na tyto změny mohl připsat i vliv pandemie covid-19. V tomto období platil nouzový stav a byly vyhlášeny restriktce podle protiepidemického systému ČR (PES), který byl ve 4. stupni. Od 25. prosince postoupil PES do posledního 5. stupně (nejtvrďší restriktce).

Štědrý den

Štědrý den představuje jeden ze svátků, kdy očekávaná změna dopravního chování obyvatelstva měla být na nejvyšší úrovni, jak v rámci Vánočních svátků, tak i v rámci všech speciálních dní.

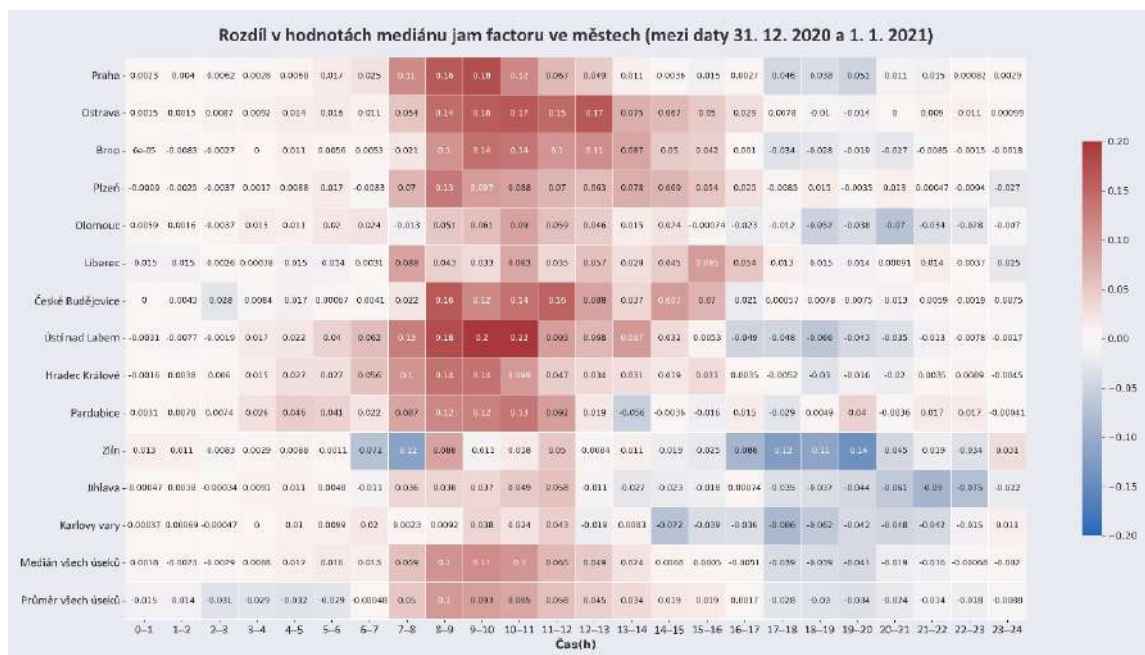


Graf 4.37 rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 23. 12. 2020 a 24. 12. 2020

Srovnání rozdílů hustoty dopravy ve Štědrý den oproti předchozímu dnu ukazují pokles hustoty dopravy během většiny odpoledních hodin ve většině měst. Nicméně mezi 7.–9. hodinou ránní je vidět nárůst, ve všech městských oblastech s výjimkou Olomouce a Karlových Varů, který znamená zvýšenou aktivitu obyvatel, která může být způsobená otevírací dobou obchodů na Štědrý den. Ta bývá od 8:00 do 11:30. Nejvýraznější pokles je vidět mezi 10.–12. hodinou, což může znamenat, že obyvatelstvo se v těchto časech daleko více zdržuje ve svých domovech, omezuje čas nákupů pouze na ranní hodiny (i když byla otevírací doba až do 11:30) a oproti běžným zvykům alokuje stravování na oblast domova, nikoliv do stravovacích zařízení, která jsou zavřena. V některých městských oblastech, jako třeba Ostrava, Brno, Ústí nad Labem, Hradec Králové, Pardubice a Karlovy Vary, jde zpozorovat menší nárůst hustoty dopravy mezi 17.–21. hodinou. Tento nárůst může být spojen s návštěvami zmiňovanými v úvodu.

Silvestr / Nový rok

Zakončení starého roku a start nového roku se nese v duchu velkých oslav. Ač tyto oslavy byly na přelomu roku 2020/2021 pravděpodobně v omezenějším duchu, i přes to se tato událost ve velké míře podepisuje do změny hustot dopravy, která vykazuje rozdíly oproti běžným dnům.

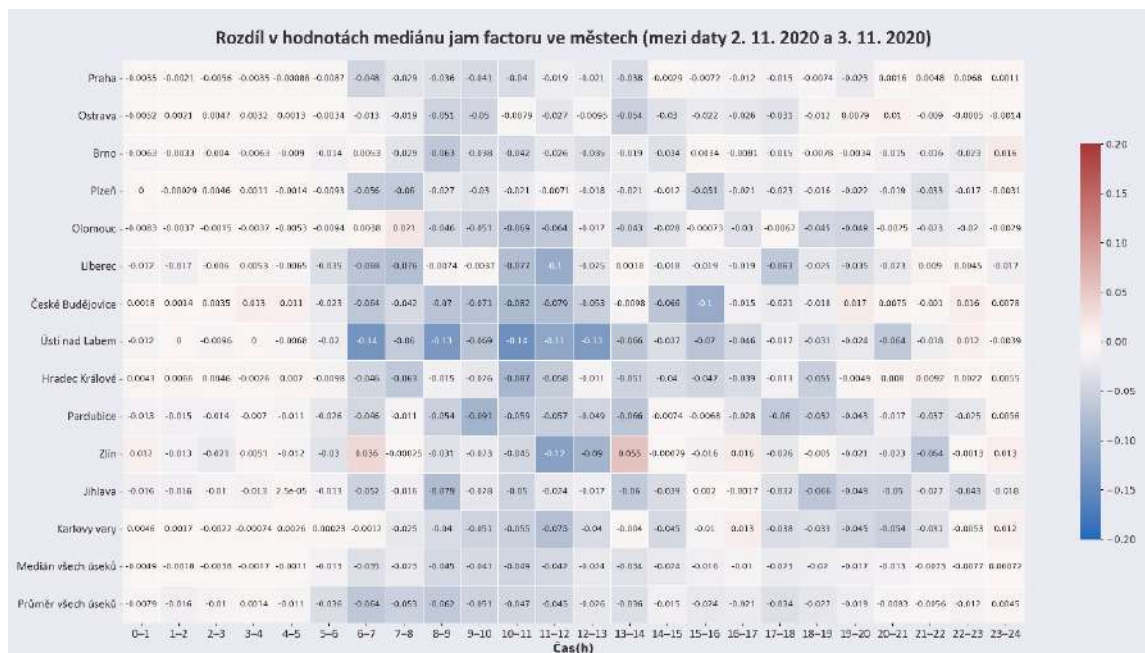


Graf 4.38 rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 31. 12. 2020 a 1. 1. 2021

Při porovnání posledního dne roku 2020 a prvního dne roku 2021 je vidět velký nárůst hustoty dopravy především během dopoledních hodin. Největší nárůsty jsou viditelné v časech mezi 8.–11. hodinou. Interpretace toho je pak složitá, protože v tento den byly obchody zavřené a platil nouzový stav. Mezi 17.–20. hodinou pak lze zaznamenat pokles hustoty dopravy, který je však velmi malý.

Svátek zesnulých

Svátek zesnulých, kterému se lidově říká dušičky, se v roce 2020 datoval na 2. listopadu a je specifický tím, že je zvýšená návštěvnost hřbitovů. Největší návštěvnost během dne bývá v pozdních odpoledních hodinách.



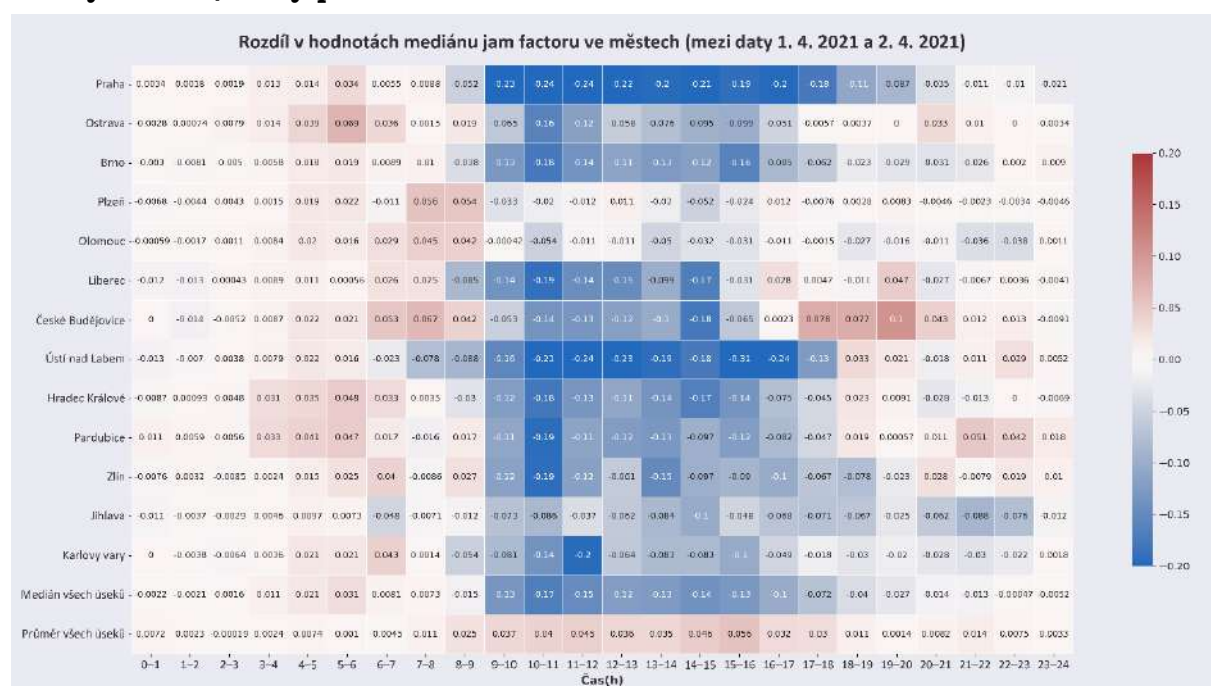
Graf 4.39 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 26. 10. 2020 a 2. 11. 2020

Mezi hodnoty hustoty dopravy však nejde najít žádný vzor, který by to potvrdil. Ve městech jsou nárůsty a poklesy spíše nahodilého charakteru. Vysvětlení může být dvojitý. Buďto je ve městech dojíždka na hřbitovy zanedbatelná a nepodepisuje se, nebo se podepisuje do průměrné hodnoty hustoty dopravy nevýrazně, případně v tomto konkrétním případě byly na vině restriktce spojené s pandemií covid-19, které omezovaly volný pohyb obyvatel.

Velikonoce

Na Velikonoce připadají dva státní svátky, a sice Velký pátek, který byl ve sledovaném roce 2021 2. 4. a Velikonoční pondělí, které bylo 5.4. V souvislosti s pandemií covid-19 v tomto období doznávala zimní vlna nákazy a snížila i opatření namířená proti ní. Některé restriktce, jako bylo zákaz sportování, či zákaz procházek po okrese už byly zrušené, nicméně důležité restriktce, jako zákaz vycházení mezi 21.–5. hodinou a zákaz cestování mezi okresy stále platily.

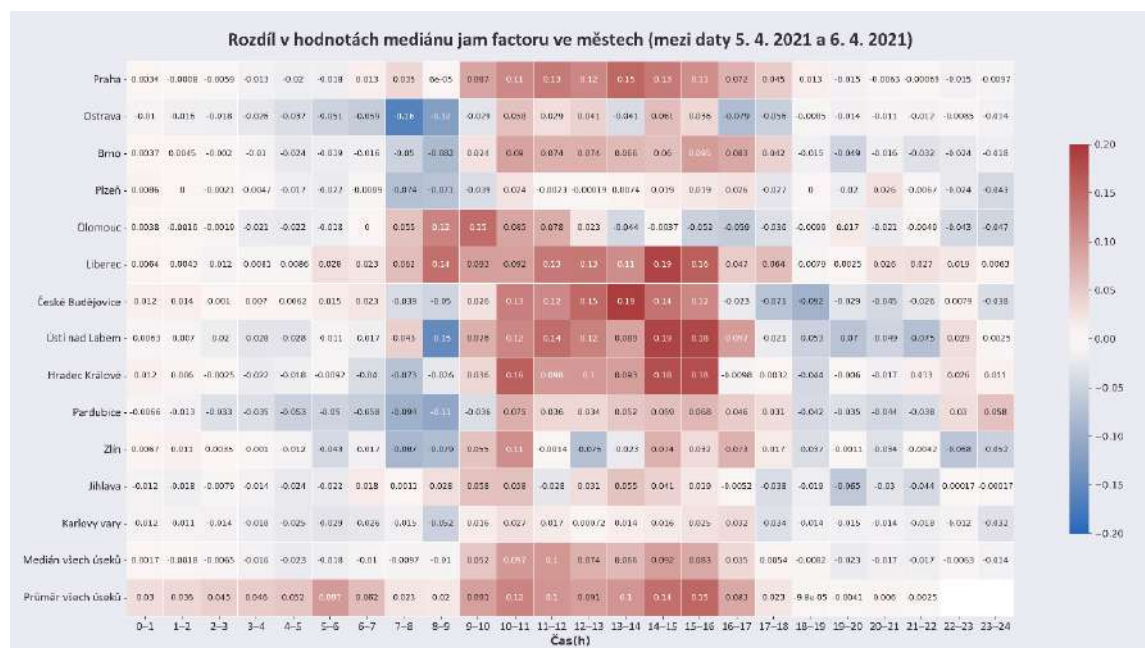
Zelený čtvrtek/Velký pátek



Graf 4.40 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 30. 6. 2020 a 1. 7. 2020

Na grafu 4.40, který ukazuje rozdíl mezi hustotou dopravy čtvrtkem a pátkem, jsou vidět velké změny především ve dvou časových úsecích. První, který by se dal označit jako dopolední, a druhý, který by se dal označit jako odpolední. V některých městech je pokles hodnoty hustoty dopravy téměř konstantní v obou časových úsecích. Jedná se o městské oblasti Praha a Ústí nad Labem. Změna ve zmiňovaných časových úsecích je způsobena především dojíždkou do práce a škol, která je zcela omezena, kvůli státnímu svátku.

Velikonoční pondělí



Graf 4.41 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 5. 4. 2021 a 6. 4. 2021

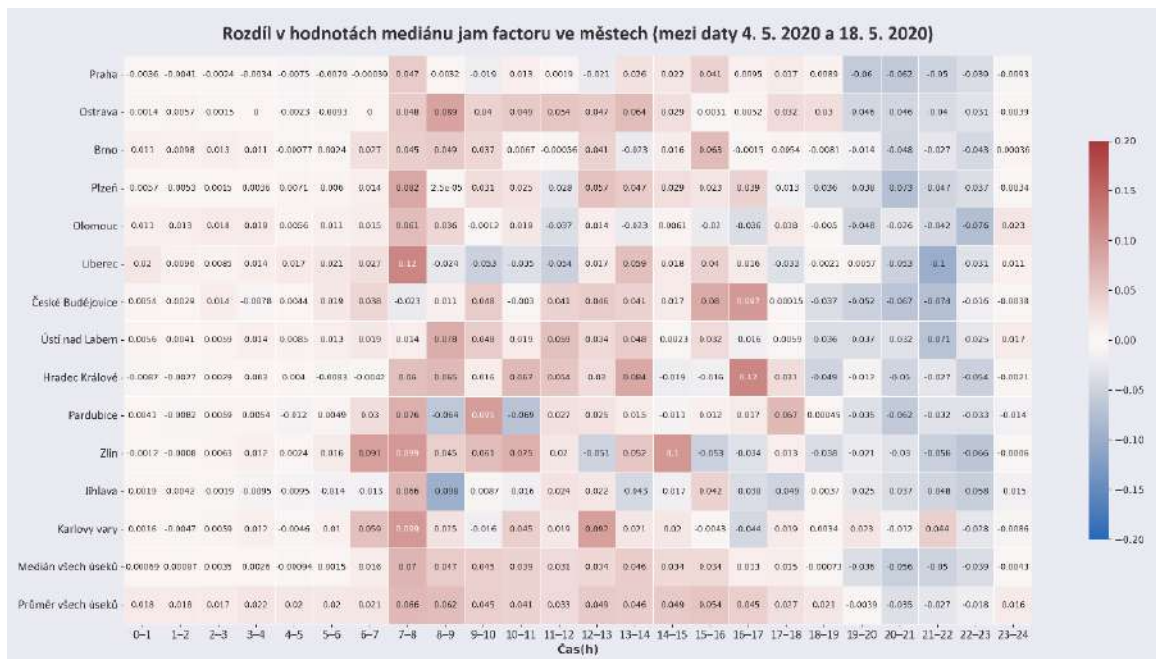
V úterý, den po Velikonočním pondělí, jde vidět významný nárůst hustoty dopravy od 9 do 17 hodiny. V některých městech zaznamenaný nárůst i ranních hodinách kolem 7–9. Jde o městské oblasti Olomouc a Liberec. V zbylých oblastech je v tomto čase zaznamenan spíše pokles, v některých případech stagnace. V Plzni a v Karlových Varech není zaznamenan během dne téměř žádný viditelný nárůst hustoty dopravy.

Covid

Velký vliv na hustotu dopravy v České republice měla pandemie covid-19. Její vliv na hustotu dopravy je obtížně kvantifikovatelný. V předchozích analýzách je zmiňován v souvislosti s pravděpodobným ovlivněním dané situace. V této analýze je práce zaměřena na konkrétní dny, které se pohybují v blízkém časovém rozsahu od zavedení opatření proti této pandemii. Cílem je zjistit vliv těchto opatření v blízkém časovém horizontu.

Jarní vlna

Jarní vlna pandemie v České republice probíhala přibližně od března až do června roku 2020. Vyznačovala se zavedením nouzového stavu a tvrdými restrikcemi omezujícími pohyb obyvatelstva, jako byly omezení vycházení, zavření či omezení otevírací doby maloobchodu, velkoobchodu, služeb, sportovních zařízení a dalších. V neposlední řadě proběhl taky „tvrdý lockdown“ a některá města byla uzavřena.

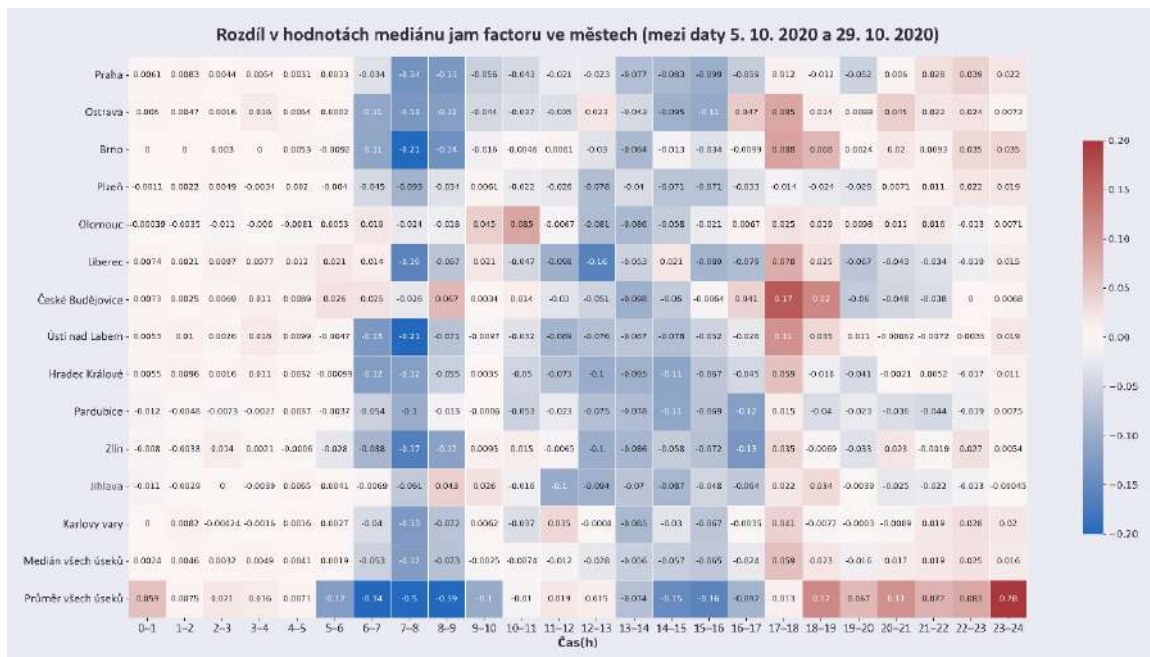


Graf 4.42 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 4. 5. 2020 a 18. 5. 2020

Na grafu 4.42 je viditelný nárůst hustoty dopravy v hodinách, které se překrývají s časem dojíždky do zaměstnání, to je kolem 6.–9. hodiny. Nárůsty se objevují taky během zbytku dopoledne a v odpoledních hodinách. Naopak ve večerních hodinách od 19. hodiny jsou vidět napříč městy poklesy dopravy, které však nabývají malých hodnot a je možné, že to jsou jenom náhodné odchylky. Celkově tak situace potvrzuje trend pozvolného rozvolňování a postupné navracení hodnot hustoty dopravy směrem do běžného stavu před lockdownem.

Podzimní vlna

Po jarní vlně pandemie nastalo rozvolnění, které během července a srpna 2020 znamenalo zrušení všech opatření, které by mohly omezovat dopravu (neznámá to však, že by doprava nemohla být omezena dalšími souvisejícími vlivy) a provoz ve městech se vracel směrem k běžným hodnotám. Nicméně po tomto krátkém období nastala další vlna pandemie a s tím i další balíčky vládních nařízení s cílem zastavení šíření pandemie pomocí omezení mobility obyvatelstva. Během této vlny byl obnoven nouzový stav, který platil od 5. října 2020 až do 14. února 2021. Co se týče jednotlivých opatření, která mohla mít vliv na hustotu dopravy, byla tato nařízení spouštěna postupně od zmiňovaného 5. října. Patřily mezi ně uzávěry škol, přechody na distanční výuku, omezení sportovních akcí, kulturních akcí, služeb, volnočasových aktivit, zakazy vycházení a další.

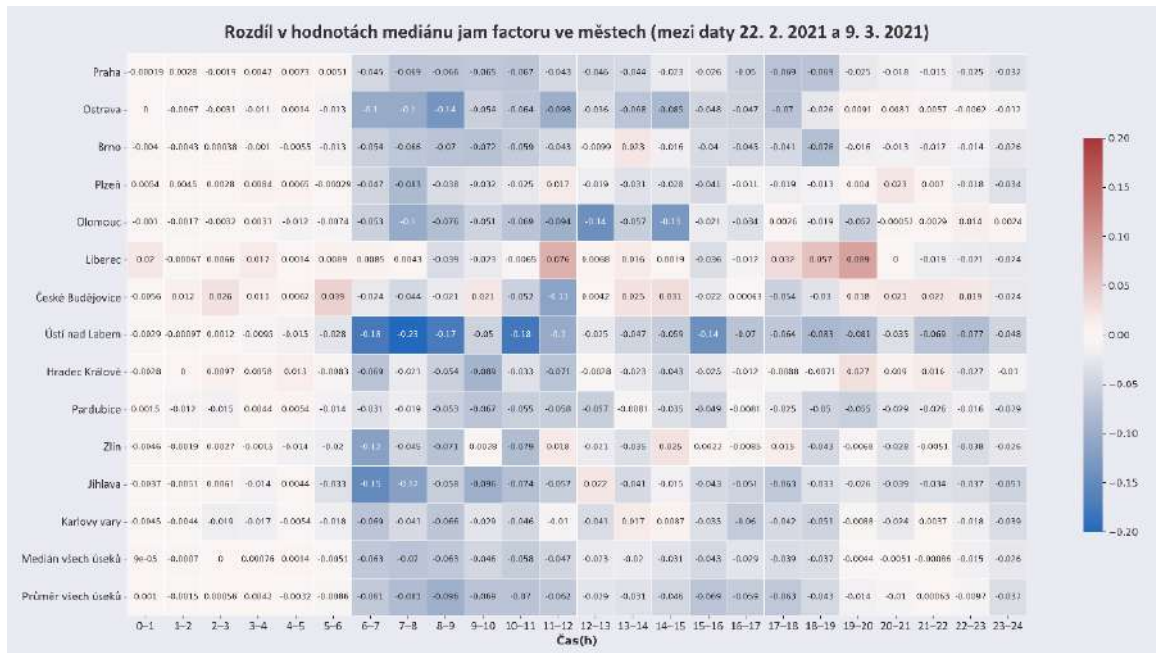


Graf 4.43 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factoru mezi daty 5. 10. 2020 a 29. 10. 2020

Graf 4.43 ukazuje rozdíl v hodnotách ukazatele jam factoru mezi pondělím 5. října a pondělím 29. října. Rozdíl v hodnotách hustoty dopravy potvrzuje velký pokles mezi 6. a 9. hodinou, kdy jsou tyto časy spojeny s dojížděkou do škol a do zaměstnání. Další významný rozdíl je situován do odpoledních hodin kolem 12.–17. hodiny, což může značit dodržování zmiňovaných nařízení, byť pravděpodobně ne v plné míře. Zajímavý je nárůst mezi 17.–18. hodinou ve většině měst a poté další menší nárůsty ve večerních hodinách.

