

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOGRAFIE

Mgr. Martin BÁRTA

Komparace efektivity městské hromadné dopravy
ve vybraných městech Visegrádské skupiny

DISERTAČNÍ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografický záznam

- Autor (os. číslo):** Martin Bárta (R190171)
- Studijní obor:** Regionální geografie
- Název práce:** Komparace efektivity městské hromadné dopravy ve vybraných městech Visegrádské skupiny
- Typ práce:** Disertační
- Pracoviště:** Katedra geografie
- Vedoucí práce:** prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.
- Rok obhajoby:** 2024
- Rozsah práce:** 130 stran (13 vložených příloh)

Abstrakt:

Disertační práce se zabývá měřením efektivity MHD. Za cíl si klade vytvoření systému aplikovatelných evaluačních metod pro libovolné dopravní struktury města, které umožní definovat hlavní přednosti a nedostatky pro případnou optimalizaci stávajících dopravních systémů. Efektivita MHD systémů je hodnocena pomocí prostorových, časových, ekonomických, environmentálních a provozních metod.

Pro účely různorodé komparace a obsáhnutí co největšího spektra měst je praktická část práce rozdělena na 2 širěji chápané analytické studie a 5 konkrétnějších příkladových studií. Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD poskytuje kompletní analýzu všech 75 měst a 47 ostatních municipalit LAU na území Visegrádské skupiny s alespoň minimálním pokrytím dopravní infrastruktury metra, tramvaje, trolejbusu, pozemní lanové dráhy, ozubnicové dráhy a parciálních úseků trolejbusů a tramvají. V analytické studii elektrického vozového parku je porovnáno 146 měst s alespoň jedním provozovaným elektrickým dopravním prostředkem.

Komparace konektivity centrálních nejvytíženějších zastávek s vrcholovými obratišti poskytuje zjednodušený obraz míry efektivního propojení centra s periferními částmi města. Systém osmi relativních indikátorů zahrnuje aspekty frekvence, hustoty, kapacity, dostupnosti, konektivity a rychlosti MHD. Metodu s výsledky multikriteriální analýzy a Indexu důležitosti zastávky lze naopak chápat jako přesnou analýzu škály dostupnosti. Z provozních charakteristik dopravního podniku v Poznani s rozšířením o prostorové a populační údaje byl sestaven multidisciplinární systému šesti relativních ukazatelů. Nejpodrobnější údaje jak v rámci měst, tak meziměstské komparaci poskytuje finální prostorová analýza čtyřech forem dostupnosti ve Zlíně a Liberci. Všechny příkladové studie jsou koncipovány kvantitativně s důrazem na maximální přenositelnost na libovolná města. Výsledkem je pestrá směsice aplikovatelných absolutních a relativních ukazatelů.

Klíčová slova: MHD, dostupnost, efektivita, GIS, V4

Bibliographical identification

Author:	Martin Bárta
Field of study:	Regional Geography
Title:	Comparison of efficiency of public transport in selected cities of the Visegrad Group
Type of thesis:	dissertation thesis
Department:	Department of Geography
Supervisor:	prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.
Defence year:	2024
Scope of work:	130 pages (13 appendices)

Abstract:

The dissertation addresses the measurement of public transport efficiency. Its goal is to create a system of applicable evaluation methods for any city's transport structures, enabling the identification of key strengths and weaknesses for potential optimization of existing transport systems. The efficiency of public transport systems is assessed using spatial, temporal, economic, environmental, and operational methods.

To facilitate diverse comparisons and encompass the broadest spectrum of cities, the practical part of the dissertation is divided into 2 broadly understood analytical studies and 5 more specific case studies. The spatial distribution and typology of electric rail public transport networks provide a comprehensive analysis of all 75 cities and 47 other LAU municipalities in the Visegrad Group with at least minimal coverage of metro, tram, trolleybus, funicular, rack railway, and partial segments of trolleybus and tram infrastructure. In the analytical study of the electric vehicle fleet, we compared 146 cities with at least one operated electric transport mode.

The comparison of connectivity between central, busiest stops and key turnaround points offers a simplified view of the degree of effective connection between the city center and its peripheral parts. The system of eight relative indicators includes aspects of frequency, density, capacity, availability, connectivity, and speed of public transport. Conversely, the method with the results of multi-criteria analysis and the Stop Importance Index can be understood as an accurate analysis of the scale of availability. From the operational characteristics of the Poznań transport company, extended by spatial and population data, a multidisciplinary system of six relative indicators was compiled. The most detailed data, both within cities and for intercity comparison, was provided by the final spatial analysis of four forms of availability in Zlín and Liberec. All case studies are designed quantitatively with an emphasis on maximum transferability to any city. The result is a diverse mix of applicable absolute and relative indicators.

Keywords: PT, accessibility, efficiency, GIS, V4

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Komparace efektivity MHD ve vybraných městech Visegrádské skupiny“ včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením školitele prof. RNDr. Mariána Haláse, Ph.D. Veškerou použitou literaturu a internetové zdroje jsem uvedl v závěrečném seznamu zdrojů.

V Olomouci dne 3. 6. 2024

Podpis.....

V první řadě bych rád poděkoval svému školiteli prof. RNDr. Mariánu Halásovi, Ph.D. za vedení mé práce, vstřícnost a důvěru při uznávání všech předmětů, zahraničních mobilit a ostatních povinných univerzitních aktivit. Dále děkuji všem členům Katedry geografie, kteří mi během studia pomohli, zejména pak Mgr. Janu Poláškově za velkou pomoc při finálních úpravách některých mapových výstupů.

Další poděkování věnuji všem zahraničním kolegům z univerzitních a jiných pracovišť, se kterými jsem měl tu čest spolupracovat, a kteří mě svou odborností a laskavým přístupem posunuli o velký krok dopředu.

Závěrem děkuji všem členům své rodiny a přátelům, kteří mě během náročného studia povzbuzovali a zároveň dovedli rozptýlit stres a pochybnosti, což bylo nezbytné pro zdárné dokončení práce.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretická východiska.....	11
2.1	Subsystémy městské hromadné dopravy	13
2.2	Metody komparace efektivity MHD.....	17
2.2.1	Prostorovo-časové metody	17
2.2.2	Ekonomicko-environmentální metody.....	25
2.2.3	Provozní metody.....	28
3	Dostupnost a kvalita veřejných datových zdrojů	31
4	Vlastní metodika evaluace efektivity MHD systémů.....	33
5	Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD.....	35
5.1	Metodika.....	35
5.2	Analýza distribuce sítí.....	37
5.2.1	Sítě v celém prostoru NUTS a LAU.....	37
5.2.2	Sítě v urbanizovaném prostoru LAU.....	43
5.3	Typologie sítí	46
6	Charakteristiky vozového parku elektrické MHD.....	50
6.1	Vozový park v Česku.....	51
6.2	Vozový park v Maďarsku.....	53
6.3	Vozový park v Polsku.....	55
6.4	Vozový park na Slovensku.....	58
7	Příkladová studie I: Konektivita centrálních zastávek (Brno, Bratislava, Košice, Ostrava, Plzeň).....	60
7.1	Metodika.....	60
7.2	Výsledky.....	63
8	Příkladová studie II: Prostorovo-časová efektivita MHD (Miskolc, Pécs, Szeged).....	70
8.1	Charakteristika území.....	70
8.2	Metody analýzy a GTFS.....	71
8.3	Výsledky.....	74
9	Příkladová studie III: Multikriteriální analýza a Index důležitosti zastávky (Krakov).....	77
9.1	Charakteristika území.....	77
9.2	Metodika.....	78
9.3	Výsledky.....	80
10	Příkladová studie IV: Syntetická efektivita MHD (Poznaň a okolí).....	86
10.1	Charakteristika území.....	86
10.2	Metodika.....	88

10.3	Výsledky.....	89
11	Příkladová studie V: Efektivita dopravní dostupnosti (Liberec, Zlín)	93
11.1	Metodika.....	93
11.2	Výsledky.....	96
11.2.1	Urbanizované plochy	96
11.2.2	Ostatní plochy	103
12	Diskuze	109
13	Závěr.....	114
14	Summary.....	116
	Seznam zdrojů.....	117
	Literární	117
	Datové a ostatní typy zdrojů.....	128

1 Úvod

Charakter města spolu s různorodým prostorovým rozložením jeho jednotlivých funkcí vede k přirozené potřebě mobility obyvatelstva. V závislosti na rozloze, kompaktnosti intravilánu a samozřejmě velikosti a struktury populace pak přichází na řadu otázka efektivního využívání dopravních módů. Vedle individuální mobility představuje systém městské hromadné dopravy (dále jen MHD) funkční alternativu zejména s rostoucí velikostí města a vzdálenostmi. MHD hraje zásadní roli v usnadňování mobility obyvatelstva v hustě zalidněných městských oblastech. Vyznačuje se poskytováním spolehlivých, efektivních a cenově dostupných přepravních služeb. MHD obvykle zahrnuje různé druhy dopravních prostředků, nejčastěji autobusy, tramvaje, metro a trolejbusy, které bývají integrovány do sítě linek a zastávek tak, aby co nejlépe pokryly potřeby obyvatel v různých částech města. Jedním z klíčových faktorů, který činí systémy MHD nezbytnými v městském prostředí, je jejich schopnost minimalizovat individuální automobilovou dopravu. Snižují se tak kongesce (dopravní zácpy), a naopak zvyšuje průchodnost a plynulost dopravy, což má přímý pozitivní dopad na životní prostředí a kvalitu života obyvatelstva.

Území Visegrádské skupiny se skládá ze 4 států: Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Dohromady tyto státy tvoří východní část střední Evropy. Geografické vymezení střední Evropy chápeme v souladu s většinou přijímanou definicí, která zahrnuje Visegrádskou skupinu a 5 alpských států (Lichtenštejnsko, Německo, Rakousko, Slovinsko, Švýcarsko). Z dopravního hlediska panují mezi těmito státy značné rozdíly. Je to způsobené zejména složitým historickým vývojem, kdy byla nejprve většina států do roku 1918 zcela nesamostatná nebo fungovala v jiných hranicích. S výjimkou rozděleného Německa až do sjednocení v roce 1990 si nejkomplicovanějším vývojem prošlo Polsko, které získalo současnou podobu teprve od konce 2. světové války. Ostatní členy Visegrádské skupiny pojí společná minulost v různých rolích v nadřazeném státním útvaru Rakouska-Uherska. Z období 2. poloviny 19. století ostatně pochází začátek masivního rozvoje MHD nejprve formou parního a koňského pohonu, posléze se začala rozšiřovat elektrifikace. Pokud se podíváme podrobněji na historický vývoj rozšíření třech v současnosti nejčastějších elektrických dopravních prostředků ve městech (metro, tramvaje, trolejbusy), tak za vůbec nejstarší nepřetržitě provozovanou síť ve střední Evropě možno považovat tramvajový provoz ve švýcarské Ženevě z roku 1862. Tento dnes částečně mezinárodní provoz mezi Švýcarskem a Francií využívá elektrický pohon od roku 1894. Další síť tramvajů byly postupně zprovozněny v největších městech (1865 v Berlíně a Vídni, 1866 v Budapešti, 1868 ve Stuttgartu). V rámci Visegrádské skupiny se jako první spustil tramvajový provoz v Brně roku 1869. Následoval Gdaňsk v roce 1873 a Praha v roce 1875. Do roku 1880 se tramvajový provoz rozšířil i do polské Vratislavi a Štětínu. První elektrické tramvaje se datují k roku 1884 v německém Frankfurtu nad Mohanem. Ze zemí Visegrádu se nejdříve elektrifikoval systém v Budapešti roku 1887, následován Prahou v roce 1891 a Vratislaví roku 1894. Počátky metra sahají ve střední Evropě do roku 1896,

kdy byl v Budapešti zahájen první provoz metra v celé kontinentální Evropě. Ostatní 2 sítě metra Visegrádu byly vybudovány až ve 2. polovině 20. století (1974 Praha, 1995 Varšava).

Švýcarsko je kromě nejstarší tramvaje známé rovněž zaváděním prvních trolejbusových provozů. Na území střední Evropy hned 5 nejstarších trolejbusových dosud udržovaných sítí pochází ze Švýcarska (1932 Lausanne, 1938 Winterthur, 1939 Zürich, 1940 Bern, 1940 Biel). Hlavní rozmach trolejbusové dopravy nastal během 40. let, kdy se zprovozňovaly první sítě i na tehdejší území Protektorátu Čech a Moravy (1941 Plzeň, 1944 Zlín) a Slovenska (1941 Bratislava). Podle Stepanova (2019) dosáhly trolejbusové systémy celosvětově maximálního počtu v roce 1949 (366). O 70 let později je stav na 286 provozech. V poválečném období rozdělení zemí do východního, nebo západního bloku, se spolu s celou ekonomikou rozdvajilo vývojové směřování také městské dopravy. Hlavní rozdíl spočíval v centralizovaném vs decentralizovaném plánování a rozvoji MHD. V zemích východního bloku byly provozy MHD řízeny státem, přičemž jednou z priorit bylo rozšiřování tramvajové a trolejbusové dopravy. Modernizace vozového parku ovšem probíhala z ekonomických důvodů ve srovnání s městy v západním bloku pomaleji. V západním Německu, Rakousku a Švýcarsku se ve stejném období začaly budovat nové dopravní kombinace prostředků, zejména pak rozsáhlé kolejové systémy lehkého metra. Oba modely řízení významně zasáhly velké ropné krize během 70. let, které ještě urychlili proces elektrifikace. Po rozpadu východního bloku vývoj v obou částech střední Evropy postupně konverguje. Stále jsou částečně patrné odlišné přístupy a preference v dopravních módech. Od vstupu většiny států střední Evropy do Evropské unie (všech v rámci Visegrádské skupiny) se největší vliv na využití konkrétních dopravních prostředků a průběžnou modernizaci vozového parku přesunul na úroveň municipalit s možností čerpání finanční podpory z fondů EU. V současnosti dochází k velmi pozvolnému budování nových tratí a zkvalitňování těch stávajících. V závislosti na velikosti a finančních možnostech měst se vedle tramvají a metra nejrychleji rozvíjí elektrobusy a hybridní elektrobusy jako alternativa pro klasické autobusy. Z pohledu celkové dostupnosti má největší význam trend integrace jednotlivých městských systémů do širších regionálních struktur, což vede k zjednodušení tarifů, zlepšení návaznosti a postupnému splývání městské a regionální veřejné dopravy.

Hlavním cílem naší práce je vytvoření systému aplikovatelných evaluačních metod pro libovolné dopravní struktury města, které umožní definovat hlavní přednosti a nedostatky pro případnou optimalizaci stávajících dopravních systémů. Systém bude založen na kvantitativních metodách ukazatelů, vycházejících pokud možno z veřejných zdrojů. Jsme si vědomi značné heterogenity měst v zájmovém území států Visegrádské skupiny, která ztěžuje možnost komplexní komparace se smyslupnými výsledky. Proto systém našeho hodnocení efektivity MHD aplikujeme formou příkladových studií na města, která nejlépe odpovídají charakteru vybraných metod. Za dílčí cíle považujeme analýzy a komparace široké selekce měst pomocí přenositelných absolutních a relativních ukazatelů. Vedlejším cílem je také poskytnout kompletní databázi výsledků, které se týkají úplného pokrytí zkoumané charakteristiky na území Visegrádské skupiny.

V úvodní části jsme stručně shrnuli hlavní milníky ve vývoji MHD na území Visegrádské skupiny spolu s ostatními státy střední Evropy. Teoretickou část práce rozdělujeme do subkapitol na představení podstaty MHD a její role v mobilitě populace, dále na subsystemy městské hromadné dopravy a metody komparace efektivity MHD. Účelem je nastínit rozdělení a efektivitu všech významných prostředků MHD. V metodách efektivity se zaměřujeme na rešerši převážně kvantitativních studií. Důraz klademe na prostorovo-časové metody, které se prolínají napříč odvětvími a často staví na GIS analýzách a mapových znázorněních. Zajímají nás rozdíly v přístupech odborných studií na základě využití veřejných vs. neveřejných zdrojů dat. Metodická část má dvojí podobu. V obecnější podobě se snažíme shrnout dostupnost a kvalitu bezplatných dat využitelných mj. k našemu hodnocení efektivity MHD. Konkrétnější pracovní postup vysvětlujeme nejprve souhrnně v kapitole o vlastní metodice a pak zvláště v každé analytické a příkladové studii. Praktická část je složena ze 2 analytických a 5 příkladových studií. Kapitola 8 s příkladovou studií komparace maďarských měst vychází v upravené podobě z metodiky a výsledků autorova prvoautorského odborného článku „GIS Based Methodology to Analyse the Public Transport Supply – Hungarian Case Studies“ (Bárta, 2022). Podobně také kapitola 9 s příkladovou studií multikriteriální analýzy dostupnosti MHD v Krakově vychází v upravené podobě z metodiky a výsledků autorova prvoautorského odborného článku „Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Cracow“ (Bárta & Masopust, 2020). V závěrečné části diskutujeme o možných přednostech a nedostacích zvolených metodik a finálního zpracování pro každou analytickou a příkladovou studii. V práci se vyskytuje mnoho tabulek a obrázků. Ve všech případech se jedná o vlastní zpracování většinou z veřejných zdrojů dat. Konkrétní zdroje, ze kterých čerpáme jak pro zpracování datových výstupů, tak pro samotnou aplikaci vlastních metod, uvádíme v metodických subkapitolách praktické části.

Do příloh řadíme zpracování komplexní databáze všech typů elektrických drážních sítí MHD, kompletní struktury elektrického vozového parku MHD a seznamy všech vrcholových obratišť elektrické drážní MHD podle dopravních módů s vybranými charakteristikami. Celkem se jedná o 13 tabulek.

2 Teoretická východiska

Habarda (1988) charakterizuje typické znaky MHD jako dopravní a přepravní nerovnoměrnosti, kyvadlový charakter provozu, krátké vzdálenosti mezi zastávkami, citlivost na poruchy a nepravidelnosti, jednotnost dopravního systému a tarifů. Rozsah a způsob využívání MHD se kromě jiného liší v závislosti na demografických a ekonomických faktorech, urbanistickému profilu města a dostupných technologiích. Trendy v celkovém přírůstku a demografickém složení (např. stárnutí populace) se spolu s úrovní příjmů a mírou nezaměstnanosti významně podílí na celkovém charakteru nabízených i poptávaných dopravních služeb. Vyšší příjmy vedou často k růstu preferencí osobní dopravy. Způsob prostorového rozložení rezidenčních, komerčních, průmyslových a ostatních funkcí včetně samotného faktoru velikosti populace určuje nezbytný rozsah dopravní infrastruktury a kapacity vozidel. Vyšší míra využívání veřejné dopravy se obvykle projevuje ve městech s kombinací větší populace, a zároveň disperzí jednotlivých míst aktivit. Rozvoj v dopravních technologiích, jako moderní energeticky a emisně nenáročná vozidla nebo automatizované informační systémy, mění způsob, jakým lidé cestují a jak jsou dopravní systémy organizovány.

Jak popisují Nuhn & Hesse (2006) rozvoj městské mobility se odvíjí od dostupnosti dopravních prostředků, vybavenosti území dopravní infrastrukturou nebo přepravních nákladů. Zároveň je ovlivněn ekonomickými, technickými a sociálními podmínkami. Do nich řadíme např. rozvoj obyvatelstva, pracovních míst a celkovou hospodářskou výkonnost. Kromě toho sem náleží kvalitativní změny, které je třeba vnímat v kontextu sociálního vývoje. Mohou být důsledkem změněného způsobu života a nových podnikatelských strategií. Z tradičních postojů a vzorců chování se pozvolna formují nové přístupy k využívání technologií. Tyto podmínky dohromady určují prostorový a časový výskyt mobility. Rodrigue (2024) pracuje s faktory, které stojí za vznikem, využitím konkrétního druhu dopravy, průběhem a cílem městské mobility. Mobilita v rámci města se obvykle uskutečňuje za určitým účelem, jako je zaměstnání, volný čas nebo přístup ke zboží a službám. Prostorový charakter aktivity jednotlivce je důležitým faktorem generování cest, protože udává, jakou cestu je třeba vykonat. Časové rozdíly v počtu cest podle účelu jsou pozorovány na denní a týdenní bázi, přičemž nejčastějším modelem je dojíždění do zaměstnání. Pro cestu je možné použít různé dopravní módy. Konkrétní volba závisí na faktorech, jako jsou náklady, technologie, dostupnost, preference, rychlost, vzdálenost a příjem. Varianty pěší chůze, jízdy na kole, veřejné dopravy, automobilu aj. jsou tedy využívány buď jako volba, nebo jako omezení (nedostatek volby). Pro místa vzdálená přibližně do pěti minut chůze můžeme díky jejich optimální dostupnosti vyčlenit zvláštní kategorii městské mobility. V rámci průběhu mobility se jedná o trasy, které jsou použity pro spojení výchozího a cílového místa. Samotný cíl cesty závisí na prostorovém rozložení ekonomických aktivit. Každá ekonomická činnost bývá spojena s určitou úrovní přitažlivosti cesty. Odvětví služeb maloobchodu, veřejné správy, zábavy a stravování přitahují v průměru nejvíce cest na jednu zaměstnanou osobu. Madziel (2016) rozděluje účely cest na rekreační, existenciální, pracovní a ostatní. Potřeby mobility za pracovními účely se vyznačují velkou stabilitou prostorového rozložení, koncentrací v čase, a zároveň

největší pravidelností a četností. Ostatní účely cest jsou spojeny s menší pravidelností, menší intenzitou a velkou prostorovou diferenciací.

Systémy MHD neslouží pouze residentům daného města, ale také různým typům návštěvníků, pro které je MHD jednou ze zvažovaných možností mobility. Le-Klaehn, et al. (2014) zmiňují 5 nejdůležitějších proměnných, které odlišují příležitostného návštěvníka od pravidelného uživatele veřejné dopravy. Jsou to délka pobytu, hlavní účel cesty, věková skupina, frekvence používání MHD v místě bydliště a vlastnictví platného řidičského průkazu. Mezi hlavní důvody, proč návštěvníci preferují veřejnou dopravu, se řadí absence nutnosti parkování a řízení v hustém provozu, omezení či dokonce uzavírky v osobní dopravě, nedostupnost vlastního vozu a samozřejmě výhody místní veřejné dopravy. Naopak od využití MHD často odrazuje nesoukromí, nepohodlí, nedostatek informací, závislost na fixním jízdním řádu, omezené dostupnosti či složitý systém jízdních tarifů. Města se potýkají s řadou dopravních problémů v podobě přetížení dopravních sítí, vysokých emisí polutantů, dopravních nehod či nerovnosti přístupu k dopravním prostředkům. Možné východisko zahrnuje investice do veřejné dopravy, podporu alternativních způsobů dopravy (např. cyklistika), rozvoj pěších zón a samozřejmě celkové zlepšení kvality dostupnosti veřejné dopravy. Hoyle & Knowles (1998) zdůrazňují, že řešení městských dopravních problémů vyžadují komplexní a integrovaný přístup, který bere v úvahu nejen technická a ekonomická hlediska, ale také sociální a environmentální aspekty. Důležité je rovněž zapojení veřejnosti a zainteresovaných stran do plánovacího procesu, aby se dosáhlo udržitelných a dlouhodobě efektivních výsledků.

Univerzální design je způsob navrhování budov, výrobků a prostředí, které jsou ze své podstaty přístupné všem lidem bez ohledu na věk nebo postižení. Celý koncept lze popsat sedmi principy, které sestavilo Centrum pro univerzální design při North Carolina State (CEUD, 1997). Jedná se o spravedlivé používání, flexibilitu při používání, jednoduchost a intuitivnost, vnímatelné informace, minimální toleranci k chybám, nízkou fyzickou námahu a společně velikost a prostor pro přístup a použití. Těchto 7 principů je základem pro další pokyny, které upřesňují požadavky na design vhodný pro osoby s různými typy postižení. Mnoho poznatků získaných původně při navrhování budov lze aplikovat i na dopravní systémy. Navíc je zřejmé, že bez správného návrhu dopravního prostoru není možné zlepšit dostupnost veřejné dopravy. Měření dostupnosti je proto klíčovým prvkem pro zajištění rovných příležitostí uživatelů v oblasti zaměstnání, zboží a služeb. Celkově by se při posuzování dostupnosti veřejné dopravy měly brát v úvahu tři složky: příležitosti nabízené v cílovém místě, z výchozího místa poptávka po příležitostech v cílovém místě a funkce útlumu cest s rostoucí vzdáleností (distance decay function) pro jednotlivce, který cestuje mezi poptávkou a nabídkou pomocí veřejné dopravy (Tahmasbi & Haghshenas, 2019). Podobný způsob aplikují Geurs & Van Wee (2004). Jejich systém rozdělení do tří kategorií míry dostupnosti je založen na prostorovo-časových faktorech. Podle Koeniga (1980) dostupnost spojuje dva základní aspekty spokojenosti s cestováním: dosažení požadovaného cíle a úroveň dopravní služby během samotné cesty.

Oblast působení MHD v rámci měst lze chápat z administrativního (celkový prostor administrativně vymezeného města) a funkčního (urbanizovaný prostor) pohledu. Z častého nesouladu mezi administrativními a fyzickými (funkčními) hranicemi města vychází funkční vymezení měst na „overbounded“ a „underbounded“. Termín "overbounded city" označuje město s větší rozlohou, než je jeho skutečná zastavěná plocha. Obvykle to znamená, že město zahrnuje kromě urbanizovaného prostorou také venkovské oblasti, zemědělskou půdu, lesy a jiné nevyužité či přírodně chráněné oblasti. Opačným termínem je „underbounded city“ označující významnou část městské populace a infrastruktury nacházející se mimo administrativní hranice města, často ve venkovských nebo příměstských oblastech.

2.1 Subsystemy městské hromadné dopravy

Vymezení MHD se může lišit v technických parametrech využívaných prostředků, míře integrace či cizojazyčné terminologii. Pokud se zaměříme na obecnější společné prvky, které se vyskytují napříč odbornou literaturou, nejčastěji se MHD rozděluje na autobusové, trolejbusové, drážní (tramvajové, rychlodrážní, lanové), vodní a ostatní nekonvenční subsystemy. Celosvětově získává dominantní postavení elektrický pohon dopravních prostředků, můžeme tedy mluvit převážně o elektrické MHD. Autobusy jsou mj. díky flexibilitě nasazení a relativně nízkým vstupním nákladům jednoznačně nejrozšířenější formou MHD. Jako účelné a rentabilní se v českých a slovenských podmínkách podle Habardy (1988) považuje zřizovat MHD (resp. MAD – městskou autobusovou dopravu) ve městech s alespoň 20 tisíci obyvateli. Vedle samostatných provozů bývají mnohá města součástí rozsáhlých integrovaných dopravních systémů, kde více méně splývá hranice mezi městskou a regionální hromadnou dopravou. V oblastech s preferencí nižší hlučnosti a vyšší čistoty ovzduší se místo starších dieselových autobusů zavádí elektrobusy nebo trolejbusy. Trolejbusy jsou na rozdíl od elektrobusů vázané na trakční vedení a nemusejí spoléhat na akumulátor nebo diesela agregát. Na pomezí autobusů a trolejbusů se pak nachází parciální (též hybridní) trolejbusy s bateriemi sloužícími pro úseky bez trakčního vedení.

V anglofonním prostředí se běžně operuje s termínem rapid nebo semirapid transit. BRT (Bus rapid transit) odpovídá velkokapacitním autobusům s kratšími intervaly spojení a možností vyhrazených jízdních pruhů, jak tvrdí Vuchic (2007). V češtině se za ekvivalent považuje termín metrobus. V případě rychlodrážních systémů se jedná buď o LRT (Light rail transit), lehké metro provozované zpravidla jako nadzemní rychlodráha, nebo o HRT (Heavy rail transit), tedy klasické metro. Tramvajové a rychlodrážní subsystemy jsou díky široké škále využití jen obtížně oddělitelné. Rozvíjející se urbánní struktury vyžadují efektivnější formy hromadné přepravy při zachování stávajících výhod. Jednou z takových je systém tram-train, v češtině vlakotramvaj, který, jak uvádí Novales et al. (2002) představuje kombinaci LRT a městské tramvaje tak, že vozová souprava může libovolně operovat jak na železniční, tak tramvajové trati. Unikátní systém vlakotramvaje představuje tzv. model Karlsruhe, který podle Kraškiewiczze & Oleksiewiczze (2015) umožňuje efektivní propojení městské tramvaje s regionální železnicí bez nutnosti přestupů. Jiný příklad vlakotramvaje můžeme najít v maďarském Hódmezővásárhely. Jak

zmiňuje Csehy (2019), zdejší tramvajový systém je pomocí neelektrifikovaného železničního úseku a bezdrátové tramvaje propojen s městskou tramvají v Szegedu. Topp (1999) označuje vlakotramvaj jako jeden z typů LRT. Německá terminologie zastřešuje většinu forem LRT termínem Stadtbahn (městská dráha). Pro provoz tramvají není vždy nezbytně nutné trakční vedení. Vuchic (2007) vymezuje dva typy bezdrátového tramvajového provozu. První z nich odebírá proud z povrchu, druhý staví na využití baterií, podobně jako v případě parciálního trolejbusu. Další kombinaci, tentokrát autobusu a tramvaje, představuje systém Translohr založený na principu gumokolové tramvaje s vodící kolejí. Totožný princip se používá i u gumokolového metra (Guerrieri, 2019).

V kontextu integrace jednotlivých subsystémů a funkčních vztahů mezi jádrem a periferií lze do MHD řadit také příměstskou a regionální železnici. Platí to obzvláště pro širší metropolitní oblasti, kde jsou hranice mezi městem a suburbiem nezřetelné. Jako důležitý subsystém „commuter rail“ ji tak vymezuje Grava (2003). Z němčiny se mezinárodně ujal termín S-Bahn (rychlodráha). Lanové dráhy můžeme jednoduše rozdělit na pozemní a visuté. Na rozdíl od předchozích subsystémů slouží obvykle pro překonání značných převýšení, turistické účely a masovou přepravní kapacitu na krátké vzdálenosti. Vodní MHD se vyskytuje pouze ve městech s příhodnými podmínkami krajinného pokryvu, nejčastěji existencí významného říčního toku, sítí kanálů a větších vodních ploch. Do nekonvenčních subsystémů řadí Drdla (2021) jednokolejnicové dráhy, dráhy na magnetickém polštáři, ale také pohyblivé chodníky a schody aj.

Samotné vymezení jednotlivých subsystémů MHD ovšem plně nevysvětluje jejich aktuální distribuci a reálnou efektivitu využití. Týká se to výhradně trolejbusů, tramvají, metra a rychlodráhy. Autobusová doprava je mezinárodně rozšířená ve všech kategoriích měst, naopak výskyt vodní dopravy zcela determinují lokální přírodní podmínky. Lanové dráhy mají mj. díky vysoké kapacitě, spojení jinak nedostupných míst, nezávislosti na kongescích a environmentální šetrnosti potenciál pro rozšiřování a zkvalitňování stávajících dopravních systémů (Hoffmann, 2006; Težak et al., 2016). Dosud se ale uplatňují pouze jako doplňky pro ostatní rozsáhlejší dopravní módy. U nekonvenčních subsystémů pak záleží na konkrétním prostředku, od univerzálního zapojení pohyblivých schodů až po ojedinělé případy drah na magnetickém polštáři. Speciální příklad jednokolejnicové visuté dráhy představuje systém Eugena Langena v německém Wuppertalu, v němčině známého pod termínem Schwebebahn. Podle Kuczyka et al. (2021) svou délkou 13,3 km a více než 65 000 cestujícími v průměru za den patří mezi svého druhu nejvýznamnější na světě.

V následujících pár odstavcích se pokusíme shrnout hlavní charakteristiky výhod a nevýhod jednotlivých subsystémů. Brunner et al. (2018) porovnávají mj. energetickou spotřebu a prostorovou náročnost u vybraných dopravních prostředků včetně autobusu a tramvaje. Podle jejich výsledků sice vychází využití MHD a zejména tramvají v porovnání s mikromobilitou (např. cyklo, pěší, aj.) méně efektivně, nicméně významně předčí ostatní individuální dopravu v relativní kapacitě. Ještě pozitivnější rozdíl zaznamenává MHD při zahrnutí parkování a kongescí (Knoflacher, 2007). Modernizace vozového parku může být

hlavním důvodem zvýšení energetické efektivity, jak potvrzují Glavas & Ivanovic (2013) na příkladu tramvajového provozu v Osijeku. Míra kapacitní, ekonomické i environmentální efektivity MHD může ovšem značně kolísat mezi špičkou a sedlem (Pomykala, 2018). Konkrétnímu srovnání jednotlivých módů MHD se věnují Brand & Preston (2003), podle kterých vychází kapacitně i energeticky nejlépe příměstská železnice a metro. Problém spočívá ve vysokých vstupních nákladech na vybudování, které se však díky vyšší kapacitě cestujících a delších cestách postupně vyplácí a ve výsledku i mírně překonávají ostatní módy. Velikost obslužené populace tak do jisté míry implikuje výhodnost provozování konkrétního módu. Přestože neexistuje univerzální pravidlo, tak s nejnákladnějším metrem se obvykle setkáme v městech nad 500 000 až 1 000 000 obyvatel. Podstatně jednodušší implementace systému lehkého metra či vlakotramvaje umožňuje jeho ekonomicky a environmentálně udržitelné provozování jak v rozsáhlejších aglomeracích, tak i ve středně velkých městech. V oblastech s již zavedenou železnicí bývá ovšem formální a technickou překážkou přestavba na duální mód (Durzyński et al., 2018). Důležitým parametrem je rovněž správná kombinace módů v daném městě s hledáním možné synergie jejich vzájemných výhod. Proto, jak zmiňují Kołoś & Taczanowski (2016), pro města s již funkční elektrickou dráží MHD není zavádění lehkého metra nejlepší volbou. Bezdrátové typy tramvají se efektivně využívají v centrech historických měst s poptávkou po vyšší kapacitě, spolehlivosti, bezpečnosti a minimálním dopadu na životní prostředí (Guerrieri, 2019). Klasické tramvaje nacházejí své uplatnění vlivem dlouhodobého rozšiřování prakticky v jakékoliv velikostní kategorii s převahou měst nad 100 000 obyvatel. Trolejbusový subsystém potom bývá považován za optimální řešení pro města s nutnou kapacitou přepravených osob mezi autobusem a tramvají (Zavada et al., 2010). Kromě kapacity se zvláště pozitivně akcentuje řádově nižší množství uvolněných polutantů při spotřebě energie vyrobené z tepelných nebo vodních elektráren (Tica et al., 2011). Hlavní výhodou elektrické trakce je sice absence přímého znečištění ovzduší v místě provozu, nicméně přenosová ztráta do trolejového vedení může dosahovat až 30 %, proto je nutné zvyšovat energetickou efektivitu MHD (Bartłomiejczyk & Połom, 2017). V případech překážek na silničních úsecích s trolejovým vedením je navíc nutné udržování více autobusů schopných flexibilně daný úsek objet. Na to reaguje vývoj vozového parku zaváděním hybridních trolejbusů. Podle Połoma (2021b) možnost čerpání energie z akumulátoru snižuje nutnou délku trolejového vedení o 10–30 %. Novější technologie dobíjení přímo za jízdy umožňují dokonce 60–80% redukci. Hybridní vozy oproti klasickým trolejbusům představují sice nákladnější investici, je to však kompenzováno nižšími náklady na trolejové vedení. Tyto efektivní modifikace stojí za zvýšeným zájmem o trolejbusovou dopravu, jak dokládají ve svých příkladových studiích Wołek et al. (2020) a Połom (2018). V dlouhodobém trendu celosvětově nicméně dochází spíše k útlumu trolejbusů. Costa & Fernandes (2012) zdůrazňují možný problém neefektivní substituce pro stávající módy. Podle Stepanova (2019) si v současnosti můžeme všimnout rušení trolejbusových provozů zejména v zemích bývalého východního bloku. Ve střední a západní Evropě se počet provozů prakticky nemění. Trolejbusy jsou nahrazovány především elektrobusem, vodíkovými a hybridními vozidly. V praxi se tyto nové dopravní prostředky označují za elektromobilitu druhé generace (Kołoś et al., 2023). Jak uvádí

Połom (2021a), pro realizaci elektrobusů se rozhodují i města, která již mají dobře rozvinuté tramvajové a trolejbusové systémy. Guzik et al. (2021) potvrzují na příkladu polských měst hypotézu pozitivního spojení zavádění elektromobility s postavením města v jeho urbanistické hierarchii, a také že tempo přijetí e-mobility jednoznačně souvisí s obecnou úrovní místního socioekonomického rozvoje.