Zimní/jarní vlna

Dalším příkladem je zimní či jarní vlna, která v podstatě navazovala na podzimní vlnu. Mezi těmito časovými úseky neproběhlo výrazné systematické rozvolňování opatření. Spíše probíhalo chaotické rušení a znovu zprovoznění platných restrikcí. Ukázkou může být samotný nouzový stav, který pozbyl platnosti 14. února, načež byl 15. února znovu vyhlášen, aby platil do 26. února, poté znovu pozbyl platnosti a 27. února byl znovu vyhlášen. V rámci této vlny platila většina již dříve uváděných nařízení. K tomu se přidal tvrdý lockdown, který byl platný od 1. března na 3 týdny a zakazoval obyvatelům cestovat mezi okresy bez pracovního povolení či dalších specifických důvodů.



Graf 4.44 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 22. 2. 2021 a 9. 3. 2021

Na grafu 4.44 je zřetelný celkový úbytek hustoty dopravy ve všech městech v průběhu celého dne. Rozdíly hustot však nenabývají ve většině měst vysokých hodnot. Je to způsobeno tím, že mezi vybranými dny se už opatření příliš nepřílišovala. Největší vliv na tyto změny má pravděpodobně zmiňovaný tvrdý lockdown zavedený mezi těmito dny. Rozdíly taky můžou napovědět, že mezi městskými oblastmi byly v tomto ohledu větší či menší odchylky.

5 VÝSLEDKY

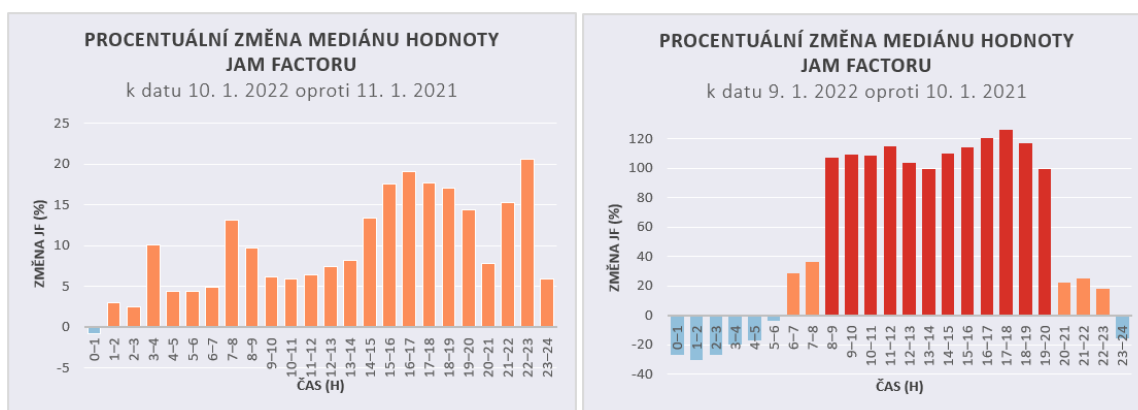
Výsledkem diplomové práce je pět analýz s hodnocením změn v intenzitách dopravy. Patří mezi ně analýza hodinových hodnot hustoty dopravy, analýza denních hodnot hustoty dopravy, analýza dopravních zácp, analýza městských oblastí a analýza specifických událostí. Výstupem analýz je hodnocení změn a vizualizace v podobě grafů a map.

Analýza hodinových hodnot hustoty dopravy

Analýza byla založena na agregování hodnot do nejmenší možné časové jednotky, tedy do hodiny, kdy byly počítány hodinové mediány nebo průměry hustoty dopravy za celé sledované území.

Výsledkem bylo porovnání těchto hodnot za vybrané dny, ze sledovaného časového úseku ve dvou kategoriích, tedy všedních dnů a víkendů. Sledovanými dny byly postupně vybrané dny z různých ročních období, které byly vybrány tak, aby reprezentovaly průměrné hodnoty z těchto období. Konkrétně v případě všedních dnů šlo o 11. 1. 2021, 12. 4. 2021, 28. 6. 2021, 25. 10. 2021 a 10. 1. 2022. V případě víkendů o 10. 1. 2021, 11. 4. 2021, 27. 6. 2021, 24. 10. 2021 a 9. 1. 2022.

Analýza všedních dní ukázala na pozvolný nárůst ve většině časů v jarním měsíci, poté na ještě větší nárůst v letním měsíci a pozvolný pokles či stagnaci v podzimním měsíci. V průběhu roku se objevují méně viditelné jevy jako je klesání a růst v úzkých časových intervalech či menší změny v čase a intenzitách dopravních špiček. Ve srovnání dnů z roku 2021 a 2022 je možné sledovat významný nárůst hustoty dopravy v roce 2022.



Grafy 5.1 a 5.2 – procentuální změna mediánu hodnoty ukazatele jam factor ve všední den a o víkendu

Podobnou interpretaci by šlo uvést i v případě analýzy víkendových dnů. Nicméně zde byly nárůsty v roce 2022, což dobře ilustruje graf 5.2, kde je možné vidět, že víkendové nárůsty jsou v některých hodinách větší než 100 %.

Analýza denních hodnot hustoty dopravy

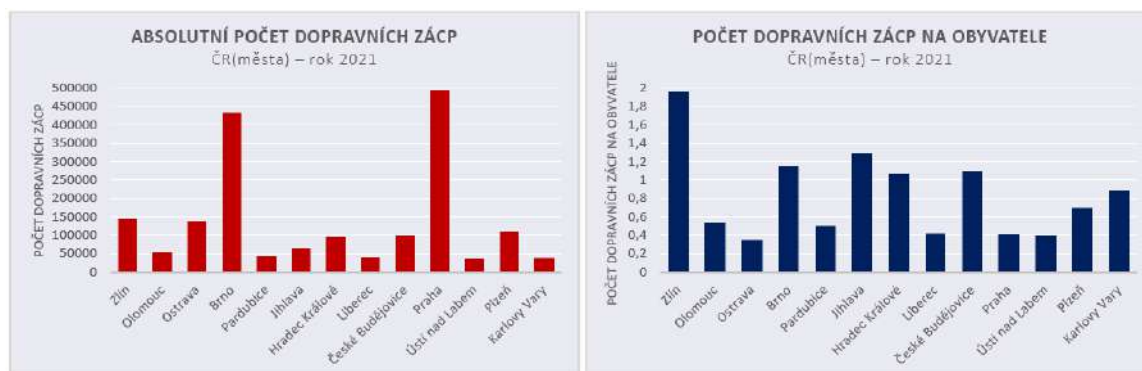
Analýza denních hodnot byla založena na agregaci za celý den, přičemž denní mediány a průměry hustoty dopravy byly počítány za celé sledované území. Z těchto hodnot pak byly vytvořené tři časové řady za období od 9. 12. 2020 do 19. 1. 2021, od 6. 2. 2021. do 3. 7. 2021 a od 6. 1. 2022 do 22. 3. 2022.

V těchto časových řadách byly hodnoceny celkové trendy růstu či poklesu, týdenní trendy a následně hledány výraznější odchylky od těchto trendů. Tímto způsobem bylo odhaleno několik odchylek, které byly většinou způsobeny meteorologickými podmínkami nebo omezeními v mobilitě obyvatelstva v rámci opatření namířených proti pandemii covid-19.

Mimo časové řady byly mezi sebou porovnávány průměry a mediány jednotlivých dnů v týdnu agregované za celý rok. Z tohoto porovnání bylo zjištěno, že nejvytíženější den v rámci víkendu je sobota. V rámci všedních dní to pak podle průměru byla středa, avšak podle mediánu pondělí, a naopak nejméně vytiženým dnem podle obou statistických metod byl pátek.

Analýza dopravních zácp

Analýza dopravních zácp byla zaměřena na identifikování dopravních zácp za celé městské oblasti a následné porovnávání výsledků mezi městskými oblastmi. Vycházela z předpokladu, že *jam factor* s hodnotou 10,0 znamená neprůjezdnou komunikaci, a tedy dopravní zácpu. Poté došlo k tvorbě součtů těchto stavů.



Grafy 5.3 a 5.4 – absolutní počet dopravních zácp a počet dopravních zácp na obyvatele

Analýza přinesla výsledky, které podle očekávání ukázali, že nejvíce dopravních zácp v absolutních číslech se vyskytuje ve velkých městských oblastech jako je Praha nebo Brno. Na druhou stranu po přepočítání na relativní ukazatele vyplynuly zajímavější výsledky, kdy se do popředí dostaly malé městské oblasti jako Zlín, Jihlava či České Budějovice.

Analýza městských oblastí

Analýza městských oblastí měla za cíl využít vybrané metody použité v předchozích analýzách se zaměřením na srovnání městských oblastí mezi sebou. V této analýze byly městské oblasti rozděleny do tří kategorií podle počtu obyvatel, a to tak, aby bylo snazší je porovnávat. Do první kategorie patřily oblasti s počtem obyvatel nad 150 tisíc, do druhé oblasti s počtem obyvatel od 80 do 150 tisíc a do třetí oblasti, kde je počet obyvatel menší než 80 tisíc. Mezi zmiňované vybrané metody patřily časové řady, analýza dopravních zácp a analýza vytiženosti úseků v časech dopravních špiček.

Výsledkem je hodnocení vybraných jevů komplexní problematiky spadající do kategorie dopravní vytiženosti městských oblastí v České republice.

Analýza specifických událostí

Poslední analýza, tedy analýza specifických událostí, se zaměřovala na vybrané události, u kterých se předpokládalo rozdílné dopravní chování obyvatelstva oproti běžným dnům. Mezi vybrané události patřily například státní svátky, prázdniny, situace spojené s pandemií covid-19 a další.

Výsledkem této analýzy byly vizualizace rozdílů v hodnotách hustoty dopravy v těchto dnech a následná interpretace možných příčin těchto rozdílů.

6 DISKUZE

Hodnotu výsledků bohužel snižují prázdná místa v databázi, jejichž počet se blíží polovině všech ze všech měřených dní. Tato prázdná místa vznikla v důsledku technických závad na serveru, kde jsou data ukládána. Autor práce tomu nemohl nijak předejít. Tento problém se projevuje napříč všemi analýzami a může přinášet zkreslení výsledných hodnot.

Problémem byla i samotná délka dotazování. Použitá data jsou uložena na serveru Katedry geoinformatiky v Olomouci. Nicméně technické možnosti tohoto zařízení jsou omezené, a to s sebou nese velkou časovou náročnost zpracování SQL dotazů v databázi. Jeden dotaz na agregovanou hodnotu za 5 000 úseků v časovém rozmezí jednoho dne trvá přibližně 5 minut. Při takovém objemu dat doba strávená dotazy velmi narůstá. Při položení dotazu, který zasahuje do velké časové nebo prostorové oblasti, pak bylo častým jevem, že dotaz zamrzl a připojení muselo být restartováno. To znamenalo, že musely být časové i prostorové oblasti těchto dotazů daleko více sekvenovány na menší úseky pro zajištění větší plynulosti dotazování. Možným řešením této záležitosti ať už při použití databáze *Here Traffic* nebo jiné, ještě větší databáze, by mohlo být přesunutí databázové infrastruktury na výkonnější cloudovou službu.

V podobném duchu se nese i délka měření, kdy stahování dat začalo v květnu roku 2020 a pokračuje do dubna 2022. To znamená, že jediný kompletní rok je rok 2021 (včetně prázdných míst v databázi). Možnost pracovat s daty z vícero let by přineslo daleko větší možnosti porovnání a s nimi i lepší výsledky. Při poukázání na fakt, že v posledních letech probíhala ve světě pandemie covid-19, která nepochybně ovlivnila hustotu dopravy v České republice, by bylo srovnání s dalšími lety, které nezasáhla taková událost, přinejmenším obohacující. Další věcí, kterou by tato možnost mohla odhalit, je celkový trend v růstu či poklesu hustoty dopravy za poslední roky, na který jsou potřeba časově rozsáhlejší datové zdroje. Nicméně se může jednat o impuls do budoucna, že se to jinému badateli, po vyřešení nastíněných problémů, může podařit.

Další záležitostí spadající do kategorie dat je absence stahování dopravních událostí, které poskytuje společnost *HERE* spolu s daty *traffic flow*. V této datové sadě jsou zaznamenávány dopravení události s časovou a prostorovou složkou. Tato data by mohla být využita jednak v analýzách, kdy by byla použita například jako podpůrná data v analýze dopravních zácp nebo v analýze dopravních špiček. Hlavní myšlenkou je podpořit interpretaci těchto analýz pomocí znalosti těchto událostí, které mají velký vliv na hustotu dopravy v daný moment jejich uskutečnění nebo vyvrátit tato tvrzení. Další možnosti jejich využití v kombinaci s datovou sadou *traffic flow* by mohlo být pro tvorbu predikčních modelů jednak pro modely předpovídající vznik těchto událostí, v druhém případě pro tvorbu modelů předpovídajících hustotu dopravy v úsecích ve městech. Tyto predikční modely jsou momentálně velkým tématem v oblasti městské dopravy. V budoucnu by se mohly stát jednou z cest, jak snížit počet dopravních zácp a přetížení úseků v městském prostoru po celém světě.

Přesnost dat je dalším tématem k zamyšlení. Problémem je metoda počítání hodnot, jako je *jam factor*, které jsou kombinací více metod pro měření hustoty dopravy, popsané v rešerši problematiky. Samotný vzorec pro výpočet těchto indexů společnost *HERE* neposkytuje, což znamená, že jsou známy hodnoty na omezené stupnici, která udává hustotu dopravy, nikoliv absolutní počty projíždějících automobilů. Už tato skutečnost znamená, že je složité porovnávat výsledné hodnoty s dalšími datovými sadami. Nicméně i tak je ještě větší problém získat tyto datové sady pro porovnání. Problematice dostupných datových je pak věnována část rešerše.

Jedním z diskutovaných výstupů práce byla aplikace, která by mohla usnadnit orientaci ve výsledcích přesunutím grafů do dashboardů ovládaných uživatelem a statických map do interaktivní mapy. Tato možnost byla odmítnuta jednak po zjištění, že velké množství dní v databázi chybí, což by velmi shazovalo hodnotu aplikace, kdy aplikace s chybějící velkou částí dat postrádá významu. Dalším důvodem je velikost databáze a náročnost zpracování dat, což bylo výše zmiňováno. Posledním důvodem byly podobné projekty jako je například *TomTom Traffic index*, dostupný na adrese: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ nebo mapa mobility vytvořená v rámci pandemie covid-19 v Itálii, dostupná na adrese: <https://www.enelx.com/it/it/istituzioni/servizi-citta-digitale/dashboard-covid-19>. Tyto aplikace jsou velmi blízké některé funkcionalitě zamýšlené aplikace nicméně vytvořené v rukách profesionálních týmů, zajištěných infrastrukturou a budgetem na velmi vysoké úrovni. Tomu by se zamýšlená aplikace nemohla rovnat.

Běžným postupem při statistické analýze je analyzování a odstranění outlierů, odlehlých hodnot, tedy hodnot, které se velmi vymykají ostatním hodnotám, ať už jsou výrazně vyšší či nižší. V tomto případě to nebylo nutné ze samotné povahy dat, kdy jsou ukazatele už přepočítané na ukazatele, které dosahují jen omezeného rozsahu hodnot. To znamená, že se zde odlehlé hodnoty vůbec nemohou vyskytovat. Co se týče záležitosti odstraňování celých dnů, ve kterých byly hodnoty výrazně vychýleny od průměru, je problém především v tom, že chybí velké množství dnů v databázi. To znamená, že je složité určit, které dny by se měli odstranit, protože chybí celkový kontext. Nicméně jsou tyto dny předmětem zkoumání, například v analýze specifických událostí.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo na základě časoprostorové analýzy dat *Here Traffic* vyhodnotit změny v intenzitách dopravy ve třinácti regionech geograficky rozmístěných v různých částech Česka. Tento úkol byl rozdělen na několik dílčích úkolů, ze kterých bylo nejdůležitějších pět různých analýz snažící se rozebrat z více úhlů pohledu tuto komplexní problematiku.

V teoretické části byla provedena rešerše problematiky, která se zaměřovala na výzkum odborných publikací v oblastech silniční dopravy, dopravních analýz a dopravních dat. Byly popsány metody, kterými se tyto dopravní data získávají. Po popisu metod byly popsány samotné datové zdroje dopravních dat získávaných z provozu v reálném čase, tedy stejně jako tomu je u dat *Here Traffic*, na kterých je založena praktická část této práce.

Ještě před prací na samotných analýzách bylo nutné pracovat s databází a přichystat data. Z velkoobjemové databáze čítající odhadem v řádu miliard záznamů bylo pomocí SQL dotazování vytěženo množství agregovaných dat, které byly očištěny o nepotřebné nebo chybné záznamy a které následně vstupovaly do analýz.

V nejdůležitější části práce bylo vytvořeno pět analýz. Šlo o analýzu hodinových hodnot hustoty dopravy, analýzu denních hodnot hustoty dopravy, analýzu dopravních zácp, analýzu městských oblastí a analýza specifických událostí. Všechny tyto analýzy podrobně vstoupily do problematiky z její vybrané části a přinesly řadu zjištění.

Výsledkem těchto analýz bylo hodnocení změn v intenzitách dopravy v prostoru i v čase. Jako výstupem se pak stalo samotné hodnocení, které představuje interpretaci objevených rozdílů, trendů, růstů, poklesů či dalších jevů a k tomu následně vytvoření grafů a map pro jejich pochopení prostřednictvím vizualizace.

Poslední částí pak bylo vytvoření webové stránky a posteru pro účely diplomové práce.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

OECD, 2012. Redefining „Urban“: A new way to measure metropolitan areas. Redefining „Urban“: A New Way to Measure Metropolitan Areas [online]. 9789264174(September), 1–147. Dostupné z: doi:10.1787/9789264174108-en

VOŽENÍLEK, Vít a Jaromír KAŇOK, 2011. Metody tematické kartografie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024427904.

CENIA, 2020. Výkony dopravy a infrastruktura [online]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/cr/doprava/vykony-dopravy-a-infrastruktura/>

GOOGLE, 2020. COVID-19 – Přehledy pohybu komunity [online]. Dostupné z: <https://www.google.com/covid19/mobility/>

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2021. Přehledy z informačního systému o silniční a dálniční síti ČR [online]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/d4f0eed-e6d7-4488-bac4-233113763473/prehledy_2021_7_cr.pdf?MOD=AJPERES

SPRÁVA ŽELEZNIC, 2022. Základní charakteristika železniční sítě [online]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vse-o-sprave-zeleznic/zeleznice-cr/zeleznicni-sit-v-cr>

ANDREW ORLOWSKI, 2016. Here WeGo! Google Maps rival drops Maps branding. The Register [online]. Dostupné z: https://www.theregister.com/2016/07/28/here_wego_google_maps_rivals_drops_maps_branding/

THEFREEDICTIONARY, 2005. traffic flow [online]. Dostupné z: <https://www.thefreedictionary.com/traffic+flow>

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2016. Celostátní sčítání dopravy 2016 [online]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/methodics/default.aspx>

BING BLOG, 2017. 55 countries with Real Time Traffic in Bing Maps. Bing blog [online]. Dostupné z: <https://blogs.bing.com/maps/january-2017/55-countries-with-real-time-traffic-in-bing-maps>

CESKEDALNICE, 2017. Intenzity dopravy [online]. ceskedalnice. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/intenzity-dopravy/>

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2018. Silnice a dálnice v České republice [online]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0/ŘSD+ročenka+2017_CZE_web.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=dbc399d7-56eb-4c7a-b7ef-aef2283647a0

SYDOS, 2020. Ročenka dopravy České republiky Transport Yearbook Czech Republic 2020 [online]. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2020.pdf

APPLE, 2022. Apple Maps & Privacy [online]. Dostupné z: <https://www.apple.com/legal/privacy/data/en/apple-maps/>

OXFORDLEARNERSDICTIONARIES, 2022. congestion [online]. Dostupné z: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/congestion?q=congestion>

MICROSOFT, 2022. Get Traffic Incidents. Mirosoft Documentation [online]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/bingmaps/rest-services/traffic/get-traffic-incident>

ADCI, 2022. HERE Traffic. ADCi [online]. Dostupné z: <https://www.adci.com/here/here-traffic>

DEVELOPER HERE, 2022. HERE Traffic API v7. HERE Developer [online]. Dostupné z: https://developer.here.com/documentation/traffic-api/dev_guide/topics/concepts/real-time-traffic.html

TOMTOM, 2022. TOMTOM TRAFFIC INDEX [online]. Dostupné z: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/about/

DEVELOPER TOMTOM, 2022. Traffic API documentation [online]. Dostupné z: <https://developer.tomtom.com/traffic-api/documentation/product-information/introduction>

SUPPORT GOOGLE, 2022. Using Google Cloud to Store and Analyze Waze for Cities Data. support google [online]. Dostupné z: <https://support.google.com/waze/partners/answer/10715739?hl=en>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2021. Dopravní politika České republiky 2021-2027 s výhledem do roku 2050 [online]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-Ceske-republiky-pro-obdobi-2021/Dopravni_Politika_CR_CZ.pdf.aspx

ARTHUR, Charles(The Guardian), 2012. Why did Apple drop Google's maps on the iPhone and iPad? [online]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/technology/2012/nov/05/apple-google-maps-iphone-dropped>

ASIAG, Jodi, 2021. Expand Raw Floating Car Data for Better Traffic Analysis. otonomo blog [online]. Dostupné z: <https://otonomo.io/blog/fcd-traffic-analysis/>

BARTH DAVE, 2009. The bright side of sitting in traffic: Crowdsourcing road congestion data. In: [online]. B.m. Dostupné z: zdroj2: <https://googleblog.blogspot.com/2009/08/bright-side-of-sitting-in-traffic.html>

BARTOŠ, Luděk a Jan MARTOLOS, 2012. STANOVENÍ INTENZIT DOPRAVY NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH (II. VYDÁNÍ). Plzeň: EDIP s.r.o. ISBN 9788087394069.

BARTUŠKA, Ladislav, Vladislav BIBA a Karel JEŘÁBEK, 2016. Verification of Methodical Procedure for Determining the Traffic Volumes Using Short-term Traffic Surveys. Procedia Engineering [online]. 161, 275–281. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2016.08.553

BARTUŠKA, Ladislav, Jiří ČEJKA a Zdeněk CAHA, 2015. The Application of Mathematical Methods to the Determination of Transport Flows. Nase More [online]. 62(October), 91–96. ISSN 04696255. Dostupné z: doi:10.17818/NM/2015/SI1

BARTUSKA, Ladislav a Jaroslav MASEK, 2021. Changes in road traffic caused by the declaration of a state of emergency in the czech republic-a case study. Transportation Research Procedia [online]. 53(2019), 321–328. ISSN 23521465. Dostupné z: doi:10.1016/j.trpro.2021.02.038

BASAVARAJU, Ashwini, 2014. Vehicle Density Sensor System To Manage Traffic. International Journal of Research in Engineering and Technology [online]. 03(03), 566–569. ISSN 23217308. Dostupné z: doi:10.15623/ijret.2014.0303106

BECK PAVEL, 2021. Statistické vyhodnocení vlivu koronaviru na hustotu provozu. B.m. Vysoká škola logistiky o.p.s. Statistické.

BROCKFELD, Elmar, Stefan LORKOWSKI, Peter MIETH a Peter WAGNER, 2007. Benefits and Limits of Recent Floating Car Data Technology - An Evaluation Study. for presentation at the 11th WCTR Conference Berkeley USA [online]. 24–28. Dostupné z: http://elib.dlr.de/49618/1/Brockfeld_WCTR2007.pdf

BROUWER, Jeroen, 2015. Traffic Bottleneck analysis based on Floating Car Data. Congress ATEC ITS France 2015 : The Love of Intelligent Mobility.

BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ, Hana, 2008. Doprava a společnost Ekonomické aspekty udržitelné dopravy [online]. Praha: Karolinum. ISBN 9788024616100. Dostupné z: www.cozp.cuni.cz.

BUGDOL, Marcin, Zuzanna SEGIET, Michał KRĘCICHWOST a Pawel KASPEREK, 2014. Vehicle detection system using magnetic sensors. Transport Problems. 9(1), 49–60. ISSN 18960596.

ČIHÁK, Miloš, František HAK, Jolana HLADKÁ, Karel HORNÍČEK, Stanislava KUBEŠOVÁ, Radek MÁTL, Jana ŠRAJEROVÁ, Vlasta MICHKOVÁ a Vladimír VOREL, 2013. Páteří sít SILNIC A DÁLNIC V ČR. Praha: Agentura Lucie spol. s r. o. ISBN 978-80-87138-52-6.

DANNA, 2013. Question: Where Does Apple Maps Get Traffic Data. bikehike [online]. Dostupné z: <https://bikehike.org/where-does-apple-maps-get-traffic-data/>

ED BLAYNEY, 2018. How we do free traffic studies with Waze data (and how you can too). Medium [online]. Dostupné z: <https://medium.com/louisville-metro-opi2/how-we-do-free-traffic-studies-with-waze-data-and-how-you-can-too-a550b0728f65>

FHWA, 2013. FHWA-PL-13-015 - Traffic Monitoring Guide. Federal Highway Administration, Washington, DC [online]. 462. Dostupné z: https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguidetmg_fhwa_pl_13_015.pdf <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguide/>

FRENCH, Alexander a David SOLOMON, 1986. Traffic Data Collection and Analysis: Methods and Procedures (National Cooperative Highway Research Program Synthesis No. 130). B.m.: Transportation Research Board. ISBN 978-0309044066.

FRIDRISEK, Petr a Vit JANOS, 2022. COVID-19 and suburban public transport in the conditions of the Czech Republic. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives [online]. 13, 100523. ISSN 25901982. Dostupné z: doi:10.1016/j.trip.2021.100523

GOLZE, J., U. FEUERHAKE, C. KOETSIER a M. SESTER, 2021. Impact analysis of accidents on the traffic flow based on massive floating car data. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives [online]. 43(B4-2021), 95–102. ISSN 16821750. Dostupné z: doi:10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2021-95-2021

GRASER, Anita, Melitta DRAGASCHNIG, Wolfgang PONWEISER, Hannes KOLLER, Marie Sophie MARCINEK a Peter WIDHALM, 2012. FCD in the real world - system capabilities and applications. 19th Intelligent Transport Systems World Congress, ITS 2012. (June 2014).

GUHNEMANN, Astrid, Ralf-Peter SCHÄFER, Kai-Uwe THIESSENHUSEN a Peter WAGNER, 2004. Monitoring traffic and emissions by floating car data. ITS-WP-04-07 Monitoring. (January), 19. ISSN 00323934.

HADHARI, Muhammad, Hansen WIGUNA a Ayu ANDIKA, 2021. Visualizing Jakarta Mobility Trends and Traffic Using Data from Public APIs. Medium [online]. Dostupné z: <https://medium.com/jakartasmartcity/data-science-trainee-program-visualizing-jakartas-mobility-trends-and-traffic-830bf5a5ba8f>

HEBELKA JAKUB, 2020. Modelování s daty DPZ v oblasti dopravy a znečištění ovzduší. Bakalářská práce [online]. B.m. Masarykova Univerzita. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/f879i/Hebelka_Jakub_-_Bakalarska_prace_hotovo.pdf

HEISIG, James, Jaroslav BURIAN a Mířijovský JAKUB, 2011. Změny intenzity osobní automobilové dopravy a vliv na prostorovou diferenciaci suburbanizace.

IOVANOVICI, Alexandru, Dacian AVRAMONI a Lucian PRODAN, 2020. A dataset of urban traffic flow for 13 Romanian cities amid lockdown and after ease of COVID19 related restrictions. Data in Brief [online]. 32(September). ISSN 23523409. Dostupné z: doi:10.1016/j.dib.2020.106318

JALŮVKOVÁ DENISA, 2018. Posouzení vlivu počasí na dopravu v intravilánu [online]. B.m. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=179065

JIANG, Yun, Guohua SONG, Zeyu ZHANG, Zhiqiang ZHAI a Lei YU, 2021. Estimation of hourly traffic flows from floating car data for vehicle emission estimation. *Journal of Advanced Transportation* [online]. 2021. ISSN 20423195. Dostupné z: doi:10.1155/2021/6628335

KAHN, Jordan, 2012. Tim Cook apologizes to customers over Apple's Maps controversy, recommends Bing and other alternatives. *9TO5Mac* [online]. Dostupné z: <https://9to5mac.com/2012/09/28/tim-cook-apologizes-to-customers-over-apples-maps-controversy/>

KELER, Andreas, 2021. Three-Dimensional Visualisation of Traffic Volume Changes in the Metropolitan Area of Minneapolis- Saint Paul in 1996 and 2016 Three-Dimensional Visualisation of Traffic Volume Changes in the Metropolitan Area of Minneapolis- Saint Paul in 1996 and 2016 [online]. C(June). Dostupné z: doi:10.5281/zenodo.4991926

KELLEHER, Suzanne Rowan, 2019. Did Google Just Deliver A Death Blow To Waze? *Forbes* [online]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/suzannerowankelleher/2019/10/21/did-google-just-deliver-a-death-blow-to-waze/?sh=172e51de18c4>

KMET, Roman, Zdenek DVORAK a Marek KVET, 2019. Map of traffic accidents. *Transportation Research Procedia* [online]. 40, 1418–1425. ISSN 23521465. Dostupné z: doi:10.1016/j.trpro.2019.07.196

KOBZOVÁ HANA, 2020. Prognóza dopravního chování obyvatel [online]. B.m. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/184290/final-thesis.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

KUHNS, Günter, Rüdiger EBENDT, Peter WAGNER, Alexander SOHR a Elmar BROCKFELD, 2011. Self evaluation of floating car data based on travel times from actual vehicle trajectories. 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems, FISTS 2011 [online]. 109–114. Dostupné z: doi:10.1109/FISTS.2011.5973648

KUŠTA, Tomáš, Zdeněk KEKEN, Miloš JEŽEK, Michaela HOLÁ a Petr ŠMÍD, 2017. The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science* [online]. 91, 105–113. ISSN 18791042. Dostupné z: doi:10.1016/j.ssci.2016.08.002

KYLE PENNELL, 2020. Visualize Waze Traffic Data using Google BigQuery & CARTO. *Carto blog* [online]. Dostupné z: <https://carto.com/blog/visualize-waze-traffic-data-using-google-bigquery-and-carto/>

LAWRENCE A. KLEIN, Milton K. MILLS a David R.P. GIBSON, 2006. *Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume I* [online]. I(October), 288. Dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06108/01.cfm#ind>

LEDUC, Guillaume, 2008. Road Traffic Data : Collection Methods and Applications. EUR Number: Technical Note: JRC 47967 [online]. JRC 47967(May), 55. Dostupné z: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/EURdoc/JRC47967.TN.pdf>

LENGAL DANIEL, 2019. Individuální automobilová doprava v Brně-vývoj, kontext, problémová místa [online]. B.m. Masarikova Univerzita. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/sxzry/BP_final.pdf

LOO, Becky P.Y. a Zhiran HUANG, 2021. Delineating traffic congestion zones in cities: An effective approach based on GIS. Journal of Transport Geography [online]. 94(September 2020), 103108. ISSN 09666923. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jtrangeo.2021.103108](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103108)

MATTHEW BEEDHAM, 2022. Here's why TomTom's Traffic Index doesn't 'adjust' for coronavirus lockdowns. TomTom blog [online]. Dostupné z: <https://www.tomtom.com/blog/traffic-and-travel-information/why-tomtom-traffic-index-doesnt-adjust-for-coronavirus-lockdowns/>

NÝDECKÁ TEREZA, 2018. Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <https://theses.cz/id/q1aucc/21446587>

PENNY, Sarah, 2021. 6 Traffic Counts and Classification Study Methods. SMATS [online]. Dostupné z: <https://www.smatstraffic.com/2021/07/21/counts-and-classification-study-methods/>

PERRY, Tekla S., 2021. Mining Traffic Data for Insights About The Pandemic. IEEE Spectrum [online]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/mining-traffic-data-for-insights-about-the-pandemic>

PROCHÁZKA MICHAL, 2020. Analýza vnitrostátní a mezinárodní silniční dopravy v České republice. B.m. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

PUGLIESE, F. A., G. MONTESANO a G. VALENTI, 2009. Urban traffic analysis from a large scale floating car data system. WIT Transactions on the Built Environment [online]. 107(June), 3–11. ISSN 17433509. Dostupné z: [doi:10.2495/UT090011](https://doi.org/10.2495/UT090011)

RAHMANI, Mahmood, Haris N. KOUTSOPOULOS a Anand RANGANATHAN, 2010. Requirements and potential of GPS-based floating car data for traffic management: Stockholm case study. IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC [online]. 730–735. Dostupné z: [doi:10.1109/ITSC.2010.5625177](https://doi.org/10.1109/ITSC.2010.5625177)

ROPER, Jack, 2018. No Title. Intertraffic [online]. Dostupné z: <https://www.intertraffic.com/news/big-data/managing-traffic-with-smartphone-data/>

ROUBALÍK ŠTĚPÁN, 2017. Analýza toků veřejné dopravy na základě dat z mýtných bran [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné

z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/roubalik17/documents/roubalikBP.pdf>

ROWELL, Sheri, 2021. Radars: a Cost Effective, Reliable Source for Traffic Data Collection - Stinson ITS. Stinson blog [online]. Dostupné z: <https://stinsonits.ca/blog/radars/>

ROY, Jacqueline a Semonti STEPHENS, 2020. Apple makes mobility data available to aid COVID-19 efforts. Apple Newsroom [online]. Dostupné z: <https://www.apple.com/newsroom/2020/04/apple-makes-mobility-data-available-to-aid-covid-19-efforts/>

SHARWOOD, Simon, 2015. Nokia sells HERE maps to Audi, Daimler and BMW for €2.8 billion. The Register [online]. Dostupné z: https://www.theregister.com/2015/08/03/nokia_sells_here_maps_to_audi_daimler_and_bmw_for_28_billion/

SHOAIB, Syed Mohammad, 2020. An Intelligent Traffic Light System Based on Piezo-Electric Sensors. International Journal of Recent Technology and Engineering [online]. 8(5), 2428–2431. Dostupné z: doi:10.35940/ijrte.e4919.018520

ŠOLCOVÁ KATEŘINA, 2015. Analýza dopravního chování obyvatel města Olomouce [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/solcova15/download/bakalarskaprace_solcova.pdf

STEPHEN EDELSTEIN, 2019. Waze offers cities a trove of data to help fight traffic. digitaltrends [online]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/cars/waze-for-cities-data-puts-traffic-data-on-google-cloud/>

STIAWAN, Roni, Adhi KUSUMADJATI, Nina Siti AMINAH, Mitra DJAMAL a Sparisoma VIRIDI, 2019. An Ultrasonic Sensor System for Vehicle Detection Application. Journal of Physics: Conference Series [online]. 1204(1). ISSN 17426596. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1204/1/012017

SUNDERRAJAN, Abhinav, Vaisagh VISWANATHAN, Wentong CAI a Alois KNOLL, 2016. Traffic state estimation using floating car data. Procedia Computer Science [online]. 80, 2008–2018. ISSN 18770509. Dostupné z: doi:10.1016/j.procs.2016.05.521

TESAŘOVÁ MARCELA, 2021. Vyhodnocení automobilové dopravy Olomouce časoprostorovou analýzou [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://theses.cz/id/riokoj/text_tesarova.pdf

VÁCLAV, BAROCH, FAIFROVÁ VERONIKA, NĚMEC MICHAL, ŘÍHA ZDENĚK, SLIACKY MILAN a TICHÝ JAN, 2015. VEŘEJNÁ DOPRAVA V ČESKÉ REPUBLICE. B.m.: IODA. ISBN 978-80-260-8734-2.

VAN DER LOOPA, Han, Marco KOUWENHOVENB, Peter VAN BEKKUMC a Henk MEURSC, 2018. Validation and usability of floating car data for transportation policy research. 00(May).

VERENDEL, Vilhelm a Sonia YEH, 2019. Measuring Traffic in Cities Through a Large-Scale Online Platform. *Journal of Big Data Analytics in Transportation* [online]. 1(2–3), 161–173. ISSN 2523-3556. Dostupné z: [doi:10.1007/s42421-019-00007-7](https://doi.org/10.1007/s42421-019-00007-7)

VERSAVEL, Jo, 2007. Traffic data collection: Quality aspects of video detection. 14th World Congress on Intelligent Transport Systems, ITS 2007. 3, 1909–1919.

VLADIMÍR ADAMEC, IVO DOSTAL, JIŘÍ DUFEK, JIŘÍ JEDLIČKA, JIŘÍ HUZLÍK, ROMAN LIČBINSKÝ a IVA PROVALILOVÁ, 2008. Doprava, zdraví a životní prostředí: III. česko-slovenská konference: Litomyšl, 4.-5. listopadu 2008. In: [online]. B.m.: Centrum dopravního výzkumu. ISBN 9788086502540. Dostupné z: <https://dzzp.cdv.cz/file/archiv-2008-sbornik/>

XU, Lin, Yang YUE a Qingquan LI, 2013. Identifying Urban Traffic Congestion Pattern from Historical Floating Car Data. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 96(Cictp), 2084–2095. ISSN 18770428. Dostupné z: [doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.235](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.235)

ZANETTI ROBERTO, 2015. Dopady silniční dopravy na stav životního prostředí ve městě Brně a možnosti jejich řešení [online]. B.m. Mendelova univerzita v Brně. Dostupné z: <https://docplayer.cz/199663404-Mendelova-univerzita-v-brne.html>

APPLE COVID MOBILITY, 2022. Apple covid mobility [online]. Dostupné z: <https://covid19.apple.com/mobility>

GOOGLE MOBILITY REPORT, 2022. Google mobility report [online]. Dostupné z: <https://wp.unil.ch/citadyne-news/2020/04/google-mobility-reports-big-data-to-help-fight-covid-pandemic/>

TOMTOMTRAFFIC INDEX, 2022. TOMTOM TRAFFIC INDEX [online]. Dostupné z: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/about/

CARTO, 2022. Visualizing traffic data using big query and carto [online]. Dostupné z: <https://carto.com/blog/visualize-waze-traffic-data-using-google-bigquery-and-carto/>

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázky

Obrázek 3.1 – náhled na analýzy Google Community Reports

Obrázek 3.2 – náhled na trendy pohybu od společnosti Apple

Obrázek 3.3 – ukázka vizualizace dat Waze pomocí nástroje CARTO Builder

Obrázek 3.4 – změna v dopravních špičkách ve zvolených zemích v TomTom Traffic Indexu

Obrázek 4.1 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí nad 150 tis. obyvatel

Obrázek 4.2 – náhled na mapy mediánu ukazatele jam factor za rok 2021 oblastí nad 150 tis. obyvatel

Obrázek 4.3 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí od 80 tis. do 150 tis. obyvatel

Obrázek 4.4 – náhled na mapy mediánu ukazatele jam factor za rok 2021 oblastí od 80 tis. do 150 tis. obyvatel

Obrázek 4.5 – náhled na mapy dopravních zácp oblastí do 80 tis. obyvatel

Obrázek 4.6 – náhled na mapy mediánu ukazatele jam factor za rok 2021 oblastí do 80 tis. obyvatel

Grafy

Graf 2.1 – rozložení hodnot ukazatele jam factor ve výběrovém souboru

Graf 4.1 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 11. 1. 2021

Graf 4.2 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 12. 4. 2021

Graf 4.3 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 28. 6. 2021

Graf 4.4 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 25. 10. 2021

Graf 4.5 – mediánové hodnoty ukazatele jam factoru v pondělí 11. 1. 2021

Graf 4.6 – mediánové hodnoty ukazatele jam factoru v pondělí 10. 1. 2022

Graf 4.7 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 11. 1. 2021

Graf 4.8 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v pondělí 10. 1. 2022

Graf 4.9 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021

Graf 4.10 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 11. 4. 2021

Graf 4.11 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 27. 6. 2021

Graf 4.12 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 24. 10. 2021

Graf 4.13 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021

Graf 4.14 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 9. 1. 2022

Graf 4.15 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 10. 1. 2021

Graf 4.16 – mediánové hodnoty ukazatele jam factor v neděli 9. 1. 2022

Graf 4.17 – časová řada z období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

Graf 4.18 – časová řada z období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

Graf 4.19 – časová řada z období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022

Graf 4.20 – srovnání celkového mediánu a průměru jednotlivých dnů v týdnu za rok 2021

Graf 4.21 – absolutní počet dopravních zácp

Graf 4.22 – počet dopravních zácp na úsek

Graf 4.23 – počet obyvatel na úsek

Graf 4.24 – počet dopravních zácp na úsek

Graf 4.25 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021

Graf 4.26 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021

- Graf 4.27 – časová řada měst nad 150 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022
- Graf 4.28 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021
- Graf 4.29 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021
- Graf 4.30 – časová řada měst od 80 tis. do 150 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022
- Graf 4.31 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 9. 12. 2020 – 19. 1. 2021
- Graf 4.32 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 6. 2. 2021 – 3. 7. 2021
- Graf 4.33 – časová řada měst do 80 tis. obyvatel za období od 6. 1. 2022 – 22. 3. 2022
- Graf 4.34 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 30. 6. 2020 a 1. 7. 2020
- Graf 4.35 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 30. 6. 2021 a 1. 7. 2021
- Graf 4.36 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 31. 8. 2020 a 1. 9. 2020
- Graf 4.37 rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 23. 12. 2020 a 24. 12. 2020
- Graf 4.38 rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 31. 12. 2020 a 1. 1. 2021
- Graf 4.39 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 26. 10. 2020 a 2. 11. 2020
- Graf 4.40 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 30. 6. 2020 a 1. 7. 2020
- Graf 4.41 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 5. 4. 2021 a 6. 4. 2021
- Graf 4.42 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 4. 5. 2020 a 18. 5. 2020
- Graf 4.43 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 5. 10. 2020 a 29. 10. 2020
- Graf 4.44 – rozdíl v mediánových hodnotách ukazatele jam factor mezi daty 22. 2. 2021 a 9. 3. 2021
- Graf 5.1 – procentuální změna mediánu hodnoty ukazatele jam factor ve všední den
- Graf 5.2 – procentuální změna mediánu hodnoty ukazatele jam factor o víkend
- Graf 5.3 – absolutní počet dopravních zácp
- Graf 5.4 – počet dopravních zácp na obyvatele

Tabulky

Tabulka 3.1 – rozdělení dopravy podle Vladimíra Adamce et al. (2008)

Tabulka 4.1 – srovnání měst (data: ČSU, HERE, OECD)

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

- Příloha 1: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Prahy
- Příloha 2: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Ostravy
- Příloha 3: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Brna
- Příloha 4: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Plzně
- Příloha 5: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Olomouce
- Příloha 6: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Liberce
- Příloha 7: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Českých Budějovic
- Příloha 8: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Ústí nad Labem
- Příloha 9: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Hradce Králové
- Příloha 10: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Pardubic
- Příloha 11: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Zlína
- Příloha 12: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Jihlavy
- Příloha 13: Počet dopravních zácp na úsecích – oblast Karlových Varů
- Příloha 14: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Prahy
- Příloha 15: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Ostravy
- Příloha 16: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Brna
- Příloha 17: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Plzně
- Příloha 18: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Olomouce
- Příloha 19: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Liberce
- Příloha 20: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Českých Budějovic
- Příloha 21: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Ústí nad Labem
- Příloha 22: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Hradce Králové
- Příloha 23: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Pardubic
- Příloha 24: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Zlína
- Příloha 25: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Jihlavy
- Příloha 26: Mediánová hodnota jam factoru ve všední dny – oblast Karlových Varů
- Příloha 27: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Prahy
- Příloha 28: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Ostravy
- Příloha 29: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Brna
- Příloha 30: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Plzně
- Příloha 31: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Olomouce
- Příloha 32: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Liberce
- Příloha 33: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Českých Budějovic
- Příloha 34: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Ústí nad Labem
- Příloha 35: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Hradce Králové
- Příloha 36: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Pardubic
- Příloha 37: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Zlína
- Příloha 38: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Jihlavy
- Příloha 39: Mediánová hodnota jam factoru o víkendech – oblast Karlových Varů

Volné přílohy

Příloha 40 Poster

Příloha 41 DVD

Popis struktury DVD

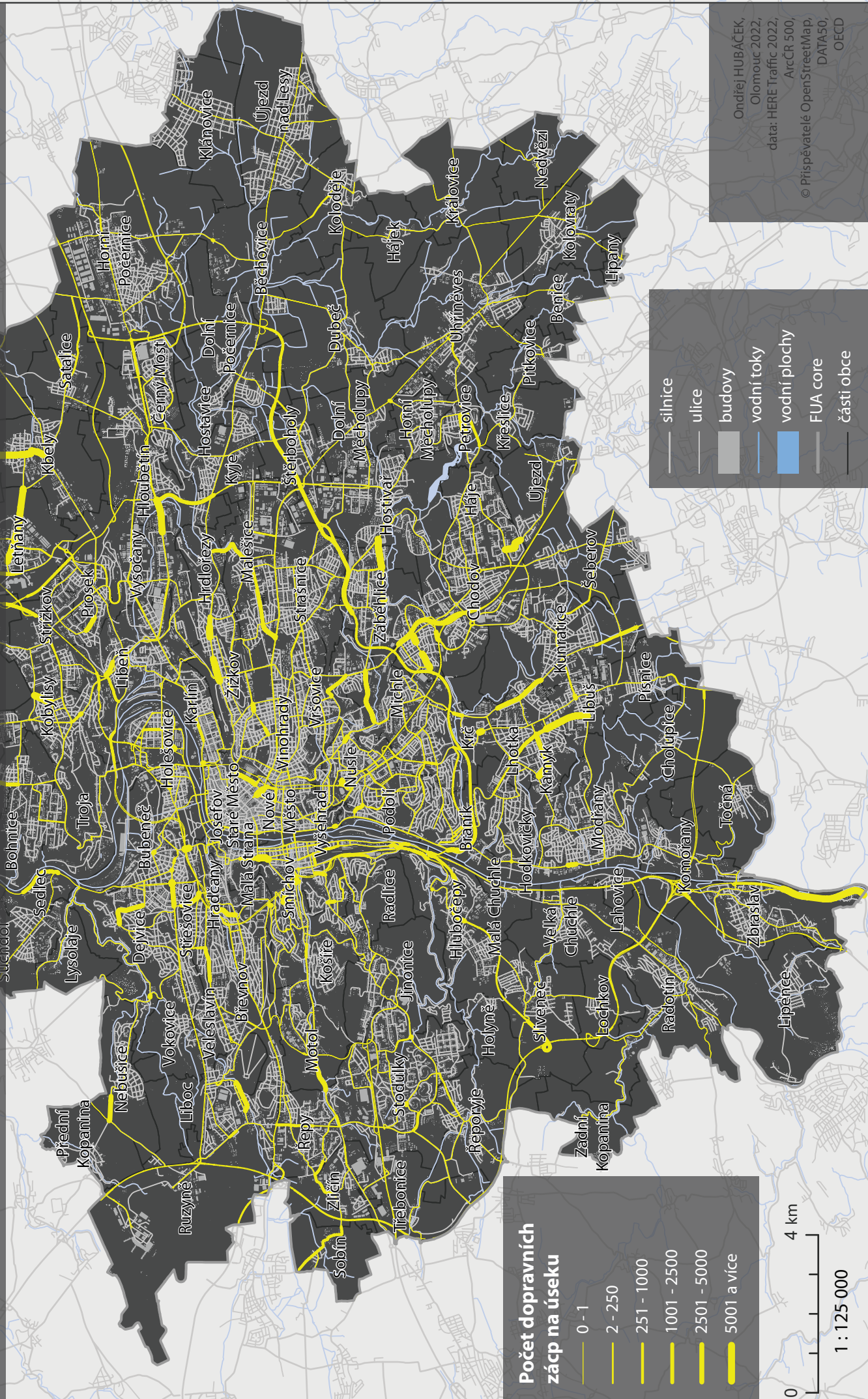
Adresář

Soubor

| | |
|-----------|-------------------------|
| Data | DataJamfactorVsedni.zip |
| | DataJamfactorVikend.zip |
| | DataZacpy.zip |
| | DataTabulky.zip |
| Grafy | Grafy.zip |
| Mapy | Mapy.zip |
| Poster | HUBACEK_Poster.pdf |
| TextPrace | HUBACEK_DP.pdf |
| Web | hubacek22.zip |

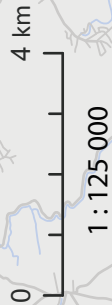
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Prahy, absolutní počet za rok 2021