Postupný přechod dieselové městské autobusové dopravy na elektrobusy s sebou pojí ale také dodatečná omezení na flexibilitu jízdních řádů, kvůli nutné době nabíjení elektrobaterie (Czerepicki et al., 2020). Tento nedostatek zvláště vyniká ve srovnání s možnostmi dynamického nabíjení parciálního trolejbusu za jízdy. Důležitou roli ve spotřebě elektrické energie jak u elektrobusů, tak hybridních vozidel ovšem hrají také netrakovní potřeby (pomocné), pod kterýmiž je zejména chápáno vytápění a klimatizace. Jak zmiňují Bartłomiejczyk & Kołacz (2020) pomocná zařízení jsou zodpovědná za téměř polovinu celkové spotřeby energie za normálních povětrnostních podmínek, přičemž při extrémnějších teplotách dosahují v denním měřítku až 70 %. Nesporný přínos elektrobusů spočívá v minimální environmentální zátěži. Podle Mišanoviće et al. (2015) v komparaci energetické efektivity 3 dopravních módů v Bělehradu, dieselového autobusu, elektrobusu a trolejbusu, vychází nejlépe právě elektrobus. Navzdory tomu se ale řada studií shoduje na konkrétních nevýhodách, jakými jsou zejména vysoká pořizovací cena, podstatně vyšší než v případě klasických dieselových autobusů (Pyza et al., 2019), krátký dojezd, výdrž baterie, systém napájení a náklady v dlouhodobém horizontu (Taczanowski et al., 2018), či vyšší spotřeba a zátěž baterií v závislosti na nízkých teplotách (Papa et al., 2022). Jak ale podotýkají Pyza et al. (2019), pořizovací cena elektrobusů a celkové náklady by měly do budoucna klesat s rozvojem technologií a náběhem masové výroby, která se promítne do jejich přitažlivosti. S rostoucími požadavky na rychlost, kapacitu a spolehlivost se pak nejvíce rozvíjejí rychlodrážní systémy s dominantní koncentrací v Evropě (Topolnik et al., 2005). Kombinace rychlodrážních, tramvajových, trolejbusových a moderních autobusových subsystémů tak spolu s doplňujícími dopravními módy svými parametry umožňují ekonomicky a environmentálně udržitelné řešení pro městskou a příměstskou mobilitu.

2.2 Metody komparace efektivity MHD

K analýzám efektivity veřejné dopravy ve vybraném městě lze přistupovat z mnoha různých perspektiv. Obvykle se jedná o syntézu nových relativních ukazatelů, kombinaci již osvědčených parametrů nebo kvalitativní přístup, například skrze práci s respondenty či nečíselné charakteristiky. Ve všech případech jde o více či méně subjektivní selekci, která specifickým charakterem zkoumaného území nemá ambici postihnout všechny faktory ovlivňující fungování systému. Rovněž důležitý je účel studie, který určuje, zda bude spíše teoretická nebo praktická. Typickými příklady výzkumných metod jsou kvantitativní versus kvalitativní studie, metodologie založené na tvrdých nebo měkkých datech, komparativní versus případové studie a další. Obecně kvalitativní metody souvisí nejčastěji s výzkumem lidského faktoru, percepce a spíše subjektivním přístupem, který ztěžuje možnosti meziměstské komparace. Kvantitativní metody hodnocení kladou důraz mj. na demografické, ekonomické, environmentální, prostorové a časové faktory vyjádřitelné číselnou formou. Jednotlivé faktory se samozřejmě mohou prolínat a pro praktické účely splývají v provozní charakteristiky.

2.2.1 Prostorovo-časové metody

Pro vnitroměstskou či meziměstskou komparaci a mapovou vizualizaci rozdílů jsou nejvhodnějšími nástroji prostorovo-časové metody. Ty zahrnují nejen distribuci vybrané charakteristiky v prostoru a čase, ale také propojení s ostatními relevantními faktory. Skládají se z jednotlivých prostorových a časových aspektů dopravní infrastruktury souvisejících s široce chápanou dostupností vybrané oblasti. Mezi ty prostorové patří mj. propojenost zastávek pomocí sítě linek (konektivita), hustota dopravní sítě vzhledem k rozloze a počtu obyvatel, frekvence spojů, kapacita vozového parku a cestní dostupnost zastávek od místa původu nebo cíle cestujícího. Pod časovými aspekty si můžeme představit např. technickou a cestovní rychlost vozidel, rozložení spojů během dne (sedla, špičky), periodicitu spojů během dnů v týdnu (rozdíly mezi pracovními dny, sobotami, nedělemi a svátky) či časovou dostupnost. Konkrétní metody se pak vážou ke způsobům vyhodnocení vybraných aspektů.

Dostupnost veřejné dopravy se v širším významu prolíná napříč metodikami jako převažující způsob komparace a hodnocení prostorovo-časové efektivity. Kromě číselných tabulkových výstupů se v geograficky orientovaných studiích masově využívají různé kartografické metody vizualizace prostorových jevů. Jejich cílem není jen prostorové ukotvení a jednodušší orientace, ale slouží také jako nástroj pro síťovou analýzu. Ta se uplatňuje jak při popisu stávajícího stavu (např. cestní či časová dostupnost nejbližší zastávky), tak u návrhových optimalizačních studií (např. model alokace zastávek pro snížení docházkové vzdálenosti). Hlavním smyslem využití jakékoli síťové analýzy je přesnější výpočet vzdálenosti, času nebo převýšení mezi referenčním místem a nejbližší zastávkou či jiným výchozím cílem podél komunikační sítě. Oproti klasické euklidovské vzdálenosti, vzdušné čáře, poskytuje reálnější srovnání úrovně dostupnosti, ať už cestní nebo časové. Pro zpracování vyžaduje aktuální stav cestní infrastruktury a využití pokročilých funkcí v GIS. Mnoho studií se zaměřuje na detailní výzkum jednoho aspektu a

hledá nové metody k dalšímu zdokonalení a podrobnějšímu rozdělení aspektu do přesnějších podkategorií. V anglofonním prostředí se můžeme setkat se zkratkou PTAL (Public Transport Accessibility Level), což je metoda měření úrovně dostupnosti, frekvence a konektivity MHD pro libovolně vymezené území.

V Austrálii byl vyvinut evaluační nástroj prostorové síťové analýzy pro multimodální městské dopravní systémy SNAMUTS (Spatial Network Analysis for Multi-Modal Urban Transport Systems). Jak popisují Curtis & Scheurer (2010), ve formě složeného indexu se SNAMUTS skládá ze 7 ukazatelů:

- 1) Degree centrality znamená přímost cest po síti veřejné dopravy.
- 2) Closeness centrality vyjadřuje snadnost pohybu v síti veřejné dopravy z hlediska rychlosti a frekvence služeb. Jedná se o topologický indikátor sítě, který měří minimální počet přestupů mezi dvěma uzly.
- 3) Efficiency change měří poměr inverzní kumulace překážek před a po úpravách pro všechny cesty v síti, a z každého uzlu k dosažení jakéhokoli jiného uzlu v síti.
- 4) Contour catchment měří kombinovaný efekt rychlosti veřejné dopravy a intenzity využití území. Zjišťuje počet obyvatel a pracovních míst v docházkové vzdálenosti od dopravních uzlů, které jsou dostupné do 30 minut veřejnou dopravou od referenčního místa.
- 5) Betweenness centrality identifikuje relativně nejpoužívanější dopravní trasy vůči všem možným kombinacím spojení mezi dvěma uzly.
- 6) Speed competitiveness měří poměr nejkratšího možného času přepravy veřejnou dopravou vůči přepravě v podmínkách kongescí pro všechny cesty a uzly v síti.
- 7) Network connectivity určuje schopnost každé zastávky fungovat jako přestupní uzel, a tím přitahovat potenciální aktivity k obsluze přestupujících cestujících.

Litman (2008) v rámci SNAMUTS vymezuje mírně odlišný systém ukazatelů. Service intensity popisuje počet vozidel pro každý dopravní mód, která jsou současně v provozu během zvoleného období. Resilience řeší možný nesoulad mezi nabídkou veřejné dopravy a potenciální poptávkou. Network coverage zjednodušeně vyjadřuje rozsah a podíl oblasti, která je obsluhovaná linkami veřejné dopravy. Nodal connectivity počítá míru konektivity referenčního místa (nodu) ve vztahu vůči přilehlým zastávkám, využití území a přepravní intenzitě.

Dostupnost ve smyslu blízkosti s využitím síťových analýz řeší například Háznagy et al. (2015) a Luo et al. (2019). Mavoa et al. (2012) pracují jak s aspektem dostupnosti (blízkosti), tak i frekvence pro komplexní hodnocení dostupnosti. Funkcí konektivity linek a provázanosti dopravních modů se zabývají Bryniarska & Zakowska (2017) a Ceder et al. (2009). Hustota dopravní sítě je často studována pomocí teorie grafů a využívána pro větší regionální jednotky. Frekvence spojů se obvykle zkoumá v komplexnějších studiích zahrnujících širší spektrum faktorů dostupnosti. Kapacita vozidel a jejich obsazenost jsou

předmětem zájmu například v práci Medvidě et al. (2020). Rychlost vozidel, vyjádřená průměrným časem potřebným k překonání vzdálenosti mezi zastávkami, je důležitou součástí multikriteriálních analýz. Cestovní rychlostí vozidel se zabývají Matulin et al. (2012) a prediktivními modely času příjezdu vozidel Birr et al. (2014). Teoretický rámec a složitost definování adekvátních ukazatelů jsou popsány v práci Işoraité (2005). Strategické využití komplexního hodnocení městské dopravy pro rozvoj oblasti nalezneme v pracích Gaala et al. (2015) a Hawase et al. (2016). Bajčetić et al. (2018), Ušpalyté-Vitkūnienė et al. (2020), Ingvardson & Nielsen (2019) se zase zaměřují na hodnocení efektivity z pohledu cestujícího.

Obecně se setkáváme s rostoucím počtem studií týkajících se velkých městských nebo regionálních jednotek a jejich srovnání s využitím GIS. Kromě klasických síťových analýz lze jako sofistikovanou alternativu použít metodu Voroného diagramu, která rozděluje zkoumané území podle vzdáleností mezi danými body (např. zastávky MHD) tak, aby každý bod ležel v mnohoúhelníku, jehož hranice jsou poloviční vzdáleností k nejbližšímu bodu (Wang et al., 2014).

2.2.1.1 Studie vycházející z veřejných zdrojů

Pokud chceme porovnat územní jednotky z hlediska kvality jejich dopravní sítě a služeb, základem takového výzkumu je analýza dostupnosti a souvisejících aspektů dopravy. Každá metodika je primárně závislá na věrohodném zdroji dat. Aby byla metodika jednoduše přenositelná a reprodukovatelná pro co nejvíce příkladových studií, je nutné vycházet z veřejných dat. Další podmínka spočívá ve volném přístupu k datům. V případě zpoplatněných dat může totiž nastat finanční problém při analýze rozsáhlejšího území. Kromě toho samozřejmě také záleží na formátu a následné kompatibilitě dat. Pro komplexnější prostorové analýzy zahrnující mapové vizualizace je tak ideální kombinací volně přístupný zdroj obsahující jak dopravní, tak přesné prostorové informace, které lze připojit k mapovému softwaru. V současnosti mezinárodně nejpoužívanějším příkladem takového zdroje je formát GTFS (General Transit Feed Specification). GTFS má statickou složku obsahující jízdní řády, geografické informace o zastávkách, trasách, spojení a reálnou složku obsahující předpovědi příjezdů, polohy vozidel a služební upozornění. Statická část GTFS obsahuje několik textových souborů, které jsou komprimovány do jednoho zipového souboru "gtfs.zip". Existuje šest povinných souborů – agency, stops, routes, trips, stop_times a calendar. Používají se také nepovinné soubory, které poskytují informace o přestupech, cenách atd. (GTFS, 2024). GTFS bývá obvykle zpracován a průběžně aktualizován pro konkrétní městské dopravní podniky. Postupně tento formát začíná být široce rozšířený v mnoha zemích světa. V naprosté většině případů, pokud už ho některý podnik zpracuje, je i volně dostupný. Spolu s dalšími veřejně přístupnými databázemi a mapovými vrstvami (např. OSM = Openstreetmap, populační cenzy, národní geodatabáze, aj.) tvoří data z GTFS dostačující podklad pro komplexní geografickou analýzu efektivity MHD. Data GTFS se používají mj. k odhadu dostupnosti supermarketů (Farber et al., 2014), měření dopadů nových služeb veřejné dopravy na dostupnost v čase a prostoru (Lee & Miller, 2018; Tao et al., 2014), pro generalizované cestní náklady (čas) a cestovní impedance (Luo et al., 2019), nebo analýzy sítě veřejné dopravy (Kaeoruean et

al., 2020; Wong, 2013). Vedle klasické analýzy dostupnosti, času a frekvence se GTFS aplikuje pro optimalizaci příjezdů vozidel na vytížené zastávky během dopravní špičky (Andrei & Luca, 2021). Lze je také použít pro ad hoc naprogramovanou vizualizační aplikaci PubtraVis pro 10 nejvytíženějších stanic MHD v Calgary v jednotlivých dnech týdne (Prommaharaj et al., 2020). Alternativou GTFS jsou veřejně zpřístupněné sady jízdních řádů z konkrétních dopravních podniků. Jejich formáty bývají ovšem velice variabilní a často obtížně zpracovatelné pro potřeby datových a mapových analýz. Efektivní řešení nabízí tzv. web scraping (extrakce dat z webových stránek), což je způsob automatizace stahování dat z mnoha dílčích částí webů a jejich následná úprava na požadovaný formát pro potřeby analýzy a komparace.

Tab. 1: Přehled vybraných kvantitativních studií o prostorovo-časových metodách efektivity MHD s primárním využitím dat z veřejných zdrojů

Autor a rok studie	Hlavní zdroj	Zkoumané aspekty prostorovo-časových metod	Název a rozsah zkoumaného území pro komparaci	Dopravní mód
(Alamri et al., 2023b)	GTFS	dostupnost, frekvence, charakteristika sítě, periodičita	2 městské aglomerace (Melbourne, Sydney)	multimodální
(Andrei & Luca, 2021)	GTFS, OSM	dostupnost, optimalizace jízdních řádů	1 město (Bukurešť)	multimodální
(Biswas et al., 2023b)	GTFS, OSM	dostupnost, frekvence	2 městské aglomerace (Melbourne, Sydney)	multimodální
(Bok & Kwon, 2016b)	GTFS	dostupnost, frekvence	6 funkčních městských regionů (Chicago, Portland, Washington D. C., Vancouver, Toronto, Daejeon)	bimodální
(Bryniarska Z & Puławska S, 2014b)	mnoho zdrojů	hustota, rychlost, kapacita	1 suburbium (Krakov)	autobus
(Corazza & Favaretto, 2019)	mnoho zdrojů	dostupnost, konektivita, spádové oblasti	1 městská čtvrť (Nomentano v Římě)	multimodální
(Cyril et al., 2019)	mnoho zdrojů	časová dostupnost	1 město (Trivandrum, Kerala, Indie)	autobus
(Daudu et al., 2022)	mnoho zdrojů	dostupnost, spádové oblasti	1 město (Kaduna v Nigérii)	autobus
(Fitzová & Matulová, 2020)	mnoho zdrojů	charakteristika vozového parku, investice, sítě, infrastruktury	19 měst v ČR a 15 měst na Slovensku	multimodální
(Fitzová et al., 2018)	mnoho zdrojů	charakteristika vozového parku, sítě, infrastruktury	19 měst v ČR	multimodální
(Foda & Osman, 2010)	mnoho zdrojů	dostupnost, spádové oblasti	zastávky podél ulice Gamal Abd-Elnaser Roadway v Gaze	autobus
(Gadziński & Beim, 2010)	mnoho zdrojů	dostupnost, konektivita, charakteristika sítě	1 město (Poznaň)	bimodální
(Goch et al., 2018)	GTFS	časová dostupnost	1 město (Varšava)	multimodální
(Goliszek & Połom, 2016)	GTFS, OSM	dostupnost, frekvence	1 město (Štětín)	bimodální

(Hadas, 2013)	GTFS	dostupnost, rychlost, konektivita	3 města (Auckland, Vancouver, Portland)	multimodální
(Háznagy et al., 2015)	mnoho zdrojů	kapacita	5 měst (Debrecen, Győr, Miskolc, Pécs, Szeged)	multimodální
(Chowdhury et al., 2014)	GTFS	konektivita, frekvence, dostupnost, rychlost, integrace modů	3 města (Auckland, London, Paris)	multimodální
(Kaeoruean et al., 2020)	GTFS, census	kapacita	1 město (Calgary)	bimodální
(Kaszczyszyn & Sypion-Dutkowska, 2019)	census a topografická geodatabáze	časová a cestní dostupnost, linie dostupnosti	městská část Pomorzany ve Štětíně	bimodální
(Kisielewski & Skóra, 2016)	mnoho zdrojů	dostupnost, čas, rychlost	1 město (Krakov)	bimodální
(Korczyński, 2019)	topografická databáze objektů, OSM a jiné	dostupnost, frekvence	1 město (Sanok)	autobus
(Lee & Miller, 2018)	GTFS	dostupnost, frekvence	1 město (Columbus, USA)	autobus (BRT)
(Luo et al., 2019)	GTFS	čas, přestupnost, doba čekání	8 měst	tramvaj
(Móscicka et al., 2019)	mnoho zdrojů	čas, rychlost, potenciální dostupnost	1 město (Varšava)	multimodální
(Öztaşkın & Levend, 2023)	mnoho zdrojů	dostupnost	1 město (Istanbul)	multimodální
(Prommaharaj et al., 2020)	GTFS	frekvence, rychlost, hustota	1 město (Calgary)	bimodální
(Puławska & Wiesław, 2011)	mnoho zdrojů	dostupnost, hustota, charakteristiky sítě	8 polských měst	multimodální
(Roșu & Blageanu, 2015)	mnoho zdrojů	dostupnost, frekvence, centralita	1 aglomerace (Iasi, Rumunsko)	bimodální
(Saghapour et al., 2016b)	mnoho zdrojů	dostupnost, frekvence	1 metropolitní region (Melbourne)	multimodální
(Salvo et al., 2012)	mnoho zdrojů	kvalita pěších tras přístupu k systému veřejné dopravy	ulice Viale Lazio v Palermu	autobus
(Sha Al Mamun & Lownes, 2011)	census	dostupnost	1 město (Meriden, Connecticut)	autobus
(Soczówka, 2013)	mnoho zdrojů	časová a cestní dostupnost	48 gmin v rámci Katovické konurbace	multimodální
(Tiran et al., 2015)	mnoho zdrojů	dostupnost, frekvence	1 město (Ljubljana)	autobus
(Żochowska et al., 2022)	GTFS	dostupnost, hustota	1 město (Czeladz)	bimodální

Tab. 1 shrnuje výběr převážně kvantitativních studií z celého světa se zaměřením na prostorovo-časové metody hodnocení efektivity MHD. Sloupec se zkoumanými aspekty prostorovo-časových metod generalizuje hlavní výzkumná témata. Oblasti výzkumu byly zahrnuty kvůli evidenci velikostní škály územních jednotek. Dopravní mód je zde pak chápán ve smyslu kombinace městských dopravních prostředků. Multimodální varianta znamená 3 a více zkoumaných dopravních prostředků.

Příkladem využití jednoduché metody PTAL (hlavní faktory dostupnosti) je studie Tirana et al. (2015) pro MHD v Lublani. Specifikem práce Alamriho et al. (2023) je vedle komplexního hodnocení dopravní sítě, dostupnosti a periodicity spojení také aspekt využití typů silničních komunikací OSM podle dopravních módů. Podobně Kaszczyszyn & Sypion-Dutkowska (2019) hodnotí procentuální podíly délky ulic náležejících do intervalů dostupnosti. Dostupnost lze analyzovat zvláště pro 3 hlavní mody (silniční, drážní, vodní) (Öztaşkin & Levend, 2023). Puławska & Wiesław (2011) zkoumají dostupnost podle liniové a bodové infrastruktury využívající standardizace indikátorů. V navazující studii se Puławska (2014) zabývá hodnocením dostupnosti dopravy ve speciálně definovaném předměstí Krakova. Úroveň dostupnosti je popsána 8 relativními ukazateli, které jsou rozděleny do dvou skupin, na ukazatele související s infrastrukturou a jednak ukazatele spojené s kvalitou služeb. Stejnou oblast analyzují Bryniarska & Puławska (2014) podle dostupnosti vůči populaci (počet lidí na zastávku) a ekonomicko-tarifní dostupnosti. Porovnání ideální dostupnosti 400 m obalové zóny pro autobusové zastávky (ISAI) a reálné dostupnosti (ASAI) za pomoci Indexu poměru pokrytí obalové zóny okolo zastávky (SCRI) zkoumají Daudu et al. (2022) a Foda & Osman (2010). Kisielewski & Skóra (2016) pracují odděleně s časovou a prostorovou dostupností. Vymezuji obalové zóny 400 m kolem zastávek, kde průměrná reálná vzdálenost je získána vynásobením váhou mezi 1,25 a 1,32. Další částí metodiky je čas dojezdu od centrální zastávky hlavního nádraží s procentuálními podíly počtů zastávek ležících v pětiminutových intervalech. Kromě kvantitativního výzkumu studie obsahuje i anketu o motivech cestujících využívat MHD v určitou denní dobu. Kombinaci dostupnosti a frekvence spojů v ranní špičce Štětína na bázi jistých vs nejistých ploch (polygonů) dostupnosti do 30 min dojíždky do centra využívají Goliszek & Połom (2016). Goch et al. (2018) zase pracují s časovou dostupností centra Varšavy v době dojíždky do práce. Háznagy et al. (2015) porovnávají vozovou kapacitu v ranní špičce. Podobné časové vymezení frekvence spojů ještě rozšiřuje Goliszek (2019) a Goliszek (2021) dále navazuje na srovnání individuální a veřejné dopravy při časové dostupnosti v různých denních časech.

Zvláštní důraz na evaluaci hlavních přestupních uzlů ve městě Poznaň kladou Gadziński & Beim (2010). Soczówka (2013) se zabývá dostupností v rámci rozsáhlého území Hornoslezské konurbace, která zahrnuje mimo jiné 9 měst s více než 100 000 obyvateli. Analýza je založena především na procentu obcí (gmin) v docházkové vzdálenosti od zón zastávek. Metoda vychází z modelové ekvidistance, 5 a 10 min izochrony při průměrné rychlosti 4,8 km/h. Na oblast hlavního města Varšavy se zaměřují Móscicka et al. (2019). Jejich metodologie se skládá ze tří hlavních komponent; analýzy času, rychlosti a potenciální dostupnosti. Z širokého spektra výzkumů věnovaných dostupnosti veřejné dopravy je vhodné dále zmínit Saghapoura et al. (2016a) a úzce související studii Saghapoura et al. (2016b) s jejich přístupem zahrnujícím hustotu obyvatelstva v metropolitních oblastech a dostupnost zastávek z celkem 15 588 zájmových bodů, center aktivit (points of interest). Časovou dostupnost pro zájmové body (např. vzdělávací instituce, administrativní centra, obchodní centra, nemocnice, banky, aj.) zkoumají také

Cyril et al. (2019). Bok & Kwon (2016) počítají s indexem dostupnosti na čtyřech úrovních podle doby čekání na zastávkách (velmi vysoká, vysoká, střední, nízká). Biswas et al. (2023) rovněž porovnávají rozložení doby čekání s přidáním atributem distribuce residentů starších 65 let. Složený index efektivity pro zastávky od Roşu & Blageanu (2015) umožňuje komplexní analýzu z pohledu funkčnosti, vytíženosti, centrality, konektivity, dostupnosti, populačního dosahu a hustoty se čtyřmi hodnotícími třídami podle výsledků. Analýza menšího periferního města je zastoupena ve studii Korczyńského (2019), který metodicky pokrývá počet linií, populace v dosahu zastávek a počet spojení v dnech týdne.

Sha Al Mamun & Lownes (2011) provádí unikátní komparaci dostupnosti na základě 3 syntetických metod (LITA, TCQSM, Time-of-Day Tool). Lokální index dopravní dostupnosti (The Local Index of Transit Availability = LITA) měří intenzitu dopravní obslužnosti, přičemž jsou vyžadovány dva základní typy údajů (dopravní a populační). Dopravní údaje zahrnují kompletní trasy a jízdní řády všech linek obsluhujících zkoumanou oblast, zastávky a kapacitu vozidel. Populační údaje vycházející z censu obsahují celkovou výměru půdy, počet obyvatel a počet zaměstnanců (Rood & Sprowls, 1998). TCQSM (Transit Capacity and Quality of Service Manual) spočívá v měření pokrytí služeb pro posouzení dopravní dostupnosti a vyžaduje stejné datové sady jako v případě LITA (dopravní a populační data a sčítání lidu) (Ryus, 2003). Time-of-Day Tool měří dopravní dostupnost pomocí rozložení poptávky po přepravě během dne a poskytuje relativní hodnotu dopravní obslužnosti poskytované pro každé časové období. Tento nástroj vyžaduje hodinová data o časovém rozložení poptávky po přepravě v kombinaci s údaji z LITA (Polzin et al., 2002). Rozdíl mezi nabídkou a poptávkou (mezi kapacitou a počtem cestujících) dále zkoumají Kaeoruean et al. (2020) a podobně Źochowska et al. (2022) hodnotí aktuální dostupnost na základě potenciální poptávky po dopravě.

Vybrané příkladové studie efektivity MHD nalezneme také v Česku. Fitzová et al. (2018) hodnotí 6 faktorů: vozokilometry, délku linek, počet zaměstnanců, vozový park, cenu energií a počet pasažérů. V mezinárodní studii českých a slovenských měst rozdělují Fitzová & Matulová (2020) faktory efektivity na vstupy (zaměstnanci, vozový park, energie) a výstupy (cestující, příjmy). Chowdhury et al. (2014) přistupují k hodnocení kombinací kvantitativních a kvalitativních indikátorů (průměrná plynulost přestupů, průměrná dostupnost informací). Na příkladu jedné římské čtvrti analyzují Corazza & Favaretto (2019) Index dopravní dostupnosti pro autobusové zastávky (Transit Accessibility Index for Bus Stops) s využitím Indexu entropie pro land use (LUE = Land Use Entropy). Jedná se o interdisciplinární metodiku geografických a environmentálních faktorů. Index entropie zaznamenává procentuální hodnoty dvou nebo více typů využití půdy v oblasti. Vyšší úrovně entropie znamenají vyšší disperzi využití půd. Index entropie se pohybuje od 0 do 1. Velmi úzce vymezené zájmové území jedné ulice v Palermu se týká studie Salvy et al. (2012), kde je jádro metodiky založené na analyzování množství energie vynaložené na dosažení zastávky busu, a z toho vyplývající index obtížnosti chůze.

2.2.1.2 Studie vycházející z neveřejných zdrojů

Za neveřejné zdroje považujeme v tomto kontextu jednak všechna vstupní data, která nelze získat z oficiálních databází a jsou vytvořena pomocí vlastního pozorování a sběru, jednak plně zpoplatněná data. Častým příkladem bývají sběry GPS dat, vlastní sčítání, dotazníkové šetření a zakoupené balíky dat. V Tab. 2 shrnujeme vybrané převážně kvantitativní studie, které vychází primárně z neveřejných zdrojů. Cílem bylo představit alternativní metody, které mohou být nezbytné při absenci veřejných dat nebo jejich neuspokojivé kvalitě. Některé ze studií v sobě kombinují i data z veřejných zdrojů, jedná se ovšem pouze o marginální podíl na výsledcích. Bryniarska & Zakowska (2017) důkladně zkoumají dvě vybraná přestupní místa ve veřejné dopravě v Krakově, významné uzly Rondo Mogilskie a Rondo Grzegorzeckie. Do své studie zapojily více než 1 100 respondentů. Přestupním stanicím ve Varšavě se věnují Olszewski & Krukowski (2012), přičemž analyzují 8 indikátorů (úroveň infrastruktury, dostupnost, propojenost služeb ad.). S průměrnou rychlostí chodce (4,1 km/h) vymezují Braniš et al. (2020) 3 a 5 min izochrony dostupnosti autobusových zastávek ve slovenské Šaľe. Dvouúrovňový systém indikátorů (makro, mikro), kde makro = celkový čas a rychlost, mikro = čas a rychlost v různých segmentech jízdy (např. přestup) pro tramvajový systém v Záhřebu nalezneme v práci Matulina et al. (2012). Klasickou cestní dostupností pomocí obalových zón a síťové analýzy ve spojení s počtem residentů v intervalech dostupnosti se zabývá Kraft (2016). Z interních zdrojů dopravního podniku v Žilině čerpá data Medvid' et al. (2020) o maximální obsazenosti vybraných trolejbusových vozů a jejich volné kapacitě v průběhu dne. Vztahy mezi počtem zastávek a hustotou zalidnění, průměrnou vzdáleností mezi zastávkami, počtem spojení za den a na linku, průměrným počtem spojení ze zastávky za den, cenou roční jízdenky vůči populaci a celkovým počtem spojení zkoumají Horák et al. (2023), kteří pro analýzu podmínek veřejné dopravy používají simulace dojíždění k důležitým zaměstnavatelům s pomocí shlukové analýzy. Yan-yan et al. (2016) hodnotí efektivitu dopravy poměrně novou metodou APTA (Area Public Transit Accessibility). Tímto konceptem je zkoumáno chování cestujících, hypotézy o cestovní psychologii a rozsah služeb síťové dopravy a silniční sítě.

Velice přesná data poskytuje AVL (automatic vehicle location), což je prostředek pro automatické určení a přenos zeměpisné polohy vozidla. Data o poloze jednoho nebo více vozidel pak mohou být shromažďována systémem sledování vozidel (vehicle tracking systém). Jedním z možných využití je predikce očekávaného času příjezdu vozidla (Predic et al., 2007). Pomocí AVL odhadují Birr et al. (2014) ztráty (zdržení) cestovního času (rychlosti) vozidel na zastávkách, křižovatkách, přechodech, v kongescích, a ostatních úsecích trasy.

Tab. 2: Přehled vybraných kvantitativních studií o prostorovo-časových metodách efektivity MHD s primárním využitím dat z neveřejných zdrojů

Autor a rok studie	Hlavní zdroje	Zkoumané aspekty prostorovo-časových metod	Název a rozsah zkoumaného území pro komparaci	Dopravní mód
(Birr et al., 2014b)	neveřejné, AVL	čas	trojměstí (Gdaňsk, Gdynie, Sopot)	bimodální
(Braniš et al., 2020b)	neveřejné, sčítání	kapacita, dostupnost	1 město (Šafa)	autobus
(Bryniarska & Zakowska, 2017b)	neveřejné, anketa	konektivita vybraných uzlů	1 město (Krakov)	bimodální
(Horák et al., 2023)	neveřejné, CHAPS (IDOS)	dostupnost, frekvence, rychlost, jízdné, hustota	26 českých měst	multimodální
(Kraft, 2016b)	neveřejné, poloha zastávek z mobilního GPS	dostupnost	1 město (České Budějovice)	bimodální
(Matulin et al., 2012b)	neveřejné, GPS sběr dat	čas, rychlost	1 město (Záhřeb)	tramvaj
(Medviď et al., 2020b)	neveřejné	kapacita	1 město (Žilina)	trolejbus
(Olszewski & Krukowski, 2012b)	neveřejné, anketa	konektivita vybraných uzlů	1 město (Varšava)	mutimodální
(Yan-yan et al., 2016b)	neveřejné	dostupnost, optimalizace	1 městský obvod (Čchao-jiang, Peking)	autobus

2.2.2 Ekonomicko-environmentální metody

Studie pracující s ekonomickými a environmentálními metodami se často sdružují do komplexního hodnocení udržitelnosti veřejné dopravy. To v sobě zahrnuje ještě kategorii vybraných sociálních indikátorů. Dohromady se tak jedná o 3 dimenze udržitelného rozvoje (ekonomická, sociální a environmentální). Na rozdíl od čistě prostorové efektivity bývá důraz kladen na co nejpodrobnější rozdělení praktických ukazatelů. Větší interdisciplinární komplexita s sebou nicméně přináší datové omezení pro velikost zkoumaného území a ztíženou schopnost pravidelné aktualizace. Proto se v takovém případě spoléhá výhradně na rozsáhlé mezinárodní databáze, které poskytují systematická data o významných světových městech. Řadu takových databází vydává Mezinárodní asociace pro veřejnou dopravu (UITP = International Association for Public Transport), dostupné z Data-UITP (2024) a CityTransit Data (2024). Jiným příkladem databáze jsou Evropské metropolitní dopravní úřady (EMTA = The European Metropolitan Transport Authorities), dostupné z EMTA (2024).

Alonso et al. (2015) pracují se základním vymezením tří dimenzí udržitelného rozvoje, které se skládají z devíti vybraných indikátorů. Data čerpají z kombinace databází EMTA, a španělského MMO (Metropolitan Mobility Observatory) sdružující dopravní podniky největších španělských měst. Finální selekce ponechává 23 měst (z toho 18 španělských) vstupujících do komparace. Získané hodnoty z indikátorů podrobují shlukové analýze, jejíž výsledkem jsou čtyři hlavní shluky podle tří dimenzí. Níže je přehled jejich výběru indikátorů.

Ekonomické

- a) Poměr pokrytí veřejnou dopravou (procentuální podíl nákladů a údržby na příjmech)
- b) Poměr mezi náklady na cestujícího a HDP na obyvatele
- c) Čas strávený přepravou za den a osobu

Sociální

- a) Počet úmrtí v dopravě na obyvatele
- b) Hustota sítě veřejné dopravy
- c) Slevy jízdného v MHD pro studenty a starší věkovou skupinu (procentuální podíly slevových tarifů)

Environmentální

- a) Využití půdy pro dopravní infrastrukturu (délka městských komunikací/rozloha metropolitní oblasti)
- b) Roční spotřeba energie (železnice + autobusy) / miliony uživatelů veřejné dopravy za rok
- c) Roční spotřeba benzínu autobusy/miliony uživatelů autobusů za rok

Velmi podobnou strukturu metodiky založené na dimenzích udržitelného rozvoje a devíti indikátorech využívají Haghshenas & Vaziri (2012). Jejich komparace zahrnuje celkem 100 světových měst z databáze UITP.

Environmentální

- a) Emise místních látek znečišťujících ovzduší (CO, VOC, NO_x atd.) na obyvatele v kg
- b) Spotřeba energie v dopravě na obyvatele v Mj
- c) Spotřeba půdy pro dopravní infrastrukturu (soukromou, veřejnou) na obyvat. v M

Ekonomické

- a) Výdaje místních samospráv na dopravu v %HDP
- b) Průměrné denní užitelské náklady v HDP na hlavu (%HDP na hlavu)
- c) Průměrná doba strávená v provozu v min

Sociální

- a) Smrtnost dopravy na obyvatele
- b) Součet dopravních systémů na každého občana (osobokilometr na plochu)
- c) Součet vozidel s přepravní možností na obyvatele dělený maximálním počtem vozidel s přepravní možností na obyvatele ve všech městech

De Gruyter et al. (2017) a Miller et al. (2016) shrnují navrhované indikátory pro hodnocení udržitelnosti MHD v literatuře. Tři základní dimenze udržitelnosti jsou rozšířeny o indikátory efektivity systému.

A Environmentální

- A1 Množství spotřebované energie (MJ/osobokilometr)
- A2 Množství spotřebovaného paliva (počet litrů/osobokilometr)
- A3 Hmotnost emitovaných znečišťujících látek (např. NO_x, VOC, CO₂) v kg
- A4 Hlučnost v dB
- A5 Rozloha území pro infrastrukturu MHD v m²
- A6 Ekologické dopady přednostního pruhu
- A7 Hmotnost ekvivalentů CO₂ emitovaných znečišťujících látek v kg

B Sociální

- B1 Dostupnost systému (osobokilometry/obyvatele)
- B2 Kumulativní příležitosti (centra práce a služeb spojená veřejnou dopravou) počet pracovních míst/počet center aktivit (služeb)
- B3 Dostupnost MHD
- B4 Průměrná ujetá vzdálenost v km na cestujícího
- B5 Cenová dostupnost jízdného/příjem na hlavu
- B6 Uživatelská dostupnost (% stanic/vozidel přístupných všem uživatelům)
- B7 Počet obyvatel vystavených emisím z veřejné dopravy na populaci
- B8 Nemocnost související s veřejnou dopravou (důvod úmrtnosti)
- B9 Úmrtí související s veřejnou dopravou (počet úmrtí/osobokilometr)
- B10 Nehody ve veřejné dopravě (počet nehod/osobokilometr)

C Ekonomické

- C1 Roční provozní náklady (jednotka dané měny/osobokilometr)
- C2 Systémové kapitálové náklady (jednotka dané měny)
- C3 Kapitálové náklady na jednotlivé trasy (jednotka dané měny)
- C4 Návratnost nákladů (% návratných nákladů)
- C5 Dotace nákladů (% dotovaných nákladů)
- C6 Osobokilometry na HDP/osobu
- C7 Průměrné finanční náklady na cestu (jednotka dané měny)
- C8 Průměrné časové náklady na cestu v min

D Efektivita systému

D1 Průměrná obsazenost vozidel (%kapacita)

D2 Spolehlivost na čas v %

D3 Počet cest na obyvatele

D4 Rozdělení dopravních modů (%podíl na počet cest)

D5 Rozsah vozového parku (počet vozidel/milion obyvatel)

Currie & De Gruyter (2018) kombinují demografické (land-use indikátory) a udržitelné indikátory pro 98 světových měst. Populační, dopravní a ostatní kategorie data vychází majoritně z mezinárodních databází Demographia a UITP. Jedním ze specifických ukazatelů je Sprawl index, který měří růst zastavěné plochy vztahovaný k růstu počtu obyvatel města. Když se rovná nule růst zastavěné plochy i počtu obyvatel jsou v čase stabilní. Je negativní, pokud růst populace převyšuje růst v zastavěném území a je pozitivní, když růst zastavěného území převyšuje růst počtu obyvatel. Na rozdíl od ostatních ukazatelů Sprawl index bývá dostupný pouze pro členské státy OECD. Georgiadis et al. (2014) pracují na příkladu tří autobusových linek v Soluni s Data Envelopment Analysis (DEA), což je metoda, která vyhodnocuje výkonnost (efektivitu) tím, že zkoumá současně více vstupů a výstupů pro každou dopravní linku a dává příležitost identifikovat případy, kdy se mohou uplatnit různé možnosti návratnosti z rozsahu. DEA slouží také jako nástroj pro upozornění v situacích, kdy nejsou splněny cílové úrovně výkonnosti a také relativní úsilí, které je nutné pro jejich zlepšení. Hodnotit kvalitu dopravní služby lze jak kvantitativní, tak kvalitativní cestou analyzováním dostupnosti, spolehlivosti, komfortu, čistoty, bezpečnosti, systému jízdového, péče o zákazníky, informačního systému a environmentálního impaktu (Eboli & Mazzulla, 2012).