Počet dopravních zácp na úseku

- 0 - 1
- 2 - 250
- 251 - 1000
- 1001 - 2500
- 2501 - 5000
- 5001 a více

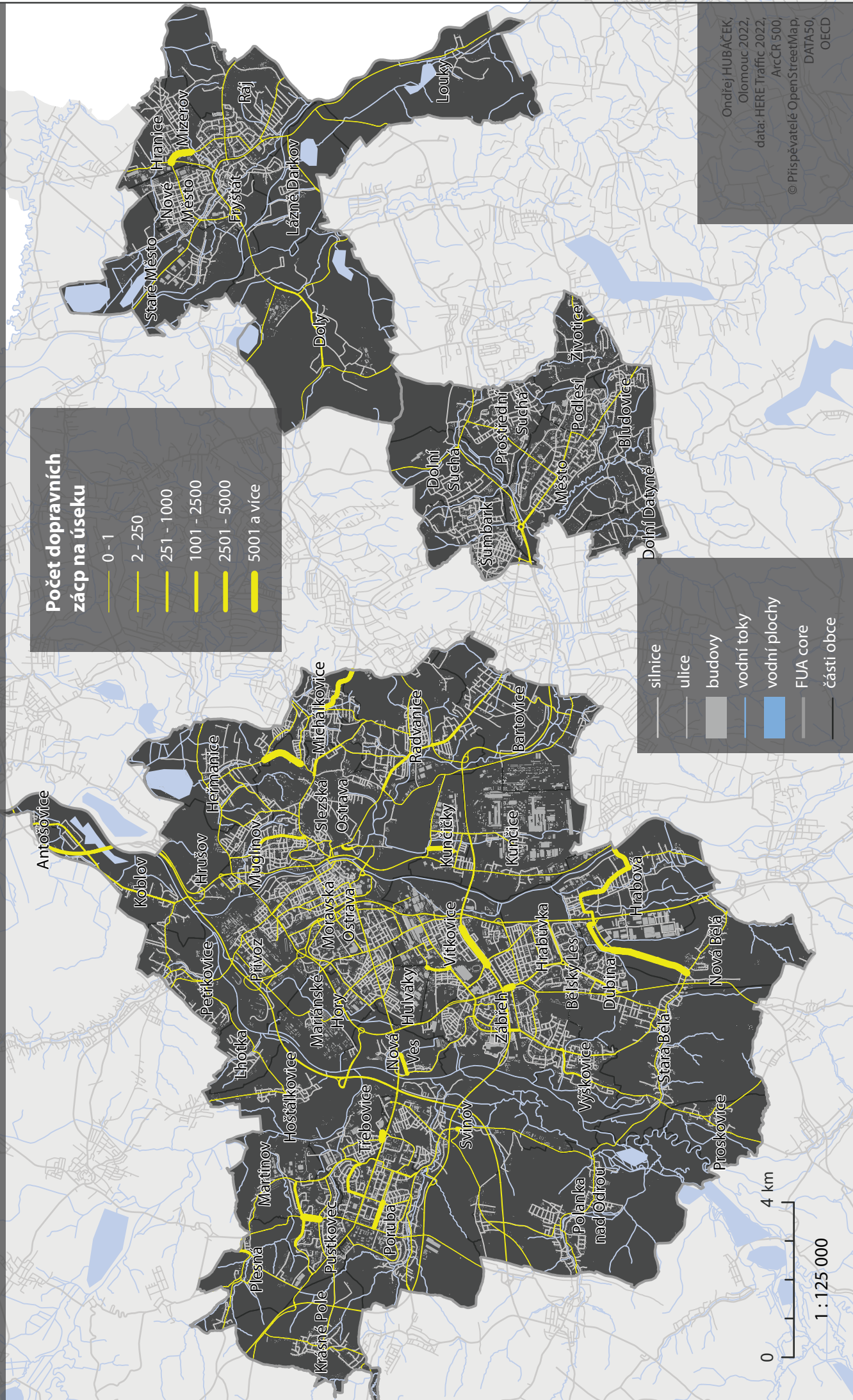


- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

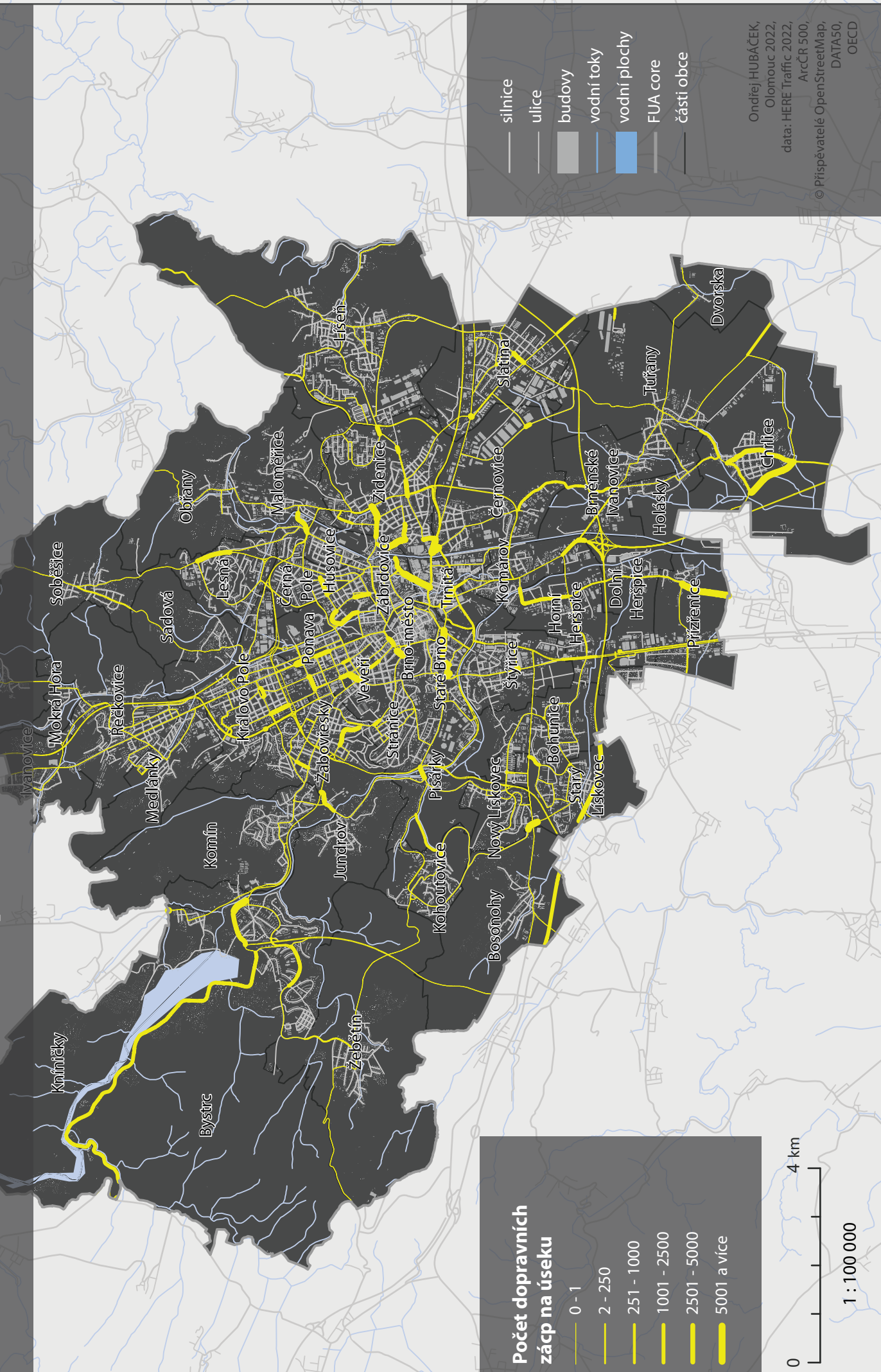
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Ostravy, absolutní počet za rok 2021



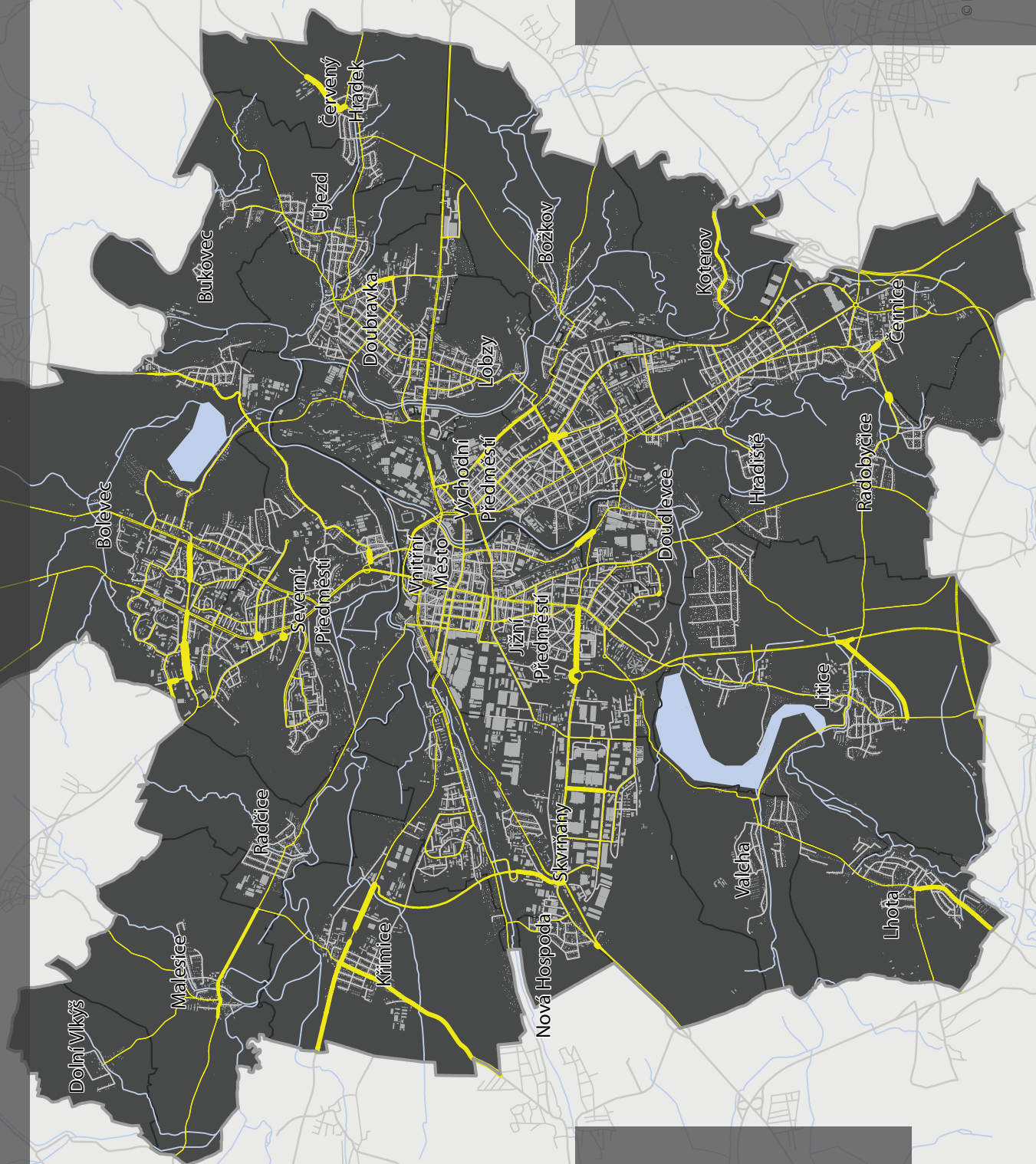
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Brna, absolutní počet za rok 2021



POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Plzně, absolutní počet za rok 2021



Počet dopravních zácp na úseku

- 0 - 1
- 2 - 250
- 251 - 1000
- 1001 - 2500
- 2501 - 5000
- 5001 a více

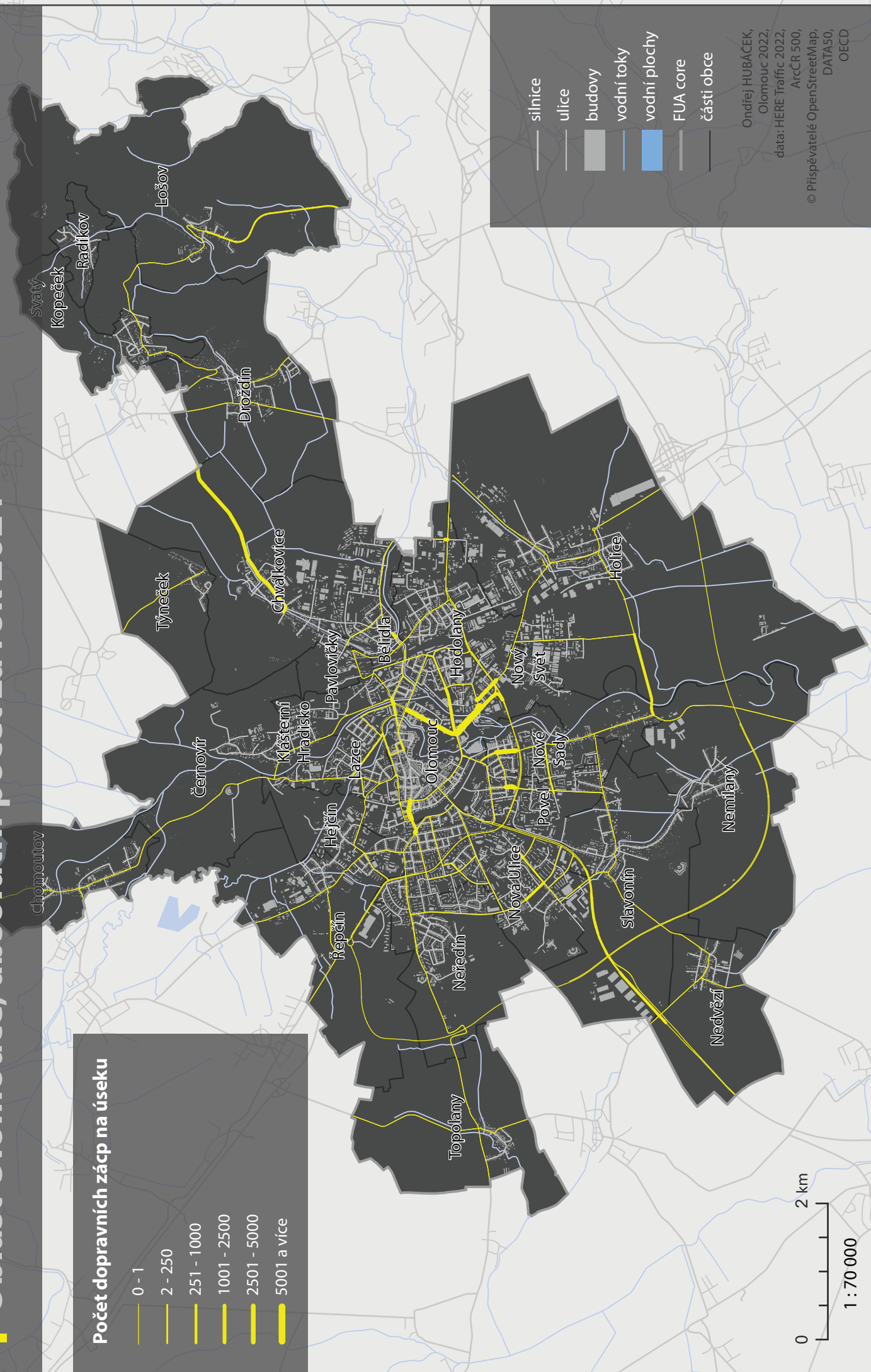


- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

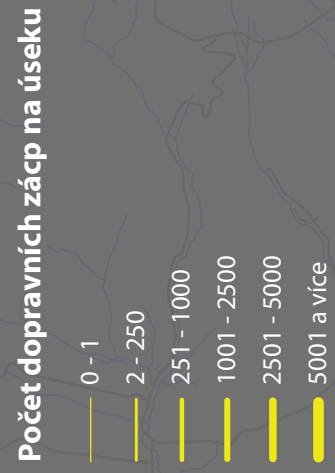
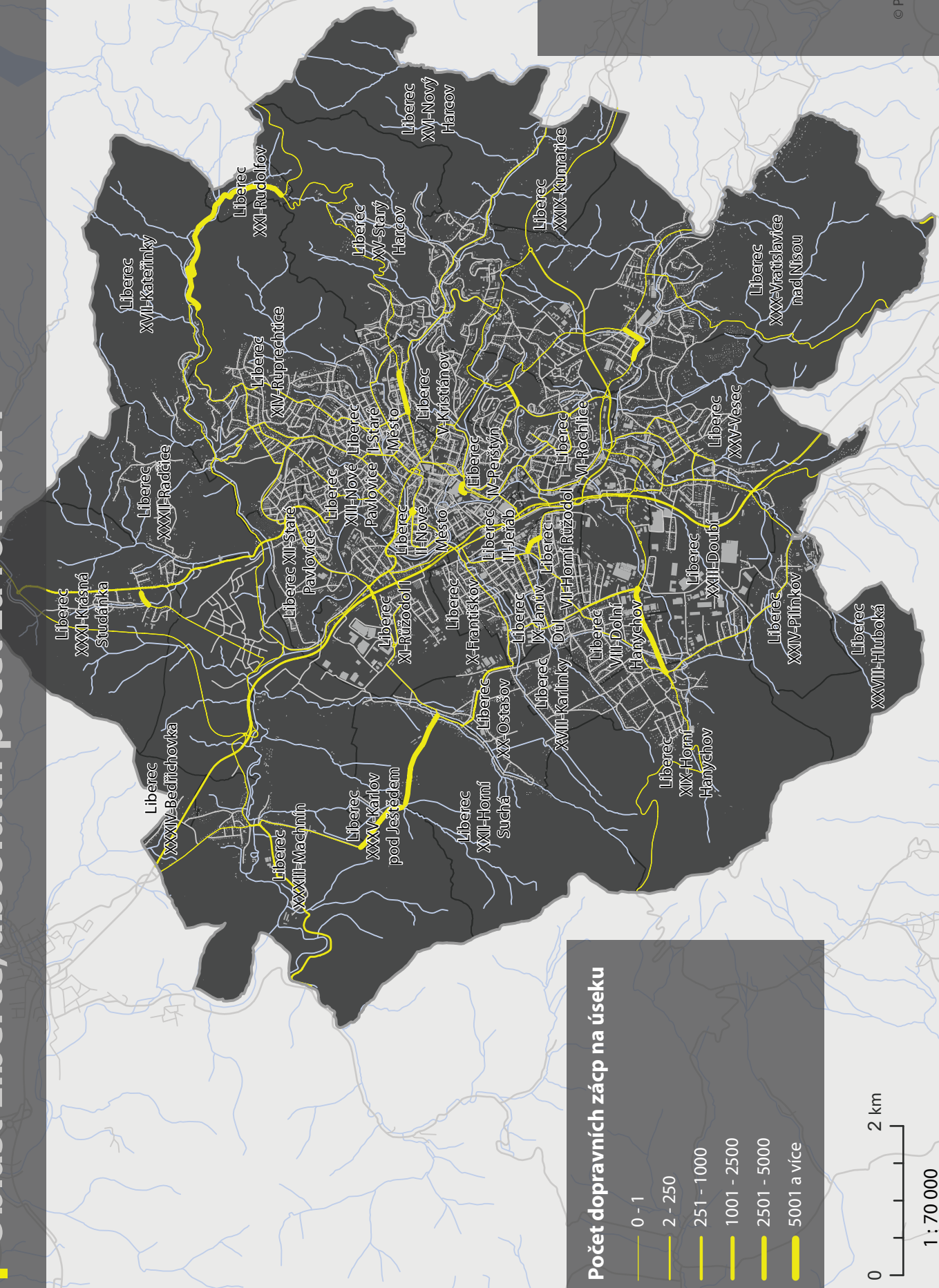
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Olomouce, absolutní počet za rok 2021



POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

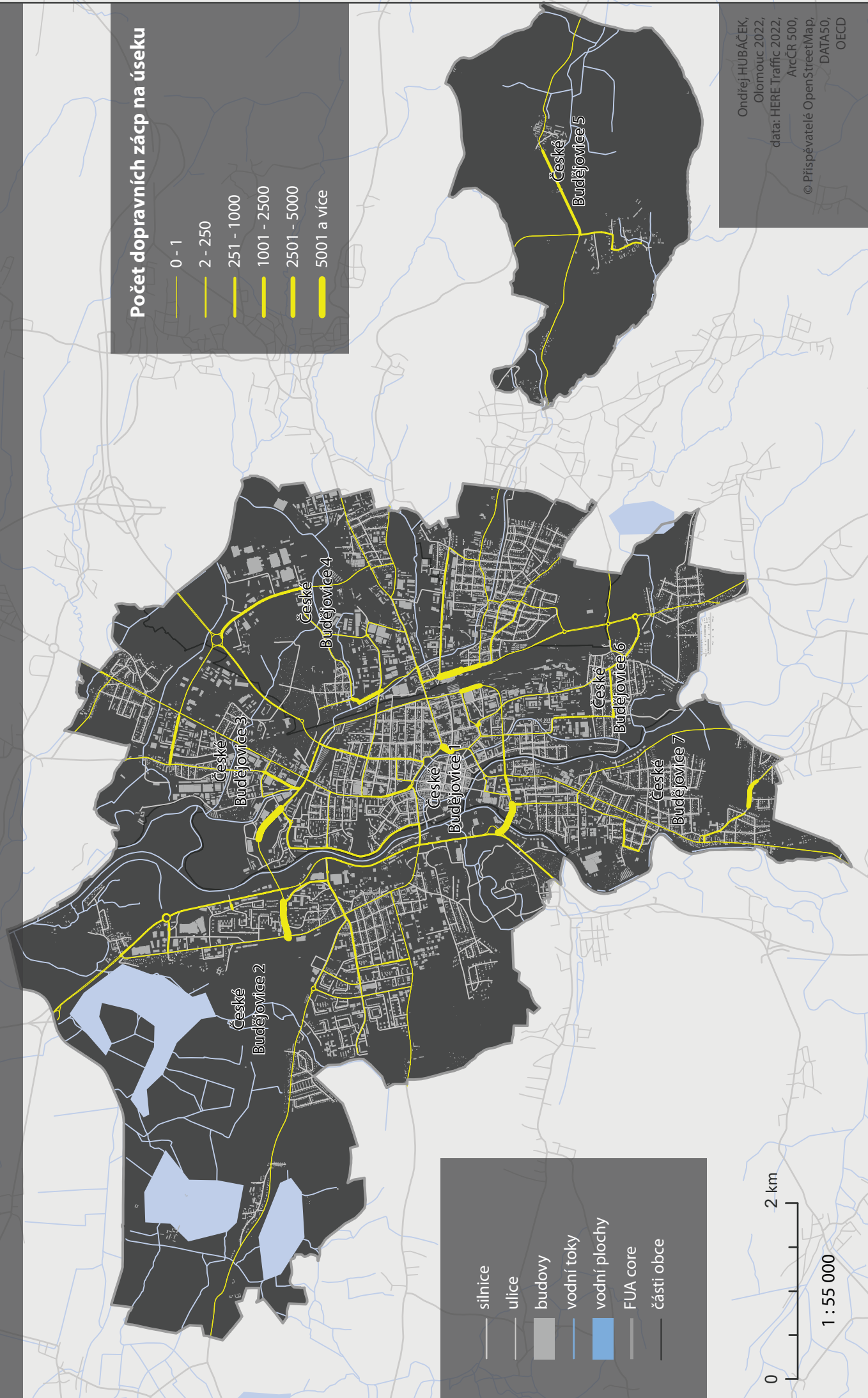
Oblast Liberce, absolutní počet za rok 2021



Onďřej HUBAČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

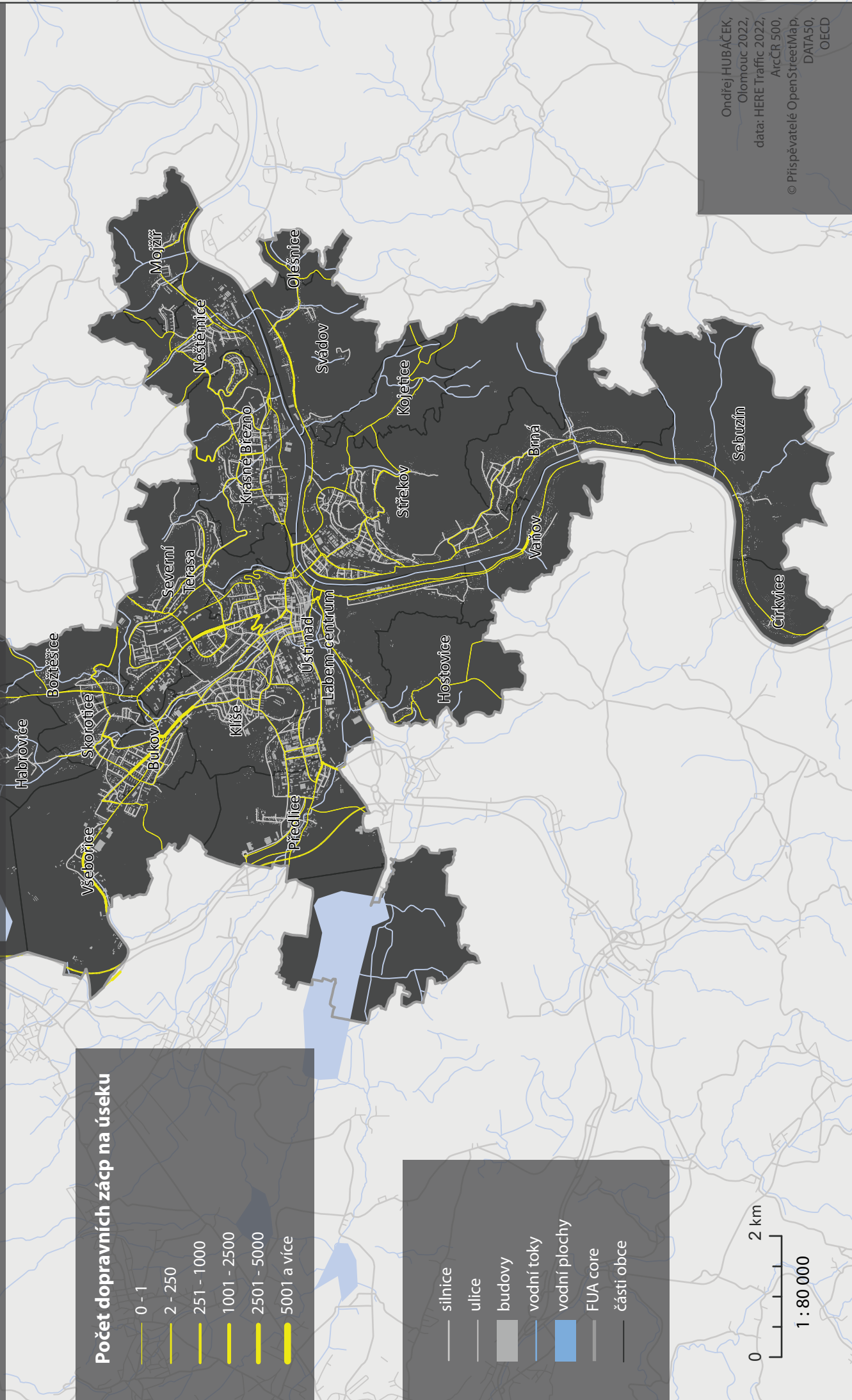
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Českých Budějovic, absolutní počet za rok 2021



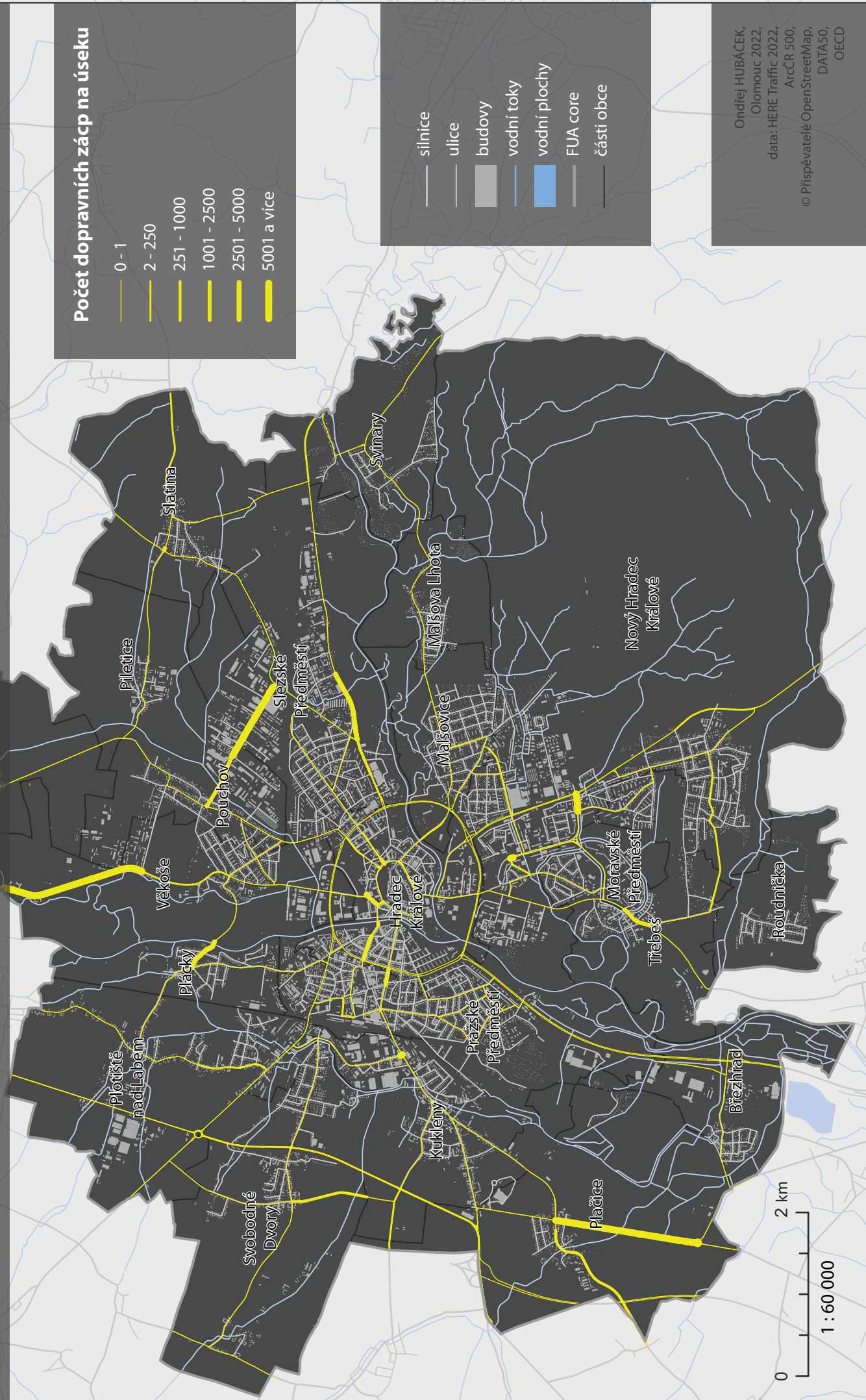
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Ústí nad Labem, absolutní počet za rok 2021



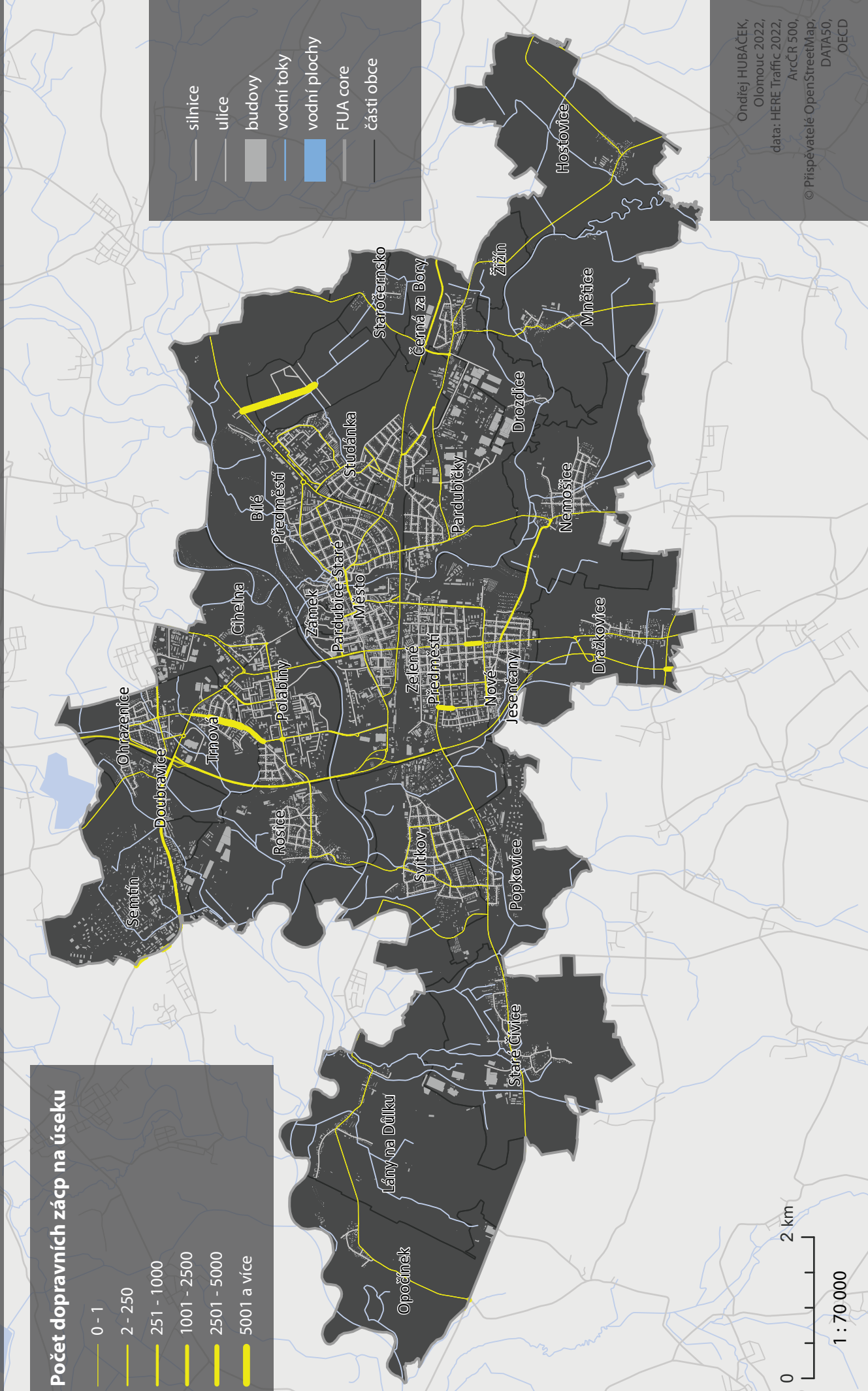
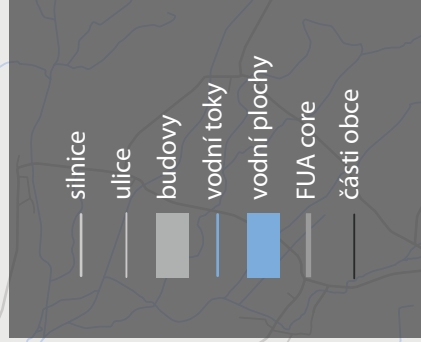
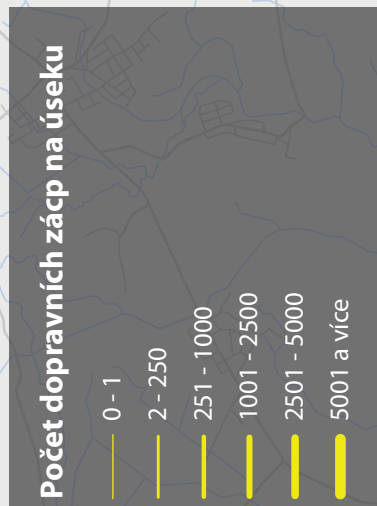
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Hradce Králové, absolutní počet za rok 2021



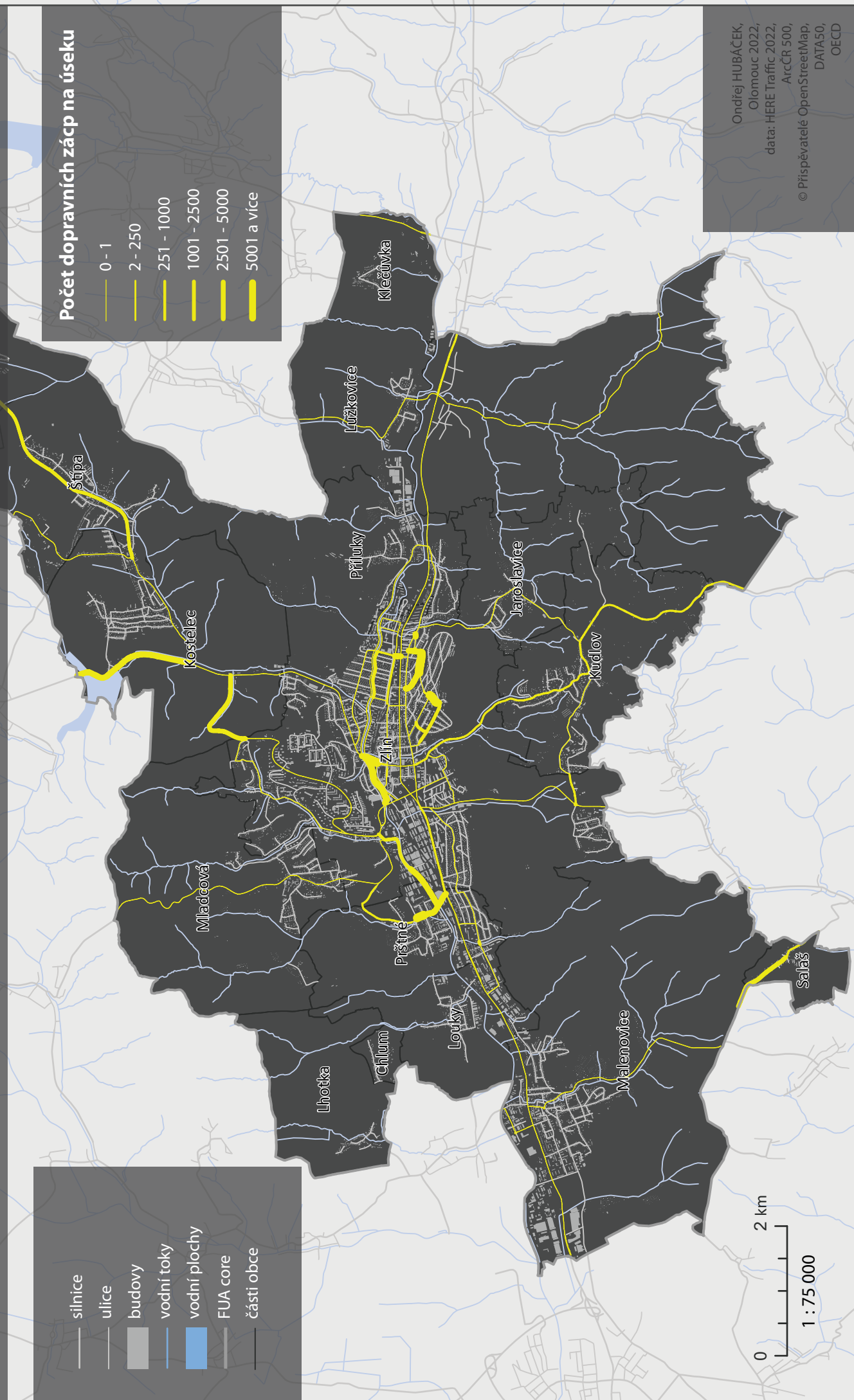
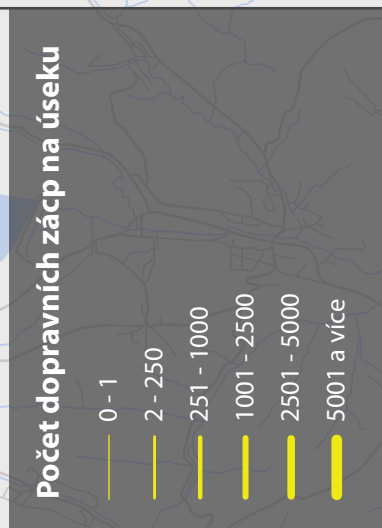
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Pardubic, absolutní počet za rok 2021



POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

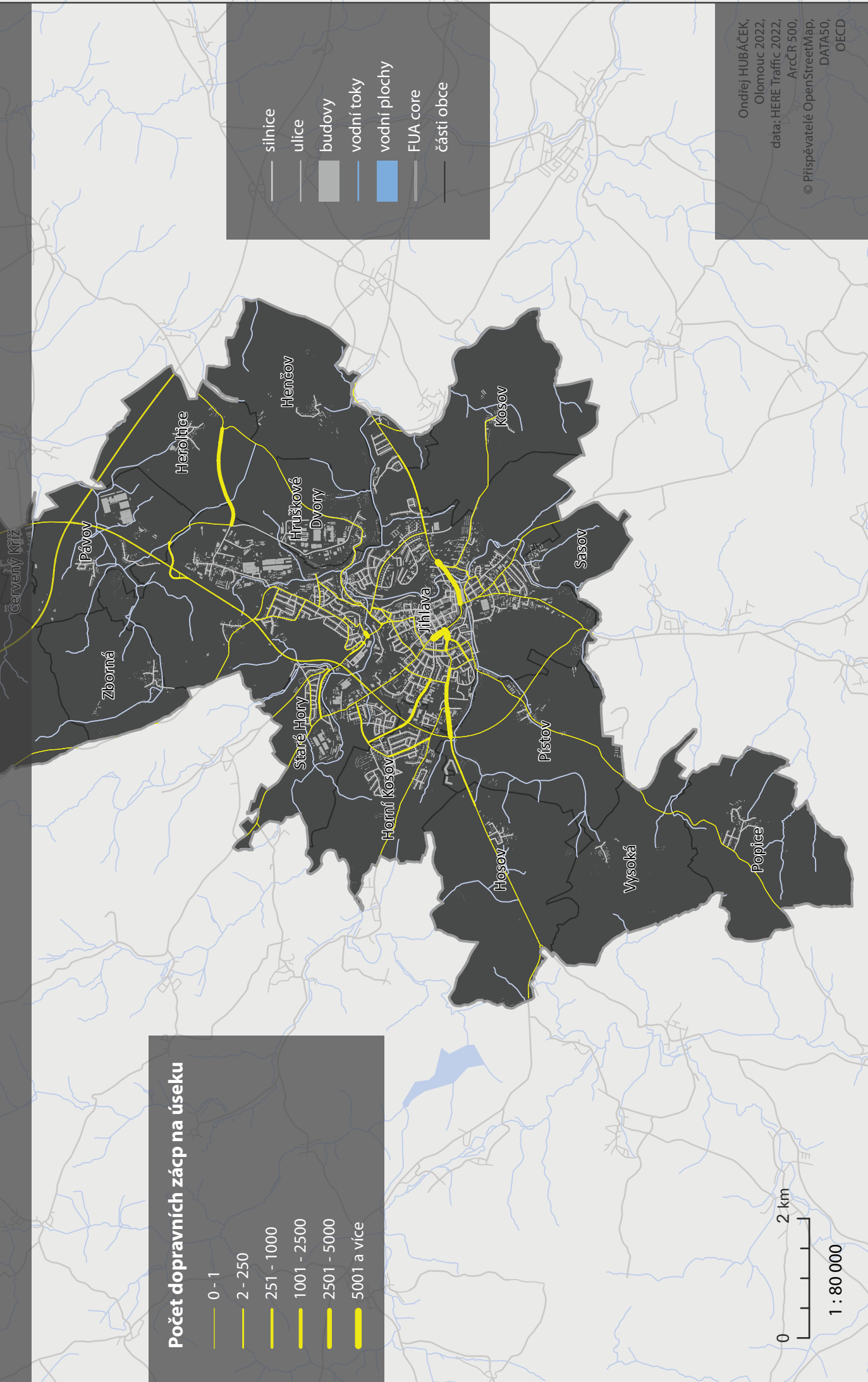
Oblast Zlína, absolutní počet za rok 2021



Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Prispěvatele OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

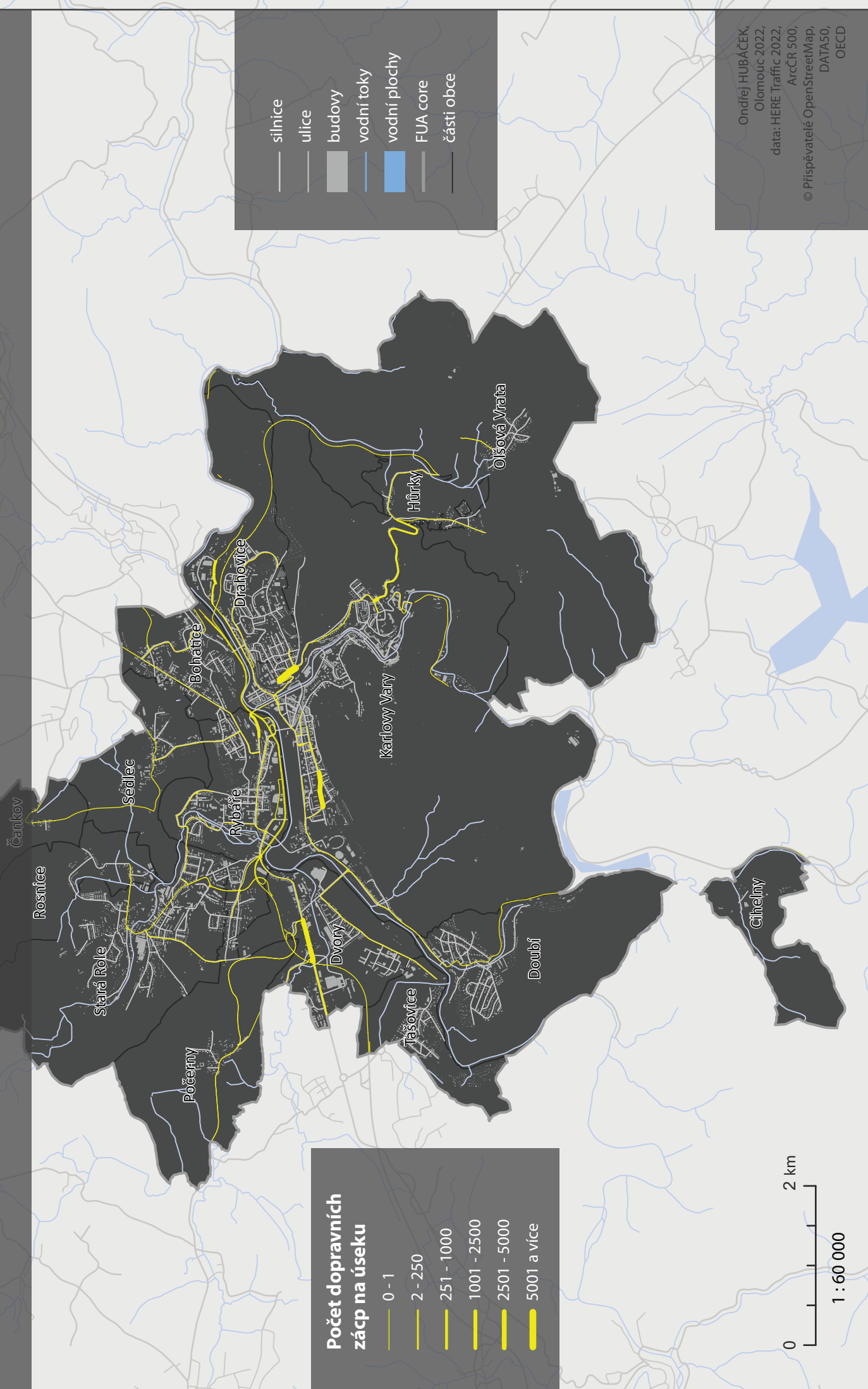
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Jihlavy, absolutní počet za rok 2021



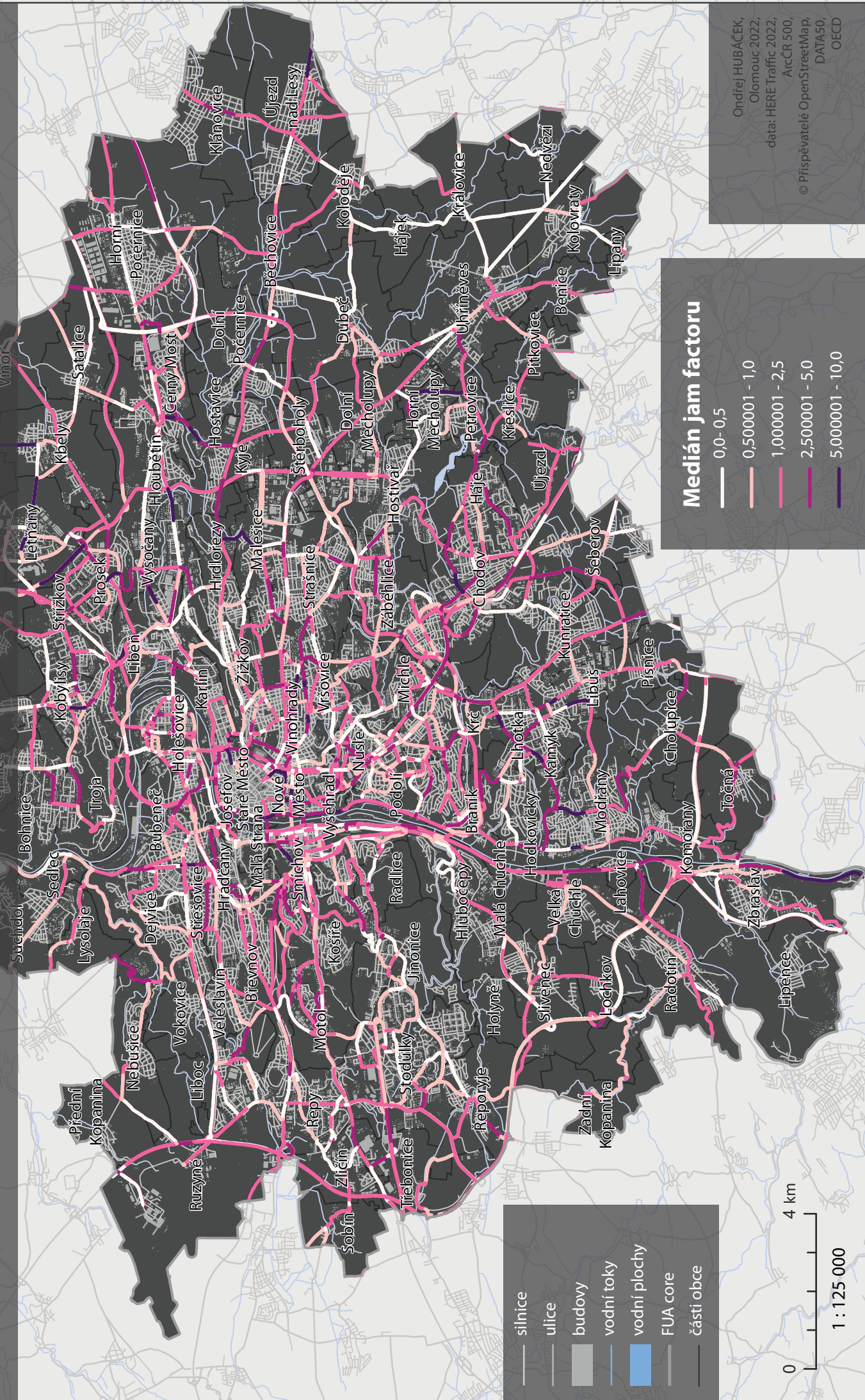
POČET DOPRAVNÍCH ZÁCP NA ÚSECÍCH

Oblast Karlových Varů, absolutní počet za rok 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Prahy, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