2.2.3 Provozní metody

Předchozí vysvětlení a rozborů prostorovo-časových a ekonomicko-environmentálních metod se týkaly primárně akademického pojetí hodnocení efektivity. V každodenním provozu městských dopravních podniků se hodnotí konkrétní prvky dopravních služeb, které mají přímý vliv na pokles či nárůst cestujících a udržení vyrovnaného rozpočtu. Vzhledem k tomu, že dopravní podniky pracují s různými modely řízení a často jde o neveřejné informace, vybrali jsme za příklad upravenou strukturu komplexního hodnocení kvality a efektivity služeb v dopravním podniku v polské Poznani (MPK Poznań). Data k internímu systému hodnocení jsme získali během pracovního pobytu přímo v této společnosti. Zde předkládáme pouze zjednodušenou strukturu bez vzorců a výsledků.

KPI (klíčové ukazatele výkonnosti) – Model kvality služeb založený na systému ukazatelů
Systém se rozděluje do čtyř hlavních kategorií a ty pak do mnoha dílčích kritérií a ukazatelů:

A Realizace jízdového řádu (stupeň plnění)

A 1 Realizace (ukazatel) přepravního výkonu

A 2 Ukazatel souladu přepravy s plánovaným jízdním řádem na základě vhodného přiřazení typů vozidel k vymezeným trasám dopravních linek

A 3 Ukazatel punktuálnosti (dochvilnosti) přepravy z pohledu cestujícího

A 4 Technický ukazatel punktuálnosti přepravy

A 5 Statistická nespolehlivost přepravy z pohledu cestujícího

A 6 Reálný index nespolehlivosti přepravy

A 7 Náklady na vozokilometr pro konkrétní dopravní mód

A 8 Indikátor kvality (nespokojenosti) služeb pro cestující

B Stav vozového parku – řádné vybavení a označení vozidla, estetika a čistota vozidla

B 1 Ukazatel hodnocení stavu vozového parku (zahrnuje sloučená kritéria čistoty vnějších povrchů, čistoty interiéru vozidel, stavu vnějších informačních tabulí, hlasový oznamovací systém pro zastávky, tarifní a přepravní podmínky)

C Efektivita validátorů a automatů na jízdenky

C 1 Ukazatel technické účinnosti validátorů papírových jízdenek

C 2 Technický ukazatel účinnosti digitálních validátorů karet

C 3 Ukazatel technické účinnosti automatů na jízdenky

D Stav zastávek a stanic (nádraží)

D 1 Ukazatel hodnocení vybavenosti zastávek (např. informační panely)

D 2 Ukazatel hodnocení technického stavu zařízení

D 3 Ukazatel hodnocení stavu čistoty a pořádku

D 4 Ukazatel posouzení stavu jízdních řádů

D 5 Ukazatel posouzení stavu tarifních a přepravních informací

D 6 Ukazatel posouzení stavu označení příslušných dopravních linek

Většina výše uvedených ukazatelů funguje na principu procentuálních podílů či poměrů. Výjimkami jsou syntetické ukazatele zahrnující více proměnných a ekonomický indikátor nákladů na vozokilometr. Provozním charakteristikám se věnuje také Olivková (2007). Metody ukazatelů rozděluje do dvou skupin na charakteristiky dopravní sítě MHD a časovou dostupnost MHD. Do charakteristik řadí provozní délku dopravní sítě, provozní délku linky, hustotu dopravní sítě, průměrnou přepravní vzdálenost mezi zastávkami, nepřímou linky, linkový součinitel a střední délku chůze k nejbližší zastávce MHD. Jak je zřejmé, její výběr ukazatelů se z velké části prolíná s prostorovo-časovými metodami. Za další příklad provozních charakteristik můžeme uvést kritické oblasti v provozování MHD

z pohledu dopravce, cestujících a společnosti od Mojžíše et al. (2003). Vybrané parametry by v případě kvalitního provozu měly dosahovat co nejnižších hodnot. Z pohledu cestujících vyplývají negativně mj. častá zpoždění, nadjetí spojů, nežádoucí zrychlení vozidel či nefungující klimatizace a osvětlení vozidel. Obecně se provozní metody používají pro podrobnou analýzu stávajícího stavu, zjišťování dlouhodobého trendu a samozřejmě strategické řízení dopravního podniku. Komparace mezi více podniky (městy) je možná jen na základní úrovni. Většina ukazatelů není kvůli přílišné specifčnosti přenositelná. Jak shrnuje Drdla (2006), celková úroveň kvality dopravního systémů se odvíjí od pěti hlavních parametrů. Patří sem dopravní infrastruktura (např. hustota a kvalita sítě), dopravní prostředky (např. technický stav vozového parku), technologie přepravního procesu (např. typy provozovaných linek, návaznost dopravních módů, způsob odbavení cestujících), technologie informační (dostupnost a kvalita informací pro všechny účastníky dopravy) a interakce dopravního systému s okolím (např. charakter obsluhovaného území, ekologická zátěž, vliv dopravy na rozvoj území, ad.).

3 Dostupnost a kvalita veřejných datových zdrojů

Pokud chceme efektivně pracovat s veřejnými dopravními daty obsahujícími detailní jízdní řády, prostorový průběh linek a souřadnice zastávek jako nejlepší varianta se přirozeně jeví GTFS. Tento kompatibilní formát ovšem není zcela univerzálně zpracováván pro všechny systémy MHD. Podle mezinárodního portálu GTFS.pro (2024) jsou na území států Visegrádské skupiny Maďarsko a Polsko průběžně aktualizovány kompletní data GTFS za většinu velkoměst (města nad 100 000 obyvatel). Počet vzorků je s výrazným odstupem vyšší oproti ostatním státům. Nicméně ani zde nejsou k dispozici údaje o všech středně velkých a menších městech. Nutno poznamenat, že téměř každé město je zastoupeno alespoň základními údaji o regionální a dálkové autobusové a železniční dopravě. V Česku můžeme jízdní řády MHD GTFS získat pouze za dvě největší města Prahu a Brno. Ještě horší je situace na Slovensku, kde jsou data zveřejňována jen za hlavní město Bratislavu. Pro analýzy ostatních měst přichází v úvahu alternativa v podobě primárních dat přímo z dopravních podniků, případně integrovaných dopravních systémů (IDS). Problém spočívá v různě uložených a zpracovaných formátech na webových stránkách příslušných společností, které nelze jednoduše převést do tabulkové podoby v Excelu pro potřeby výpočtů. Nejjednodušší variantou je samozřejmě manuální stažení a následná úprava zvolených souborů dat. V případě velkého množství údajů to ale znamená velmi dlouhý čas zpracování a vyšší riziko možné chybovosti. Jedno z efektivních řešení nabízí metoda web scrapingu neboli automatizovaná extrakce strukturovaných dat z webových stránek (nejčastěji v HTML jazyce) do formátu kompatibilního s datovými programy (např. Excel, GIS, aj.). Varianta web scrapingu nachází své opodstatnění zejména u největších měst se složitým systémem linkového vedení a kombinací dopravních módů. Oficiální údaje o vozových parcích patří mezi nejméně věrohodný typ dat. Dopravní podniky obvykle nezveřejňují kompletní stav, případně není patrné, která z vozidel jsou využívána v běžném provozu. Mezinárodní komunitní portál Transphoto sdružuje podrobné informace o všech dostupných světových provozech elektrické městské dopravy. Kromě svého hlavního účelu sdílení fotografií obsahuje také přehlednou databázi aktuálně využívaných vozidel (Transphoto, 2024). Podobnou strukturu informací, jen pro veškerou autobusovou dopravu poskytuje portál Fotobus (2024). Na rozdíl od předchozího zde přispívá podstatně méně uživatelů a některé provozy nejsou kompletně vyplněné, nebo dokonce zcela chybí.

Důležitou roli v hodnocení efektivity MHD hrají demografická data, v čele s údaji o celkové populaci. Jako primární zdroj se nejčastěji používají databáze z národních statistických úřadů. Mezi státy panují značné rozdíly v aktuálnosti a podrobnosti publikovaných dat. Např. nejpodrobnější zdroj Český statistický úřad poskytuje údaje z posledního sčítání lidu v roce 2021 až do úrovně základních sídelních jednotek. Neaktuálnější údaje za obce pochází z 31. 12. 2023. Naopak relativně méně podrobný Maďarský statistický úřad publikuje neaktuálnější data k 1. 1. 2023 za úroveň obcí. Aby bylo možné využít porovnatelná populační data v různých městech z více států, řídíme se pravidlem nejnovějších dostupných údajů na nejnižší územní úrovni za všechny sledované jednotky. V případě mezinárodní komparace měst tedy můžeme čerpat údaje za obce k 1. 1. 2023,

resp. 31. 12. 2022, pokud některé státy preferují publikaci údajů na konci roku. Při srovnání aktuálnosti dopravních a populačních dat je na první pohled zřejmý nesoulad. Dopravní data se průběžně aktualizují daleko častěji. Zároveň je obtížné získat dopravní data ke stejnému dni jako u zveřejněného stavu populace. Musíme tedy počítat s určitými odchylkami od reálného stavu, které ale lze ve většině případů považovat za marginální. Kromě nesrovnalostí s aktuálností bývá také problém s jednotným systémem administrativního vymezení. Hustota a charakter měst se často liší nejen mezi státy, ale i v regionech. Statistický úřad Evropské unie Eurostat používá pro standardizaci a relevantní komparaci statistických údajů mezi územními celky vlastní systém regionálního NUTS a municipálního LAU vymezení. Regiony NUTS (z fr. Nomenclature des Unites Territoriales Statistiques, česky nomenklatura územních statistických jednotek) se dělí do čtyř úrovní, přičemž nejnižší úroveň NUTS 3 se rovná v některých případech největším městům. Většina měst a obcí spadá pod municipální úroveň LAU (z ang. Local administrative unit, česky místní správní jednotka). Do roku 2017 se LAU rozdělovalo na LAU 1 (okresy) a LAU 2 (obce). Současné jednotné LAU nezahrnuje původní okresy. Standardizované údaje mezinárodní databáze Eurostatu vychází z kombinace zdrojů národních statistických úřadů. Jejich aktualizace je z důvodu komplikovaného sběru z mnoha států pomalejší a výsledné publikace dat tak zastaralejší oproti národním statistikám.

Za univerzální bezplatný zdroj topografického mapového podkladu a mapových vrstev bez výškopisu můžeme využít mezinárodní komunitní projekt OSM (OpenStreetMap). V kombinaci s bezplatným mapovým programem QGIS a jeho funkcemi lze zpracovat detailní prostorové metody včetně síťových analýz. Hypsometrickou část topografie poskytuje zásuvný modul v QGIS OpenTopography DEM Downloader.

Prostorové vazby mezi dopravními a populačními daty umožňuje výrazně zpřesnit rozdělení podle tříd krajinného pokryvu Corine Land Cover, případně ještě kvalitnější alternativa Urban Atlas. S poptávkou po MHD se obvykle váže primární obslužnost v urbanizovaném prostoru, kde se koncentruje většina populace. Nejaktuálnější mapové geodatabáze s vymezením urbanizovaných a funkčně městských ploch pochází z roku 2018. Šestiletá propast mezi ostatními typy dat automaticky znamená jistou míru odchýlení od současné situace. Když už tedy máme shromážděna dopravní, populační, topografická a ostatní prostorová data o využití území zbývá provést konkrétní prostorové dopravní analýzy a zjistit jak a proč se liší efektivita zkoumaného dopravního systému.

4 Vlastní metodika evaluace efektivity MHD systémů

Efektivitu MHD systémů hodnotíme pomocí prostorovo-časových, ekonomicko-environmentálních a částečně provozních metod. Pracujeme výhradně s kvantitativní formou metod, které jsou založeny na selekci absolutních a relativních číselných ukazatelů. Hojně využíváme kartografické metody znázornění v prostředí GIS (ArcGIS Pro, QGIS), dále neprostorové typy grafů v Excelu a četná tabulková shrnutí. Pro účely různorodé komparace a obsáhnutí co největšího spektra měst praktickou část naší práce rozdělujeme do sedmi kapitol na dvě širěji chápané analytické studie a pět konkrétnějších příkladových studií. Tab. 3 shrnuje hlavní charakteristiky tohoto rozdělení. Každá kapitola obsahuje vysvětlení použitých metod, zdrojů dat a podrobné výsledky převážně v tabulkové a mapové podobě. V první analytické kapitole se věnujeme prostorové distribuci a typologii všech elektrických drážních sítí MHD v zemích Visegrádské skupiny. Jedná se o kombinaci municipální a regionální úrovně komparace s důrazem na prostorový aspekt délky a hustoty sítí. Studie zahrnuje kromě měst také části aglomerací s obcemi bez statusu města. Efektivita je počítána jak pro celé LAU, tak zvláště za urbanizované plochy LAU. Druhá kapitola se vztahuje ke všem městům Visegrádské skupiny s alespoň jedním elektrickým hromadným dopravním prostředkem. Zabýváme se podrobnou analýzou elektrického vozového parku souhrnně a zvláště za jednotlivé dopravní módy. V obou případech můžeme mluvit o kompletním seznamu územních celků se zkoumaným jevem. První příkladová studie zahrnuje dohromady pět měst v Česku a na Slovensku. Jádrem metodiky spočívá ve vymezení vrcholových obratišť a jejich propojenosti po drážní síti a vzdušnou čarou vůči nejvytíženější zastávce v centru každého města. Míru propojenosti analyzujeme formou nejrychlejších možných spojů v rámci IDS. Další dvě příkladové studie jsou výtažkem metodiky a výsledků ze dvou publikovaných prvoautorských článků v recenzovaných časopisech (Bárta, 2022), (Bárta & Masopust, 2020). Původně anglické texty spolu s výstupy jsme přeložili do češtiny a upravili do podoby srovnatelných příkladových studií. Ve čtvrté příkladové studii se zabýváme komplexním zhodnocením efektivity z prostorového, ekonomického a environmentálního hlediska. Všechna data byla získána během dvouměsíčního pracovního pobytu v dopravním podniku v Poznani od října do prosince 2022. Použitá metodika vychází z kombinace veřejných a neveřejných zdrojů. Poslední kapitola se věnuje problematice síťových analýz a jejich využití pro horizontální (cestní, časová), vertikální (převýšení), frekvenční a konektivní dostupnost nejbližších zastávek MHD v rámci integrovaného dopravního systému dvou měst. Vedle jednotlivých typů dostupností pracujeme s neveřejnými populačními daty v podobě adresních bodů.

Ve všech kapitolách operujeme s univerzálním veřejným zdrojem mapových vrstev OSM (OpenStreetMap). Vzhledem k rozdílným rozsahům zkoumaných území, a tím i zaměření na obecnější vs detailnější prvky hodnocení efektivity, představuje sedm praktických kapitol syntézu meziměstské a vnitroměstské komparace. Kromě některých aspektů z neveřejných zdrojů v kap. 10 a 11 jsou všechny použité metody při dostupnosti příslušných dat volně přenositelné na libovolné město na světě. Kompletní tabulky s charakteristikou elektrické drážní sítě MHD za 122 LAU, strukturou elektrického vozového parku za 146 měst a seznamem vrcholových obratišť elektrické trakční sítě MHD jsme zařadili do Příloh.

Tab. 3: Výchť analytických kapitol a vlastních příkladových studií praktické části disertace

Číslo a typ kapitoly	Hlavní zdroje	Hlavní využívané ukazatele	Rozsah zkoumaného území pro komparaci	Dopravní mód
5 (1. analytická studie)	veřejné (OSM, Corine Land Cover)	délka a hustota elektrické drážní sítě MHD	Celkem 122 LAU v Česku, Maďarsku, Polsku a na Slovensku (z toho 75 měst)	multimodální
6 (2. analytická studie)	veřejné (OSM, Transphoto)	rozsah a hustota elektrického vozového parku MHD	Celkem 146 měst v Česku, Maďarsku, Polsku a na Slovensku	multimodální
7 (1. příkladová studie)	veřejné (OSM, různé jízdní řády)	míra konektivity centrální zastávky s vrcholovými obratišti	3 města v Česku (Brno, Ostrava, Plzeň) a 2 na Slovensku (Bratislava, Košice)	bimodální (trolejbusy, tramvaje)
8 (2. příkladová studie)	veřejné (OSM, GTFS)	výběr 8 relativních indikátorů vztahených k aspektům frekvence, hustoty, kapacity, dostupnosti, konektivity a rychlosti	3 maďarská města (Szeged, Pécs, Miskolc)	trimodální (autobusy, trolejbusy, tramvaje)
9 (3. příkladová studie)	veřejné (OSM, GTFS)	multikriteriální analýza dostupnosti, index důležitosti zastávky	1 město (Krakov)	bimodální (autobusy, tramvaje)
10 (4. příkladová studie)	veřejné (OSM), neveřejné (dopravní podnik v Poznani)	výběr 2 ekonomických, 2 prostorových, 2 environmentálních indikátorů	1 město + aglomerace (Poznaň)	bimodální (autobusy, tramvaje)
11 (5. příkladový studie)	veřejné (OSM, Urban Atlas, IDS), neveřejné (adresní body populace)	horizontální, vertikální, frekvenční, konektivní dostupnost	2 česká města (Zlín, Liberec)	multimodální

5 Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD

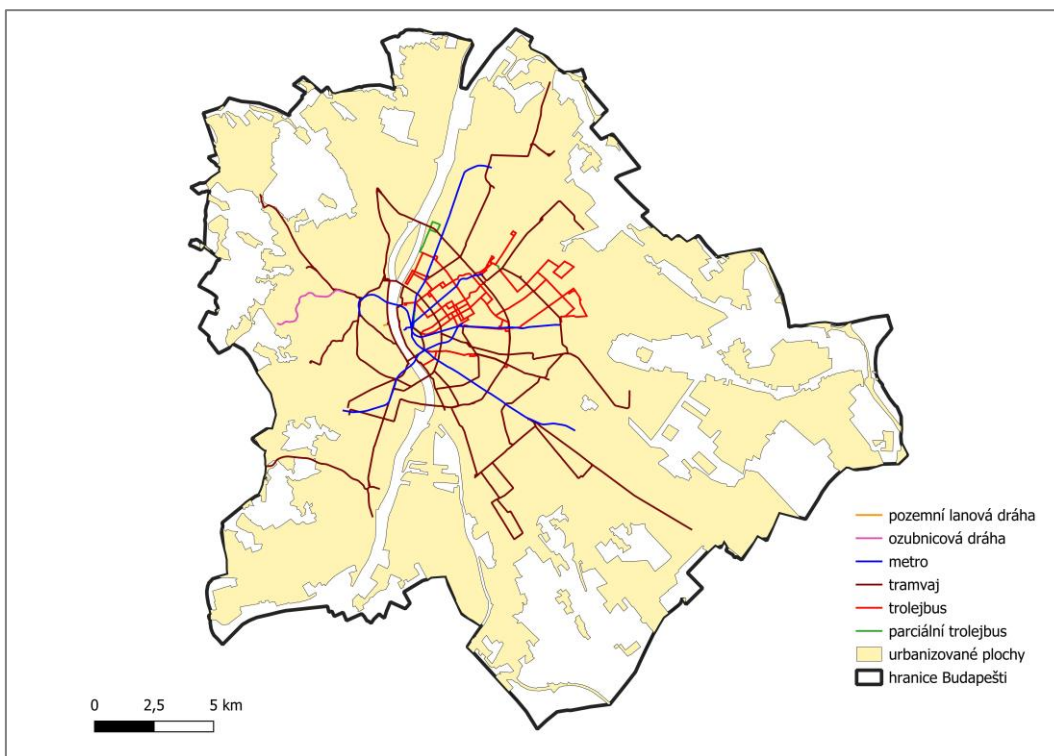
5.1 Metodika

Rozsah a míru využití infrastruktury elektrických drážních sítí možno považovat za významný univerzální faktor v hodnocení efektivity MHD. Vyšší hustota sítě v rámci města znamená z prostorového hlediska lepší dostupnost, konektivitu a celkovou flexibilitu provozu. Ekonomicky je v dlouhodobém měřítku výhodné využívat vyšší podíl elektrických velkokapacitních vozidel, které se přirozeně vážou k drážní síti. Drážní vozidla jsou kromě toho typická nižší energetickou náročností a plynulejšími jízdními vlastnostmi. Kvůli zachování objektivity je nicméně nutné přiblížit také možná negativa. Vysoké náklady na vybudování drážní sítě vytváří zásadní překážku pro rychlý rozvoj infrastruktury v menších městech s nižší mobilitou a rozpočtem. V porovnání s běžným autobusovým provozem je dráha vázána na konkrétní trasy, které v případě havárie či rekonstrukce nelze jednoduše změnit. V moderních provozech se jako alternativa využívají parciální vozidla s částečnou nezávislostí na trakčním vedení, která jsou schopna překážky objet. Rozsáhlá síť také nemusí nutně znamenat rychlejší a pohodlnější dopravu, pokud není udržována a průběžně modernizována.

K elektrickým městským drážním sítím řadíme šest dopravních módů (metro, tramvaj, trolejbus, pozemní lanovku, zubačku a parciální síť bez trakčního vedení). Sporné bývá zařazení trolejbusů k drážní dopravě. V naší metodice vycházíme z české a slovenské legislativy, konkrétně český Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, a slovenský Zákon č. 513/2009 Z. z., o dráhach a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Podle obou těchto zákonů se za drážní dopravu kromě kolejové považují také lanové a trolejbusové dráhy. Pracujeme s dopravními prostředky, které odebírají elektrický proud buď pomocí napájecí kolejnice, z trolejového (trakčního) vedení nebo kombinovaně s pomocným pohonem baterie (hybridy). Parciální sítě trolejbusů a tramvají nelimituje sice fixní dráha, díky omezené výdrži baterií se ovšem využívají jen pro krátké rozšiřující úseky mimo trakční vedení. Do analýz řadíme pouze ty parciální úseky, které fungují v pravidelném linkovém provozu pro spojení periferních částí, kde se nevyplatí výstavba trakčního vedení. Nezahrnujeme příměstskou a regionální železnici kvůli jejich propojení s ostatní železniční dopravou.

Cílem této kapitoly je prostorově analyzovat, vyhodnotit a kategorizovat všechny aktuálně provozované městské elektrické drážní sítě na území Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Analýzy provádíme pomocí nástrojů v GIS. Mapové podklady pro sítě MHD vychází z komunitního projektu mapové databáze OpenStreetMap. Veřejně editovatelná data z OSM vždy očišťujeme o nepřesnosti a aktualizujeme v programu QGIS podle dostupných materiálů dopravních podniků operujících na jednotlivých sítích. Za uzávěrku bylo zvoleno datum 31. 3. 2024. Konečná podoba sítí tedy představuje všechny provozované nebo dočasně neprovozované linie k tomuto datu s několika důležitými kritérii.

Každá síť se skládá z navzájem propojeného systému linií jednoho dopravního módu. K síti musí náležet alespoň jedna obec se statusem města, aby bylo možné řadit síť k městské hromadné dopravě. Za síť se považuje nepřerušovaný nebo jen minimálně fragmentovaný systém dopravního módu s alespoň jedním konečným obratištěm. Pokud trať volně přechází bez změny parametrů v jiný dopravní mód (např. tramvajový subsystém v regionální železniční) není do statistiky započítána. Každá ulice se počítá pouze jednou a linky se nesmí překrývat. Jedná se tedy o jednosměrné (lineární) délky sítě. Zároveň do délky sítě započítáváme všechna obratiště, která slouží přímo k liniovému provozu nebo pouze jako odstavné smyčky. Obecně se do sítě řadí všechny otevřené úseky zajišťující obslužnost s výjimkou těch úseků, které pouze spojují síť s vozovnou. Území vozoven jsou zcela opomenuta. Průběh linií se řídí nejkratší křivkou ulic, sporná místa a křižovatky jsou co nejvíce zjednodušena. I přes pečlivou snahu jsme si vědomi drobných nepřesností způsobených zdrojovými daty a manuálním zpracováním, proto se výsledná délka každé sítě zaokrouhluje v řádu stovek metrů. Obr. 1 ilustruje finální fázi zpracování nejrozsáhlejší elektrické drážní sítě v rámci Visegrádské skupiny v maďarské Budapešti, která jako jediná obsahuje všechny zkoumané dopravní módy (pozemní lanová dráha, ozubnicová dráha, metro, tramvaj, trolejbus a parciální trolejbus). Mapa zachycuje také vymezení urbanizovaných ploch vůči celkové rozloze města.



Obr. 1: Ukázka distribuce všech elektrických drážních sítí MHD a vymezení urbanizovaných ploch na území Budapešti k 31. 3. 2024

Administrativní a statistické rozdělení územních celků jsme převzali z oficiálního portálu Eurostatu, jak za úroveň LAU odpovídající municipalitám (GISCO-LAU, 2024), tak za všechny čtyři úrovně NUTS (GISCO-NUTS, 2024). Eurostat nabízí nejnovější údaje pouze

k roku 2021. S pomocí národních statistických úřadů jsme aktualizovali populační data alespoň k 31. 12. 2022, resp. 1. 1. 2023. Podrobněji se jedná o databáze za Česko (CZSO, 2023), Slovensko (Datacube, 2023), Polsko (GUS, 2023), Maďarsko (KSH, 2023). Délka a hustota jsou analyzovány za všechny statistické územní celky Evropské unie, tedy LAU, NUTS 3, NUTS 2, NUTS 1 (potažmo NUTS 0). Vymezení LAU odpovídá základním administrativním celkům územní samosprávy obcí. Kvůli výrazným rozdílům ve struktuře municipalit a jejich neporovnatelnému rozložení funkčních ploch používáme zpřesňující vymezení hlavní třídy krajinného pokryvu urbanizovaných území z veřejně dostupného CORINE Land-Copernicus (2022). Podle počtu obyvatel v obcích se zavedenou sítí lze aproximovat jak velká část populace daného státu nebo regionu má přístup k jedné z elektrických drážních sítí MHD. NUTS regiony pak umožňují komparaci rozsáhlejších meziměstských sítí a koncentrace sítí obecně. Zároveň je porovnán status měst a obyčejných obcí za účelem vymezení standardní městské dopravy a dopravy s příměstskými až venkovskými prvky.

Uvedené podmínky platí pro všech šest zkoumaných dopravních módů. Díky jednotné metodice je tak možné zpracovat pro každou síť následující charakteristiky:

- 1) dopravní mód
- 2) status obcí náležejících ke konkrétní síti
- 3) suma počtu obyvatel za všechny obce náležející ke konkrétní síti
- 4) suma rozlohy v km² za všechny obce náležející ke konkrétní síti
- 5) délka v km
- 6) složená hustota (druhá odmocnina součinu rozlohy v km² a populace, celé vynásobené koeficientem 10 000) pro celkovou plochu administrativní jednotky a zvláště složená hustota pro urbanizované plochy

5.2 Analýza distribuce sítí

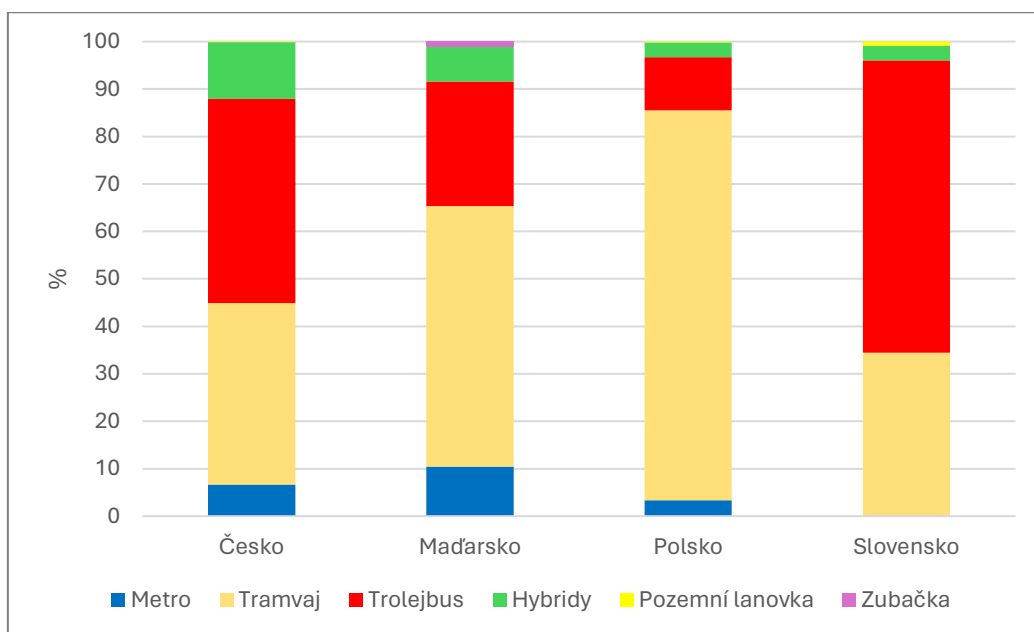
5.2.1 Sítě v celém prostoru NUTS a LAU

Celkem jsme na území Visegrádské skupiny zpracovali 82 drážních sítí. Pro souhrnný popis distribuce není ovšem nutné oddělovat jednotlivé sítě trolejbusů, tramvají, metra, pozemní lanovky, zubačky a hybridů od integrované sítě skládající se ze dvou a více subsystémů. Na základě zvolených kritérií jsme tak na území střední Evropy vymezili 46 integrovaných sítí podle příslušnosti k municipalitám LAU a obcím se statusem města.

Například integrovaná síť v polském Trojměstí (Gdaňsk, Gdynia, Sopot) zahrnuje nepropojené sítě tramvají, trolejbusů, hybridů a pozemní lanovky. Společným znakem je příslušnost ke konurbaci, na jejímž území je každý z dopravních módů provozován. Celá integrovaná síť se rozprostírá na území tří LAU municipalit (3 města).

Jak je patrné z Obr. 2, panují mezi státy značné rozdíly v podílech délek sítí vůči součtu šesti módů. Tramvajový subsystém ve střední Evropě významně převažuje nad trolejbusovým. Na Slovensku je nejčastější trolejbusová síť s 64,3 %. Relativně nejméně jsou trolejbusy zastoupeny v Polsku (11,2 %) kde naopak dominuje tramvajová doprava s

82,2 %. Metro dosahuje nejvyššího podílu 10,4 % v Maďarsku. Rozšiřování drážní dopravy o úseky s hybridním provozem zažívá největší rozmach v Česku, kde parciální trolejbusy tvoří 12% podíl. V maďarském Szegedu je zase využíván unikátní provoz parciálních tramvají. Spolu s parciálními trolejbusy v Budapešti se podílí na 7,4 % maďarských drážních sítí. Jak pozemní lanovky, tak ozubnicová dráha patří mezi okrajově používané dopravní subsystémy. V absolutních číslech činí celkový rozsah 46 integrovaných sítí 2 786,8 km (z toho 144,3 km metro; 1 650 km tramvaje; 793 km trolejbusy; 190,7 km hybridy; 5 km pozemních lanovek a 3,8 km elektrické zubačky). Největší podíly připadají Polsku s 43,4 % a Česku s 35,8 %. Naopak nejméně sítí funguje na Slovensku s 7,7 % a v Maďarsku (13,0 %). V Česku je aktuálně v provozu nebo v rekonstrukci na 998,7 km tratí.

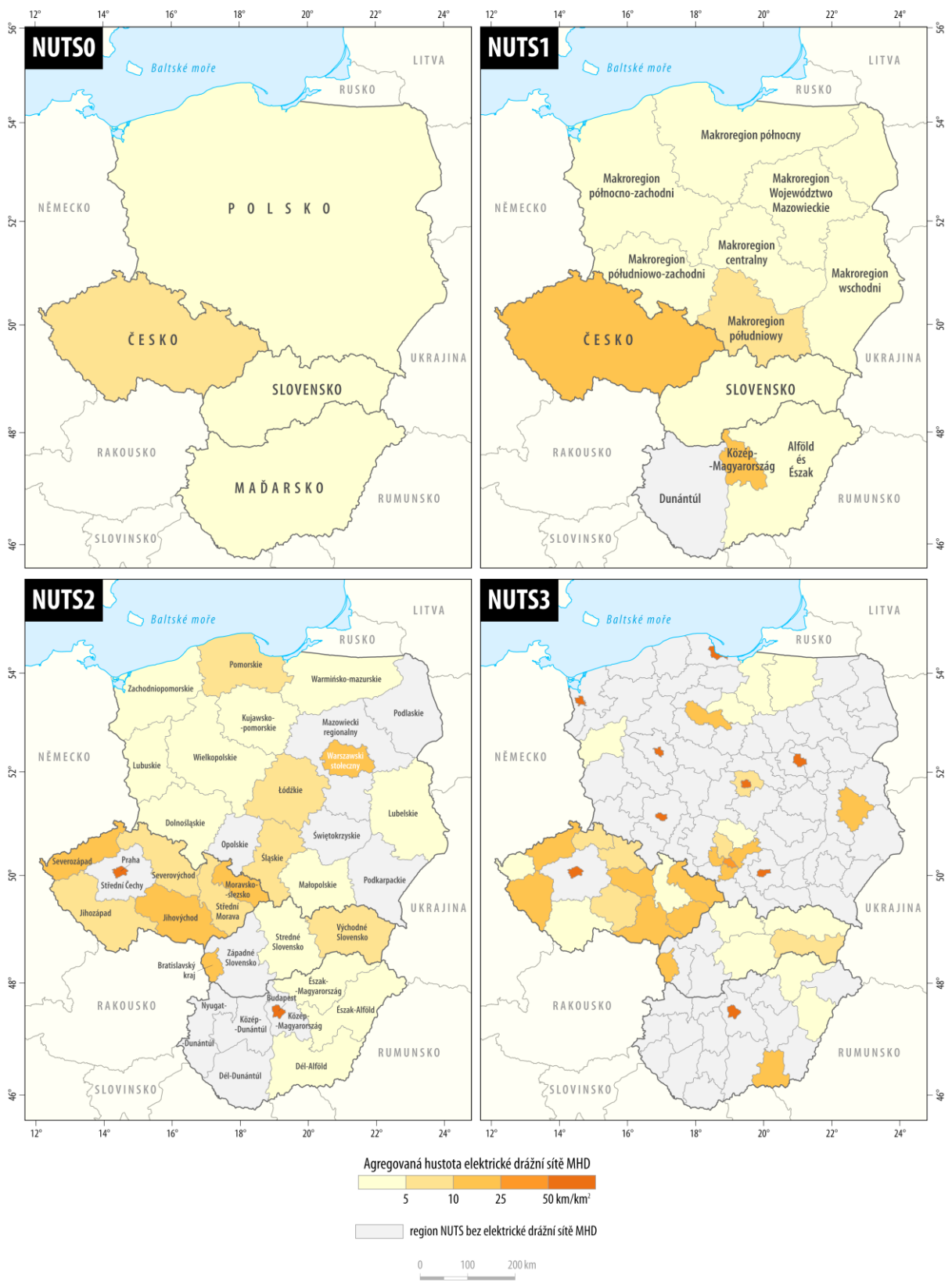


Obr. 2: Procentuální zastoupení dopravních módů v elektrických drážních sítích MHD na území Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

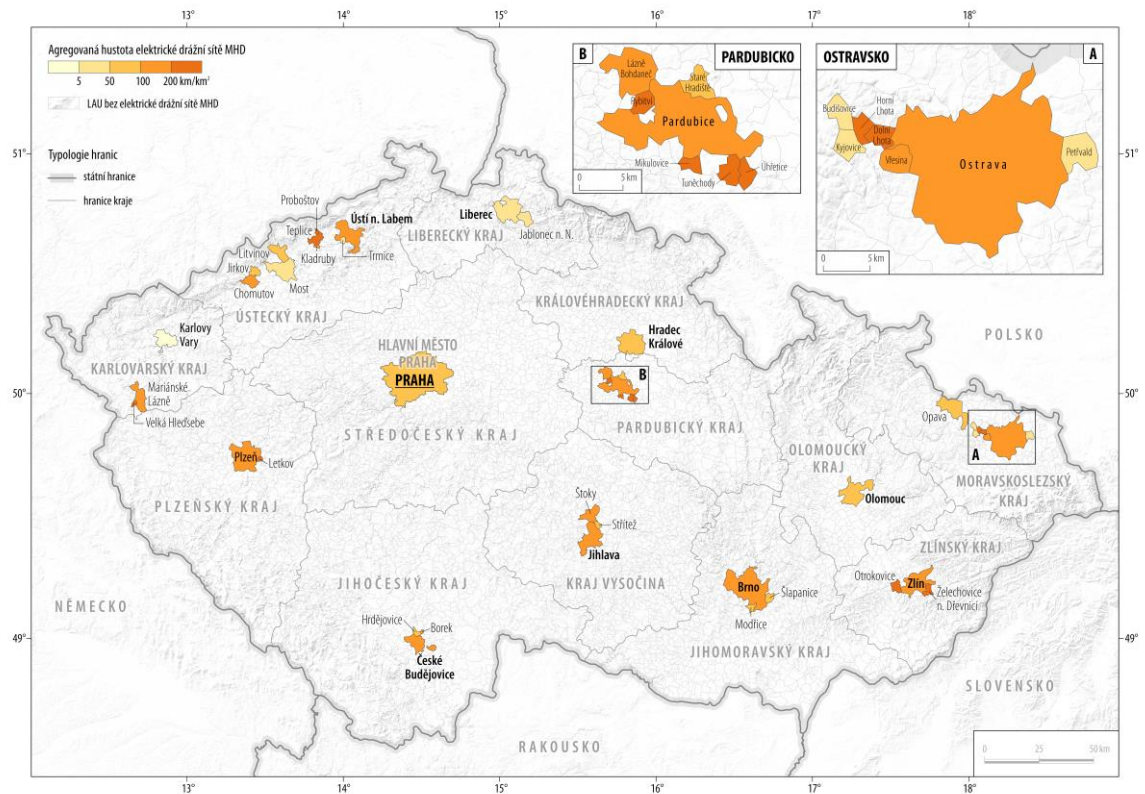
Pro relevantnější komparaci využijeme ukazatel složené hustoty. Průměrná hustota za všechny sledované státy vychází 4,8; přičemž nejvyšší hustota připadá s velkým odstupem Česku 10,8; následované Slovenskem s 4,2; Maďarskem 3,8 a Polskem s nejnižší hustotou 3,5. Úroveň samostatných států odpovídá klasifikaci NUTS 0. Z Obr. 3 lze snadno vypočítat, jak se se zvyšujícím počtem hierarchicky nižších regionů postupně zvětšuje rozloha území bez jakéhokoliv zkoumaného subsystému elektrické drážní sítě MHD. Na úrovni NUTS 1 se jedná pouze o jeden region, Dunántúl (Zadunají) pokrývající západní Maďarsko. V rámci NUTS 2 už je takových regionů jedenáct s alespoň jedním zastoupením v každém státě. A konečně pokud se podíváme na NUTS 3, vychází výrazně nejlépe Česko se Středočeským krajem jako jediným bez síťového pokrytí.