0 4 km

1 : 125 000

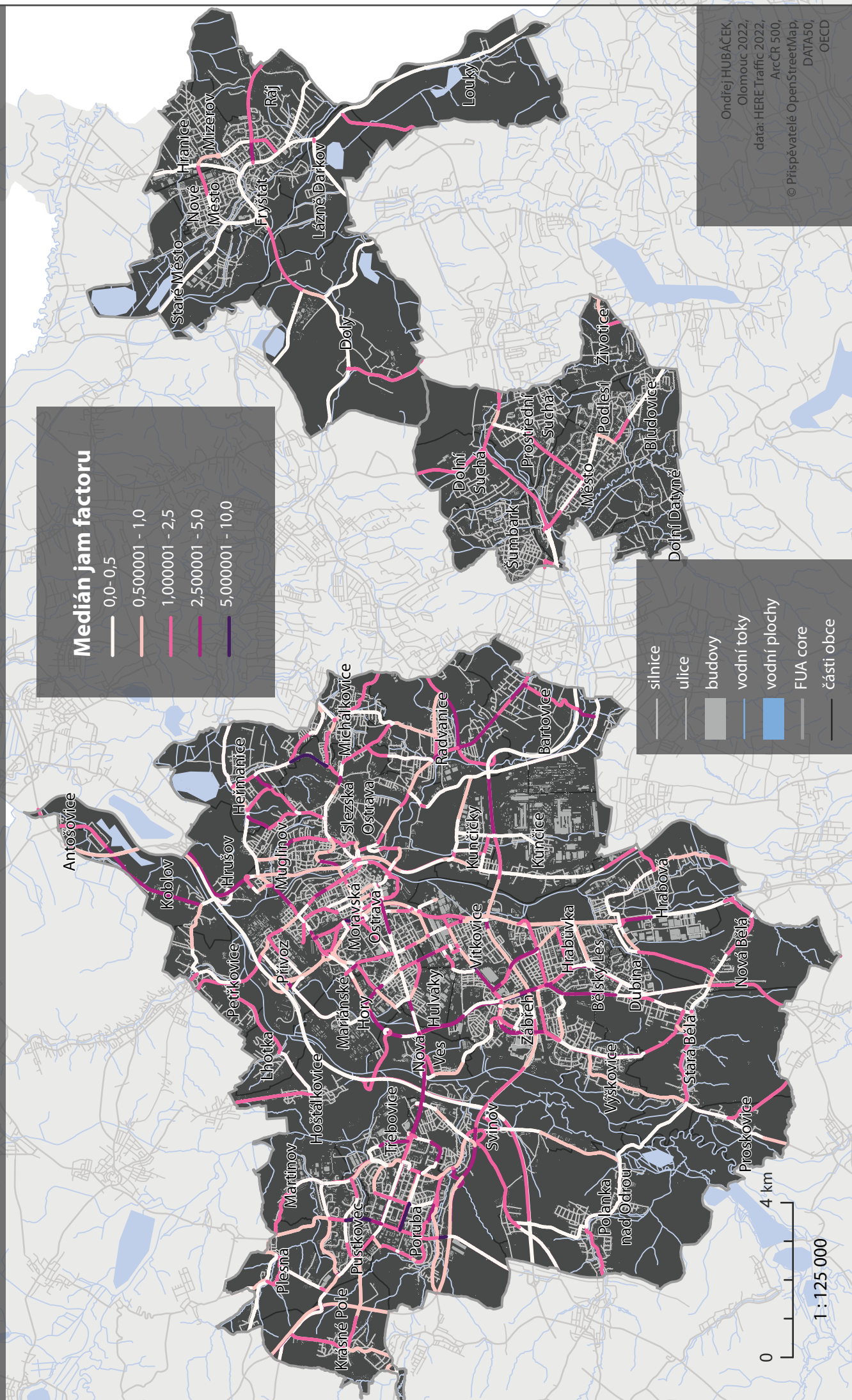
Medián jam factoru

- 0,0 - 0,5
- 0,500001 - 1,0
- 1,000001 - 2,5
- 2,500001 - 5,0
- 5,000001 - 10,0

Ondřej HUBÁČEK,
 Olomouc 2022,
 data: HERE Traffic 2022,
 ArcCR 500,
 © Přispěvatelé OpenStreetMap,
 DATA50,
 OECD

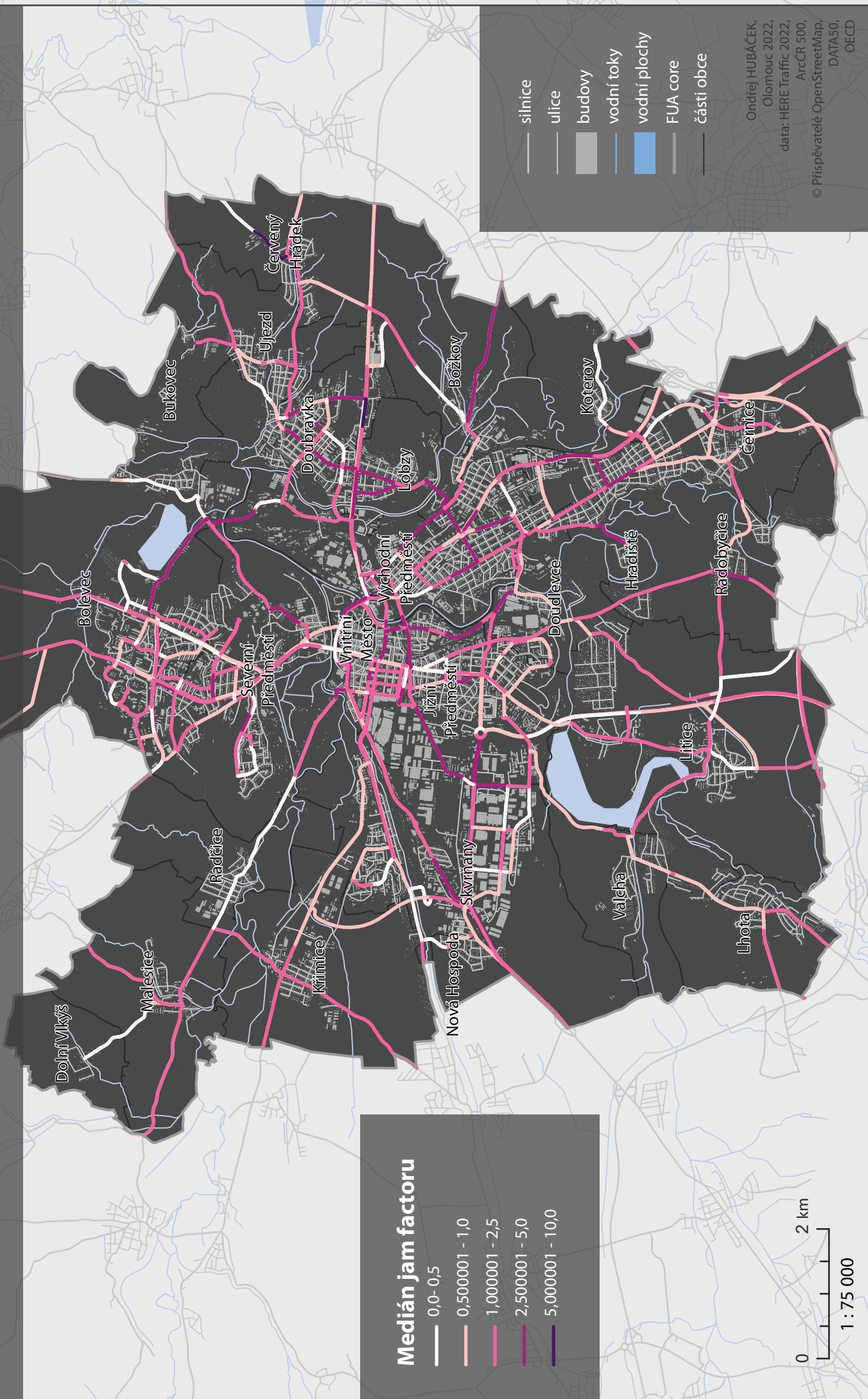
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Ostravy, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



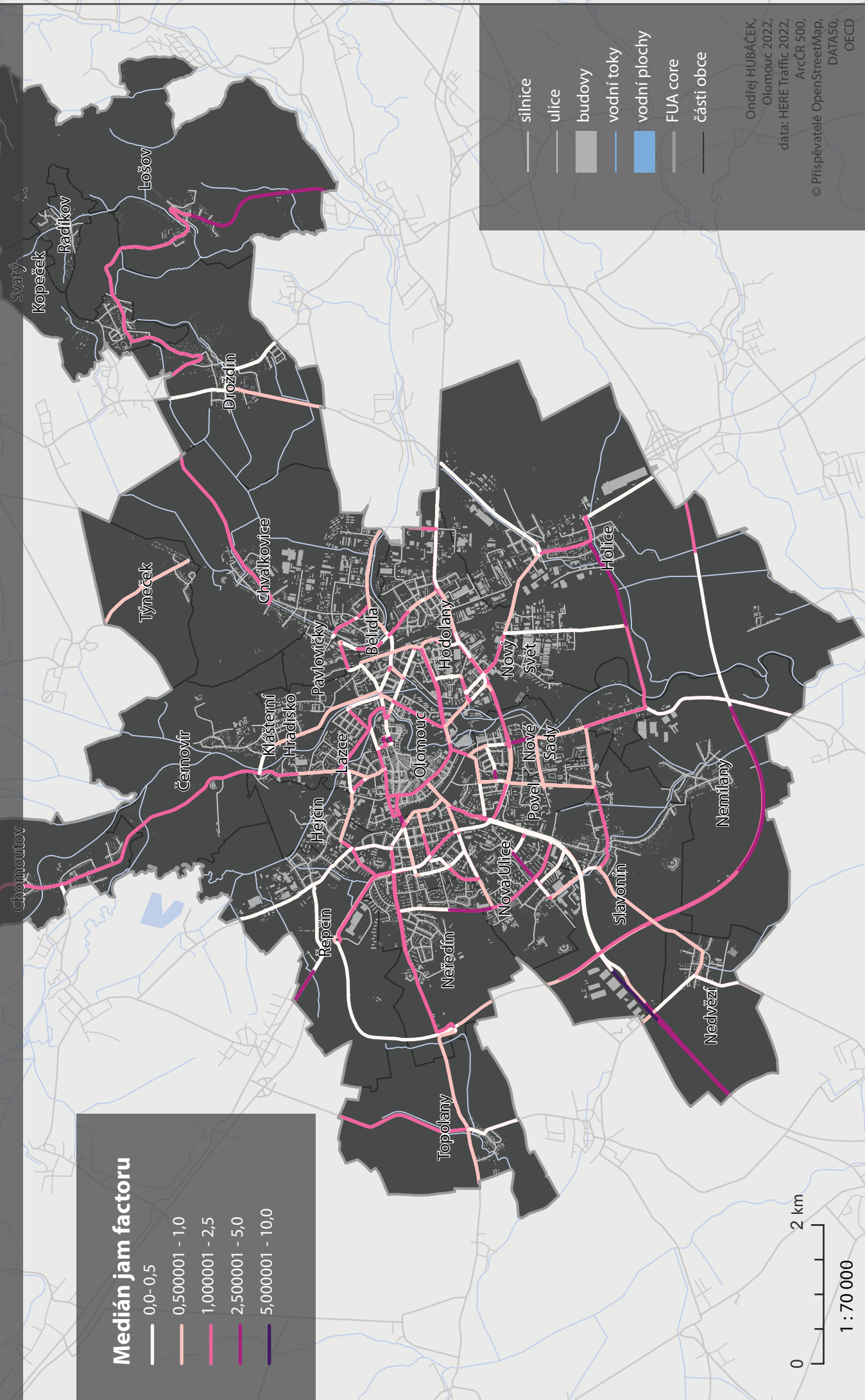
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Plzeň, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



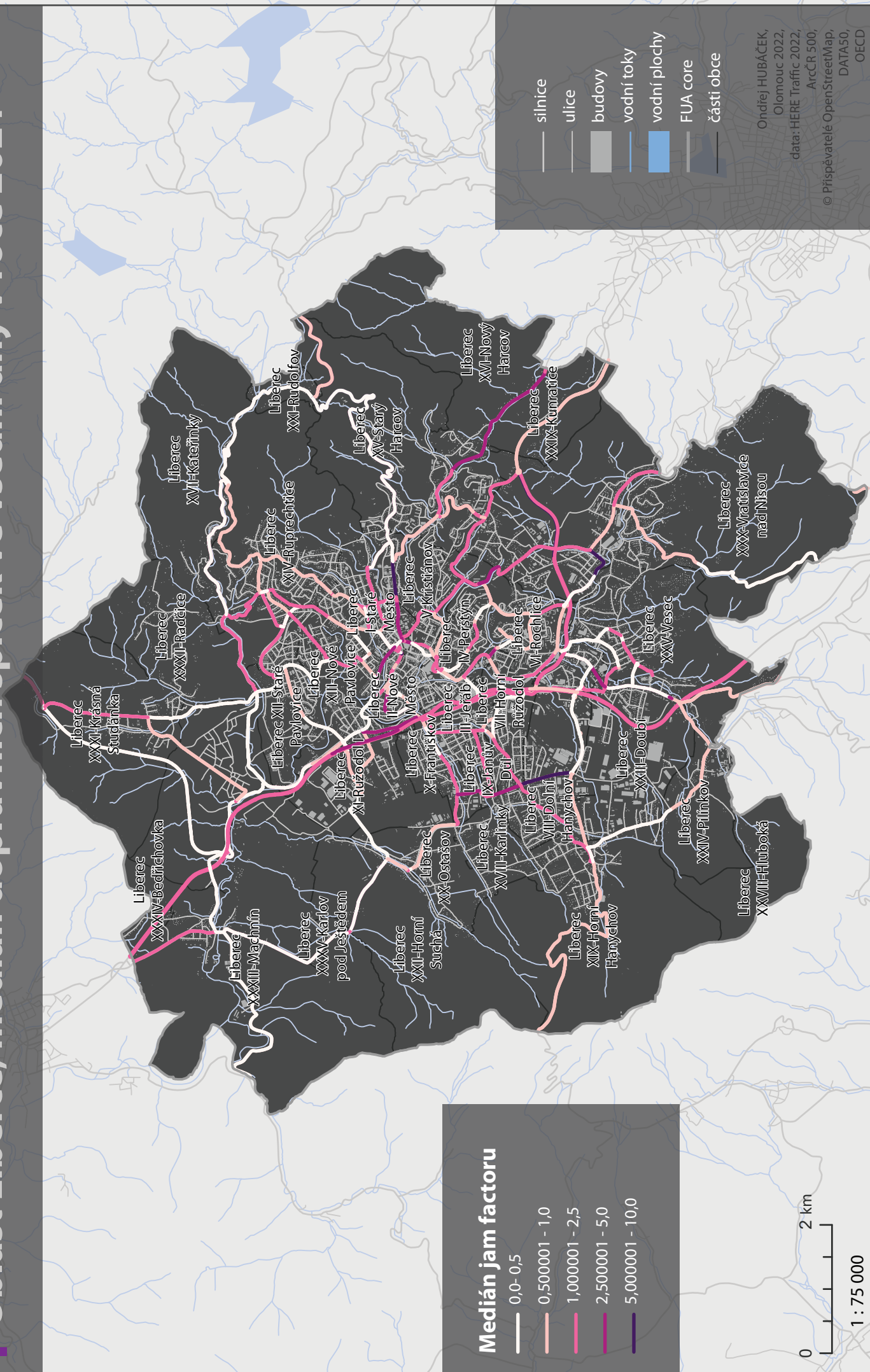
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Olomouce, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Liberce, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



Medián jam factoru

- 0,0 - 0,5
- 0,500001 - 1,0
- 1,000001 - 2,5
- 2,500001 - 5,0
- 5,000001 - 10,0

- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

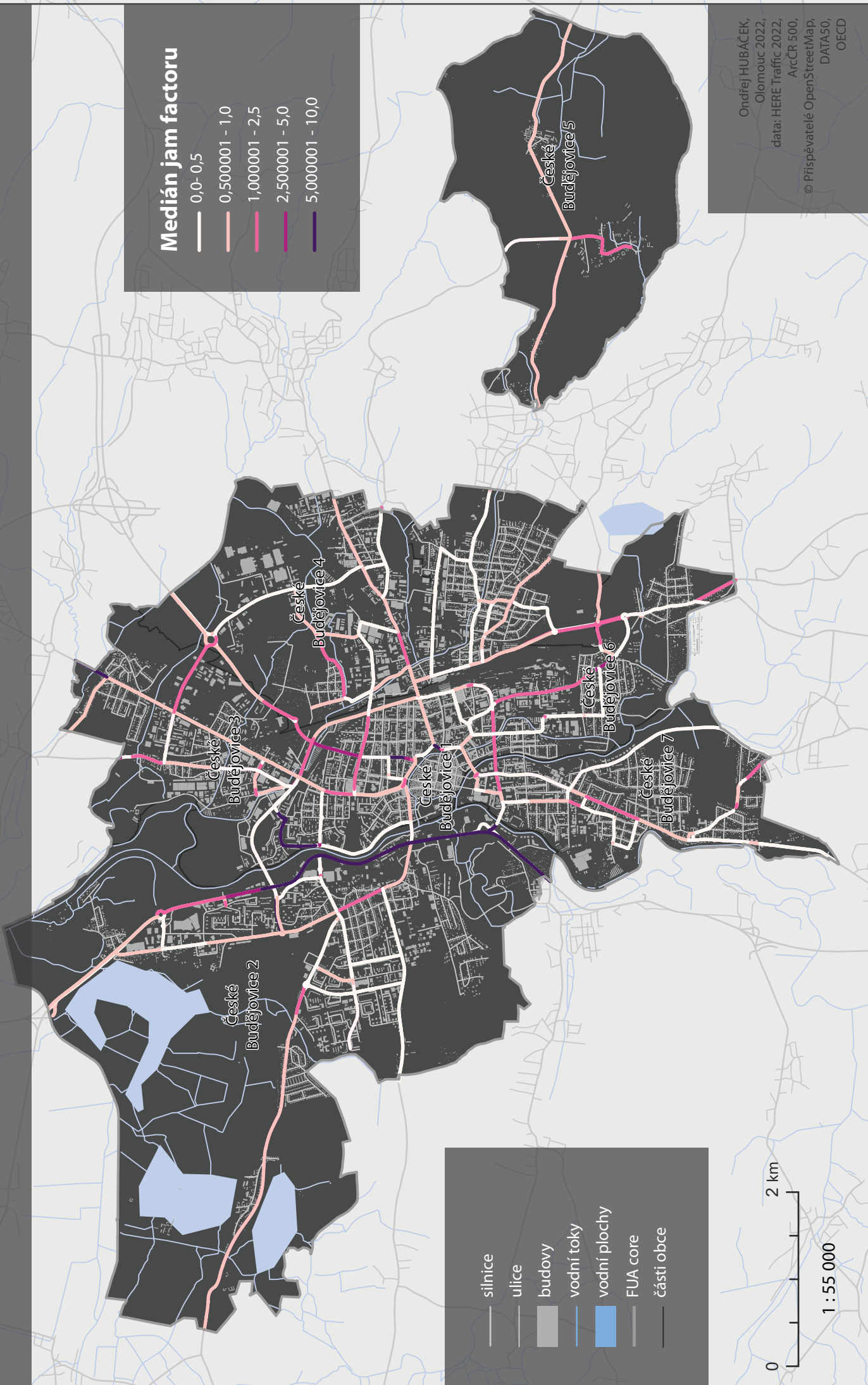
0 2 km

1 : 75 000

Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

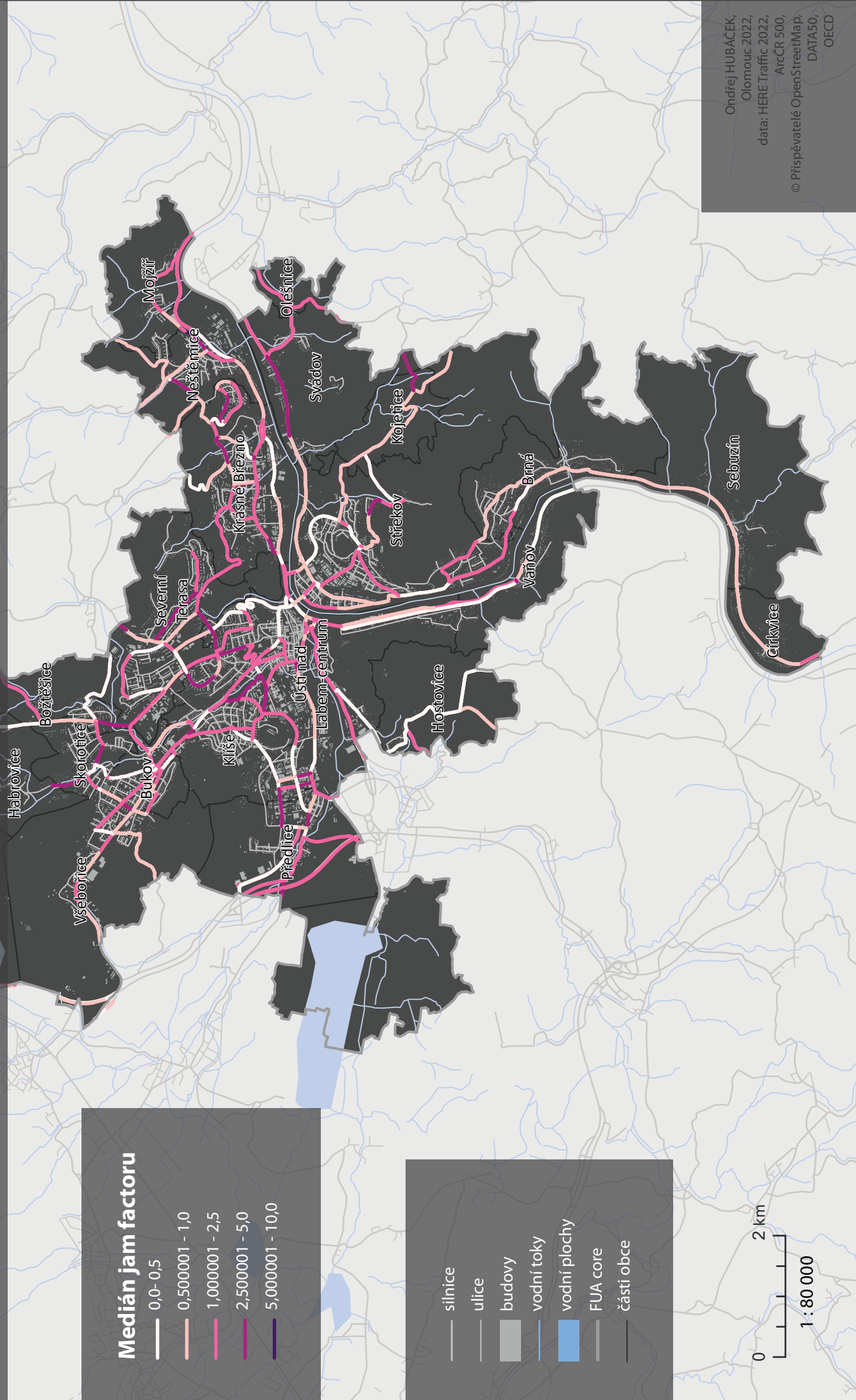
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Českých Budějovic, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



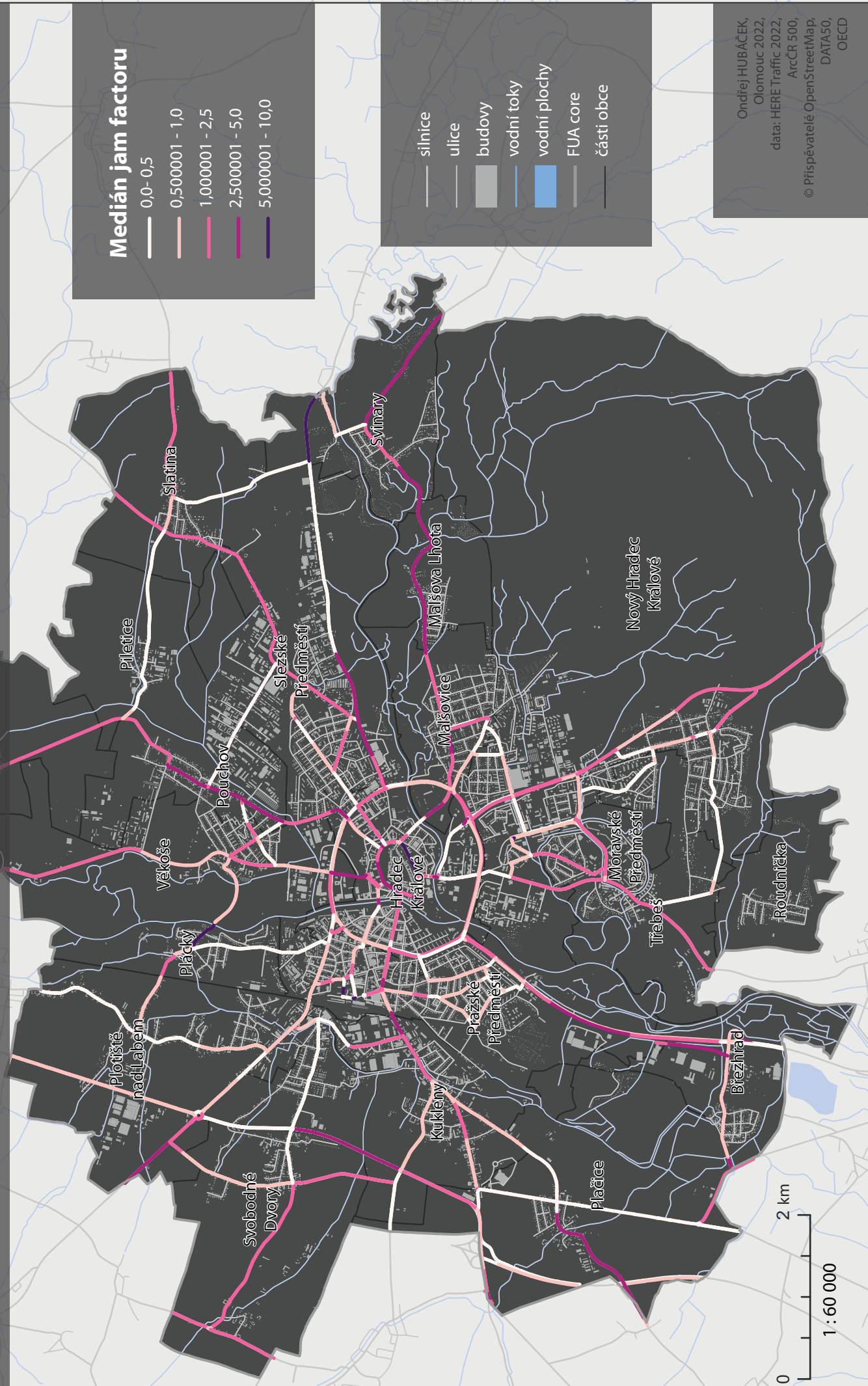
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Ústí nad Labem, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