Na nejnižší úrovni administrativně-statistického rozdělení do municipalit, resp. LAU podle Eurostatu, se nachází 122 územních celků (včetně obcí se statutem města) s alespoň minimální délkou zkoumaných subsystémů. Z celkového počtu 14 306 municipalit to

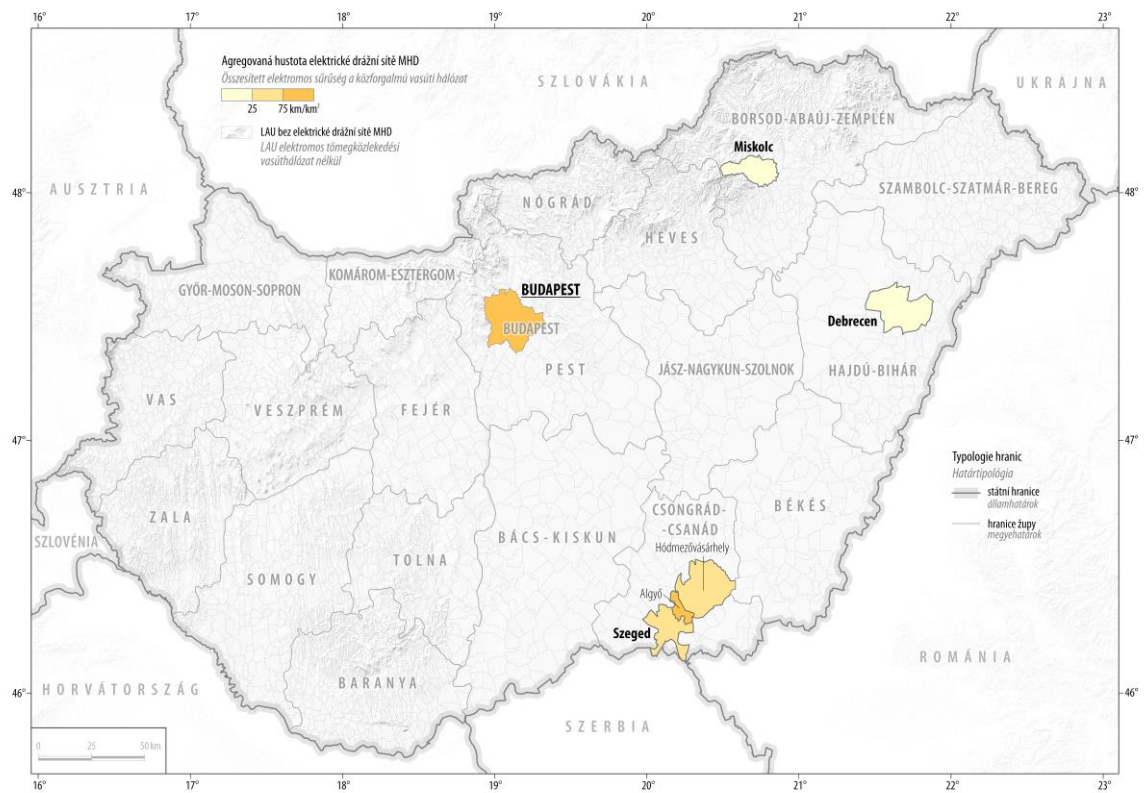
znamená pouze 0,85 %. Velikost populace v těchto 122 celcích činí přibližně 15 600 000 obyvatel, což znamená, že 24 % celkové populace má skrze své trvalé bydliště přístup k alespoň jedné síti. Nejlepší dosažitelnost zkoumaných subsystémů se vyskytuje s podílem 31 % v Česku. Mezi 23 až 25 % se pohybuje druhé Polsko a třetí Maďarsko. Nejhůře v tomto srovnání vychází Slovensko s 16,3 %. Zjednodušenou míru urbanizace a její vliv na distribuci získáme pomocí započítání právě těch obcí se statutem města. Dosažitelnost můžeme evidovat v 74 městech, což odpovídá 15 540 000 obyvatel. Ve výsledku tedy přibližně 99,6 % populace s dostupností k elektrické drážní síti MHD pochází z municipalit se statutem města. Amplituda hodnot složené hustoty sítí v LAU zvláště pro každou ze čtyř zemí na Obr. 4–7 se pohybuje od 0,3 v případě polských Gliwic (součást rozsáhlé Katovické konurbace) až po 535,4, která náleží obci Tuněchody v okrese Chrudim (bez statusu města). Zdejší elektrická drážní síť je zastoupena 3,4 km pravidelné trolejbusové linky (parciálního trolejbusu) bez trakčního vedení. Města Bratislava a Košice se v rámci LAU a základní administrativy jako jediné dále dělí na 9, resp. 16 městských částí s drážním provozem. Bratislavská městská část Staré Mesto figuruje s hodnotou složené hustoty 454 na druhém místě. O něco nižší hustotu (368,6) vykazuje česká obec bez statusu města Dolní Lhota (okr. Ostrava-město) s dostupností tramvajové sítě. Pokud pomineme tyto anomálie, tak nejvyšší hustoty (292,5) dosahuje české lázeňské město Teplice s trolejbusovou a parciální sítí. Obecně jsou vyšší hustoty koncentrovány v menších českých městech. Důležitým faktorem je samozřejmě nejednotný způsob vymezení obcí a z toho plynoucí rozdílná průměrná velikost LAU v různých státech a regionech. Jihovýchodní až východní část Maďarska a celé Polsko mají populaci a zejména rozlohou širěji vymezené LAU než v případě Česka a Slovenska. Vlivem toho se hustota sítí v LAU těchto oblastí pohybuje spíše v průměrných (okolo 80) až podprůměrných hodnotách. Příkladem může být maďarské město Hódmezővásárhely, jehož rozloha 488 km² výrazně přesahuje populačně daleko významnější města v Polsku i Česku. Mezi délkou sítě a její hustotou nelze tak vysledovat jasnou průkaznou spojitost. Integrovaná síť v Hódmezővásárhely spolu s městem Szeged a obcí Algyő zahrnuje kombinaci tramvají, trolejbusů a hybridu. Parciální systém je zde tvořen tramvajovým meziměstským úsekem bez trakčního vedení. Pravděpodobně nejsporněji zařaditelným systémem je elektrifikovaná lokální železniční trať mezi Trenčianskou Teplou a Trenčianskými Teplicemi, kterou lze podle vybraných kritérií chápat jako tramvajovou síť. Technickými parametry se podobá tramvajové síti v saském Bad Schandau, sasko-anhaltskému Naumburgu, případně také krátké síti v rakouském Gmundenu. Od ostatních izolovaných železničních tratí s napájením stejnosměrného proudu o napětí 600 nebo 750 V, zejména v Rakousku, se liší alespoň jednou zasahující obcí se statutem města. Michniak (2018) ji považuje za jednu ze slovenských úzkorozchodných železnic s funkcí přepravy a turismu. Do našeho výběru jsme ji nezařadili kvůli velmi nepravidelnému provozu sloužícímu výhradně pro sezónní turistické účely. Česko disponuje 46 obcemi se sítěmi, z toho je 27 měst. Průměrná složená hustota se blíží hodnotě 145. Vůbec nejhustější integrovanou síť elektrické drážní MHD v zemích Visegrádské skupiny najdeme v Teplicích, Kladrubech a Proboštově s kombinovanou délkou trolejbusové a parciální sítí o délce 35 km a hustotě 273,3.



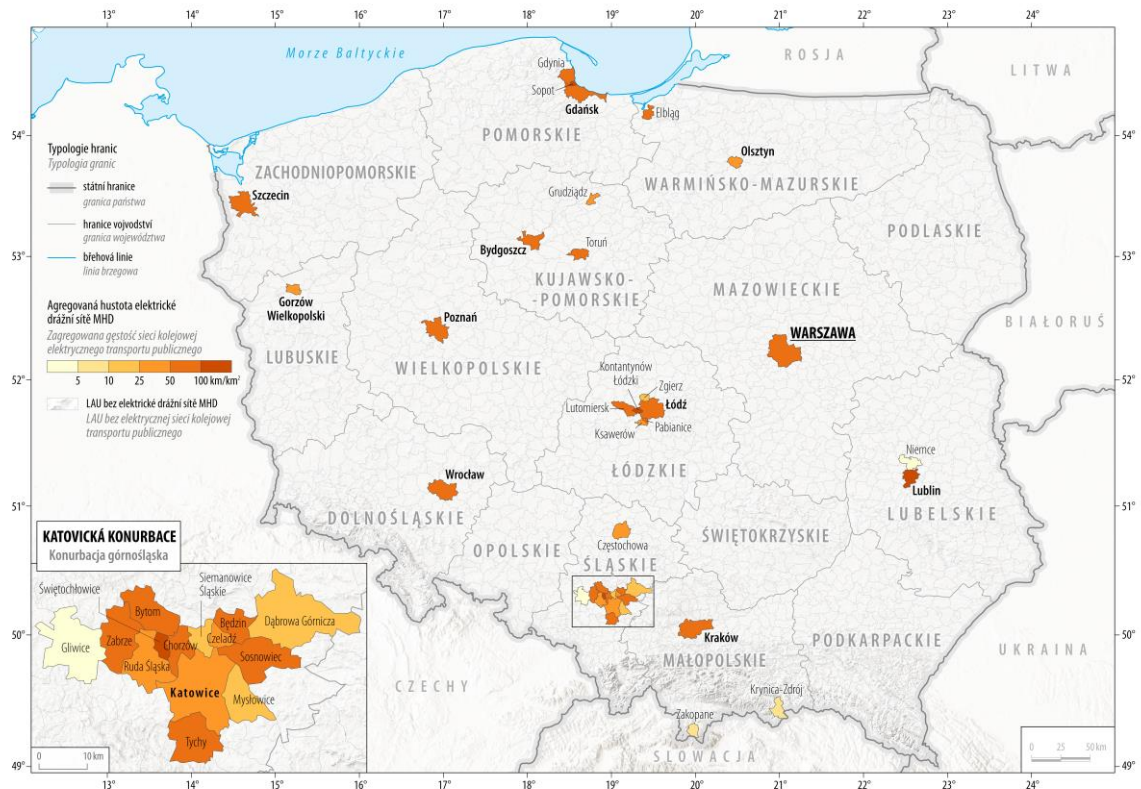
Obr. 3: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD v NUTS Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024



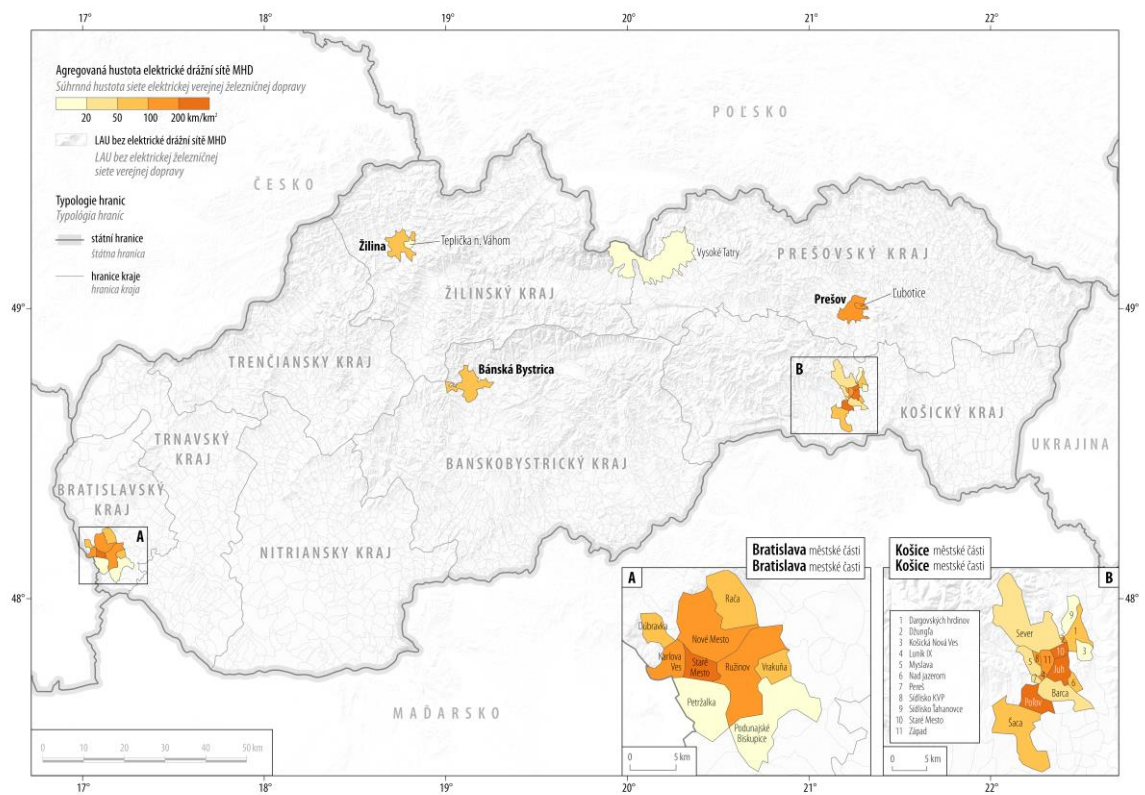
Obr. 4: Distribuce agregované hustoty elektrické drážní sítě MHD V LAU Česka k 31. 3. 2024



Obr. 5: Distribuce agregované hustoty elektrické drážní sítě MHD V LAU Maďarska k 31. 3. 2024



Obr. 6: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD V LAU Polska k 31. 3. 2024

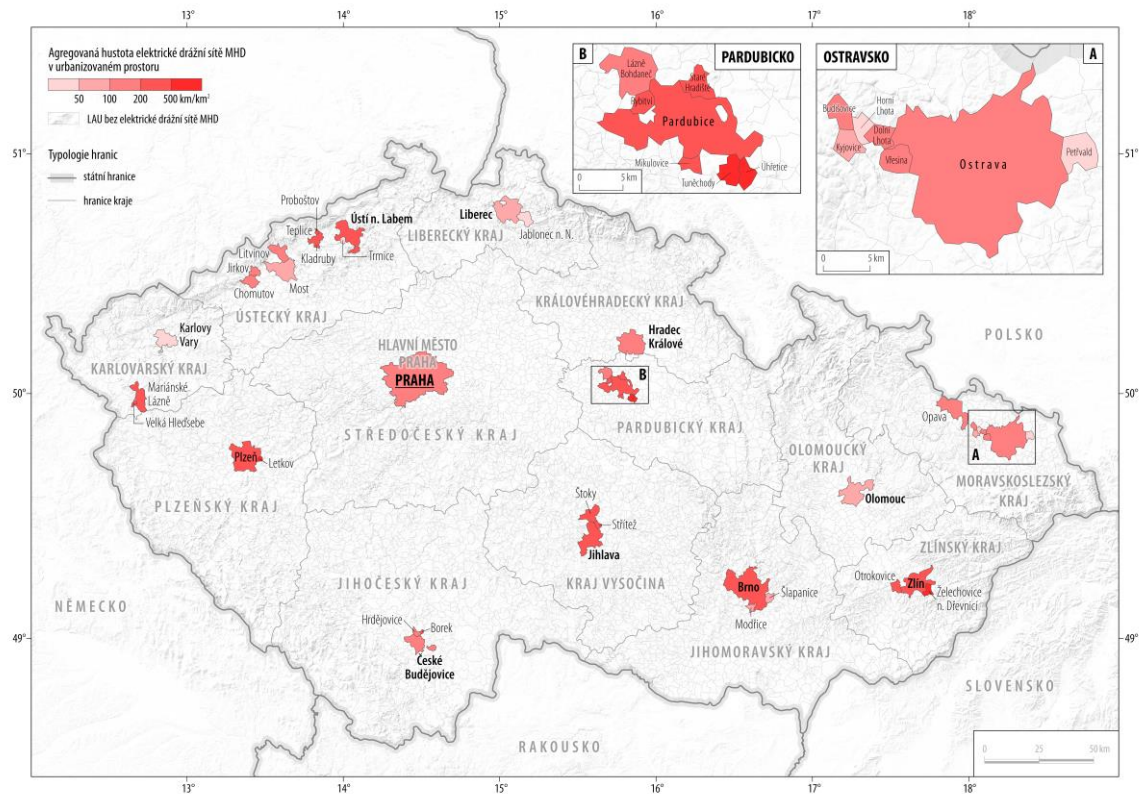


Obr. 7: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD V LAU Slovenska k 31. 3. 2024

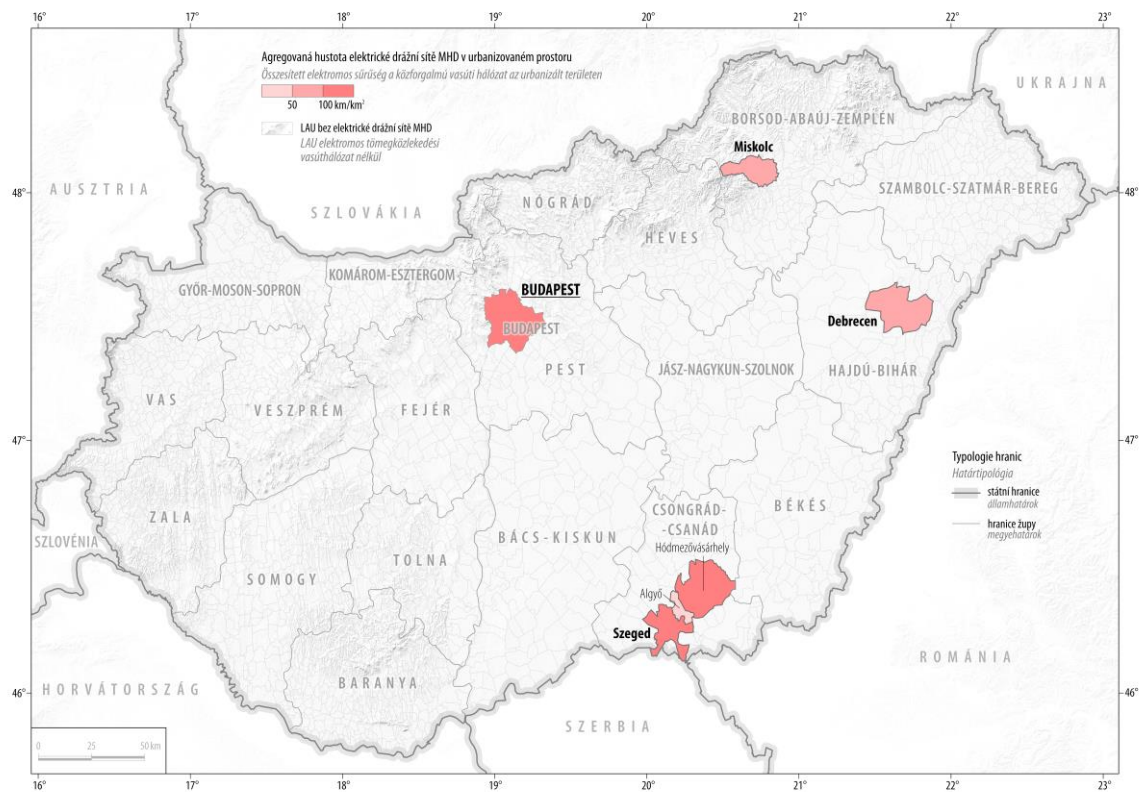
5.2.2 Síť v urbanizovaném prostoru LAU

Při komparaci prostorové efektivity elektrických drážních sítí MHD v administrativně vymezených jednotkách je nutné si být vědom možných nepřesností způsobených často neporovnatelnou skladbou a podíly tříd krajinného pokryvu. Funkce města souvisejí s lidskými aktivitami (bydlení, průmysl a služby). Městská hromadná doprava by měla v první řadě zajišťovat obslužnost a vzájemnou propojenost právě pro místa s největší koncentrací těchto aktivit. S pomocí geodatabáze krajinného pokryvu dostupného z CORINE Land-Copernicus (2022) můžeme rozdělit území každé LAU do dvou částí, na urbanizované a ostatní plochy. Třída urbanizovaných území obsahuje městskou zástavbu, průmyslové a obchodní zóny, komunikační síť, doly, skládky, staveniště, umělé plochy a nezemědělskou zeleň (zejména parky). Ostatní plochy se týkají zbylých čtyřech tříd krajinného pokryvu a sice zemědělských ploch, lesních oblastí, humidních území a vodních ploch. V rámci hodnocení efektivity je přirozeně pozitivní vyšší hustota elektrické drážní sítě v urbanizované části municipality. Optimální stav se odvíjí od řady doplňujících faktorů jako např. dostatečného pokrytí hlavních komunikací pro jednodušší přestupnost mezi linkami, rovnoměrného rozmístění zastávek po síti pro co nejlepší pěší dostupnost, či efektivního využití kombinace dopravních módů. Konkrétní rozhraní hodnot je proto obtížně definovatelné. Vzhledem k reálným rozsahům délek a rozloh a obecnějšímu účelu komparace můžeme přesto aplikovat jednoduchou přímou úměru čím vyšší hustota, tím vyšší efektivita.

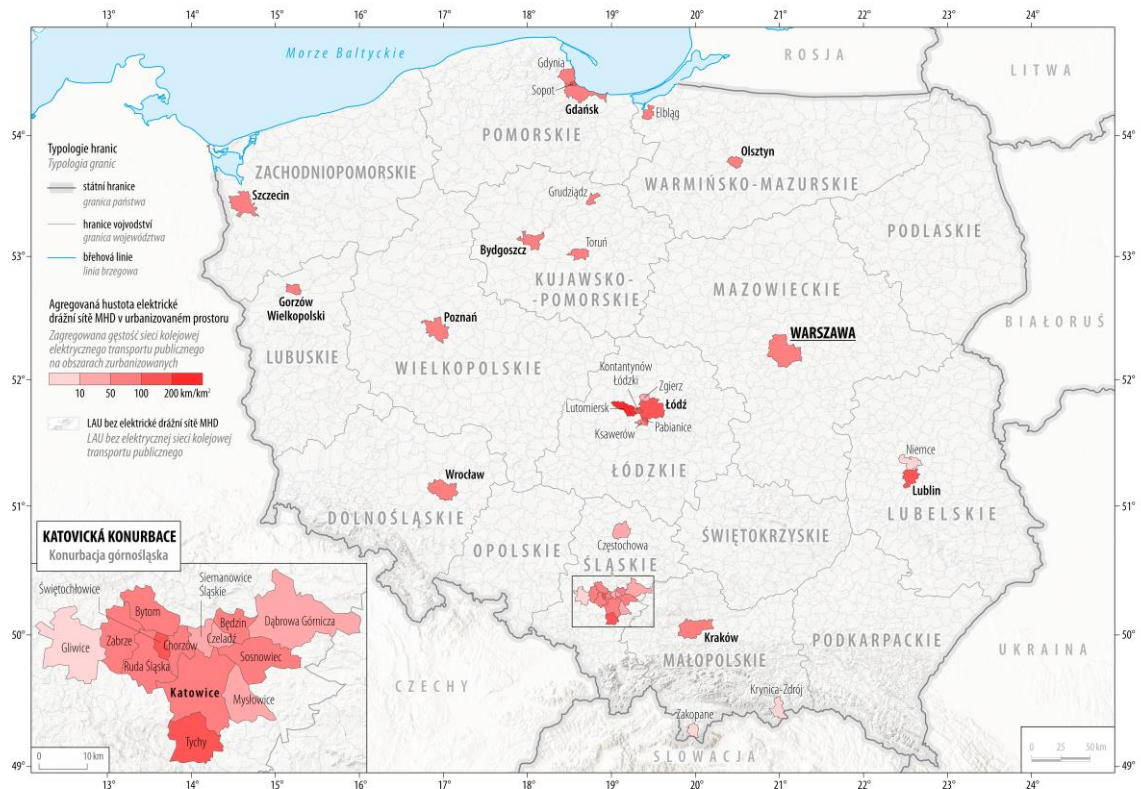
Na Obr. 8–11 je znázorněna distribuce složené hustoty ve všech LAU s nenulovou délkou elektrické drážní sítě MHD na urbanizovaných plochách odděleně za každý stát. V porovnání s celkovým prostorem započítání pouze urbanizovaných ploch způsobuje významné zmenšení rozlohy LAU a fragmentaci sítě. Celková plocha 119 municipalit činí asi 10 438,5 km². Urbanizovaná část se na celkové rozloze podílí z 39,2 % (4 087,5 km²). V Dolní Lhotě, Krynici-Zdrój a Tepličce nad Váhom je síť provozována pouze v ostatních částech municipality. Když se podíváme na délky sítě, urbanizovaný podíl dosahuje přibližně 94,5 %. Populačně lze předpokládat až na výjimky téměř 100% koncentraci v urbanizované části. To znamená v průměru daleko vyšší hodnoty složené hustoty. Rozpětí hodnot se pohybuje od 0,5 v Gliwicích po 724,7 v české obci bez statusu města Letkov (součást plzeňské aglomerace). Nejvyšší složenou hustotou z integrovaných sítí (358,5) disponuje opět město Teplice s přidruženými obcemi Kladruby a Proboštov. Na druhé pozici se nachází jen s minimálním odstupem (343,7) další lázeňské město Mariánské Lázně s obcí Velká Hleďsebe. Vyšší poměry složených hustot urbanizovaných a celkových ploch indikují naddimenzované vymezení administrativních jednotek, kde často převažují ostatní plochy. Za příklady možno jmenovat Mariánské Lázně s 2,7× vyšší urbanizovanou hustotou, maďarské integrace v Szegedu (2,68násobek), Debrecenu (2,4násobek) a českou Jihlavu s přidruženými obcemi Střítež a Štoky (2,2násobek). Naopak nejnižší poměry okolo 1,2násobku se vyskytují u vůbec největších měst (Budapest, Warszawa, Bydgoszcz, Praha).



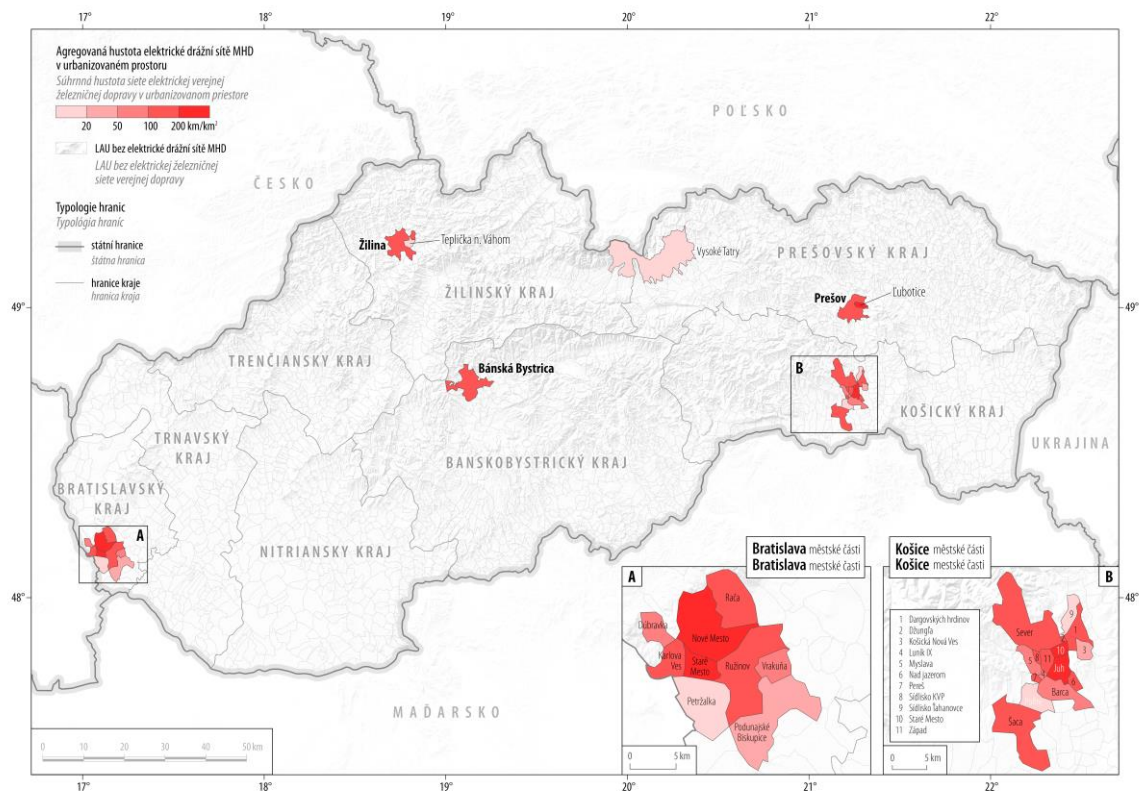
Obr. 8: Distribuce agregované hustoty elektrické drážní sítě MHD v urbanizovaném prostoru LAU Česka k 31. 3. 2024



Obr. 9: Distribuce agregované hustoty elektrické drážní sítě MHD v urbanizovaném prostoru LAU Maďarska k 31. 3. 2024



Obr. 10: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD v urbanizovaném prostoru LAU Polska k 31. 3. 2024



Obr. 11: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD v urbanizovaném prostoru LAU Slovenska k 31. 3. 2024

5.3 Typologie sítí

Analýzou distribuce 46 integrovaných sítí vycházejících z dopravních módů metra, tramvaje, trolejbusu, pozemní lanové dráhy, ozubnicové dráhy a parciálních prostředků (trolejbus či tramvaj) jsme dospěli k různorodým výsledkům, které můžeme utřídit do sedmi univerzálních kategorií podle zkoumaných charakteristik. Finální typologii elektrických drážních sítí jsme upravili do následující struktury.

Sítě podle:

1) dopravního subsystému

a) trolejbusové, b) tramvajové, c) metro, d) parciální, e) pozemní lanovka, f) zubačka

Z původně celistvého tramvajového subsystému lze vyčlenit ještě subtype rychlodrážní tramvaje vyskytující se převážně v německy mluvících zemích, který je kombinací nadzemní a podzemní dráhy. S výjimkou příměstských a regionálních úseků se shoduje s německým označením Stadtbahn (městská dráha). Jako samostatný typ ho však nechápeme kvůli propojení s tramvajovým subsystémem. Parciální subsystém jakožto jediný bez trakčního vedení je vždy vázán buď na tramvajový nebo trolejbusový subsystém.

2) integrace subsystémů

a) unimodální, b) bimodální, c) trimodální, d) multimodální (4 a více módů)

Tato kategorie vychází z kombinace dopravních módů v integrované síti. Unimodální a bimodální typ jsou v rámci Visegrádské skupiny nejčastější, vyskytují se téměř ve všech variantách s výjimkou kombinace trolejbusu a metra. Tato kombinace je provozována pouze ve Švýcarsku v Lausanne. Trimodální typ se často pojí s kombinací tramvaje, trolejbusu a parciálu. Multimodální typ funguje v Budapešti (6 módů), Praze (5 módů) a polském Trojměstí (4 módy).

3) počtu katastrálně zasahujících obcí

a) monomunicipální, b) polymunicipální (2 a více)

Obec jakožto základní samosprávná jednotka spravuje síť MHD na svém katastrálním území. Pokud síť prochází více obcemi znamená to vyšší míru politické a ekonomické integrace.

4) městského charakteru vycházejícího ze statusu katastrálně zasahujících obcí

a) městské (M), b) parciálně městské (M, O)

Rozdělení podle statusu obce umožňuje rozhodnout, zda se v rámci sítě jedná přímo o MHD nebo o kombinaci MHD s prvky příměstské až regionální dopravy.

5) sumy populačních velikostí katastrálně zasahujících obcí

a) maloměstské (méně než 20 000 obyvatel), b) středně velké městské (20 000–99 999 obyvatel), c) velkoměstské (100 000–999 999 obyvatel), d) metropolitní (1 000 000 a více obyvatel)

Pro definici velikostní kategorie měst používáme upravenou německou všeobecně užívanou klasifikaci, která pracuje s termíny Kleinstadt, Mittelstadt, Großstadt a Metropole.

6) celkové délky v km

a) velmi krátké (méně než 10 km), b) krátké (10,0–24,9 km), středně dlouhé (25,0–49,9 km), dlouhé (50,0–99,9 km), velmi dlouhé (100 a více km)

Charakteristika rozsahu sítí udává absolutní srovnání liniové infrastruktury. Nastavení intervalů vychází ze symetrického rozdělení, které zároveň nejlépe odpovídá relativní četnosti.

7) hodnoty agregované hustoty (celkový prostor, urbanizovaný prostor)

a) velmi řídké (méně než 25), řídké (25,0–49,9), středně husté (50,0–74,9), husté (75,0–99,9), velmi husté (100 a více)

Pomocí nejdůležitějšího relativního indikátoru složené hustoty můžeme jednoduše porovnat libovolně rozsáhlé sítě a stanovit jejich význam a potenciál v příslušných katastrálně vymezených obcích. Z důvodu značných rozdílů administrativního vymezení je vhodné pracovat pouze s urbanizovaným prostorem, ve kterém žije naprostá většina populace a koncentruje se ekonomická aktivita. Četnost sítí v jednotlivých typech se ovšem bude značně lišit ve srovnání se střední Evropou, státy Beneluxu a Singapuru na jedné straně a zbytku světa na straně druhé.

Kompletní výčet získaných dat za 46 integrovaných sítí poskytuje Tab. 4. Je nutné ovšem zdůraznit, že v případě bimodálních, trimodálních sítí a polymodálních sítí se jedná o sumy jednotlivých subsystémů. Pokud bychom s nimi pracovali odděleně, znamená to celkem 82 sítí (3 sítě metra, 28 sítí tramvají, 25 sítí trolejbusů, 18 parciálních sítí (z toho 17 vázaných na trolejbusy a 1 na tramvaje), 7 sítí pozemní lanové dráhy a 1 síť ozubnicové dráhy). Sítě jsou seřazeny sestupně podle složené hustoty v urbanizovaném prostoru LAU. Prvních deset nejhustějších sítí připadá Česku, přičemž dominuje bimodální kombinace trolejbusů a hybridů. Nejnižší hodnoty můžeme vysledovat u unimodálních systémů pozemní lanové dráhy v Polsku (Krynica-Zdrój, Zakopane), v Česku (Karlovy Vary) a na Slovensku (Vysoké Tatry).

Tab. 4: Charakteristika integrovaných elektrických drážních sítí MHD v celkovém a urbanizovaném prostoru LAU Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Pořadí	Síť (všechny spadající LAU)	Status obce	Stát	Mód	Počet obyvatel	Rozloha (km ²)	Rozloha (urban km ²)	Celková délka sítě (km)	Agreg. hustota sítě	Urban. délka (km)	Podíl urban. délka (%)	Agreg. hust. urban.
1	Teplíce, Kladruby, Proboštov	M, O	CZ	O, P	53 998	30,4	12,9	35,0	273,3	29,9	85,4	358,5
2	Mariánské Lázně, Velká Hleďsebe	M, O	CZ	O, P	16 109	56,4	6,6	12,1	127,0	11,2	92,5	343,7
3	Zlín, Otrokovice, Želechovice nad Dřevnicí	M, O	CZ	O, P	93 662	138,5	31,1	58,9	163,5	52,6	89,4	308,3
4	Jihlava, Střítež, Štoky	M, O	CZ	O, P	55 001	135,1	18,2	35,7	131,0	29,2	81,9	292,4
5	Plezeň, Letkov	M, O	CZ	T, O, P	182 110	142,3	46,7	83,1	163,2	75,4	90,7	258,5
6	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč, Staré Hradiště, Mikulovice, Tuněchody, Úhřetice	M, O	CZ	O, P	101 595	133,3	39,6	59,0	160,3	48,8	82,7	243,4
7	Ústí nad Labem, Trmice	M	CZ	O	95 277	100,5	31,9	44,3	143,2	42,1	95,1	241,7
8	Brno, Modřice, Šlapanice	M	CZ	T, O, P	409 526	254,6	98,0	155,8	152,6	145,6	93,4	229,8
9	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	M, O	CZ	O	99 517	66,3	27,2	33,8	131,5	32,6	96,6	198,4
10	Opava	M	CZ	O, P	55 512	90,6	18,6	19,6	87,2	18,6	95,0	183,1
11	Prešov, Lubotice	M, O	SK	O	86 757	78,8	26,3	28,3	108,3	27,5	97,1	181,8
12	Chomutov, Jirkov	M	CZ	O	66 245	46,2	18,9	19,7	112,6	19,6	99,3	174,8
13	Ostrava, Petřvald, Vřesina, Dolní Lhota, Horní Lhota, Budišovice, Kyjovice	M, O	CZ	T, O, P	297 759	259,8	110,6	110,2	125,3	96,4	87,5	168,0
14	Žilina, Teplička nad Váhom	M, O	SK	O, P	85 625	90,9	27,1	24,9	89,2	23,1	92,8	151,8
15	Hradec Králové	M	CZ	O, P	93 506	105,6	34,5	28,6	91,0	27,0	94,4	150,4
16	Bratislava (mestská část Karlova Ves, Nové Mesto, Podunajské Biskupice, Ružinov, Staré Mesto, Vrakuňa, Rača, Dúbravka, Petržalka)	M	SK	T, O, P	427 519	211,6	97,7	94,9	99,8	93,9	99,0	145,4
17	Lublin, Niemce	M, O	PL	O, P	352 860	288,5	92,5	76,9	76,2	75,4	98,0	131,9
18	Košice (mestská část Dargovských hrdinův, Džungľa, Juh, Košická Nová Ves, Myslava, Sever, Sídlisko KVP, Sídlisko Ťahanovce, Staré Mesto, Západ, Pereš, Barca, Nad jazerom, Šaca, Poľov, Luník IX)	M	SK	T, O	211 951	186,9	55,3	49,0	77,9	43,6	89,0	127,3
19	Banská Bystrica	M	SK	O	74 590	103,3	22,9	16,9	61,0	16,6	97,9	127,0
20	Szeged, Hódmezővásárhely, Algyő	M, O	HU	T, O, P	206 158	844,7	83,6	62,0	47,0	52,2	84,2	125,8
21	Praha	M	CZ	M, T, O, L, P	1 357 326	496,4	278,7	244,7	94,3	234,9	96,0	120,8
22	Budapest	M	HU	M, T, O, L, Z, P	1 671 004	525,2	368,8	265,4	89,6	260,8	98,3	105,1
23	Trójmiasto (Gdańsk, Gdynia, Sopot)	M	PL	T, O, P, L	761 495	414,1	182,7	129,5	72,9	121,6	93,9	103,1
24	Most, Litvínov	M	CZ	T	86 551	127,6	44,9	20,1	60,5	19,6	97,3	99,2
25	Wrocław	M	PL	T	674 079	292,8	158,6	105,7	75,2	102,1	96,7	98,8
26	Elbląg	M	PL	T	113 567	79,8	27,3	17,6	58,5	17,3	98,3	98,2
27	Łódzka aglomeracja (Łódź, Zgierz (miasto), Pabianice, Ksawerów, Konstantynów Łódzki, Lutomiernsk)	M, O	PL	T	802 203	543,4	232,3	138,2	66,2	132,3	95,7	96,9
28	Olomouc	M	CZ	T	101 825	103,2	31,7	16,5	50,9	16,3	99,1	91,0
29	Poznań	M	PL	T	541 316	261,9	151,0	76,9	64,6	76,7	99,7	84,9

30	Szczecin	M	PL	T	391 566	300,6	109,2	57,3	52,8	53,7	93,7	82,0
31	Kraków	M	PL	T	803 282	326,8	182,9	99,5	61,4	97,7	98,2	80,6
32	Liberec, Jablonec nad Nisou	M	CZ	T	153 219	137,3	45,5	21,3	46,4	19,2	90,3	72,9
33	Toruń	M	PL	T	195 690	115,7	59,7	24,7	51,9	24,7	99,8	72,2
34	Bydgoszcz	M	PL	T	330 038	176,0	92,8	44,3	58,1	39,7	89,6	71,7
35	Konurbacja katowicka (Katowice, Mysłowice, Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Czeladź, Będzin, Chorzów, Świętochłowice, Ruda Śląska, Zabrze, Bytom, Gliwice, Siemianowice Śląskie, Tychy)	M	PL	T, O, P	1 682 530	1079,4	527,2	212,3	49,8	199,9	94,2	67,1
36	Grudziądz	M	PL	T	89 450	57,8	24,1	10,1	44,5	9,8	96,4	66,4
37	Warszawa	M	PL	M, T	1 861 975	517,2	353,5	169,4	54,6	166,8	98,4	65,0
38	Gorzów Wielkopolski	M	PL	T	116 436	85,7	37,3	12,9	41,0	12,9	100,0	62,1
39	Olsztyn	M	PL	T	168 212	88,3	39,6	17,0	44,2	16,0	93,9	62,0
40	Debrecen	M	HU	T, O	201 582	461,7	80,2	21,3	22,1	21,3	100,0	52,9
41	Miskolc	M	HU	T	145 248	236,6	48,1	13,1	22,3	13,1	100,0	49,4
42	Częstochowa	M	PL	T	208 182	159,7	78,2	15,8	27,3	14,6	92,4	36,1
43	Vysoké Tatry	M	SK	L	3 782	360,0	7,0	1,9	16,6	0,3	14,3	17,0
44	Zakopane	M	PL	L	25 389	84,3	14,0	1,3	8,8	0,3	21,5	4,7
45	Karlovy Vary	M	CZ	L	49 043	58,7	15,7	0,6	3,3	0,1	26,6	1,7
46	Krynica-Zdrój	M	PL	L	9 712	145,3	9,3	0,6	5,2	0,0	0,0	0,0

Vysvětlivky: Status obce (M = město, O = ostatní), Mód (M = metro, T = tramvaj, O = trolejbus, P = parciální trolejbus či parciální tramvaj, L = pozemní lanová dráha, Z = ozubnicová dráha)

6 Charakteristiky vozového parku elektrické MHD

Elektrické dopravní prostředky jsou všeobecně považovány za efektivní a udržitelné mj. díky nízkým emisím polutantů a hluku v místě provozu, energetické úspornosti a tím ekonomické návratnosti v dlouhodobém horizontu, a celkově optimálnější jízdním vlastnostem. Zřejmě nejvýraznější negativum představuje v porovnání s běžnými diesellovými autobusy vysoká pořizovací cena, kvůli které se elektromobilita koncentruje spíše ve větších městech, kde se uplatní úspory z rozsahu. V rámci naší metodiky považujeme využívání elektrických dopravních prostředků za významný environmentálně-ekonomický faktor efektivity MHD. Elektrický vozový park rozdělujeme podle výskytu módů na území Visegrádské skupiny do šesti druhů na elektrobuses, ozubnicovou městskou dráhu, pozemní městskou lanovou dráhu, metro, tramvaje a trolejbusy. Efektivitu měříme pomocí absolutních a relativních ukazatelů.

Komparace absolutních hodnot:

- 1) celkový počet vozů v síti MHD
- 2) počet vozů podle dopravního módu v síti MHD

Komparace relativních hodnot:

- 1) celkový počet vozů na 100 000 obyvatel měst v síti MHD
- 2) celkový počet vozů na 100 km² v síti MHD
- 3) jednotlivé podíly počtu vozů podle dopravního módu v síti MHD

Do komparace zahrnujeme všechna česká, maďarská, polská a slovenská města s alespoň jedním elektrickým dopravním prostředkem v běžném provozu. Celkem se jedná o 146 měst, kde se v současnosti můžeme setkat s elektrickým provozem MHD (44 v Česku, 17 v Maďarsku, 76 v Polsku a 9 na Slovensku). Některá města se slučují do větších urbánních struktur, kde MHD provozuje jediný dopravní podnik. Proto je výsledný počet provozů MHD nižší, čítá 116 integrací (35 v Česku, 16 v Maďarsku, 56 v Polsku a 9 na Slovensku).

Data čerpáme výhradně z portálu Transphoto (2024), kde mezinárodní komunita uživatelů volně přispívá, edituje a průběžně aktualizuje údaje o elektrickém vozovém parku z celého světa. V případě nesrovnalostí a chybějících údajů jsme upravili či doplnili data z oficiálně publikovaných materiálů příslušných dopravních podniků. Jsme si vědomi možných datových nepřesností plynoucích z obtížné verifikovatelnosti a aktuálnosti jinak rychle se vyvíjejících stavů vozového parku. Vzhledem k rozsahu a účelu komparace spolu s konzistentní metodikou ale nepředstavují dílčí nedostatky signifikantní překážku pro získání validních výsledků. Analýzu vozového parku členíme kvůli přehlednosti výstupů a relevance meziměstské komparace do čtyř částí podle států. Každá část obsahuje jeden graf s dvěma relativními ukazateli a jednu mapu s absolutními počty vozidel a rozdělením dopravních módů, ze kterého lze vyčíst jednotlivé podíly. Podrobnou statistiku struktury všech typů vozů jsme kvůli velkému rozsahu tabulkových dat zařadili do Příloh.

6.1 Vozový park v Česku

Česká republika má jednu z nejhustších sítí elektrické veřejné dopravy na světě. Kromě toho jsou mnohá města součástí integrovaných dopravních systémů. Mimo klasickou mono-urbánní strukturu se hojně vyskytují příměstské nebo meziměstské tramvajové a trolejbusové provozy (např. Brno-Šlapanice, Brno-Modřice, Pardubice-Lázně Bohdaneč, Ústí nad Labem-Trmice, Chomutov-Jirkov). Elektrobusy se obvykle nasazují na kratší vnitroměstské trasy, kde lze jednoduše zajistit pravidelné dobíjení baterie. Přesto mohou být v některých případech součástí větších dopravních společností, které zahrnují sousední města (např. Liberec-Jablonec nad Nisou, Most-Litvínov, Zlín-Otrokovice).

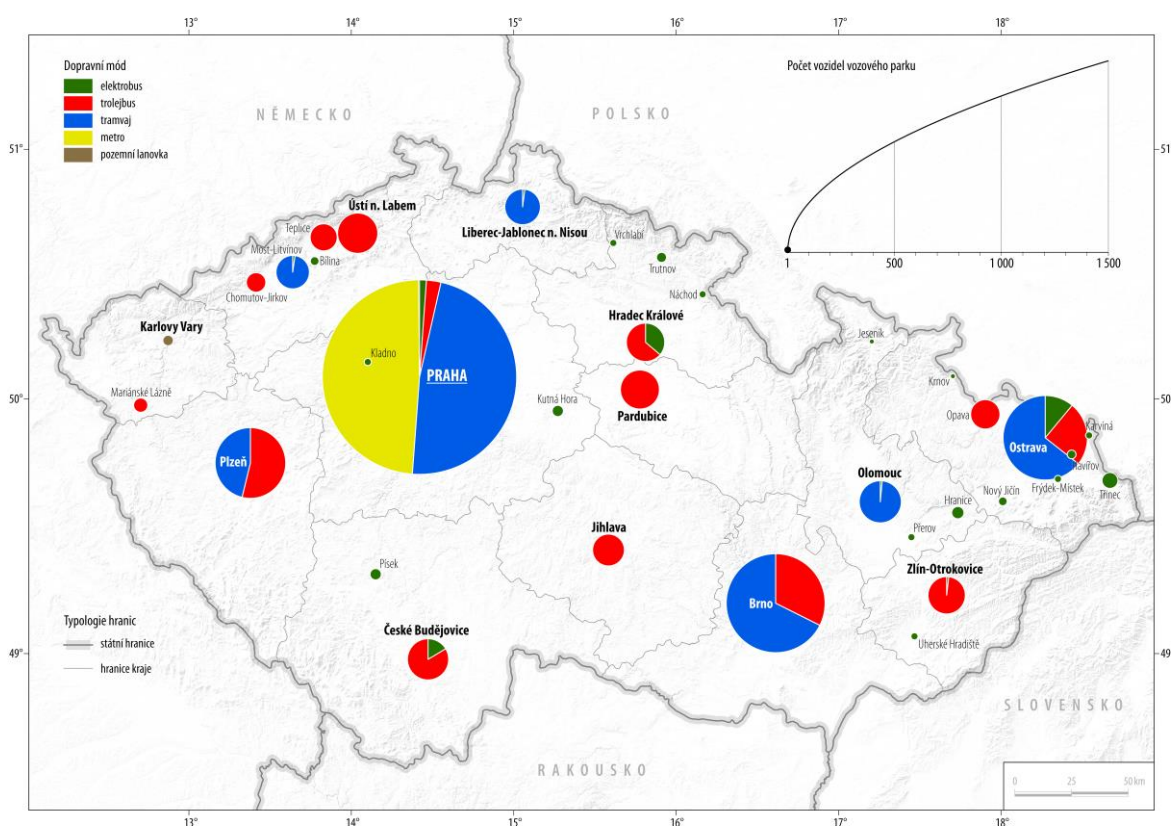
Při pohledu na prostorové rozložení městské hromadné elektromobility na Obr. 12 si můžeme všimnout poměrné regionální vyváženosti. Ve všech krajských a ostatních velkých městech je provozován alespoň jeden elektrický dopravní mód. Karlovy Vary disponují v rámci svého elektrického vozového parku pouze pozemní lanovkou. V absolutních číslech vozových parků dominují největší města s převahou tramvajových a trolejbusových vozidel. Dopravní podnik hl. m. Prahy sdružuje absolutně nejvyšší počet 1 491 vozidel v 14 depech a jiných formách vozoven (z toho 7 tramvajových, 3 depa pro metro, 2 pro trolejbusy, 1 pro elektrobusy, 1 pro pozemní lanovku). Fenomén elektrobusů nabývá na významu zejména ve středně velkých městech s populací mezi 20 000–50 000 obyvatel (např. Třinec, Písek, Kutná Hora). Elektrobusy jsou provozovány také v malých městech (např. Bílina, Hranice, Jeseník, Vrchlabí). Hranice se v roce 2017 stalo prvním městem v České republice s plně elektrifikovaným vozovým parkem díky svým šesti elektrickým autobusům. Město Jeseník není jednoduše zařaditelné, protože elektrický autobus zde jezdí na trase objednané krajem (vyšší správní jednotka), ale charakter trasy odpovídá městské dopravě. Vedle elektrobusů, díky převaze trolejbusových systémů, existuje poptávka po parciálních trolejbusech, které představují ideální kompromis mezi tradičním trolejbusem plně závislým na trolejovém vedení a čistě bateriovým elektrobusem. Kromě Chomutova se již hybridy vyskytují ve všech trolejbusových provozech. Podíly vůči celkovému počtu trolejbusů jsou obvykle marginální s výjimkou 100% podílu v případě Mariánských Lázní.

Výsledky relativních ukazatelů počtů vozidel na 100 000 obyvatel a 100 km² z Obr. 13 ukazují jasnou spojitost mezi velikostí města a oběma hustotami, přičemž díky vysoké hustotě zalidnění se hodnoty pohybují výše za rozlohu. Zvláště u Prahy je rozdíl hustot vůči populaci a rozloze téměř trojnásobný. Pravidlo přímé úměry mezi velikostí města a vyšší hustotou vozidel zde ovšem nelze plně aplikovat. Středně velká města okolo 50 000 obyvatel (Jihlava, Teplice) svými relativními počty vozidel překonávají řadu podstatně větších měst. Ještě více pak vyniká příklad Mariánských Lázní.

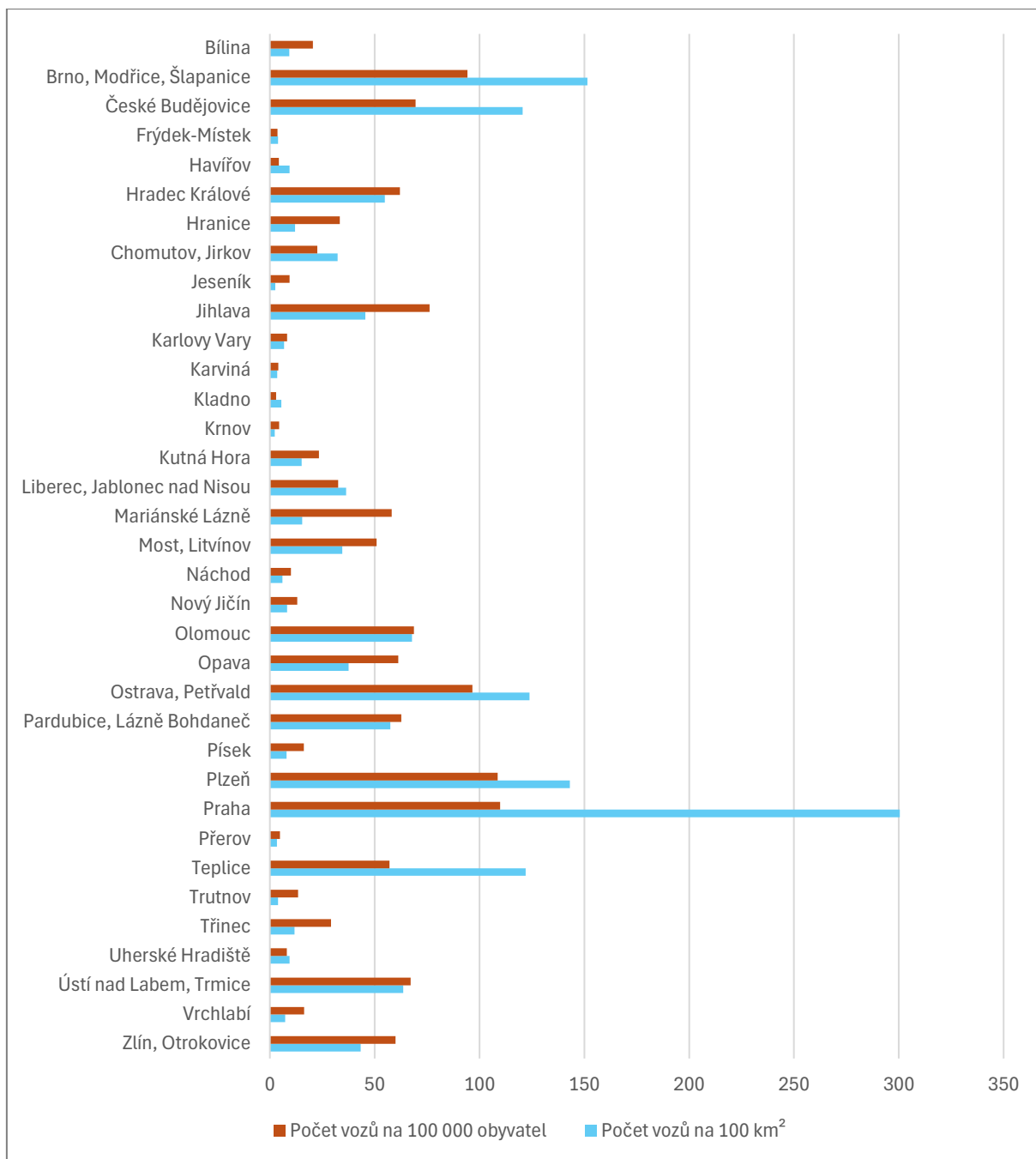
Ministerstvo dopravy České republiky (MDČR) průběžně aktualizuje Národní akční plán pro čistou mobilitu (NAP CM), který vychází z priorit, strategických cílů a legislativy Evropské unie. Kromě rozvoje veřejné infrastruktury a individuální udržitelné mobility se zaměřuje také na modernizaci vozového parku městských dopravních podniků. Podle nejnovější aktualizace NAP CM z roku 2020 (MDČR, 2020) jsou stanoveny tři hlavní cíle

pro rozšíření flotily moderních typů autobusů do roku 2030, rozšíření o 800–1 200 elektrobuses, 1 740–2 650 CNG autobusů a 870 vodíkových autobusů. Vývoj rozšiřování flotil elektrobuses byl v minulosti značně nerovnoměrný. Například město Znojmo provozovalo jediný elektrický autobus v letech 2003 až 2009. Z politických a ekonomických důvodů však od té doby nejsou žádné plány na obnovení provozu. S ohledem na cíle NAP CM lze však očekávat dlouhodobě rostoucí trend, což potvrzují i tiskové zprávy u vybraných měst (Arriva, 2024; CS-Dopravak, 2024; Zdopravy, 2023).

Podle typů současných vozidel elektrobuses převažují čeští výrobci SOR (64), Škoda (40) a polský Solaris (25). Velmi podobnou strukturu původu vozidel najdeme také u trolejbusů. Tramvaje jsou výhradně české s výjimkou švýcarského výrobce Stadler, jehož vozidla dnes jezdí v Ostravě. Vozové parky se průběžně modernizují a doplňují novými typy vozidel. Rychlost obnovy se ale značně liší. Obvykle se starší vozy vyskytují v rozsáhlých tramvajových a trolejbusových prozovech, kde je obtížné provést jednorázovou masovou modernizaci.



Obr. 12: Distribuce a rozdělení elektrického vozového parku MHD v Česku k 31. 3. 2024

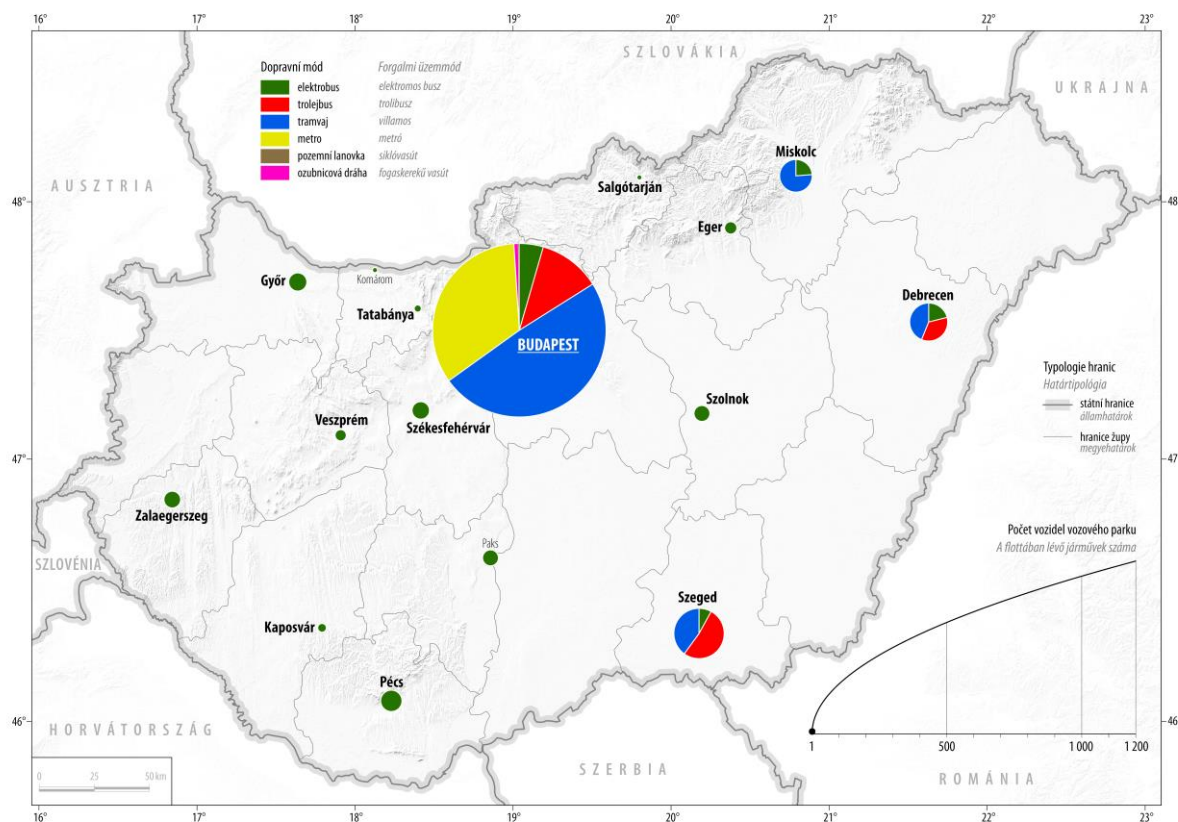


Obr. 13: Hustota elektrického vozového parku MHD v Česku k 31. 3. 2024

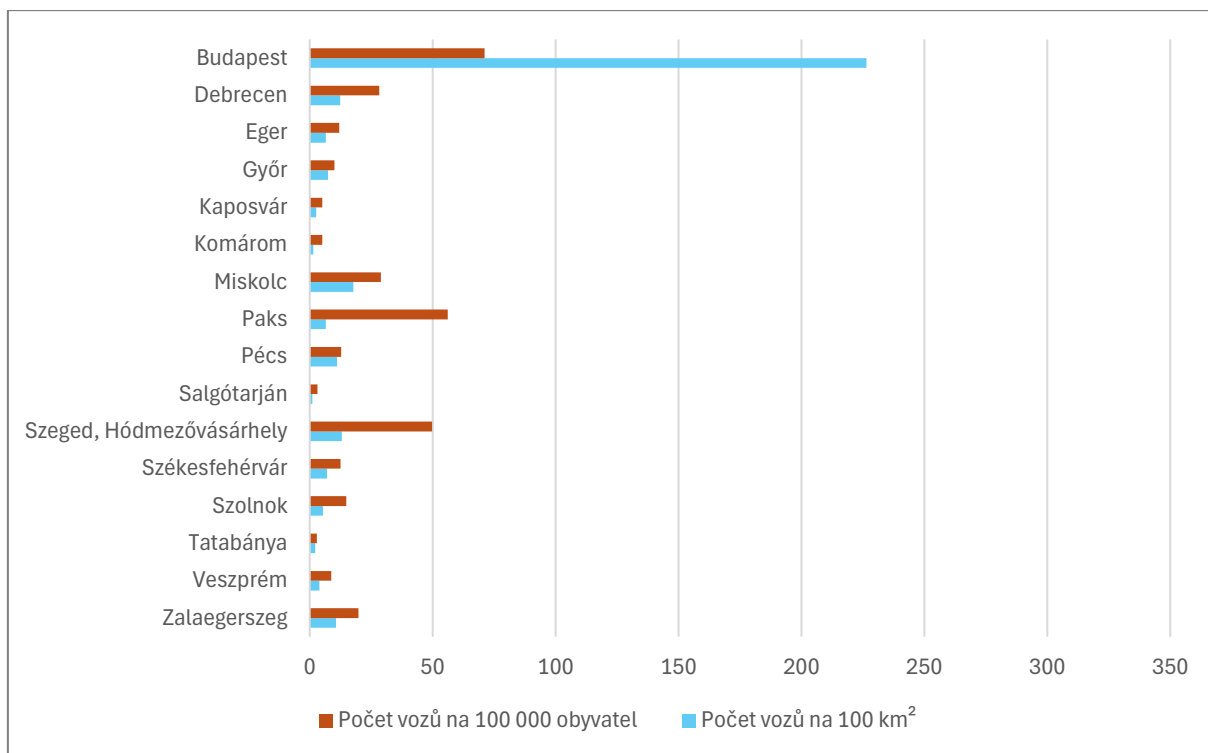
6.2 Vozový park v Maďarsku

Aktuální stav elektrického vozového parku v Maďarsku se vyznačuje poměrně nízkým počtem provozů, a zároveň řádovými rozdíly v jejich rozsahu. Hlavní město Budapešť v sobě koncentruje více jak 80 % všech maďarských elektrických dopravních prostředků. Zastoupeny jsou zde všechny dopravní módy včetně pozemní lanové dráhy a unikátní ozubnicové městské dráhy (zubačky), jediné svého druhu v rámci Visegrádské skupiny. Budapešťský dopravní podnik využívá v běžném provozu 1 189 vozidel, které spadají pod

19 dep a jiných forem vozoven (9 tramvajových, 4 pro metro, 3 pro elektrobusesy, 1 pro trolejbusy, 1 pro lanovku, 1 pro zubačku). Vyskytuje se zde široká škála typů vozů s variabilním původem a stářím. Tramvaje tvoří 49% podíl na vozovém parku. Podle země výrobce se dělí na domácí (Ganz), starší české (Tatra), německé (Siemens Combino, Duewag) a nejnovější španělské (CAF Urbos). Původ trolejbusových vozů je většinou polský (Solaris Trollino), okrajově maďarský (Ikarus). Kromě Budapešti funguje tramvajová doprava v Szegedu, Debrecenu a Miskolci. Trolejbusy jsou dále využívány jen v Szegedu a Debrecenu. V porovnání s rozsahem Budapešti se jedná ve všech případech o středně velké provozy. Na Obr. 14 zaujme rovnoměrná distribuce velmi malých systémů elektrobusesů napříč Maďarskem. Výrazným negativem pro hodnocení efektivity je absence jakékoliv formy elektrické MHD ve dvou stotisícových městech Nyiregyháza a Kecskemét. Když porovnáme absolutní hodnoty s výsledky hustot na Obr. 15, poměr velikosti měst přibližně odpovídá rozsahu provozu jejich elektrobusesů. Druhou nejvyšší hustotu vůči populaci po Budapešti vykazuje malé město Paks s deseti provozovanými elektrobusesy. Vysvětlit tuto anomálii lze jednoznačně přítomností jediné jaderné elektrárny v Maďarsku. Z hlediska typů elektrobusesů se nejčastěji vyskytuje čínský výrobce BYD a německý Mercedes-Benz eCitaro. Přímo v městě Paks je využíván polský Solaris Urbino.



Obr. 14: Distribuce a rozdělení elektrického vozového parku MHD v Maďarsku k 31. 3. 2024



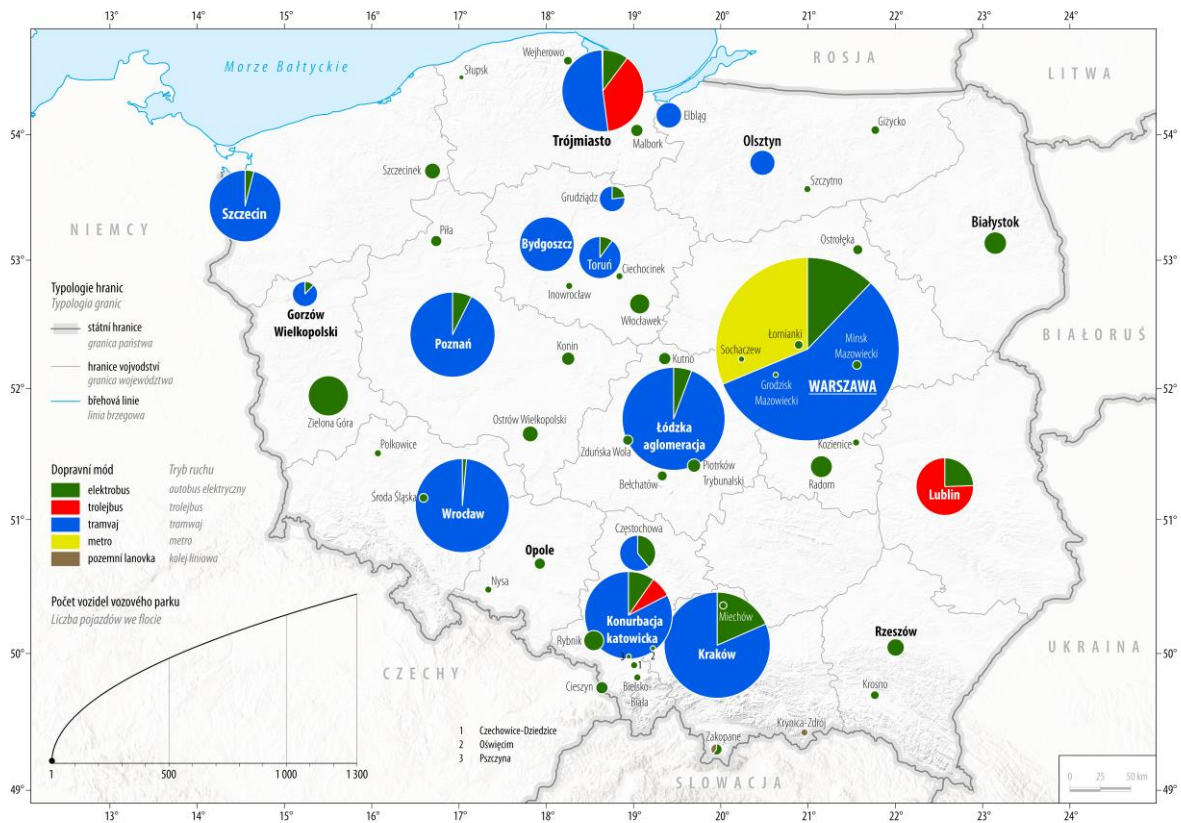
Obr. 15: Hustota elektrického vozového parku MHD v Maďarsku k 31. 3. 2024

6.3 Vozový park v Polsku

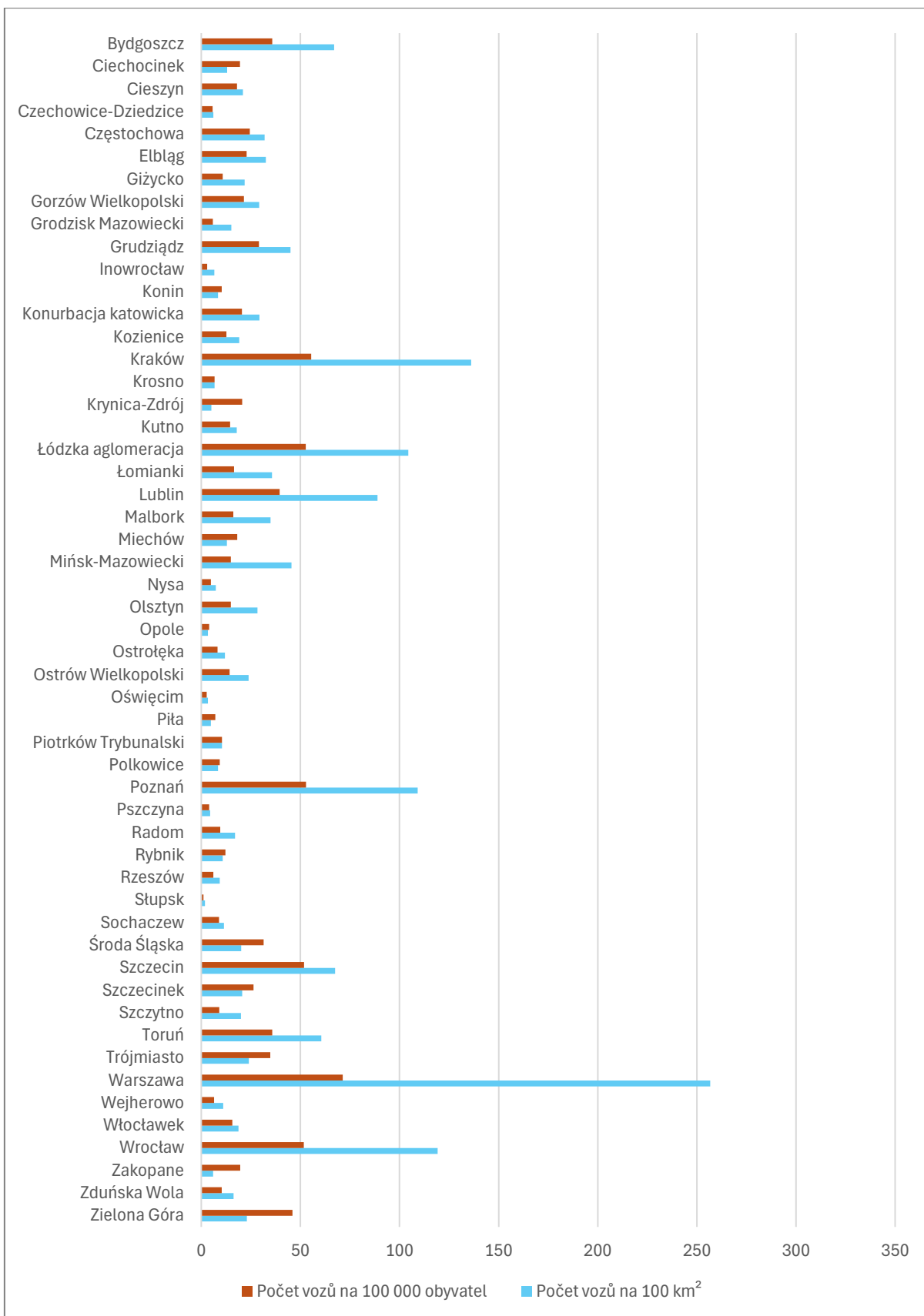
Zejména díky rozloze a vhodným podmínkám reliéfu ve svých městech je Polsko poseté mnoha provozmi tramvají a elektrobusů. Z Obr. 16 je patrná nejhustější koncentrace provozů v jižní části Polska, Slezském vojvodství. Rozlohou i populačně největší městský komplex Katovická konurbace v sobě zahrnuje dominantní meziměstský tramvajový systém s 82% podílem na vozovém parku, oddělené provozování elektrobusů a trolejbusů. Dohromady spadá pod konurbaci 15 měst s elektrickým vozovým parkem (Katowice, Mysłowice, Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Czeladź, Będzin, Chorzów, Świętochłowice, Ruda Śląska, Zabrze, Bytom, Gliwice, Siemianowice Śląskie, Tychy, Jaworzno). Další významná konurbace se nachází na severu Polska. Tvoří ji tři města Gdaňsk, Gdyně, Sopoty (Trojměstí). Dopravní módy se s výjimkou trolejbusů mezi městy nepřekrývají. Podíly mezi zastoupením dopravních módů jsou ve srovnání s Katovickou konurbací vyrovnanější, navíc doplněné jedním vozidlem pozemní lanovky (51,7 % tramvaje; 37,7 % trolejbusy; 10,2 % elektrobusy; 0,4 % pozemní lanovka). Třetí interubánní integraci představuje Lodžská aglomerace. Na rozdíl od předchozích konurbací tvoří Lodž dominantní centrum vůči přilehlým městům Zgierz, Pabianice, Konstancinów Łódzki a Lutomiensk. Hlavní složkou vozového parku jsou s 94% podílem tramvaje. Po Praze druhého největšího provozovatele elektrických dopravních prostředků najdeme ve Varšavě (1 328 vozidel). Vedle absolutně nejvyššího počtu tramvají (752) je zde také největší koncentrace elektrobusů (161). Vysoké počty elektrobusů se vyskytují dále v Krakově (82) a Zelené Hoře (64). Když porovnáme hustoty na Obr. 17, opět vychází viditelná vazba mezi velikostí populace a vozového parku. Vzhledem k širšímu hodnocení

efektivitu je nutné zdůraznit, že hned 3 polská velkoměsta (Kielce, Płock, Koszalin) nedisponují jediným vozem elektrické MHD. Podobně na území Svatokřížského vojvodství není v současnosti jediné město s elektrickým provozem MHD. Za opačné příklady environmentální efektivity v městské dopravě můžeme uvést jednak středně velké podtatranské město Zakopane s provozem elektrobusů a pozemní městské lanové dráhy, jednak malé lázeňské město Krynica-Zdrój pod hranicí 10 000 obyvatel s dvěma vozy pozemní lanovky.