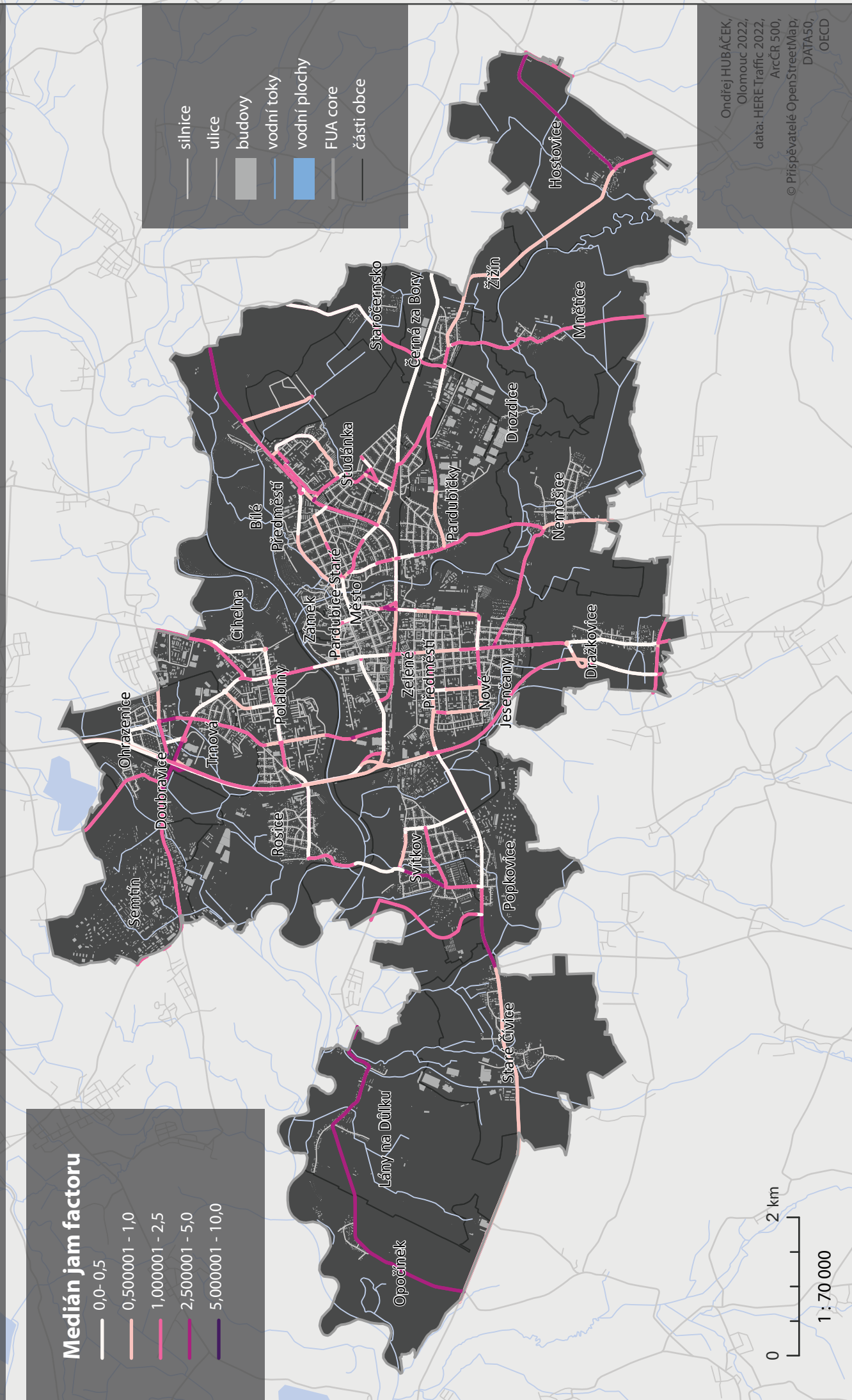
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Hradce Králové, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



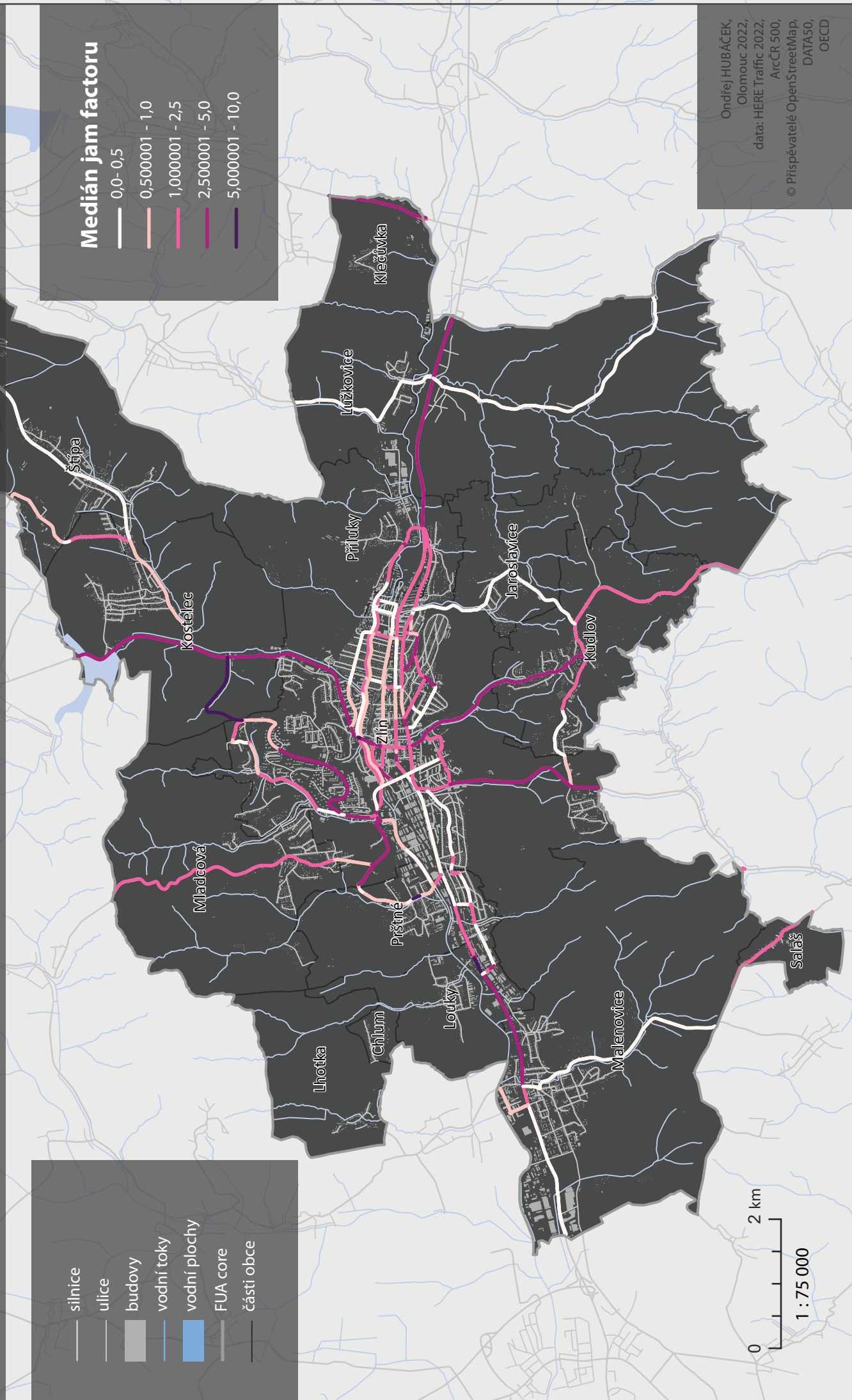
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Pardubic, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

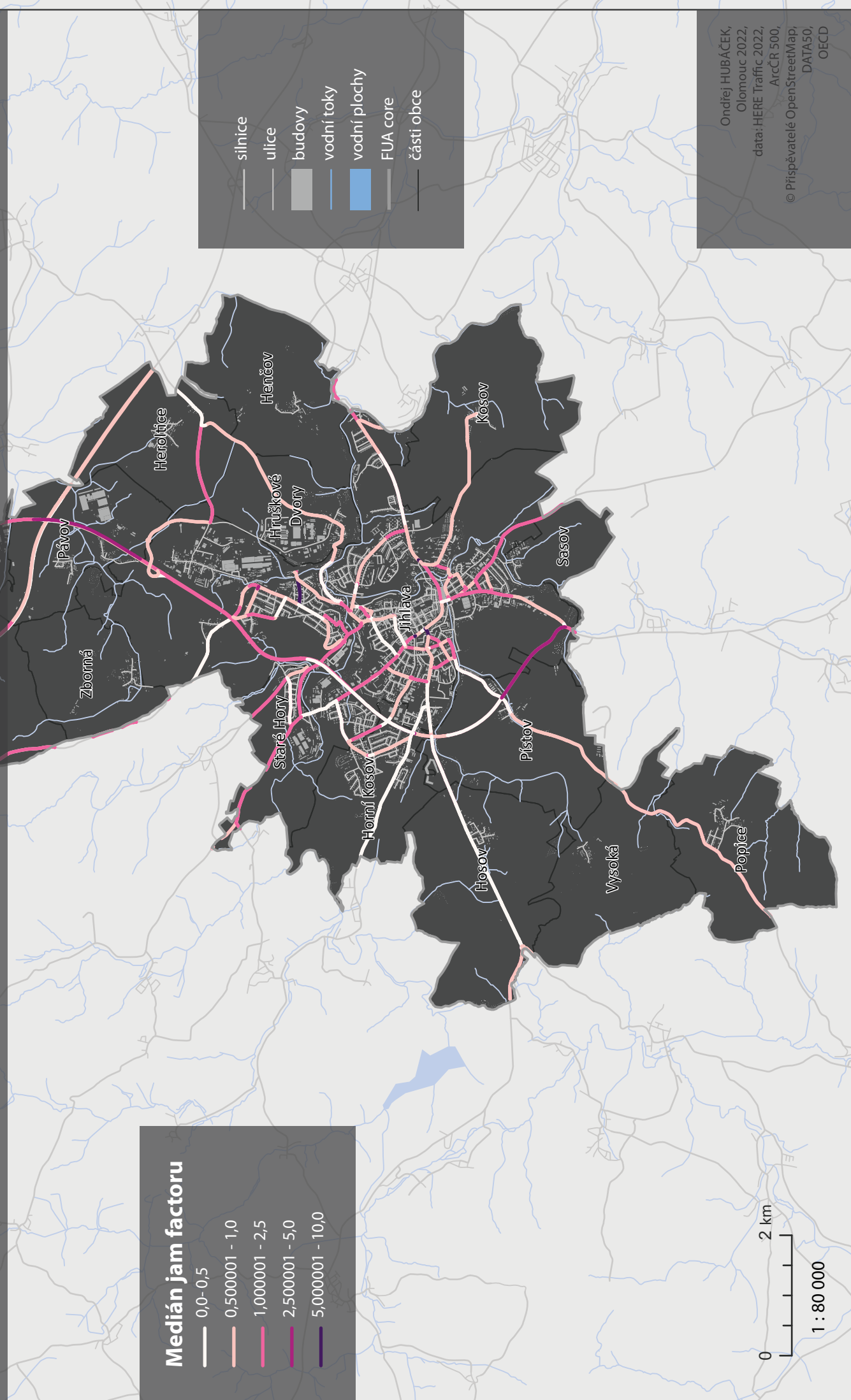
Oblast Zlín, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

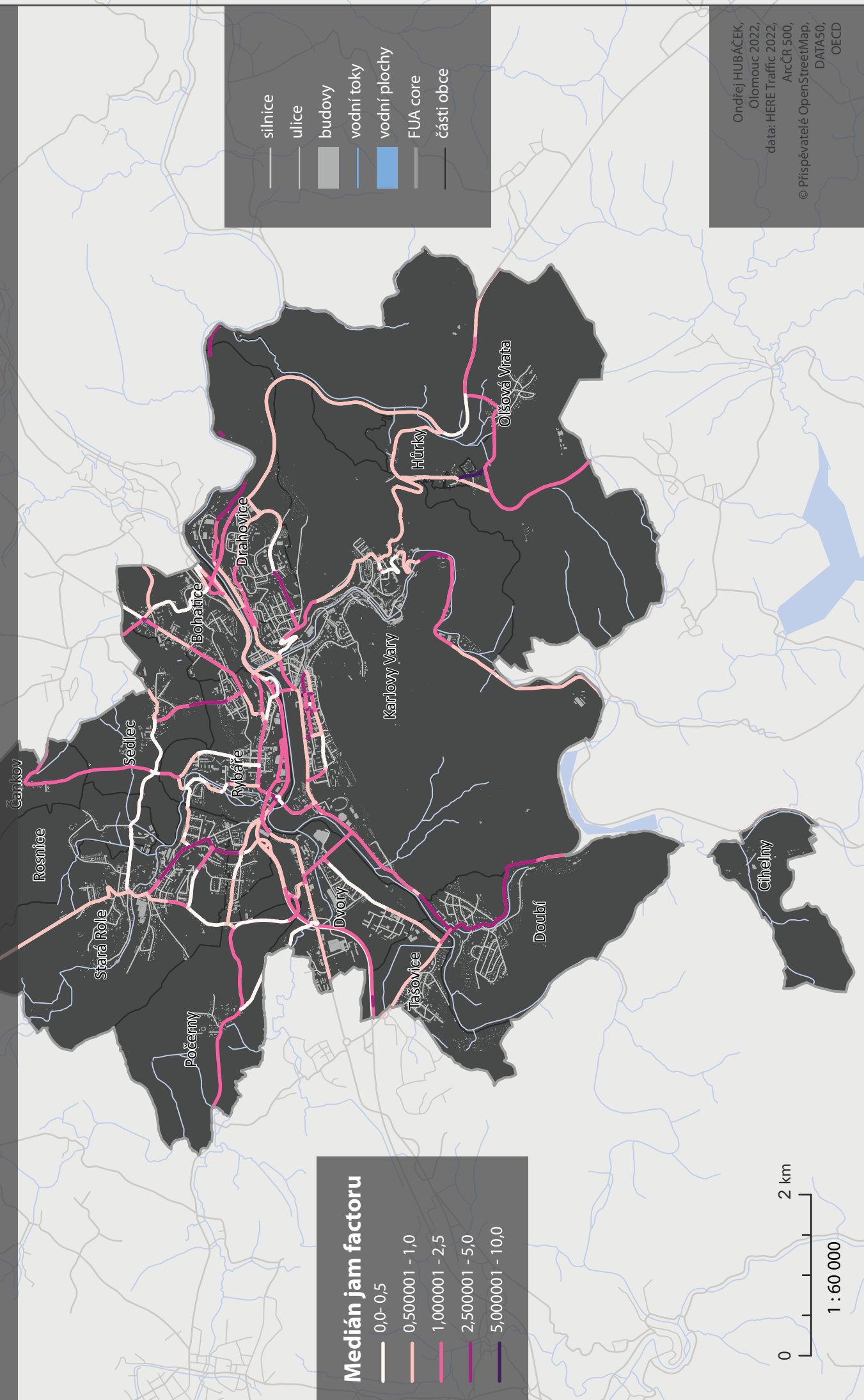
Oblast Jihlavy, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021

Červený Kříž



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

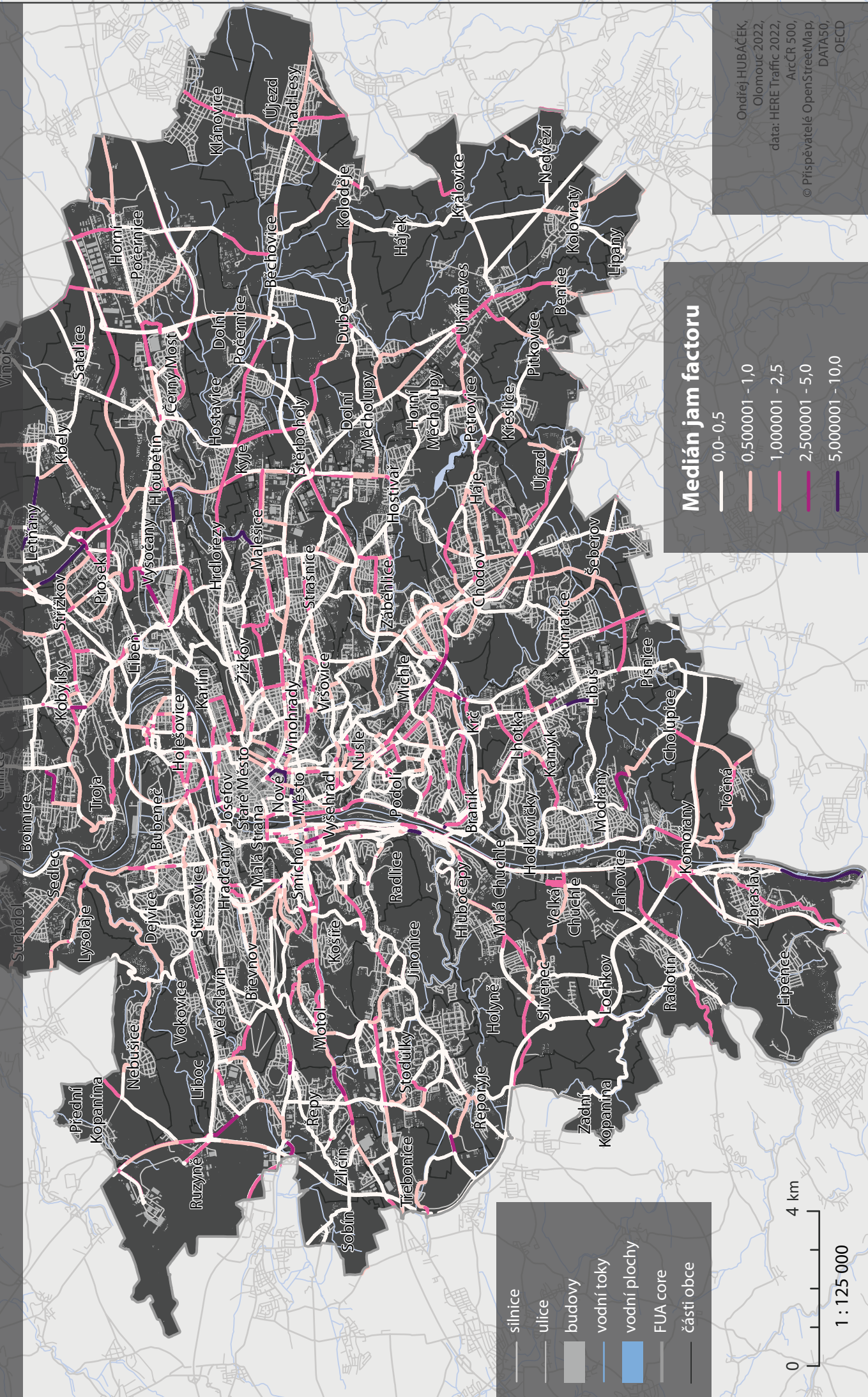
Oblast Karlových Varů, medián dopravních špiček ve všední dny v roce 2021



Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

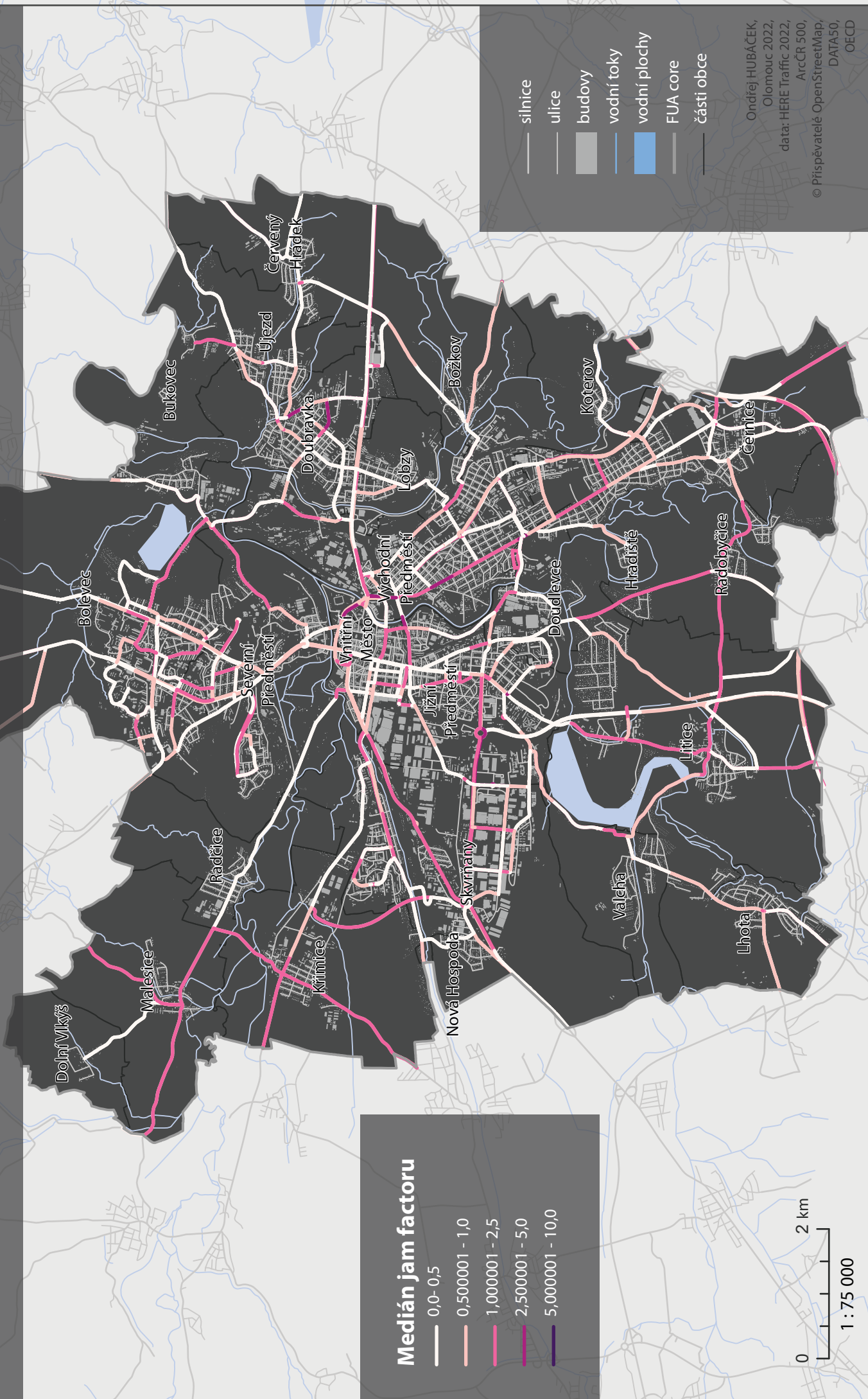
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Prahy, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Plzeň, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