Naprostá většina elektrobusů a trolejbusů pochází z Polska (Solaris, Ursus). Nejvýznamnějším producentem moderních tramvají je polská PESA. Spolu se starým výrobcem Konstal se podílí na nejčastějším složení tramvajového vozového parku v polských městech.



Obr. 16: Distribuce a rozdělení elektrického vozového parku MHD v Polsku k 31. 3. 2024

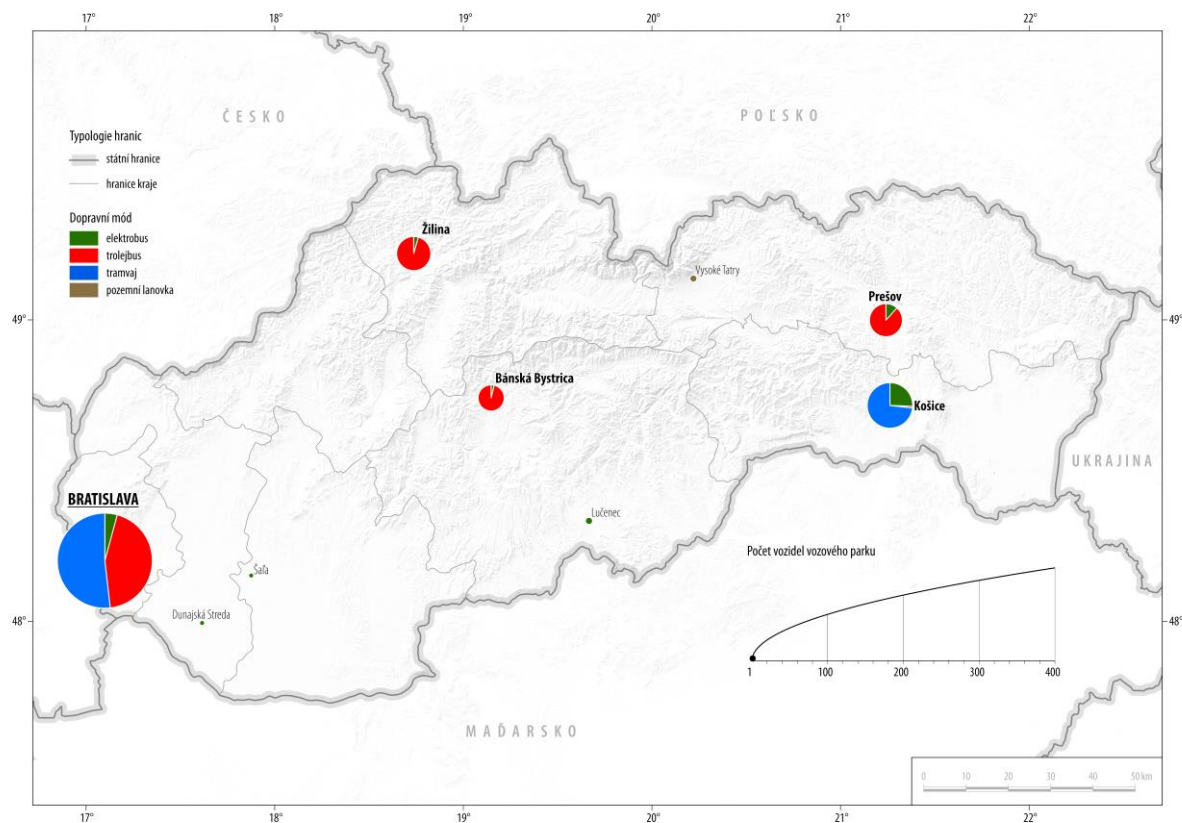


Obr. 17: Hustota elektrického vozového parku MHD v Polsku k 31. 3. 2024

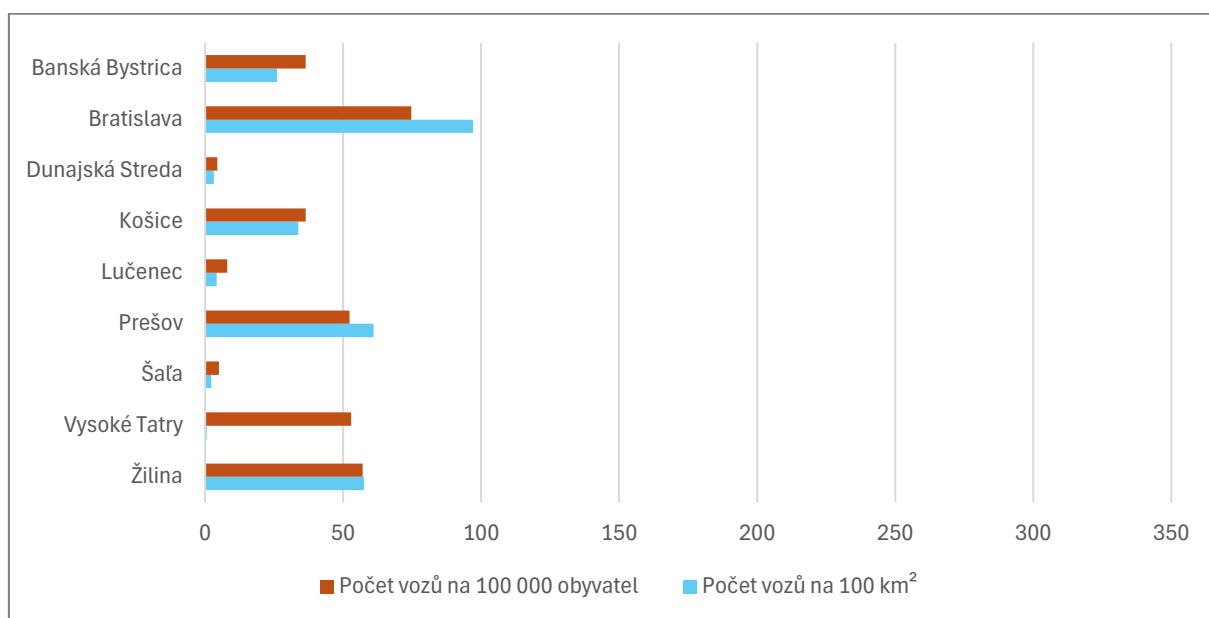
6.4 Vozový park na Slovensku

Distribuce elektrických dopravních prostředků ve slovenských městech je na první pohled z Obr. 18 značně nevyrovnaná. Populačně a administrativně významná města Nitra, Trnava a Trenčín nevyužívají žádné formy elektrické MHD. Naopak alespoň v minimálním rozsahu provozují elektrobusesy menší města Lučenec, Šaľa a Dunajská Streda. Specifickým příkladem je rozlohou rozsáhlá municipalita se statusem města Vysoké Tatry, kde jsou v provozu 2 vozy pozemní lanové dráhy mezi Starým Smokovcem a Hrebienkom. Více než 63 % elektrických vozidel MHD Slovenska se koncentruje v Bratislavě, která stejně jako Košice rozděluje svůj vozový park do tří dopravních módů (elektrobusesy, tramvaje, trolejbusy). Košický dopravní podnik stále eviduje poslední vůz trolejbusu Škoda 15Tr, díky kterému lze řadit Košice k jednomu z pěti trolejbusových provozů. Podle aktualizované dopravní strategie město navíc plánuje další rozvoj trolejbusové dopravy (CS-Dopravak, 2022). Všechny tramvaje a trolejbusy pochází od českých producentů (Škoda, SOR, Tatra, Vario). Struktura typů elektrobusesů zahrnuje české značky SOR a Škoda Perun, domácího výrobce Rošero s provozem v Lučenci Rošero, maďarskou značku Modulu provozovanou v Dunajské Strede a polského výrobce Solaris. Jak je znázorněno na Obr. 19, hustota vozového parku se u krajských měst pohybuje okolo 50 vozů na rozlohu i populaci. Miniaturní provozy v nejmenších městech dosahují necelé desetiny. Město Vysoké Tatry se svým rozpětím stonásobného rozdílu hustot zcela vymykají. Příčinou je extrémně nízká hustota zalidnění, přibližně 10 obyvatel na km².

Do elektrického vozového parku jsme nezařadili sezónně turistický provoz na lokální elektrifikované železniční trati Trenčianska elektrická železnica (TREŽ), ani Tatranské elektrické železnice (TEŽ), které svým charakterem provozu neodpovídají městské dopravě.



Obr. 18: Distribuce a rozdělení elektrického vozového parku MHD na Slovensku k 31. 3. 2024



Obr. 19: Hustota elektrického vozového parku MHD na Slovensku k 31. 3. 2024

7 Příkladová studie I: Konektivita centrálních zastávek (Brno, Bratislava, Košice, Ostrava, Plzeň)

7.1 Metodika

Podrobné mapové vrstvy elektrických drážních sítí MHD lze kromě analýzy prostorové distribuce, délky a hustoty využít také pro komparaci konektivity centrálních zastávek s vrcholovými obratišti sítí. Jako reprezentativní vzorek využíváme 3 česká města (Brno, Ostrava, Plzeň) a 2 slovenská města (Bratislava, Košice). Z pohledu drážní infrastruktury spojuje pětici těchto měst bimodální elektrický trakční systém trolejbusů a tramvají. V rámci Visegrádské skupiny se s kombinací trolejbusů a tramvají setkáme ještě v Budapešti, Debrecenu, Praze a Szegedu.

Když rozebereme význam komparace konektivity centrálních zastávek s vrcholovými obratišti sítí, centrální zastávkou myslíme nejvytíženější zastávku z hlediska počtu obsluhovaných spojů a linek. Drážní síť se skládá z liniových úseků mezi zastávkami, manipulačních úseků spojujících veřejnou část sítě s depem (vozovnou) a obratišti. Pod pojmem obratiště si můžeme představit jakékoliv místo v rámci sítě, kde se může vozidlo obrátit, pokračovat v opačném směru, či být dočasně odstaveno. Za účelem jednodušší aplikovatelnosti metodiky efektivity sítí a obratišť pracujeme pouze s veřejně přístupnou částí sítě, tedy bez vozoven a ostatních úseků na soukromém pozemku.

V naší studii přicházíme s novým rozdělením obratišť, na vrcholové a ostatní. Konkrétní parametry obratišť se liší v závislosti na dopravním módu. Metro a lanové dráhy jsou typické duálním zakončením každé provozované linky s možnými odstavnými úseky mezi stanicemi. Složitější bývá situace u tramvajových a trolejbusových trakčních sítí. Za vrcholové obratiště považujeme všechny točny, smyčky a úvratě, které splňují následující dvě podmínky.

- 1) Na obratiště nenavazuje v rámci stejné ulice další trakční vedení (trolejbusové či tramvajové), včetně kruhových objezdů a obratišť na hlavní ulici. Výjimku představují obratiště s rozvětveným trakčním vedením.
- 2) Obratiště zahrnuje maximálně 3 různojmenné zastávky.

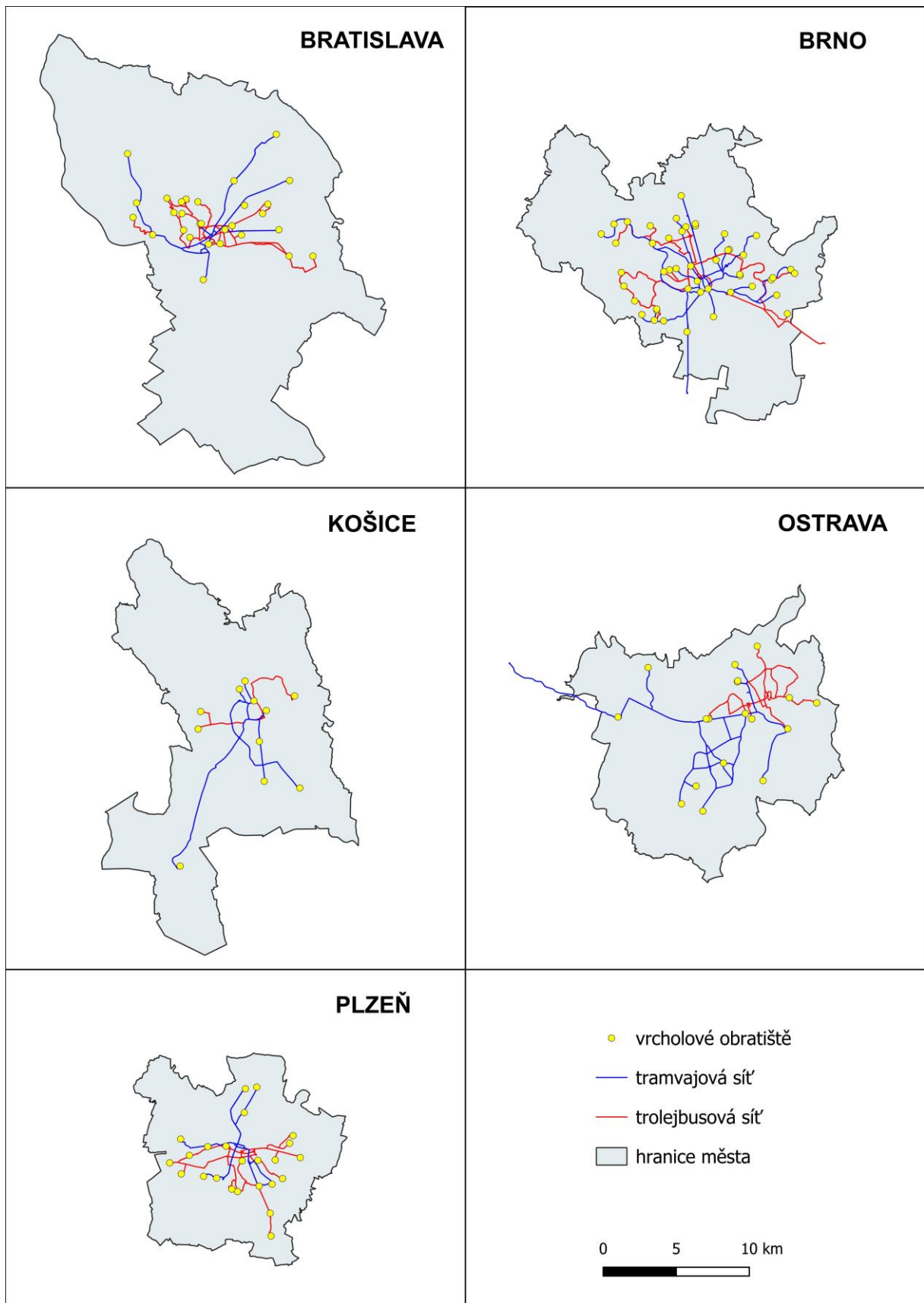
První podmínka vylučuje všechna obratiště, která nejsou oddělena od zbytku sítě, a zároveň neumožňují obrat více oddělených vozidel najednou. Druhé omezení se dotýká délkou rozsáhlejších obratových úseků, kde není jasné, zda se jedná o obratiště, nebo jen krátkou okružní trať oddělenou od zbytku sítě. Limit tří různojmenných zastávek byl zvolen empiricky tak, aby umožnil jednoznačné vymezení a zahrnoval běžně chápaná obratiště. Maximální délka obratiště se pohybuje okolo 1 km. Vrcholová obratiště lze charakterizovat v zjednodušeném vyjádření jako vrcholy mezi hranami v grafu. Vyšší počet obratišť vůči délce sítě a jejich rovnoměrné zastoupení v různých částech sítě zaručují lepší flexibilitu jak v běžném, tak omezeném provozu při rekonstrukcích a uzavírkách. Obvykle se s více obratišti setkáme ve složitých radiálních sítích s paprskovitě

vybíhajícími linkami z centra a mnoha konečnými zastávkami. Naopak spíše méně obratišť bývá spojeno s převahou okružních a osových linek.

Široce chápaný termín konektivity používáme v kontextu naší studie jako míru efektivní propojenosti centra (centrální zastávky) s významnými body v síti (vrcholovými obratišti). Efektivitu měříme pomocí pěti vybraných ukazatelů:

- 1) počet vrcholových obratišť na 100 km sítě
- 2) rozdíl (absolutní a procentuální poměr) vzdušné a síťové vzdálenosti mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm
- 3) nejvyšší cestovní rychlost (km/h) mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm v rámci příslušného IDS (Integrovaného dopravního systému)
- 4) míra využití dopravního módu podle zkoumané sítě (tramvaje, či trolejbusu) při nejrychlejším dopravním spojení v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm (0 = nevyužití, 0,5 = částečné využití, 1 = kompletní využití)
- 5) počet přestupů při nejrychlejším dopravním spojení v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm

Nejvyšší cestovní rychlost počítáme jako poměr nejmenší možné vzdálenosti (vzdušnou čáru) a nejkratšího možného času nutného k přepravě v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm. Síťovou vzdálenost nelze univerzálně aplikovat z důvodu některých nepropojených úseků a odlišným trasám ostatních módů IDS. Jak je zřejmé z Obr. 20, hustota sítí se přímo odvíjí od katastrálního vymezení města. V případě Bratislavy a Košic je rozloha relativně naddimenzovaná a výrazně tak zkresluje výslednou efektivitu rozmístění sítě. Dalším fenoménem jsou přesahy sítí za hranice města. Ostrava s tramvajemi a Brno jak s tramvajemi i trolejbusy rozšiřují příměstská spojení IDS. Naše studie se dotýká pouze administrativně vymezeného prostoru měst, proto tyto přeshraniční úseky zcela pomíjíme. Data o sítích, zastávkách a rychlosti spojů čerpáme výhradně z kombinace veřejných zdrojů OSM (2024) a jízdních řádů příslušných IDS a dopravních podniků (IMHD Bratislava, 2024; IDSJMK, 2024; IMHD Košice, 2024; ODIS, 2024; PMDP, 2024).



Obr. 20: Distribuce tramvajových a trolejbusových sítí spolu s vrcholovými obratišti s katastrálním vymezením zkoumaných měst k 31. 3. 2024

7.2 Výsledky

Pro každé zkoumané město jsme zpracovali přehledný mapový výstup, který obsahuje zvláště pro tramvajovou a trolejbusovou síť výčet vrcholových obratišť, centrální zastávku, jejich distribuci a vzájemnou polohu, viz Obr. 21–25. Z ukazatelů konektivity je znázorněn ten nejvýznamnější, nejvyšší cestovní rychlosti (km/h) mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm v rámci příslušného IDS (Integrovaného dopravního systému). Pro názornější srovnání sítí jsme rovněž doplnili atribut pořadí obratišť podle nejvyšší rychlosti napříč všemi městy a sítěmi. Celkem jsme vymezili 131 vrcholových obratišť (61 tramvajových a 70 trolejbusových).

V Bratislavě se bimodální elektrická drážní síť skládá z 40 km tramvajových a 49,8 km trolejbusových tratí. Podle počtu obratišť na 100 km délky sítě vychází trolejbusový subsystém (40,2) téměř dvojnásobně lépe než tramvajový (22,5). Průměrný 88,1% poměr vzdušné a síťové vzdálenosti umísťuje bratislavské tramvaje na první pozici v rámci všech zkoumaných sítí. V průměrné rychlosti se síť navzájem příliš neliší, ačkoliv mezi Hodžovým náměstím a obratištěm Prokopa Velkého evidujeme nejvyšší cestovní rychlost (32,2 km/h) ze všech 131 obratišť. Míra využití příslušného dopravního módu je v obou případech nadprůměrná. Z hlediska počtu přestupů je na tom hůře trolejbusová síť, zejména kvůli dvěma vrcholovým obratištím (Riviéra, Dlhé diely), které spolu s krátkým úsekem tvoří izolovanou část sítě a s centrální zastávkou jsou propojeny pouze kombinací autobusových a tramvajových linek. Nejhorší tramvajové propojení představují Zlaté Piesky, kde je potřeba při cestě z nebo na Náměstí SNP využít dva přestupy.

Brno disponuje ze zkoumaných měst nejrozsáhlejší sítí jak tramvaj (76,5 km), tak trolejbusů (69,2 km). Relativní počet obratišť na 100 km délky sítě je nicméně, navzdory absolutně nejvyšší délce i nejvyššímu počtu obratišť, v obou případech nižší než u bratislavských trolejbusů. Průměrné rychlosti (16,7 km/h u tramvaj; 14,6 km/h u trolejbusů) patří spíše k pomalejším spojením. Významnější rozdíly mezi oběma sítěmi spočívají zejména ve využití příslušného módu a poměru mezi vzdušnou a síťovou vzdáleností. Pokud se budeme chtít přemístit z centrální zastávky Česká ke konkrétním obratištím co nejrychleji, ve většině případů upřednostníme tramvajový mód, případně jednu z kombinací tramvaje, trolejbusu a autobusu. Jedno z nejvzdálenějších trolejbusových obratišť Slatina, sídliště je navíc nejrychleji dostupné až se dvěma přestupy.

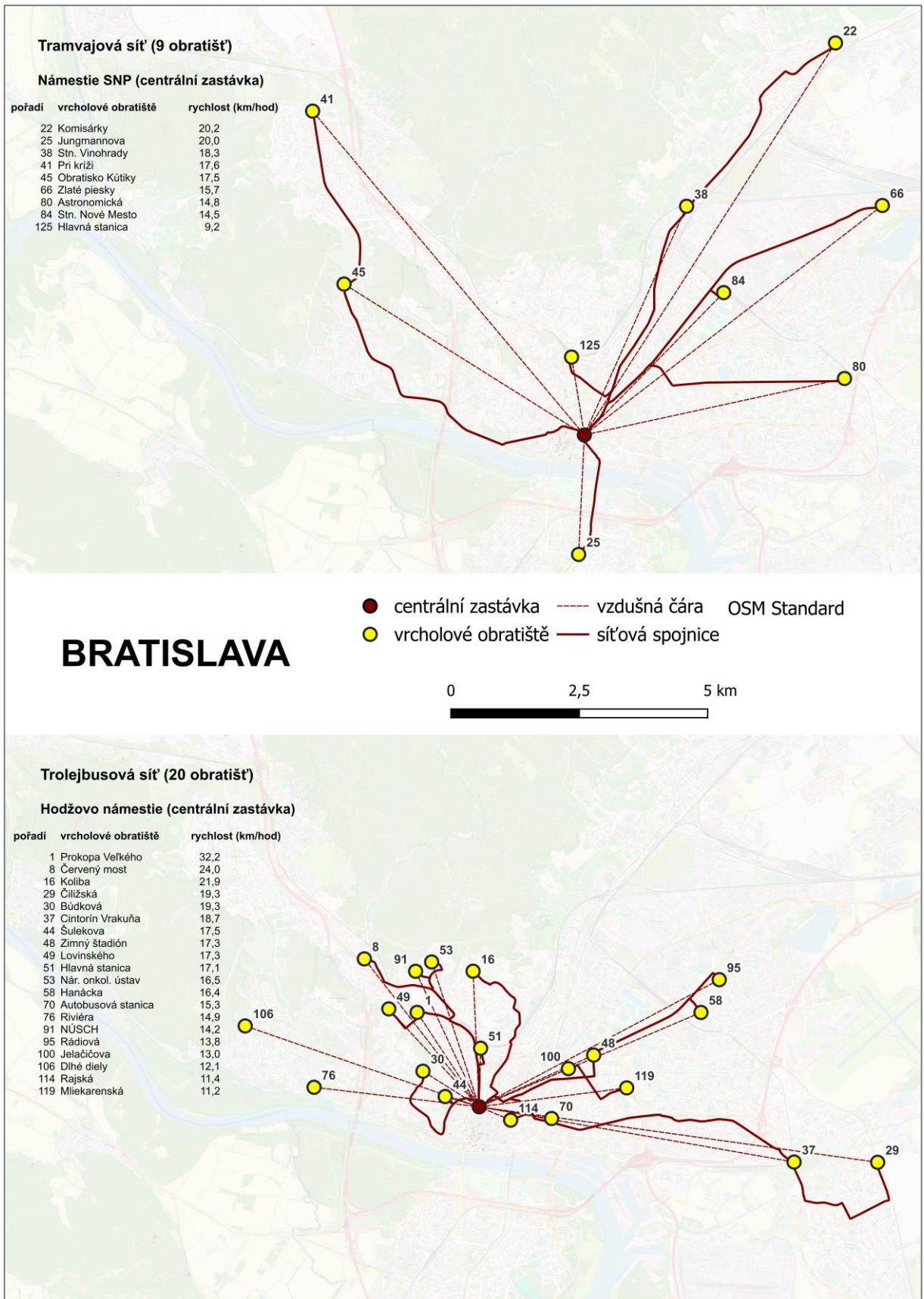
Rozsahem nejmenší bimodální síť v Košicích je zajímavá v kontrastech svých mezních hodnot. Na jedné straně se jedná o průměrně nejrychlejší propojenost obratišť s centrální zastávkou (20,9 km/h u tramvaj; 18,7 km/h u trolejbusů). V rámci pořadí vrcholových obratišť zde najdeme v tramvajové síti hned 4 z 10 nejrychlejších spojení v rámci všech zkoumaných měst. Obratiště Ryba vykazuje s 97 % druhý nejvyšší poměr vzdušné a síťové vzdálenosti. Pozitivním výsledkem je rovněž téměř maximální využití tramvajového módu a nulová potřeba přestupů. Při pohledu z opačného konce zaujme vůbec nejnižší poměr vzdáleností (56,6 %) u tramvajového obratiště Náměstí Maratonu Míru. Ještě větší

kontrast představuje celá trolejbusová síť, která je sice dosud opatřena trakčním vedením, ale místo trolejbusů nasazuje dopravní podnik už několik let náhradní autobusy.

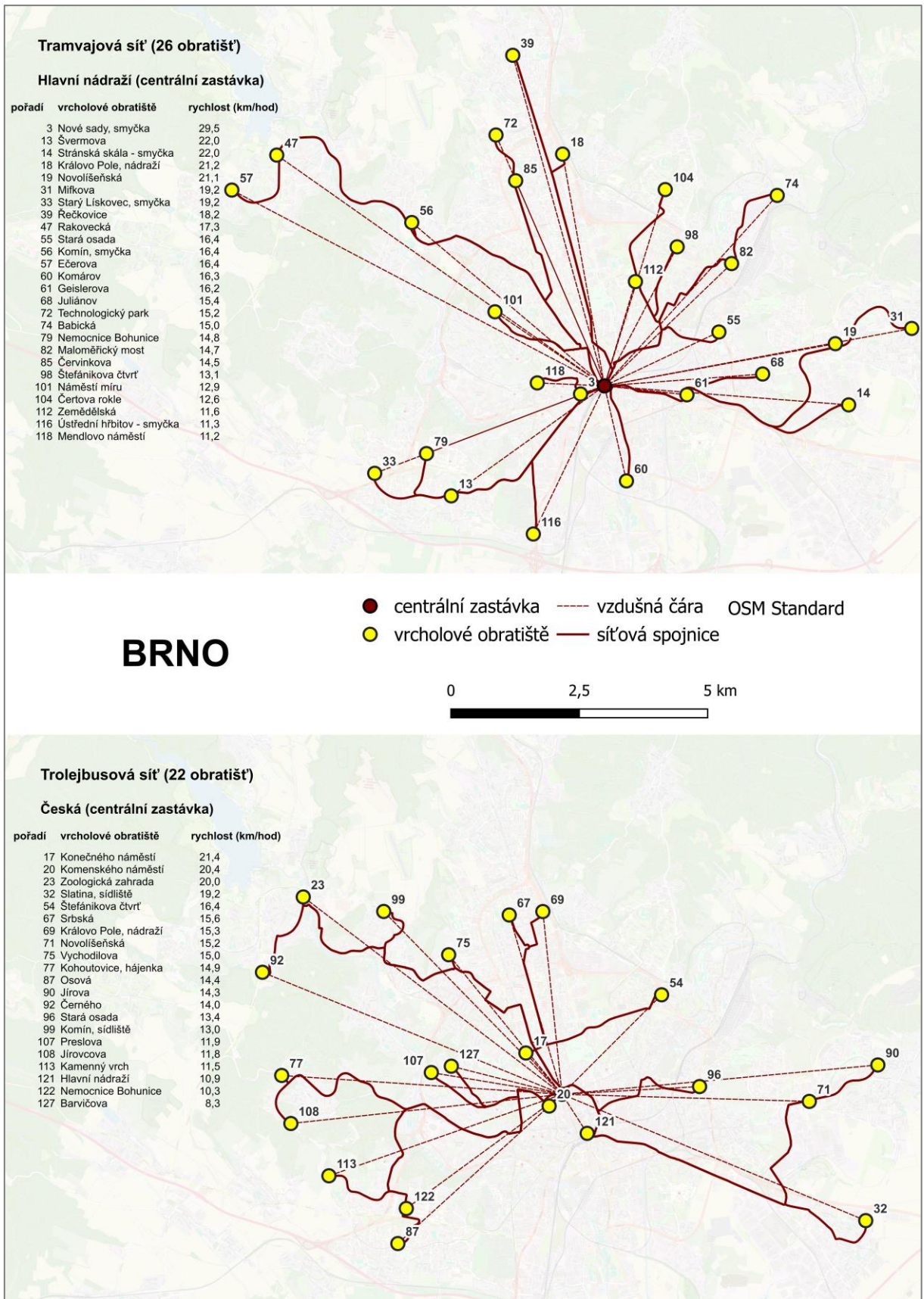
Ostravský systém svým nízkým počtem obratišť, zvláště u tramvají (pouze 16,7 obratišť na 100 km délky sítě; 22,5 trolejbusy), je relativně méně flexibilní. Kompenzuje to však vyššími poměry mezi vzdušnou a sítovou vzdáleností (např. 97,8% tramvajové obratiště Hulváky). Vyšší poměry znamenají i vyšší průměrné rychlosti tramvajových spojení, což odpovídá 3 z 12 nejrychlejších spojení mezi obratištěm a centrální zastávkou ze všech sítí. Hlavní výhodou je maximální možné využití tramvajového módu a s výjimkou obratiště Zábřeh bez nutných přestupů. Trolejbusová síť ve všech ukazatelích kromě počtu obratišť vůči délce podstatně zaostává, mj. u poloviny spojení je nutný alespoň jeden přestup.

Populačně nejmenší město Plzeň, s výjimkou nejvyššího počtu trolejbusových obratišť vůči délce sítě (40,8), se svými výsledky ukazatelů řadí spíše k podprůměrné efektivitě konektivity sítě. Procentuální poměry vzdáleností vychází v průměru lépe u tramvají, trolejbusy však disponují největším rozpětím hodnot mezi nejnižším (40 % Petrohrad) a nejvyšším poměrem (93,5 % Zátiší). Průměrná rychlost (13,9 km/h) trolejbusových spojení znamená vůbec nejnižší hodnotu ze všech sítí. Za výrazně negativní výsledek lze také považovat vyšší míru nutných přestupů. Paradoxně ale při nejrychlejších spojích zůstává nejvhodnější variantou využití příslušného dopravního módu, tedy výhradně trolejbusu, nebo tramvaje.

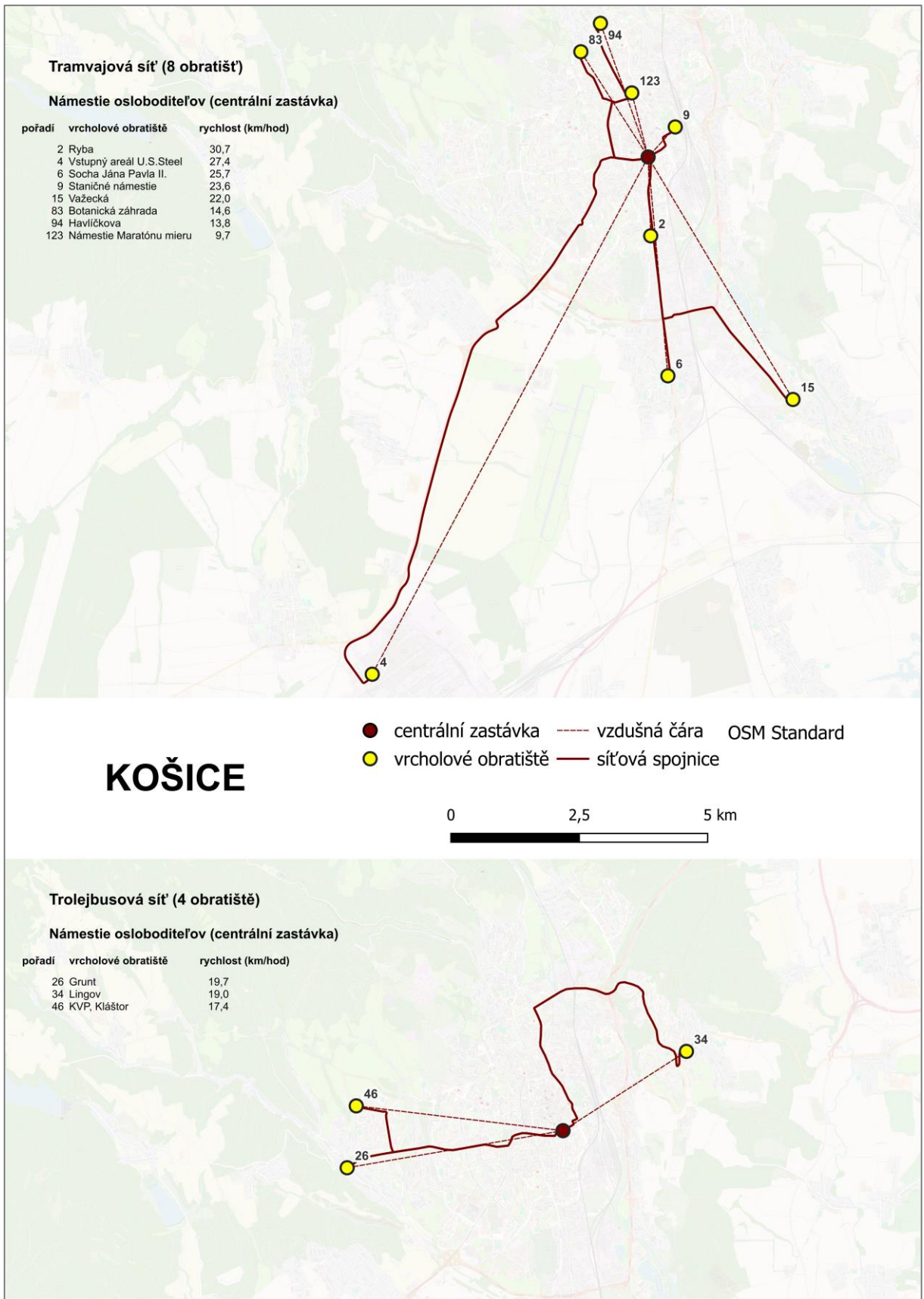
Pokud shrneme výše uvedené výsledky, nelze jednoznačně určit nejefektivnější míru konektivity ani vhodnost dopravního módu u zkoumaných měst. Díky komplementárnímu charakteru vybraných indikátorů ovšem můžeme vyhodnotit dílčí nedostatky, a naopak výrazná pozitiva konkrétních parametrů s možným zacílením na optimalizaci stávající sítě. Metodický systém a význam jednotlivých zkoumaných aspektů jsou volně přenositelné na libovolné město s elektrickou dráží a trakčním vedením.



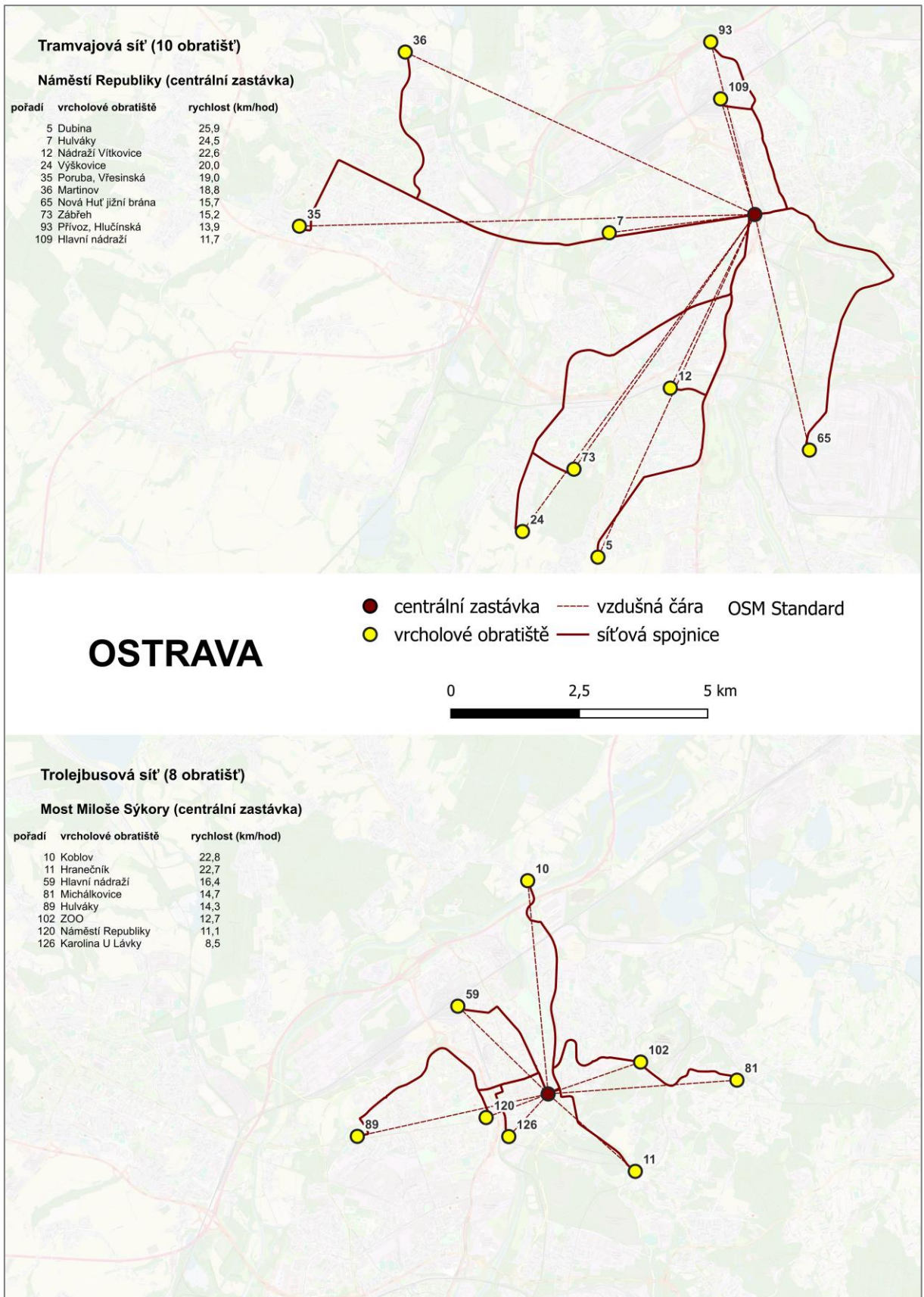
Obr. 21: Distribúcia a pořadí vrcholových obratišť tramvají a trolejbusů v Bratislavě podle nejrychlejšího spojení (km/hod) mezi obratištěm a centrální zastávkou k 31. 3. 2024



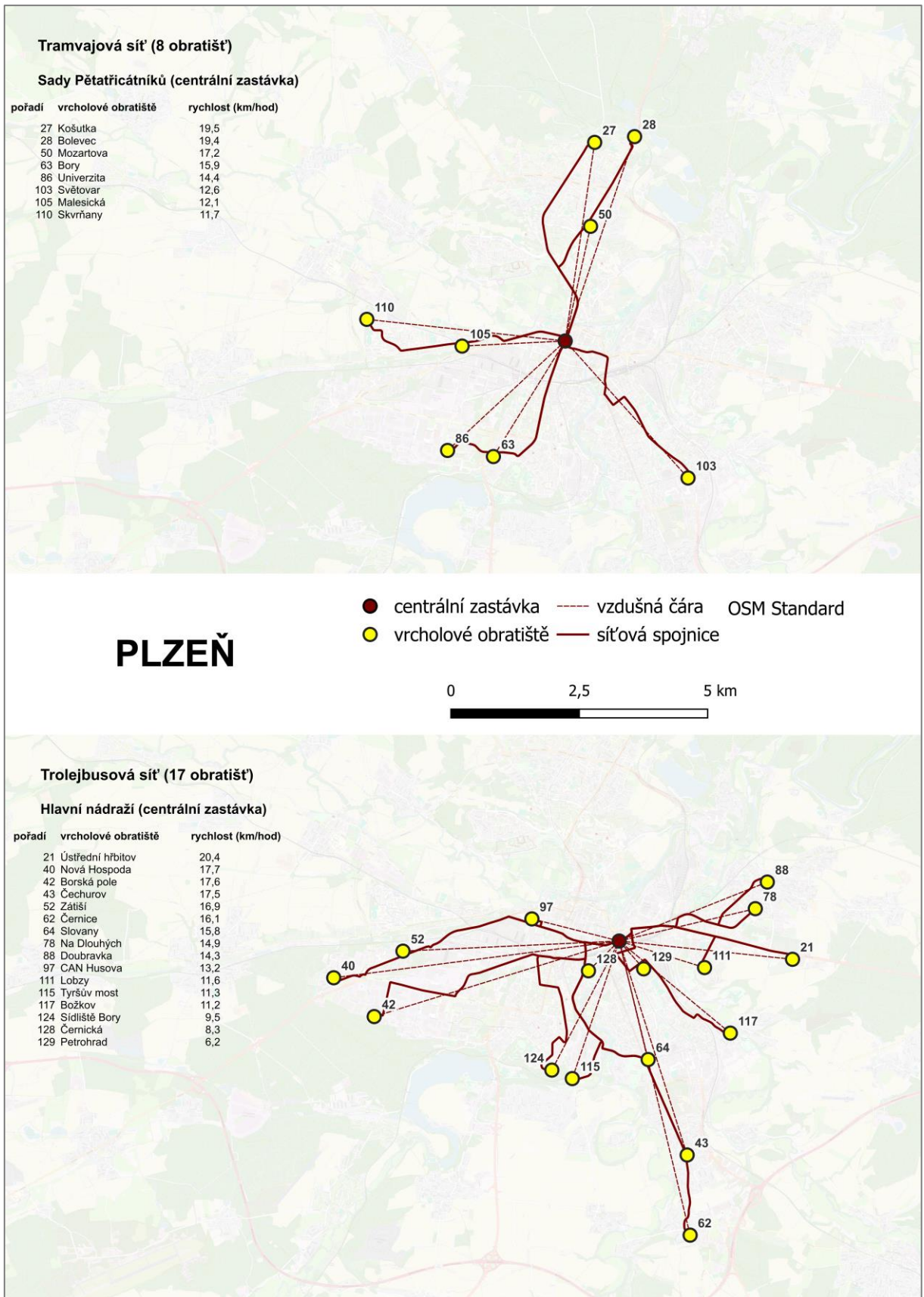
Obr. 22: Distribuce a pořadí vrcholových obratišť tramvají a trolejbusů v Brně podle nejrychlejšího spojení (km/hod) mezi obratištěm a centrální zastávkou k 31. 3. 2024



Obr. 23: Distribúcia a poradi vrcholových obratišť tramvají a trolejbusů v Košicih podľa najrychlejšieho spojení (km/hod) medzi obratišťem a centrálnou zastávkou k 31. 3. 2024



Obr. 24: Distribuce a pořadí vrcholových obratišť tramvají a trolejbusů v Ostravě podle nejrychlejšího spojení (km/hod) mezi obratištěm a centrální zastávkou k 31. 3. 2024



Obr. 25: Distribuce a pořadí vrcholových obratišť tramvajů a trolejbusů v Plzni podle nejrychlejšího spojení (km/hod) mezi obratištěm a centrální zastávkou k 31. 3. 2024

8 Příkladová studie II: Prostorovo-časová efektivita MHD (Miskolc, Pécs, Szeged)

8.1 Charakteristika území

Vzhledem k dostupnosti dat GTFS v Maďarsku a srovnatelné velikosti obyvatel byla pro srovnání vybrána tři města: Miskolc, Pécs a Szeged. Podle Maďarského statistického úřadu (KSH, 2023) měla k 1. lednu 2021 tato města následující počty obyvatel: 159 074 (Szeged), 150 695 (Miskolc) a 140 237 (Pécs). V žebříčku největších maďarských měst obsazují třetí, čtvrté a páté místo.

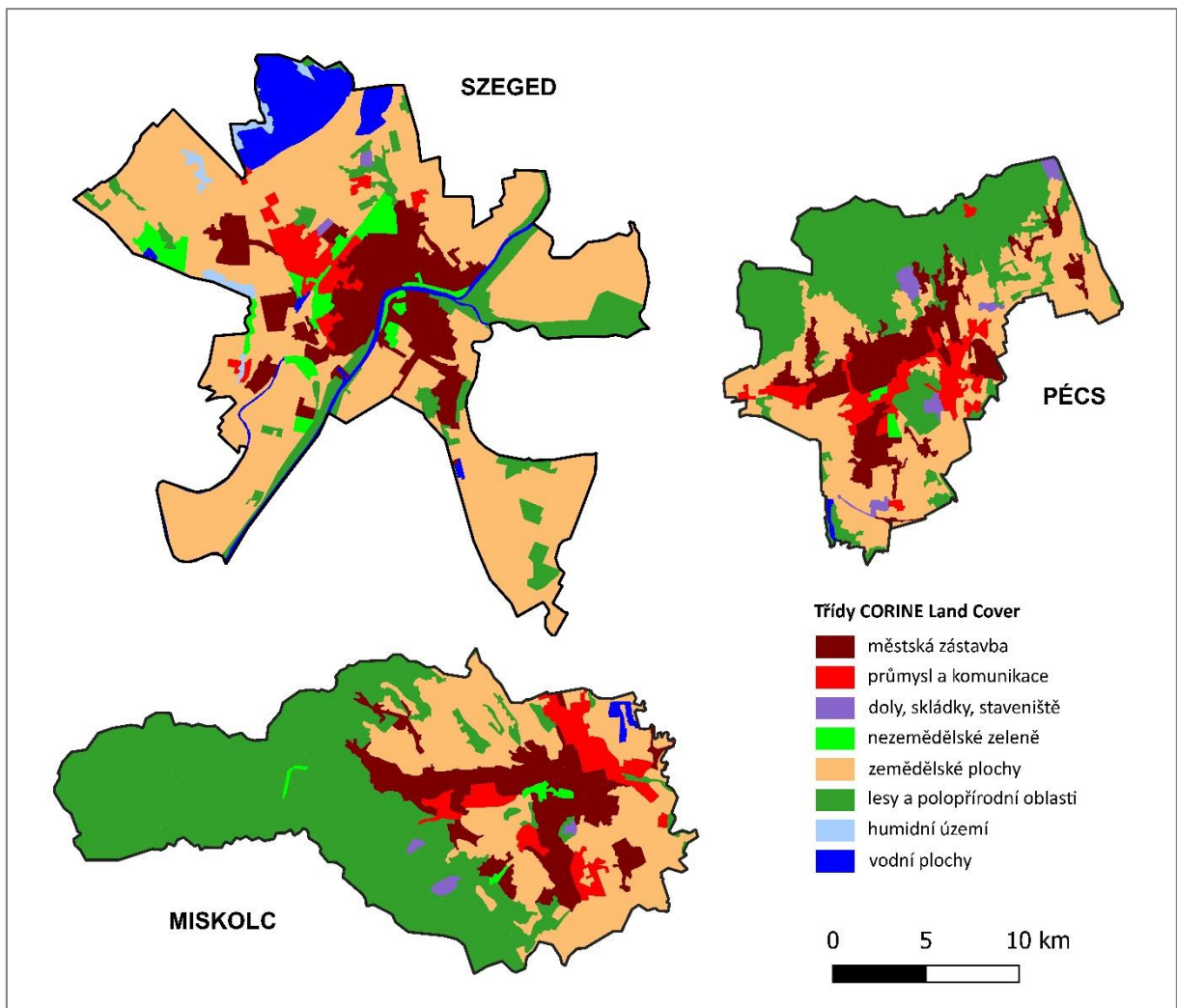
Pokud jde o veřejnou dopravu, města se výrazně liší v struktuře dopravních módů. V Pécsi je v současnosti v provozu pouze autobusová síť. Na území Miskolce existuje autobusová a v malém rozsahu i tramvajová síť a konečně v Szegedu jsou využívány autobusy, trolejbusy a tramvaje. Výběr těchto tří měst pro analýzu tak odráží tři časté kombinace módů veřejné dopravy. Přehled základních atributů vybraných měst a jejich veřejné dopravy je uveden v Tab. 5. Počet zastávek je v naší studii chápán jako počet bodů s unikátním názvem, tedy sloučení všech směrů. Zároveň počet linek odpovídá počtu rozdílných obousměrných tras.

Tab. 5: Základní charakteristiky vybraných měst a jejich MHD k roku 2021

Město	Populace	Rozloha (km ²)	Délka sítě (km)	Mód	Počet zastávek	Počet linek
Szeged	159 074	281,0	132,2	A, T, O	290	48
Miskolc	150 695	236,7	164,7	A, T	263	46
Pécs	140 237	162,8	153,4	A	265	75

Mód: A = autobusy, T = tramvaje, O = trolejbusy

Kromě informací o populaci, rozloze a dopravní síti je nutné také popsat charakter měst z hlediska distribuce hlavních tříd využití území. Pro jednodušší metodickou přenositelnost pracujeme s bezplatným mezinárodním zdrojem mapové geodatabáze CORINE Land-Copernicus (2022). Nejaktuálnější verze pochází z roku 2018. Z Obr. 26 je zřejmé, že rozmanitá kompozice krajiny významně rozlišuje podmínky pro fungování a dostupnost dopravní infrastruktury. Zatímco zemědělské oblasti dominují na území města Szeged, v Pécsi a Miskolci převládají převážně lesy a polopřirozené oblasti. Urbanizované plochy pak tvoří hlavní městská centra a tím i nejhustější koncentrace dopravní sítě. Samozřejmě potřeba dopravních spojení není spojena pouze s městskou zástavbou, ale vyskytuje se v téměř jakékoli třídě využití ploch, kde existuje nějaká forma bydlení, pracovní lokalita, turistické atrakce a jiné služby. Například v Miskolci zasahuje síť MHD relativně daleko za hranice typických městských ploch až do centra Národního parku Bükk, v Pécsi zase síť linek spojuje odlehlá místa průmyslové těžby s centrem města. Naopak v Szegedu téměř neexistuje oblast mimo hlavní centrum s přilehlými čtvrtěmi, kde by se vyskytovaly funkce bydlení, práce či turismu. Město tak disponuje rozsáhlými plochami bez dopravní obslužnosti, což výrazně zkresluje směrodatnou hustotu sítě vůči rozloze města.



Obr. 26: Distribuce hlavních tříd krajinného pokryvu z roku 2018

8.2 Metody analýzy a GTFS

Metodika je založena na čtyřech hlavních typech veřejně dostupných zdrojů. Základním zdrojem je maďarský statistický úřad (KSH, 2023), který poskytuje vstupní data pro analýzu celkové populace a rozlohy administrativně definovaných jednotek. Významná část dat pro většinu dopravních aspektů vychází z databáze GTFS souborů maďarských měst (Transitfeeds, 2021). Každé město obsahuje data od jiného poskytovatele, Szeged (DAKK), Miskolc (MVKZRT), Pécs (Biokom).

Jízdní řády GTFS ve formátu CSV souborů slouží pro efektivní a přesný výpočet aspektů frekvence, času a konektivity. Primární data od samotných dopravních podniků jsou poté použita jako zdroj pro aspekt kapacity vozidel a potenciální doplnění zdroje souborů GTFS. Dopravní podniky v těchto případech vždy spravují celou síť veřejné dopravy, Szeged (SZKT, 2021), Miskolc (MVKZRT, 2021), Pécs (Tüke Busz, 2021). Ve srovnání s pravidelně aktualizovanými daty z GTFS se jedná o relativně méně spolehlivé zdroje kvůli různým přístupům ke sběru a selektivnímu zveřejňování dat. Prostorová analýza formou mapové vizualizace dále umožňuje detailní obraz četnosti a vytíženosti zastávek. Podobně jako v případě CORINE Land Cover i zde pracujeme s univerzálním zdrojem

bezplatných mapových vrstev OSM (OpenStreetMap). Všechna použitá data pochází z období před koncem července 2021.

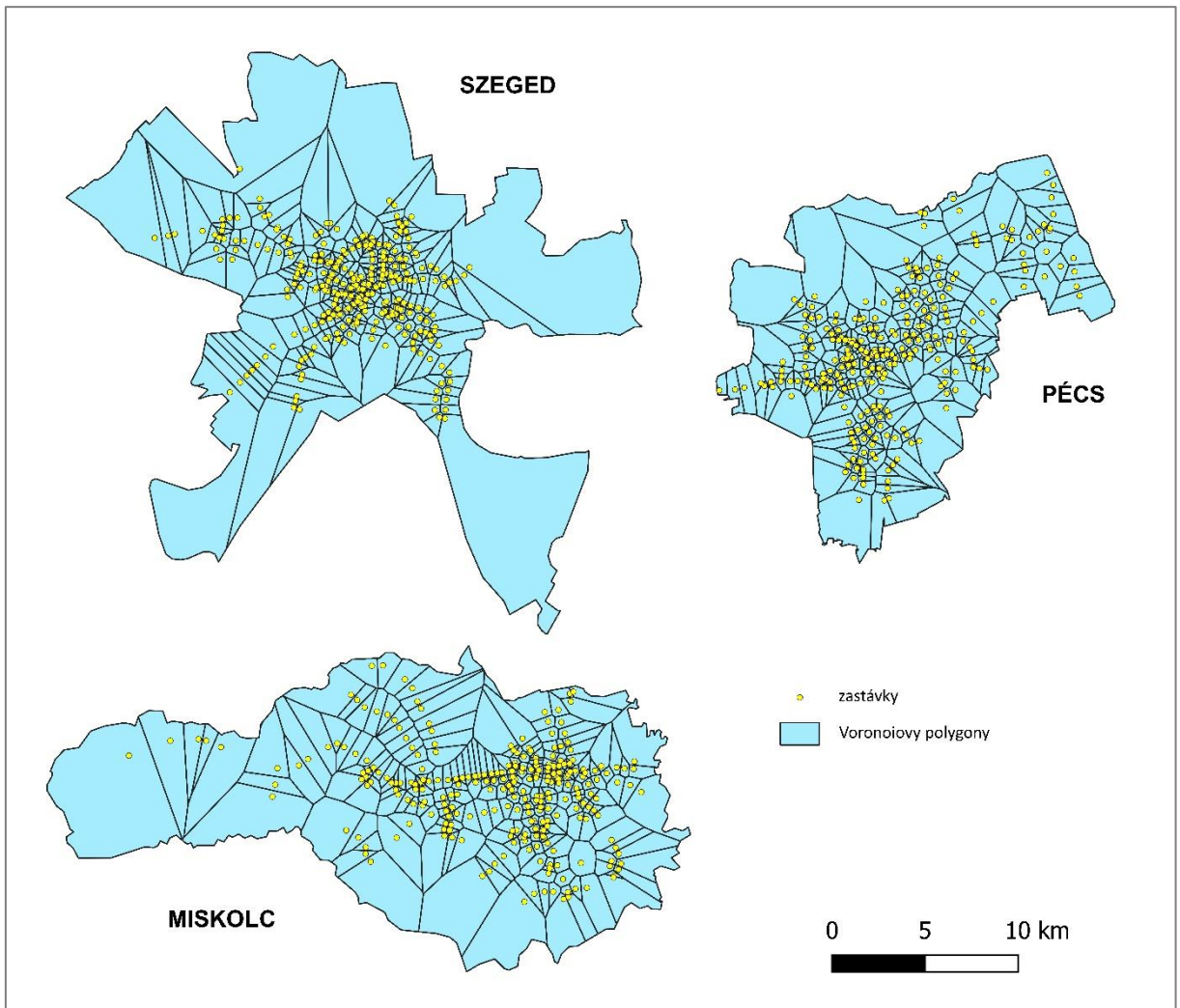
Hlavní metodická část sestává z osmi ukazatelů, které poskytují jak absolutní, tak relativní hodnoty pro šest hlavních prostorových a časových aspektů efektivity MHD na základě pouze veřejných zdrojů. Indikátory porovnávají efektivitu ve smyslu dostupnosti, konektivity, hustoty, frekvence, kapacity a rychlosti. Úplný seznam zkoumaných ukazatelů uvádí Tab. 6. Formy ukazatelů byly empiricky navrženy a aritmeticky upraveny tak, aby jejich hodnoty dosahovaly rozsahu od 0 do 200. Smysluplné porovnatelnosti mezi různými výsledky bylo dosaženo standardizací podle modifikované Bennetovy metody. Jedná se o součet relativních odchylek (procent) od průměrných hodnot za každý ukazatel. Kromě ukazatelů 3 a 5 jsou všechny ostatní založeny na kombinaci veřejných zdrojů z GTFS a dopravních podniků. Nejvýznamnější aspekt dostupnosti je zastoupen ukazatelem 5, jenž měří rozdíly ve velikosti nedostupných oblastí pomocí metody Voronoiových (též Thiessenových) polygonů. Jeho rozsah hodnot je ovlivněn procentuálním rozdílem, tj. od 0 do 100.

Tab. 6: Seznam osmi využitých indikátorů s příslušnými aspekty

Číslo	Indikátor	Aspekt
1	Průměrný počet spojení ze zastávky během pracovního dne na 100 000 obyvatel	F
2	Průměrný počet spojení ze zastávky během soboty, neděle, nebo svátku na 100 000 obyvatel	F
3	Hustota sítě MHD vůči populaci a rozloze	H
4	Vážený průměr kapacity vozového parku	K
5	Procentuální rozdíl 10. percentilu největších Voronoiových polygonů vůči rozloze města	D
6	Počet linek na 100 zastávek	C
7	Průměrný počet spojení (libovolný den) na počet linek	F, C
8	Průměrná rychlost (km/h) na provozovaných linkách	R

Aspekt: F = frekvence, H = hustota, K = kapacita, D = dostupnost, C = konektivita, R = rychlost

Metoda Voronoiových polygonů (také Voroného diagram) funguje na principu rozdělení prostoru podle vzdáleností mezi danou sadou bodů (zastávek) tak, že každý bod spadá do vymezeného území (polygonu), jehož hranice jsou vždy určeny polovinou vzdálenosti mezi každým bodem. Ilustrace takového rozdělení na příkladu všech zkoumaných měst se zastávkami je zobrazena na Obr. 27. Výsledné rozdělení ovlivňuje hustota zastávek a jejich rozložení v administrativních hranicích města. Pravidelněji umístěné zastávky znamenají méně nadprůměrných polygonů, přičemž optimální stav dostupnosti odpovídá rovnoměrné rozloze vymezených ploch. Je však důležité poznamenat, že důležitým parametrem je rovněž míra arbitrárnosti vymezení hranic města s ohledem na charakter osídlení a potřeby občanů.



Obr. 27: Rozdělení měst do Voronoiových polygonů podle zastávek MHD k roku 2021

8.3 Výsledky

Výpočty jednotlivých ukazatelů získáváme jasný obraz distribuce hodnot pro zkoumané dopravní aspekty. Stručná statistika této distribuce je uvedena v Tab. 7. Aspekt kapacity průměrného vozidla nejlépe popisuje rozdíl v používání různých kombinací dopravních módů. Relativně nejvýznamnější odchylka od průměru je spojena se syntetickým ukazatelem číslo 7. Vysvětlení spočívá v jeho ambivalentním významu. Čím vyšší je konektivita ve formě více linek, tím vychází menší počet spojení na linku, což znamená, že není možné mít zároveň nadprůměrnou frekvenci spojení a konektivity pro lepší relativní výsledek. Aspekt průměrné rychlosti na provozovaných linkách, zahrnutý v posledním ukazateli, se od průměru odchyluje jen minimálně díky podobným vlastnostem dopravní infrastruktury a velikosti zkoumaných měst. Mapová vizualizace absolutních hodnot počtu spojení na zastávkách v rámci Obr. 28 doplňuje první dva frekvenční ukazatele a třetí hustotní ukazatel podrobným prostorovým rozložením a upřesněním rozdílů mezi jádrem a periferními částmi měst.

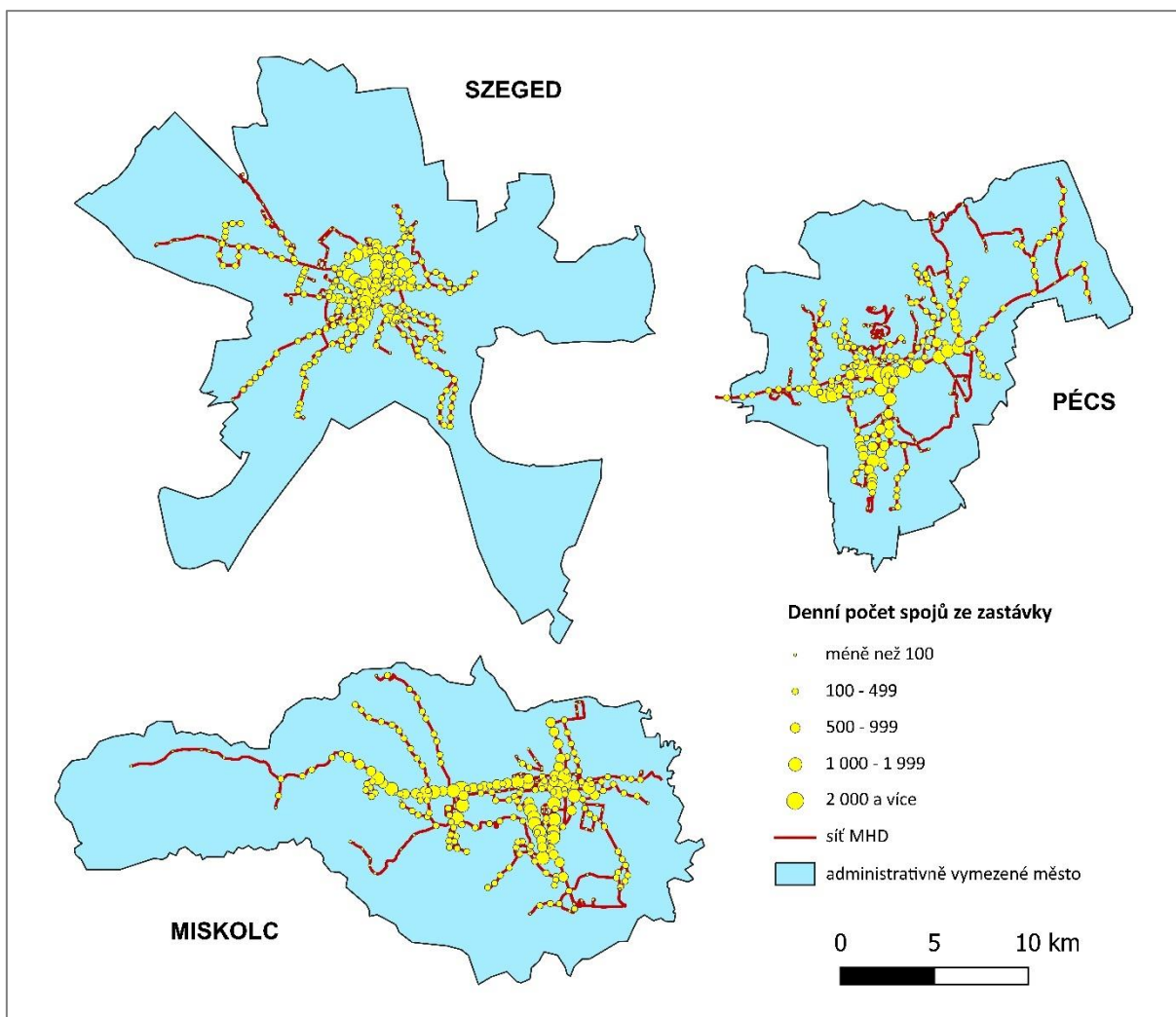
Tab. 7: Výsledky osmi indikátorů za města Szeged, Miskolc a Pécs

Číslo	Indikátor	Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Maximální hodnota
1	Průměrný počet spojení ze zastávky během pracovního dne na 100 000 obyvatel	120,2	139,1	150,3
2	Průměrný počet spojení ze zastávky během soboty, neděle, nebo svátku na 100 000 obyvatel	81,4	88,3	99,5
3	Hustota sítě MHD vůči populaci a rozloze	19,8	26,5	32,1
4	Vážený průměr kapacity vozového parku	102,8	121,2	146,1
5	Procentuální rozdíl 10. percentilu největších Voronoiových polygonů vůči rozloze města	26,6	41,7	53,5
6	Počet linek na 100 zastávek	16,6	20,8	28,3
7	Průměrný počet spojení (libovolný den) na počet linek	18,9	45,9	66,9
8	Průměrná rychlost (km/h) na provozovaných linkách	23,3	23,8	24,6

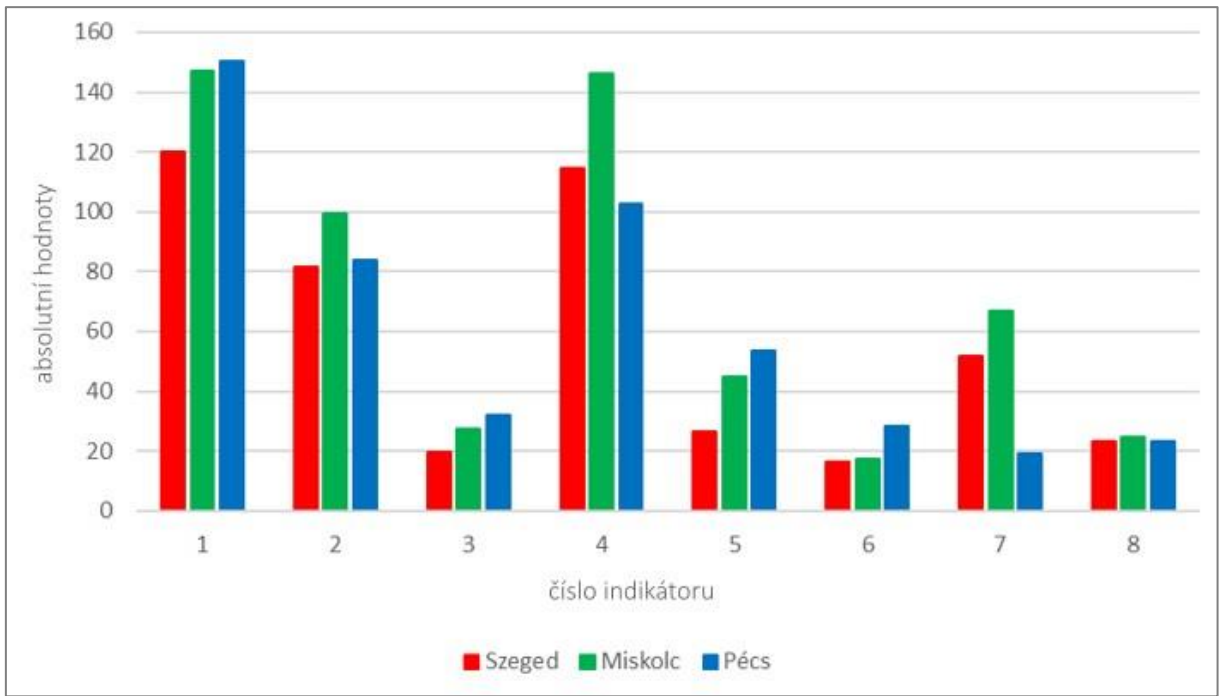
Nejvytíženější zastávky se nacházejí v centru Pécsi, ačkoli, na rozdíl od ostatních dvou měst, jsou obsluhovány pouze autobusovými linkami. Zajímavý kontrast představuje město Szeged, jež v sobě kombinuje jak kompaktní urbanistický ráz s radiální uliční sítí a menší vzdáleností periferií od centra, tak velkou administrativní rozlohu. Tato kombinace implikuje nižší hustotu zalidnění, a zároveň způsobuje nejnižší hodnotu ukazatele dostupnosti z pohledu Voronoiových polygonů. Kromě dostupnosti nicméně vychází Szeged nejhůře i ve většině ostatních aspektů navzdory trimodálnímu charakteru jeho dopravní sítě. Přičítat to lze vedle nadměrné rozlohy a kompaktnosti také méně vyrovnaným rozdílům frekvence spojení mezi zastávkami v centru a na okrajových linkách, což přirozeně snižuje celkový průměr počtu spojení.

Konkrétní rozdíly v absolutních hodnotách podle ukazatelů znázorňuje Obr. 29, který tak upřesňuje rozsah hodnot z Tab. 7. Korektní představu o srovnání ukazatelů mezi městy poskytuje relativní formát na Obr. 30 pracující s modifikací Bennetovy metody založené na procentuálních odchylkách od průměrné hodnoty. Podle této metody je patrné, která

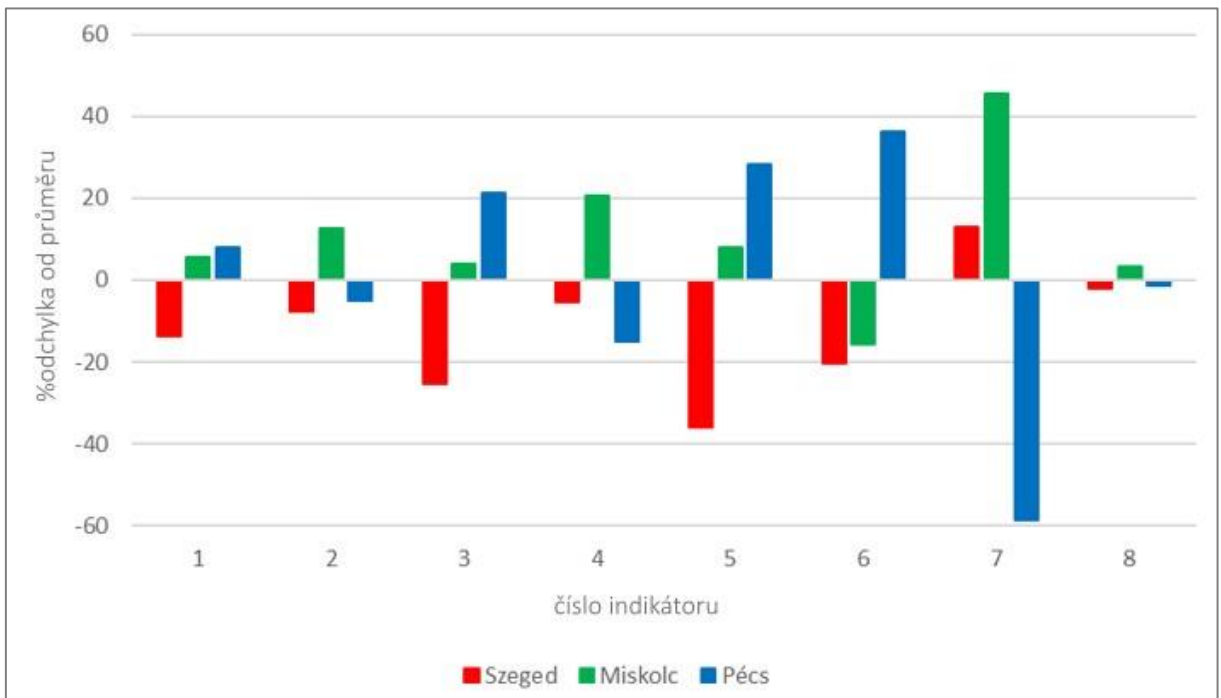
města dosahují podprůměrných či nadprůměrných hodnot s ohledem na rozsah daného ukazatele. Město Pécs dosahuje v tomto srovnání nejvýraznější negativní odchylky v aspektu konektivity a frekvence. Nicméně celkově významně překonává Szeged. Konečně v případě Miskolce výsledný rozdíl mezi pozitivními a negativními odchylkami vede k nejvyšším průměrným hodnotám, a tím i k pozici nejefektivnějšího provozu veřejné dopravy ze zkoumané trojice. Rozdíl v efektivitě mezi městy však není dostatečně významný k vyvození konkrétnějších závěrů.



Obr. 28: Prostorové rozložení denních počtů spojů ze zastávek MHD k roku 2021



Obr. 29: Výsledky osmi indikátorů v absolutních hodnotách



Obr. 30: Výsledky osmi indikátorů v relativních hodnotách procentuálních odchylek od průměru

9 Příkladová studie III: Multikriteriální analýza a Index důležitosti zastávky (Krakov)

9.1 Charakteristika území

Město Krakov, jako druhé největší město v Polsku, tvoří přirozené ekonomické, kulturní a dopravní centrum Malopolska. Podle údajů z BIP-Miasto Kraków (2019), které zahrnují pouze občany s trvalým bydlištěm, žilo k 31. 12. 2018 v Krakově 703 198 obyvatel. Ve srovnání s oficiálními údaji z GUS (2020), které uvádějí počet obyvatel 781 000 k datu 30. 6. 2020, téměř 80 000 osob představuje významný rozdíl v závislosti na zvoleném zdroji. Vzhledem k účelu této analýzy, která pracuje s dělením města na 18 městských částí, budou dále použity pouze údaje z BIP-Miasto Kraków (2019). Administrativně definovaný Krakov pokrývá plochu 325,56 km², což znamená hustotu zalidnění přibližně 2 160 obyvatel na km². Tab. 8 shrnuje základní informace o městských částech Krakova. Přirozeně je hustota velmi nehomogenní v jednotlivých částech, což je třeba zohlednit při práci s předem vymezenými územními jednotkami. V Krakově provozuje většinu veřejné dopravy společnost MPK (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Krakowie) včetně autobusů a tramvají, s výjimkou vodní dopravy a příměstské železnice. Tato společnost poskytuje dopravní služby pro celkem 739 zastávek ve městě. MPK je také jedinou společností, která provozuje propojený systém veřejné dopravy pro celé město ve všech jeho částech.