Medián jam factoru

- 0,0- 0,5
- 0,500001 - 1,0
- 1,000001 - 2,5
- 2,500001 - 5,0
- 5,000001 - 10,0

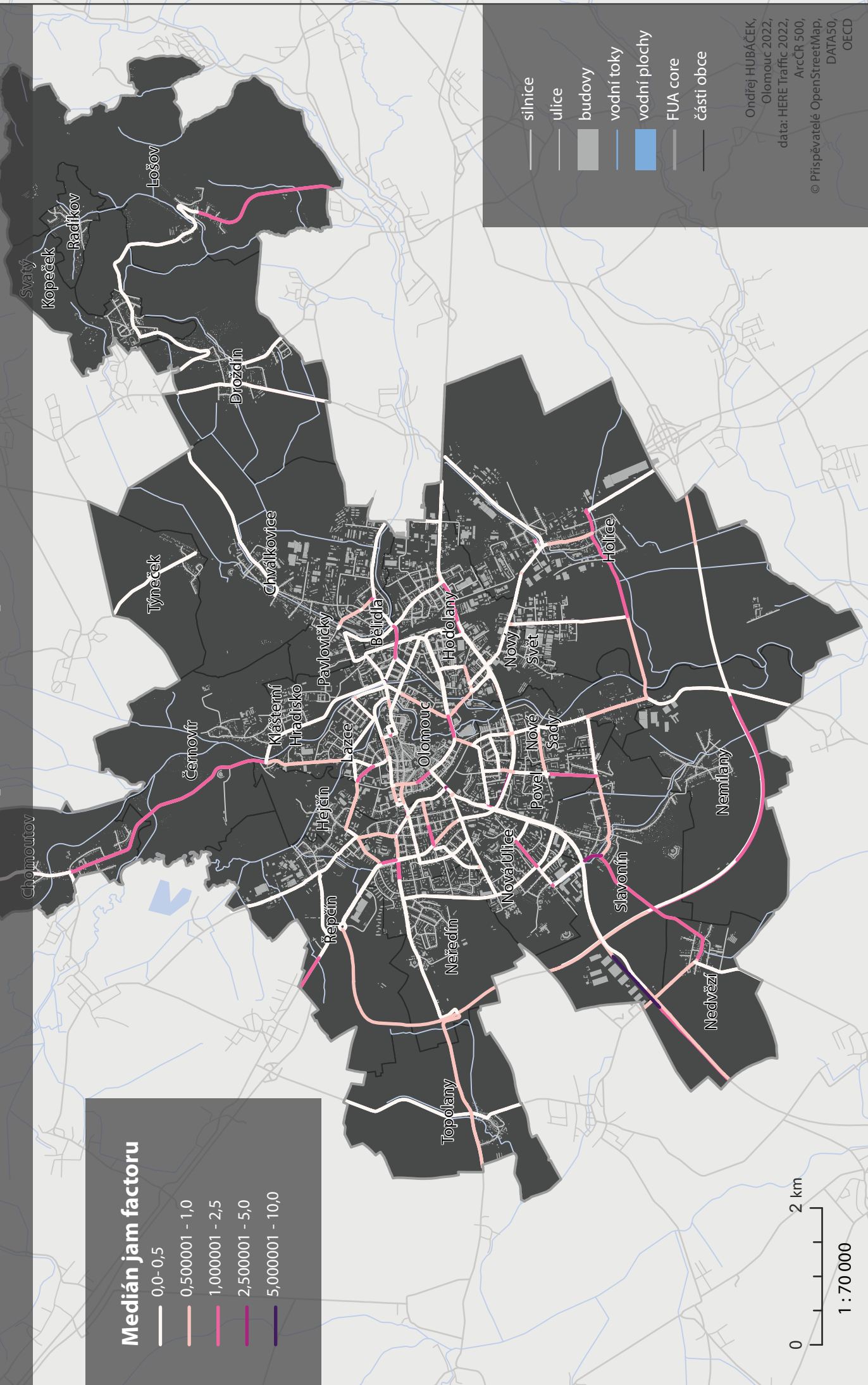
0 2 km
1 : 75 000

- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Přispěvatelé OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

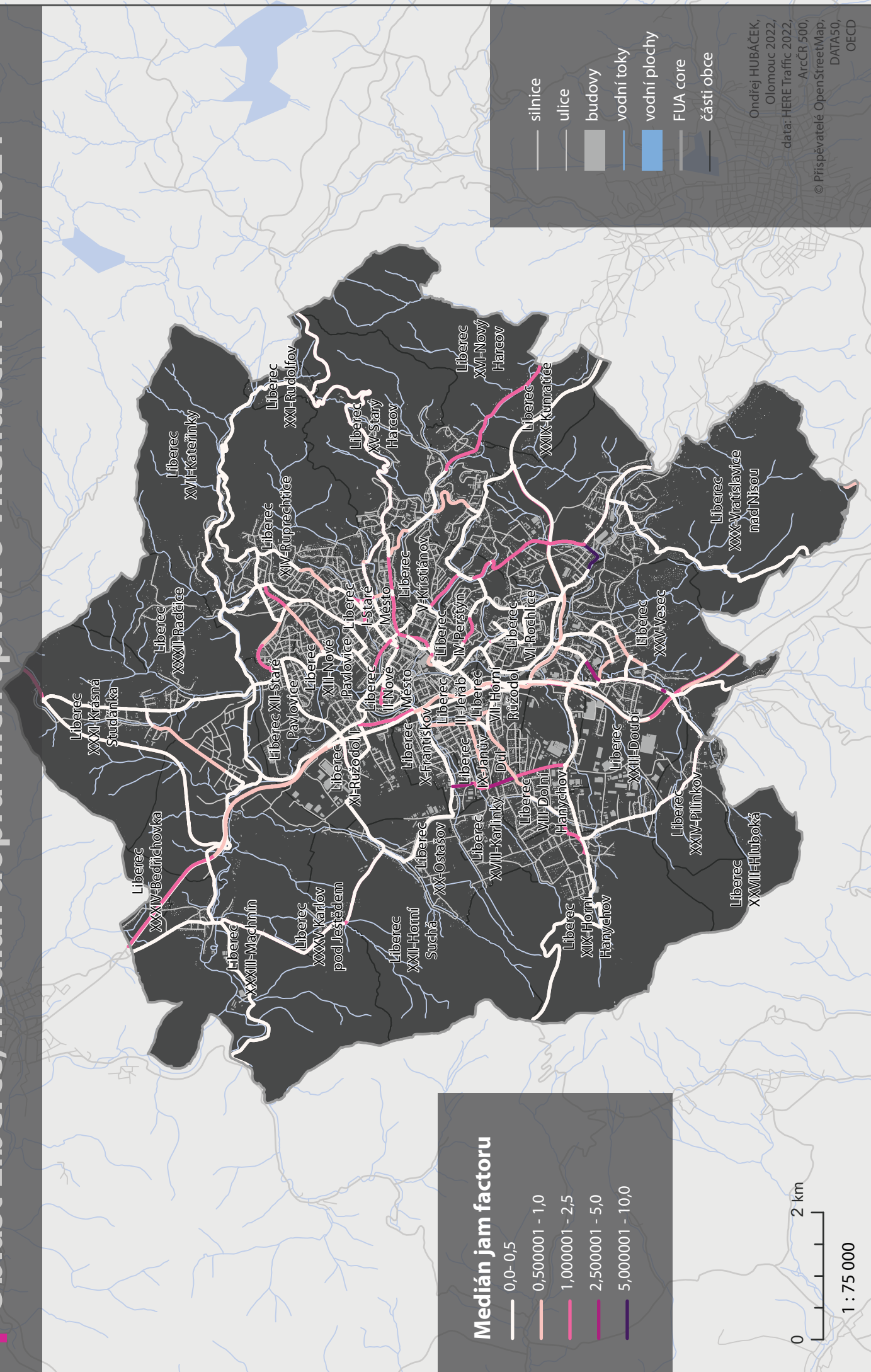
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Olomouce, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



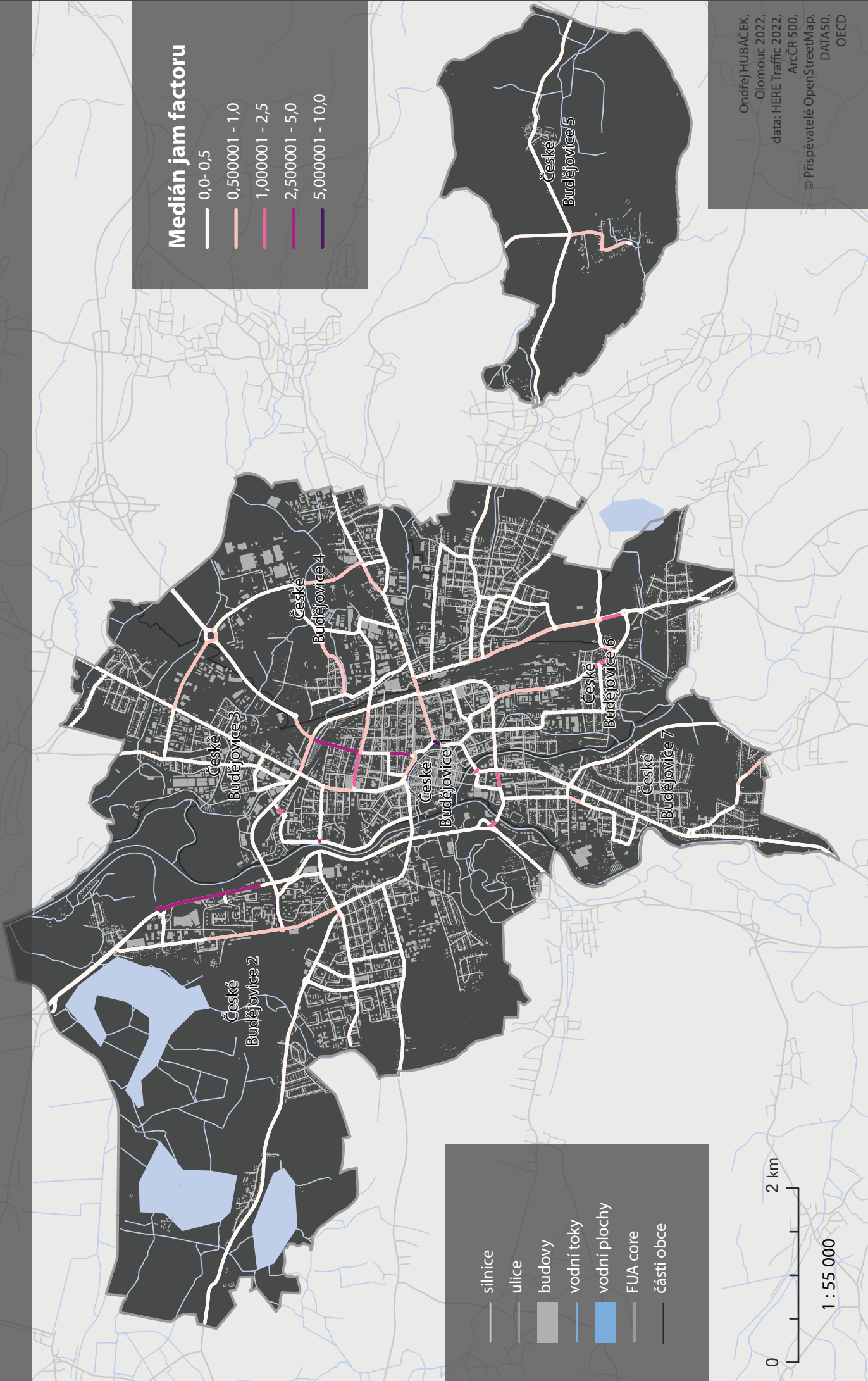
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Liberce, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



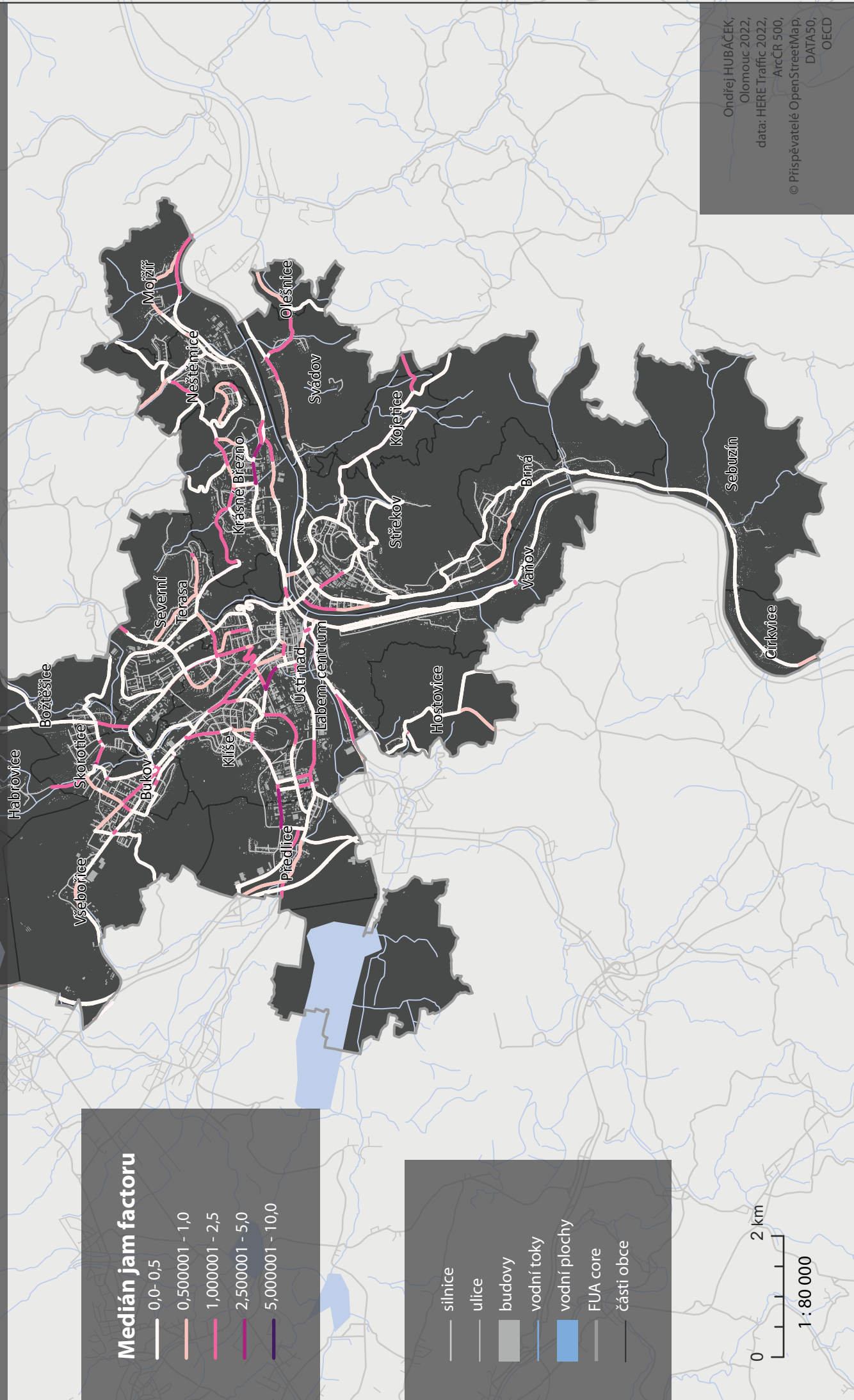
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Českých Budějovic, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Ústí nad Labem, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



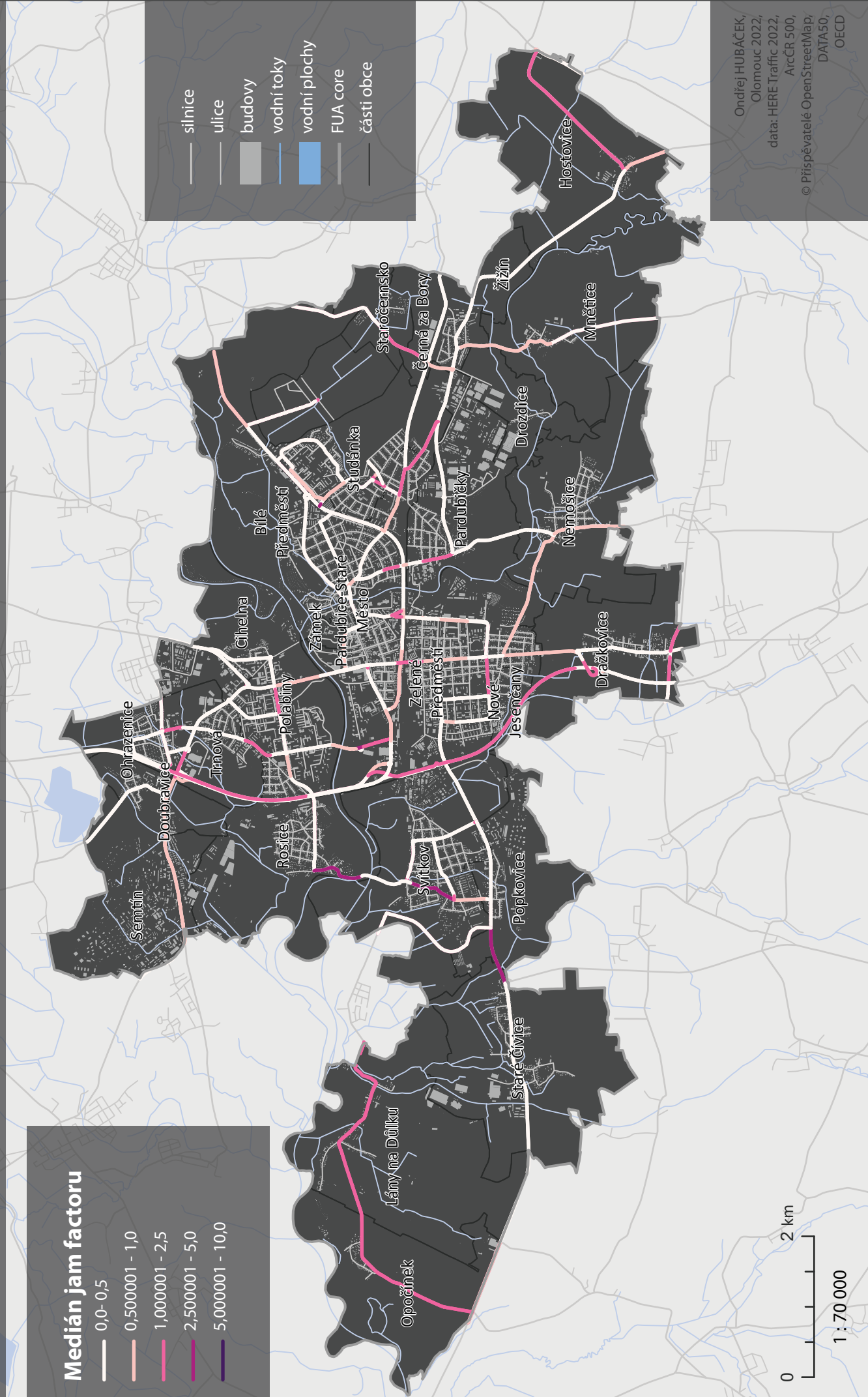
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Hradce Králové, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



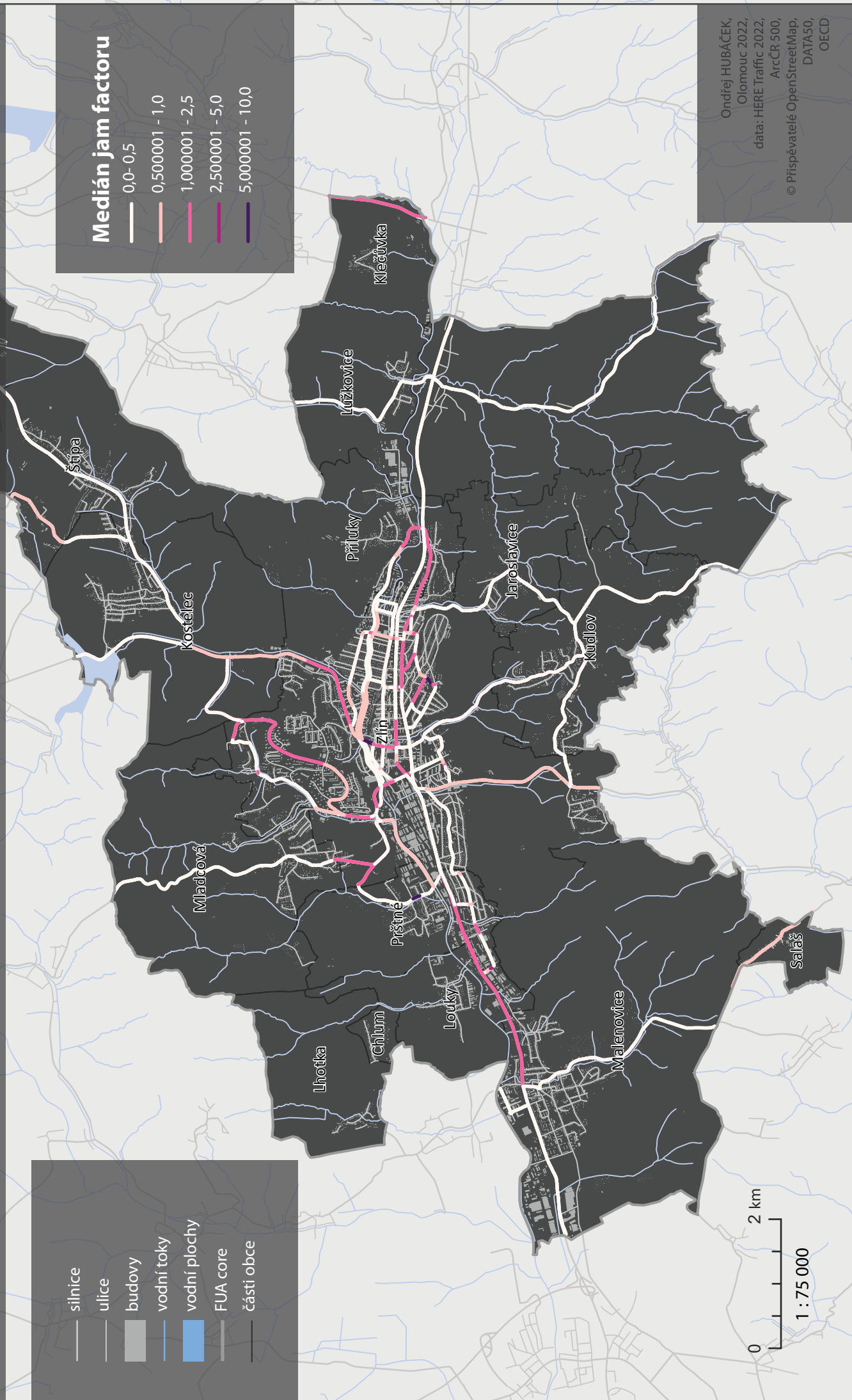
MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Pardubic, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

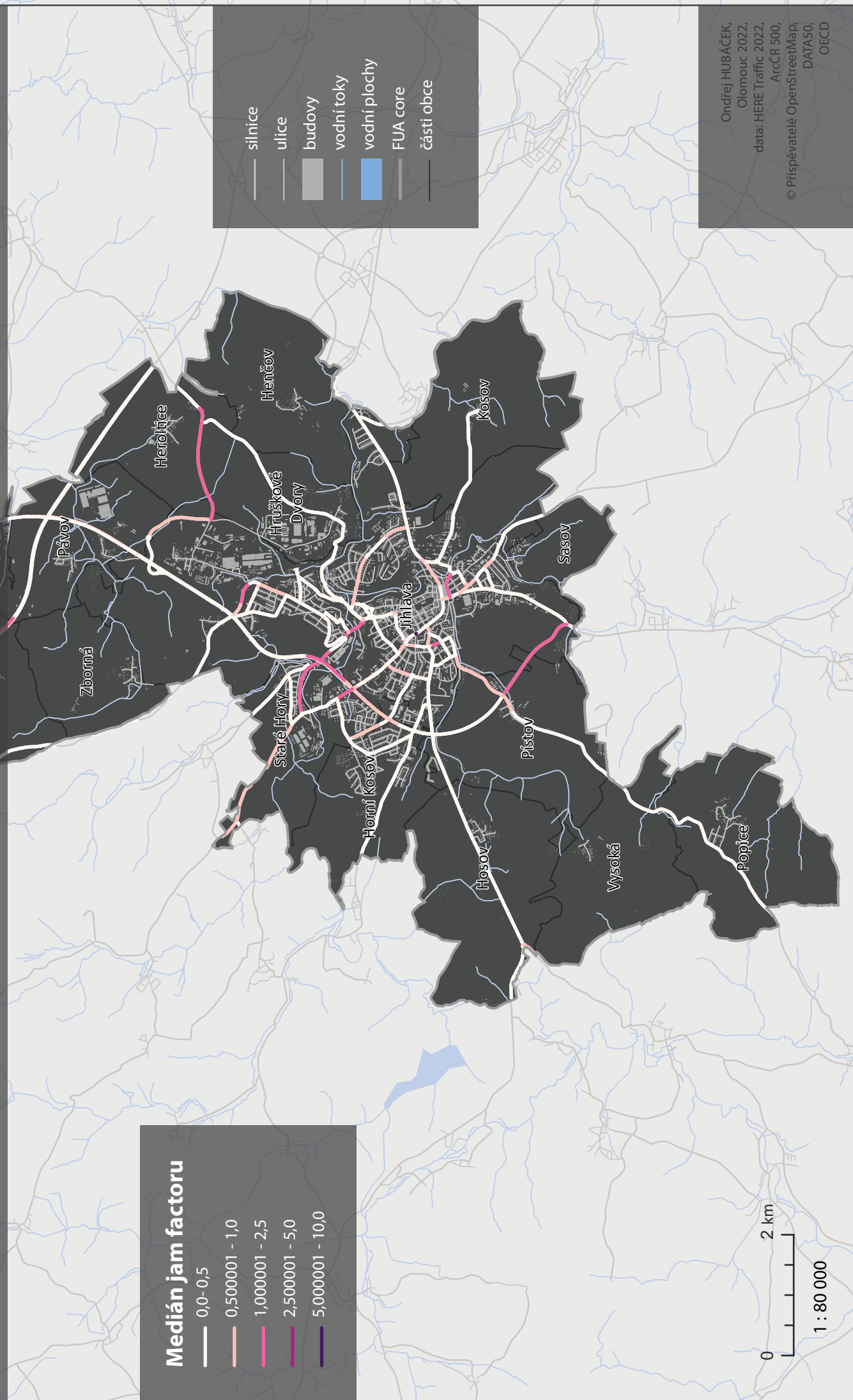
Oblast Zlína, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021



MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Jihlavy, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021

Červený Kříž



Medián jam factoru

- 0,0-0,5
- 0,500001 - 1,0
- 1,000001 - 2,5
- 2,500001 - 5,0
- 5,000001 - 10,0

- silnice
- ulice
- budovy
- vodní toky
- vodní plochy
- FUA core
- části obce

Ondřej HUBÁČEK,
Olomouc 2022,
data: HERE Traffic 2022,
ArcCR 500,
© Příspěvatel OpenStreetMap,
DATA50,
OECD

MEDIÁNOVÁ HODNOTA JAM FACTORU

Oblast Karlových Varů, medián dopravních špiček o víkendech v roce 2021