Tab. 8: Základní údaje za městské části Krakova k 31. 12. 2018

Číslo městské části	Název městské části	Rozloha (km ²)	Populace
I	Stare Miasto	5,57	31 359
II	Grzegórzki	5,85	29 474
III	Prądnik Czerwony	6,44	46 627
IV	Prądnik Biały	23,42	70 647
V	Krowodrza	5,62	30 223
VI	Bronowice	9,56	23 678
VII	Zwierzyniec	28,73	20 392
VIII	Dębniki	46,19	61 637
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	5,42	15 259
X	Swoszowice	25,60	27 493
XI	Podgórze Duchackie	9,54	53 747
XII	Bieżanów-Prokocim	18,47	62 830
XIII	Podgórze	25,67	36 885
XIV	Czyżyny	12,26	29 635
XV	Mistrzejowice	5,59	52 011
XVI	Bieńczyce	3,70	41 112
XVII	Wzgórze Krzesławickie	23,82	20 205
XVIII	Nowa Huta	65,41	51 234
Kraków (celkem)		326,84	704 448

9.2 Metodika

V této příkladové studii se zaměřujeme na představení nové varianty multikriteriální analýzy. Snažíme se přijít s novým způsobem, jak měřit a efektivně využívat vybrané indikátory související s dopravní obslužností zastávek a administrativně vymezenými oblastmi, podobně jako Bryniarska & Puławska (2014) nebo Kisielewski & Skóra (2016), kteří pracují s časovou a vzdálenostní dostupností v Krakově a jeho okolí. Naším hlavním cílem bylo propojit dopravní atributy širěji chápané dostupnosti v podobě počtu linek, počtu směrů, počtu spojů a časové dostupnosti do jedné syntetické vrstvy vektorové mapy, která bude komplexně reprezentovat jejich souhrnné hodnoty pro každý polygon města. Abychom byli schopni numericky vyhodnotit výsledky analýzy nejen pro syntetické polygony pokrývající celé území, ale také pro míru obslužnosti jednotlivých zastávek, sestavili jsme doplňující relativní ukazatel Index důležitosti zastávky. Celková analýza tak zahrnuje syntetickou dostupnost a vyhodnocení významu všech autobusových a tramvajových zastávek. Výsledkem mají být relativně podrobné informace o dostupnosti každé zastávky městské dopravy, přičemž zároveň bude možné využít získané hodnoty jak v absolutní formě pro celé území, tak v relativní formě pro jednotlivé městské části.

Analýza je založena na práci s veřejným zdrojem jízdních řádů a zastávek GTFS. Data jsme získali z původní verze portálu „pryjazdy.pl/gtfs s platností k 10. únoru 2020. Současná verze se přesunula na alternativní portál MKuran (2024). Sada dopravních dat města Krakova je rozdělena do dvou souborů, autobusů a tramvajů.

V databázi PostgreSQL jsme vytvořili pět tabulek s následujícími daty: routes, trips, calendar, stop_times, stops. Po stažení dat GTFS jsme soubory stops, routes, „trips, stop_times a calendar importovali do databáze PostgreSQL. Soubor stops obsahuje informace o každém nástupišti, části zastávek. Bylo tedy nutné agregovat data pro každou zastávku pomocí SQL dotazu a vypočítat centroidy (středové umístění sloučeného bodu zastávky). Poté jsme vytvořili tři indikátory počtu linek, spojů a směrů pro každou zastávku.

Počty linek a spojů byly spočítány pomocí všech tabulek a funkcí SQL SELECT a JOIN. Počet směrů byl vypočítán porovnáním následující zastávky každého spoje s bazickou zastávkou. Počet jedinečných dalších zastávek odpovídá počtu směrů. Pro výpočet byly použity všechny tabulky, SQL SELECT, JOIN a funkce LAG a LEAD. Docházkový čas k nejbližším zastávkám byl zpracován pomocí síťové analýzy časové dostupnosti v ArcGIS Pro pod názvem Generate service areas. Zvolili jsme čtyři intervaly (0-5, 5-10, 10-15, 15+ minut). Průměrná rychlost chůze byla empiricky stanovena na 5 km/h. Po výpočtu indikátorů byly zastávky importovány do QGIS a ArcGIS Pro. Vytvořili jsme podmnožinu zastávek (739), které se nacházejí v rámci města Krakova, a druhou podmnožinu zastávek nacházejících se ve vzdálenosti 500 m podle euklidovské vzdálenosti od hranic Krakova (57). Obalová zóna (buffer) 500 m byla zvolena kvůli možnému efektu přesahující dostupnosti zastávky situované těsně za administrativní hranicí Krakova. Limit 500 m byl empiricky definován tak, aby zahrnoval dostatečný počet zastávek v bezprostřední blízkosti hranice města.

Další krok spočíval v propojení jednotlivých vrstev indikátorů do vektorové mapy. To bylo provedeno pomocí funkce Voronoiových polygonů. Na základě kombinace principu Delaunayovy triangulace a Voronoiových polygonů jsme tak rozdělili území Krakova spolu s půl kilometrovou obalovou zónou do 796 polygonů ohraničených zastávek. Následně bylo možné prostřednictvím těchto polygonů propojit jednotlivé vrstvy a provést multikriteriální analýzu dostupnosti. Nakonec jsme ořízli obalovou zónu a získali tak finální obraz syntetické dostupnosti pouze pro administrativně vymezené město Krakov. Všechny hodnoty pro indikátory počtu linek, směrů a spojů jsou vztaženy k váženému průměru podle počtu dní v týdnu (váha 5 = pracovní dny, váha 1 = soboty, váha 1 = neděle a svátky).

Syntetická dostupnost a její dílčí indikátory se počítají pro 796 Voronoiových polygonů. Finální verze multikriteriální analýzy dostupnosti a Indexu důležitosti zastávek má následující strukturu.

Časová dostupnost (T)

Jedná se o docházkový čas k nejbližší zastávce na základě funkce Service area. Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží čas v minutách potřebný k dosažení nejbližší zastávky.

4 intervaly s váhami: váha 4 (0–5 min), váha 3 (6–10 min), váha 2 (11–15 min), váha 1 (15 a více min).

Dostupnost linek (L)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet linek obsluhujících danou zastávku.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1 linka), váha 2 (2–4 linky), váha 3 (5–9 linky), váha 4 (10 a více linek).

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $L * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Dostupnost směrů (D)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet směrů vedoucích z dané zastávky.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1 směr), váha 2 (2 směry), váha 3 (3–4 směry), váha 4 (5 a více směrů)

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $D * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Dostupnost spojů (C)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet spojů na dané zastávce.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1–49 spojů), váha 2 (50–199 spojů), váha 3 (200–499 spojů), váha 4 (500 a více spojů)

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $C * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Tyto 4 indikátory dohromady tvoří syntetickou dostupnost.

Syntetická dostupnost (S) = součin vážených hodnot linek, směrů, spojů a časové dostupnosti.

Počítá se jako $S = L * D * C * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Druhá část analýzy je věnována výpočtu důležitosti zastávky. Na rozdíl od syntetické dostupnosti se nepočítá pro Voronoiovy polygony, ale přímo pro body zastávek.

Index důležitosti zastávky (3 indikátory)

$$I = L + D + C$$

Dostupnost linek (L)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu linek z dané zastávky vůči průměrnému počtu linek ze všech zastávek.

Dostupnost směrů (D)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu směrů z dané zastávky vůči průměrnému počtu směrů ze všech zastávek.

Dostupnost spojení (C)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu spojů na dané zastávce vůči průměrnému počtu spojů na všech zastávkách.

9.3 Výsledky

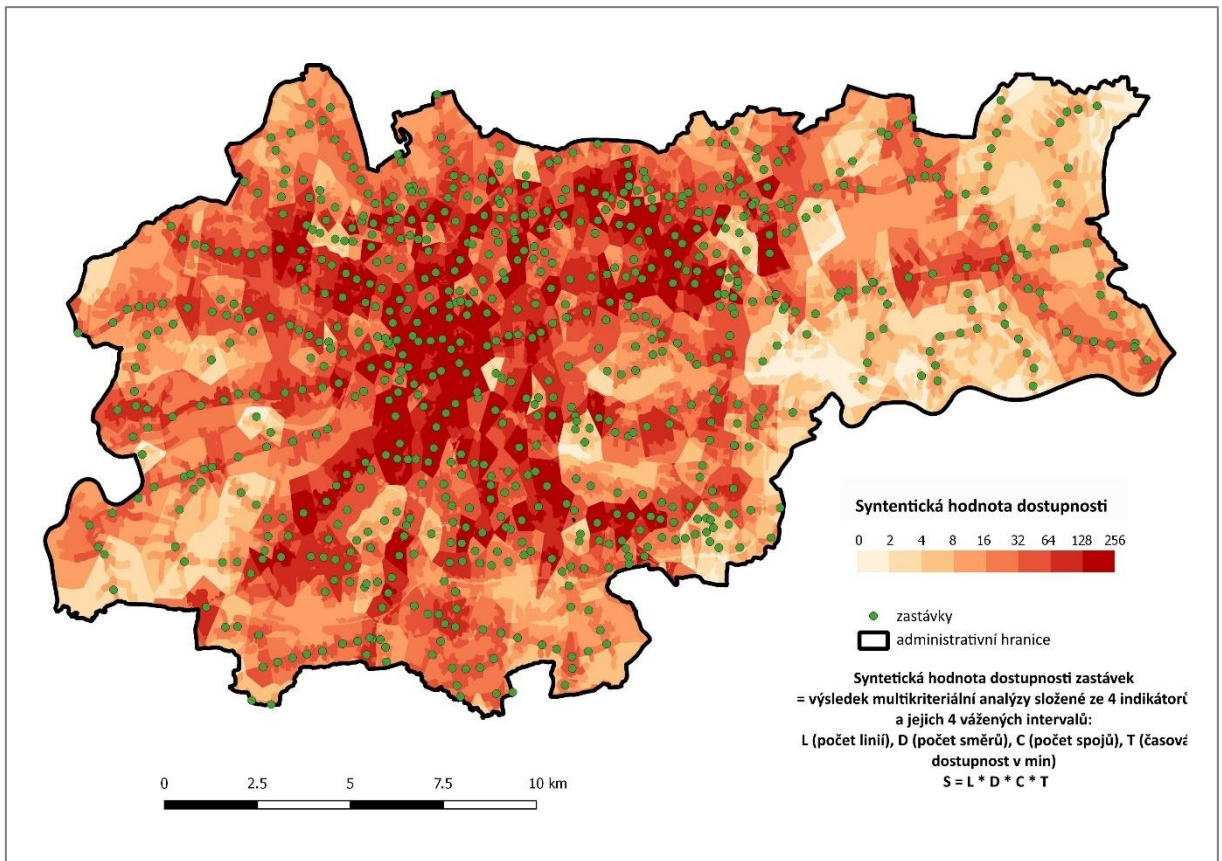
Výsledná mapa syntetické dostupnosti se skládá z 16 vrstev (4 vrstvy pro každý ukazatel) každá rozdělená do příslušných intervalů. Tyto vrstvy spolu s indexem důležitosti zastávek poskytují komplexní a detailní pohled na dostupnost MHD v administrativně vymezených hranicích města. Podrobnou strukturu všech použitých indikátorů uvádí Tab. 9. Pro každý interval indikátorů linek, směrů a spojení byla vytvořena mapová vrstva s odpovídajícím počtem zastávek. Indikátor časové dostupnosti jako jediný nesouvisí s výpočtem důležitosti zastávky. Byl spočítán pomocí síťové analýzy Service area, ze které byly poté zpracovány čtyři nové vrstvy na základě čtyř intervalů docházkového času k nejbližší zastávce.

Tab. 9: Struktura a výsledky indikátorů multikriteriální analýzy pro Krakov v roce 2020

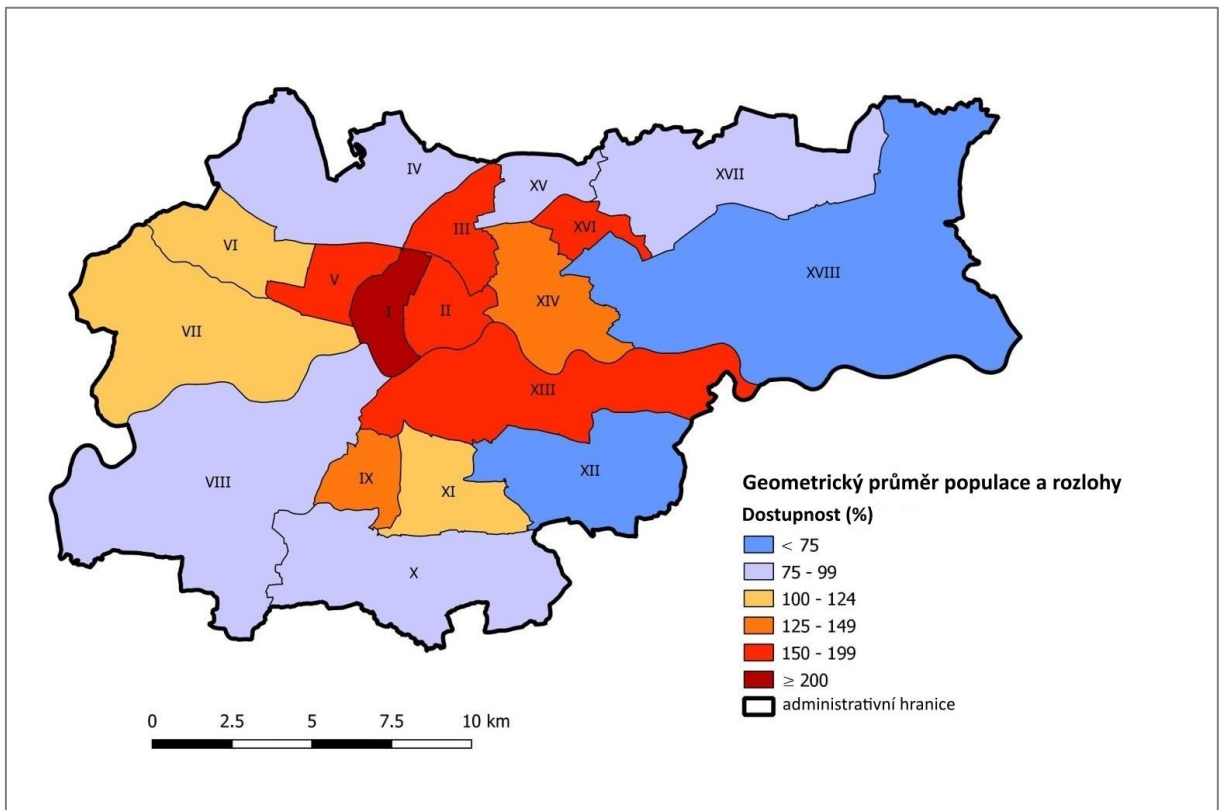
Multikriteriální analýza dostupnosti						
Indikátory						
Časová dostupnost (min)	Počet linek		Počet směrů		Počet spojů	
Intervaly	Intervaly	Zastávky	Intervaly	Zastávky	Intervaly	Zastávky
0–5	1	211	1	90	1–49	130
6–10	2–4	314	2	424	50–199	321
11–15	5–9	174	3–4	197	200–499	184
16+	10+	97	5+	85	500+	161
Index důležitosti zastávky						
Počet linek		Počet směrů		Počet spojů		Suma
Průměr	%	Průměr	%	Průměr	%	%
4,8	100	2,8	100	310,1	100	300
Min	%	Min	%	Min	%	%
0,7	14,9	0,9	31,1	5	1,6	54,8
Max	%	Max	%	Max	%	%
34	706,9	11,4	414,4	2 445,7	788,8	1 806,8

Díky struktuře vektorových vrstev je možné určit konkrétní hodnotu (součin vybraných ukazatelů) pro každý vymezený Voronoiův polygon. V rámci každého ze tří ukazatelů kombinovaných s vrstvou časové dostupnosti dosahují hodnoty rozsahu od 1 do 16. Nejvýznamnější rozdíly mezi vrstvami dostupnosti linek a směrů spočívají ve vyšší distribuci hodnot podél hlavních komunikací na rozhraní centra a přilehlých městských čtvrtích. Pokud jde o dostupnost směrů, koncentrace vyšších hodnot se vyskytuje v liniových pásech z centra do ostatních částí města. Obzvláště patrné je to v okrajové městské části Nová Huta. Obecně jsou hodnoty dostupnosti směrů a linek poměrně rovnoměrně zastoupeny ve všech částech města. Indikátor dostupnosti spojů, s výskytem velkých souvislých oblastí s nejvyššími hodnotami, jednoznačně nejvíce diverzifikuje syntézu čtyř hlavních ukazatelů. Souhrnná hodnota syntetické dostupnosti se pohybuje od 1 do 256. Obr. 31 znázorňuje mapu těchto sloučených vrstev. Území Krakova se dělí do více než 30 000 polygonů.

Na mapě v Obr. 32 jsou zobrazeny relativní výsledky související s geometrickým průměrem populace a plochy. Nejhorší dostupnost s méně než 75 % průměru Krakova je spojena s městskými částmi Nowa Huta a Biezanów-Prokocim. Nadprůměrná dostupnost se přirozeně váže s centrem města, kde nejvyšší hodnota přesahující 200 % průměru je lokalizována v městské části Stare Miasto.

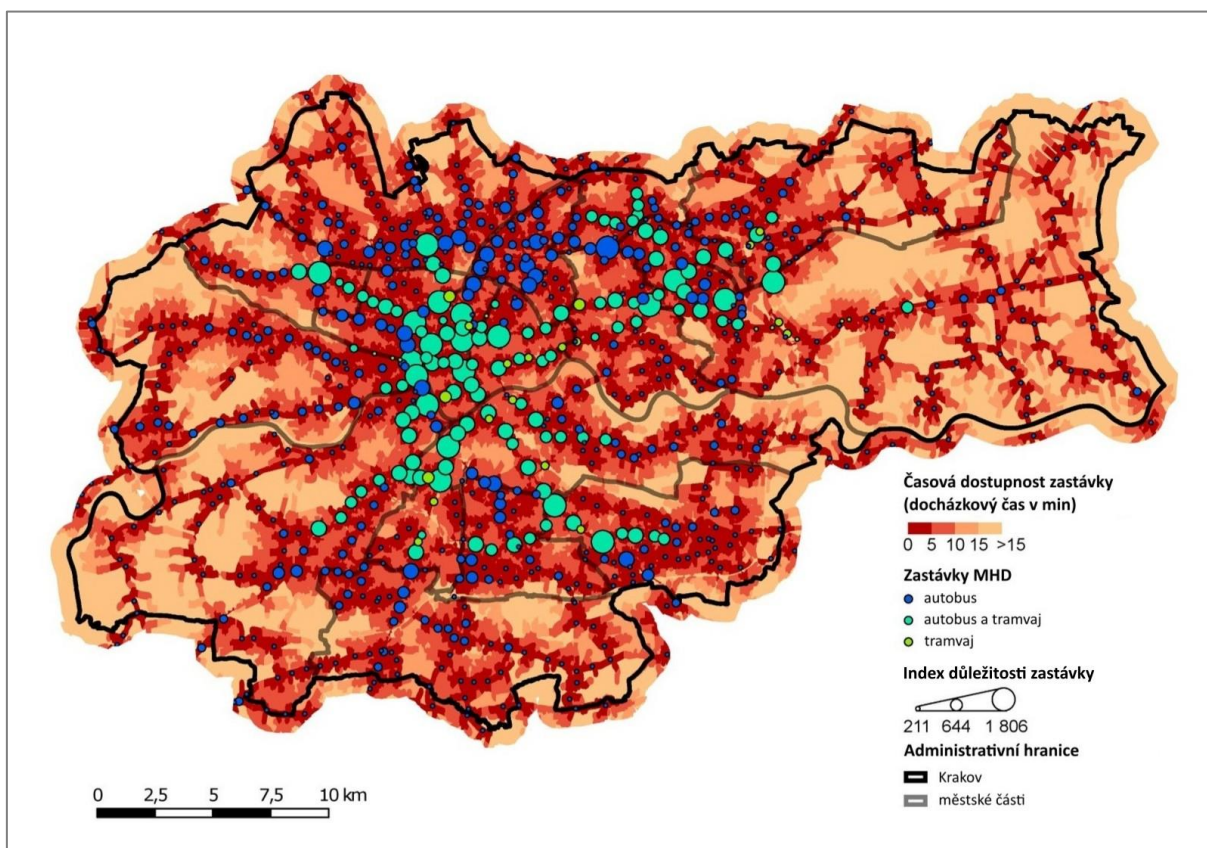


Obr. 31: Syntetická dostupnost MHD v Krakově k roku 2020



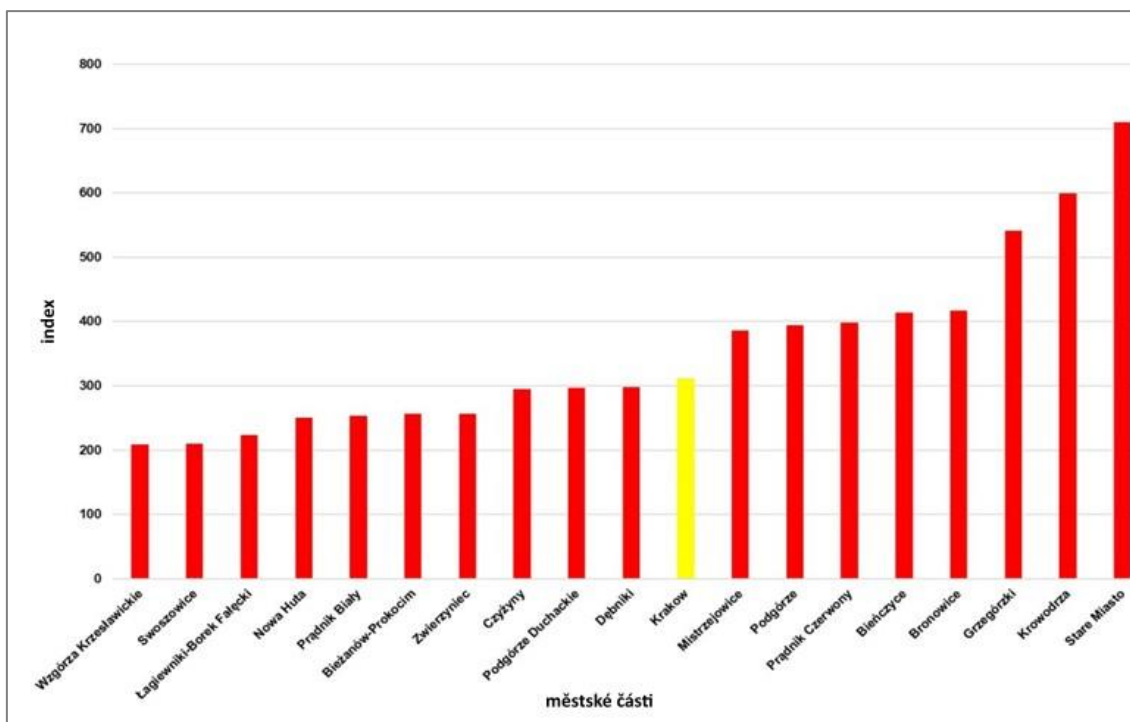
Obr. 32: Relativní srovnání syntetické dostupnosti pro městské části Krakova v roce 2020

Obr. 33 představuje jeden z hlavních výstupů analýzy. Pro větší srozumitelnost a konkrétnější výsledky rozlišuje mapa mezi tramvajovými, autobusovými a bimodálními typy zastávek. Primární vrstva časové pěší dostupnosti (intervaly v minutách) je použita jako pozadí. Kombinace vrstvy časové dostupnosti s indexem důležitosti zastávek umožňuje relevantně vyhodnotit celkovou dostupnost veřejné dopravy ve městě. Hlavní shluk zastávek s vysokými hodnotami indexu a zároveň oblasti s nejkratším časem pěší dostupnosti se nachází v centrální části města s přesahem do městských částí Krowodrza, Prądnik Biały a Prądnik Czerwony. Tento nejvýznamnější shluk pak plynule navazuje na další koncentraci vyšších hodnot dostupnosti na rozhraní tří městských částí (Czyżyny, Mistrzejowice a Bieńczyce). Na jihu od centra města se dále nacházejí významné shluky podél hlavních komunikací. Z opačného pohledu lze považovat vzdálenější východní a zejména jižní části města za relativně nedostatečně dimenzovaná s ohledem na jejich aktuální nízkou míru dostupnosti a nevyužitý dopravní potenciál.

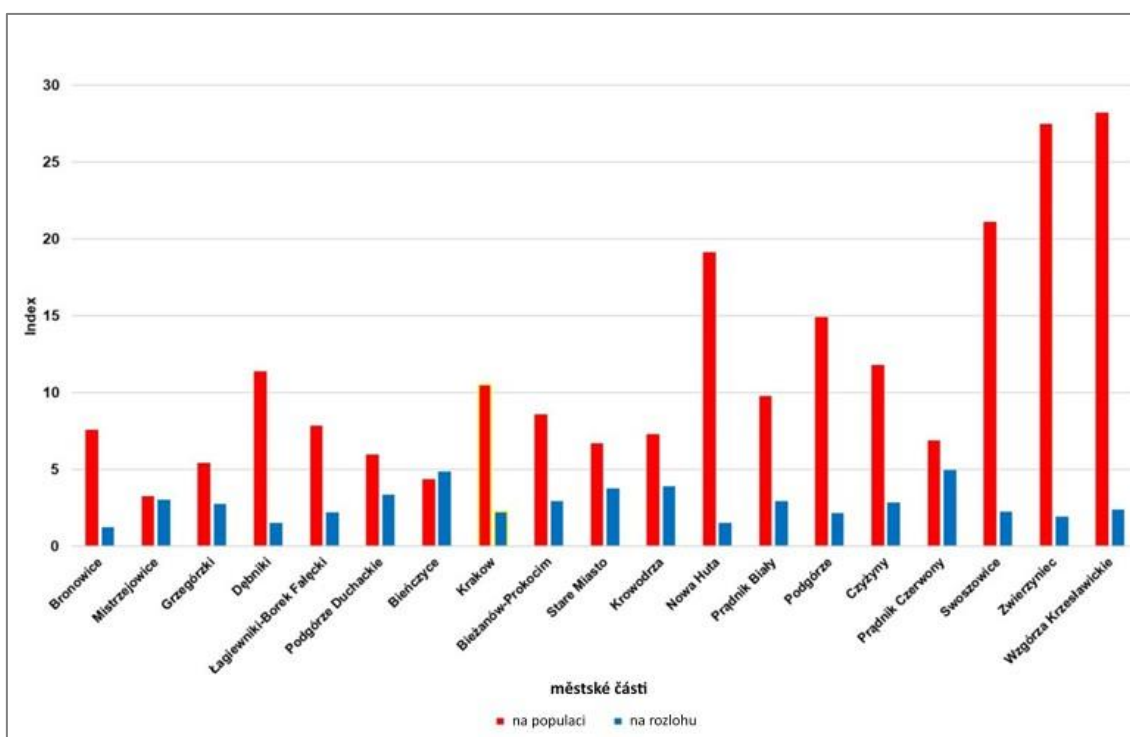


Obr. 33: Časová dostupnost a index důležitosti zastávek MHD v Krakově s obalovou zónou v roce 2020

Kromě toho je městská část Swoszowice jedinou oblastí bez dostupnosti tramvajové sítě, a je tak odkázána pouze na autobusové spoje. Vzhledem k významnému rozpětí hodnot mezi nejméně a nejdůležitějšími zastávkami se ještě více projevuje značný rozdíl v kvalitě dopravní dostupnosti mezi centrem a periferií. Z celkem 796 zastávek, které vstupují do analýzy, se pohybuje většina z nich (342) v rozmezí hodnot indexu od 100 do 200. Uvnitř 500 m obalové zóny kolem Krakova platí za nejdůležitější zastávku (Wieliczka Granica Miasta) umístěná v gmině Wieliczka. V obecném smyslu však nebyl prokázán žádný signifikantní přesah dostupnosti za hranicemi města.



Obr. 34: Průměrné hodnoty indexu důležitosti zastávek v městských částech Krakova k roku 2020



Obr. 35: Průměrné hodnoty indexu důležitosti zastávek v městských částech Krakova vůči populaci (10 000 obyvatel) a rozloze (km²) k roku 2020

Při pohledu na relativní hodnoty na Obr. 34 lze pozorovat, že městské části Swoszowice a Łagiewniki-Borek Fałęcki dosahují nižších hodnot indexu důležitosti zastávek ve srovnání se syntetickou dostupností. Vedle centra patří mezi oblasti s nejdůležitějšími zastávkami v Krakově i městské části Bieńczyce a Mistrzejowice. Podrobnější srovnání umožňuje

přepočet na počet obyvatel (10 000 obyvatel) a plochu (1 km²) v rámci Obr. 35. Městské části s nejnižší hustotou zalidnění, zejména Swoszowice, Wzgórza Krzesławice a Zwierzyniec, vykazují největší rozdíly mezi relativními indexy hodnot na obyvatele a rozlohu. Jedinou oblastí s vyšší relativní hodnotou na rozlohu, než vůči populaci jsou Bieńczyce. Celkem 11 částí z 18 dosahuje nadprůměrných relativních hodnot. Je to způsobeno především významnými disparitami mezi rozlohou a populací, kde přepočet na rozlohu je mnohokrát výraznější v případě rozsáhlejších městských částí.

Seznamy 12 nejdůležitějších a 12 nejméně důležitých zastávek uvedené v Tab. 10, resp. Tab. 11, slouží pro zvýraznění nejsilnějších a nejslabších částí města z hlediska dopravní dostupnosti MHD. Poskytují podrobné hodnoty pro každou část Indexu důležitosti zastávky, včetně umístění zastávek v rámci městských částí. Součty tří procentuálních hodnot se pohybují od 54,8 (Agencja Kraków Wschód (nž)) do 1 806,8 (Rondo Grunwaldzkie). Nicméně, jak je zřejmé, nejedná se o pořadí absolutních hodnot částí indexu. Proto je konečné pořadí dané zastávky třeba chápat pouze jako nejvyšší procentuální průměr tří hodnot. Kvůli odlišné povaze ukazatelů (zejména v případě nižšího počtu směrů) je také nutné brát v úvahu omezenou relevanci jednotných vah.

Tab. 10: Žebříček 12 nejdůležitějších zastávek MHD v Krakově k roku 2020

Pořadí	Název	Městská část	Linky	Směry	Spoje	Suma
1	Rondo Grunwaldzkie	Stare Miasto	706,9	398,8	701,1	1 806,8
2	Rondo Mogiłskie	Grzegórzki	537,6	414,4	788,8	1 740,7
3	Rondo Matecznego	Podgórze	597,0	398,8	618,8	1 614,6
4	Nowy Kleparz	Stare Miasto	466,3	398,8	633,7	1 498,8
5	Teatr Słowackiego	Stare Miasto	493,0	362,6	560,5	1 416,1
6	Bieżanowska	Podgórze Duchackie	368,3	398,8	584,9	1 352,0
7	Muzeum Narodowe	Stare Miasto	469,3	253,8	622,6	1 345,6
8	Politechnika	Stare Miasto	412,8	326,3	583,0	1 322,2
9	Plac Inwalidów	Stare Miasto	386,1	248,6	670,6	1 305,3
10	Rondo Kocmyrzowskie im. Ks. Gorzelanego	Bieńczyce	448,5	326,3	521,9	1 296,7
11	Rondo Czyżyńskie	Czyżyny	460,4	341,9	485,7	1 287,9
12	Kombinat	Nowa Huta	510,8	352,2	423,0	1 286,1

Tab. 11: Žebříček 12 nejméně důležitých zastávek MHD v Krakově k roku 2020

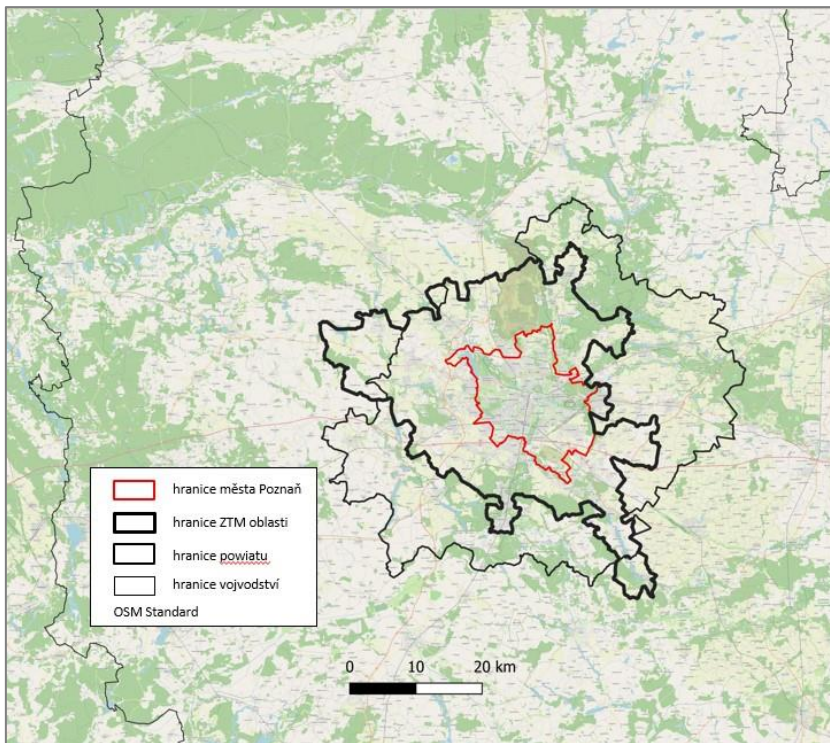
Pořadí	Název	Městská část	Linky	Směry	Spoje	Suma
1	Agencja Kraków Wschód (nž)	Nowa Huta	17,8	31,1	5,9	54,8
2	Most Kotlarski (nž)	Podgórze	20,8	36,3	1,6	58,7
3	Walcownia	Nowa Huta	17,8	31,1	11,8	60,7
4	Strycharska	Podgórze	20,8	36,3	5,9	62,9
5	Wydział Farmaceutyczny UJ	Podgórze Duchackie	20,8	36,3	7,4	64,4
6	Kujawy	Nowa Huta	20,8	36,3	9,0	66,1
7	Tor Kajakowy	Zwierzyniec	20,8	36,3	10,0	67,1
8	Przyłasek Rusiecki	Nowa Huta	20,8	36,3	11,5	68,6
9	Bagry	Bieżanów-Prokocim	20,8	36,3	11,7	68,8
10	Leszczynowa (nž)	Zwierzyniec	20,8	36,3	12,3	69,4
11	Węgrzynowice	Wzgórza Krzesławickie	20,8	36,3	12,4	69,5
12	Fort Mogiła (nž)	Nowa Huta	14,9	51,8	3,7	70,3

10 Příkladová studie IV: Syntetická efektivita MHD (Poznaň a okolí)

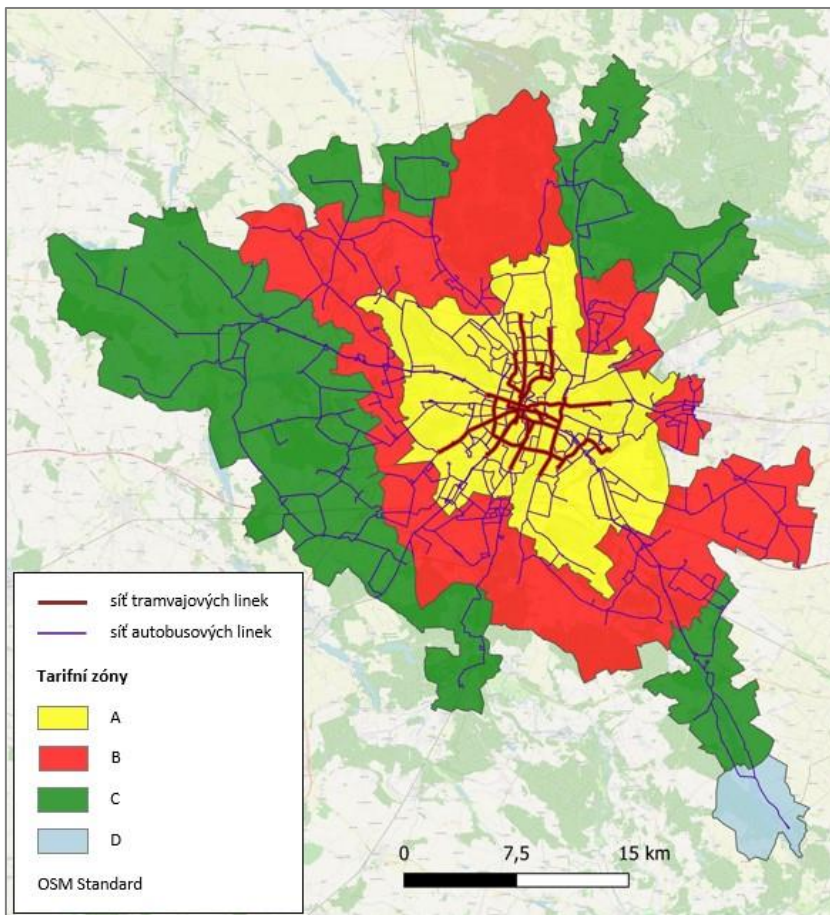
10.1 Charakteristika území

Zkoumanou oblastí je v tomto případě nejen město Poznaň, ale i jeho širší aglomerace, která spadá pod dopravní obslužnost Poznaňského dopravního podniku. Zkratka ZTM (Zarząd Transportu Miejskiego) označuje správu městské hromadné dopravy. Samotným hlavním dopravcem pro Poznaň a nejbližší okolí je pak MPK (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne). Kromě MPK obstarává dopravní obslužnost pro konkrétní obce (gminy) řada lokálních dopravců. Jedná se o společnosti Rokbus Rokietnica, Translub Luboń, PUK Komorniki, Kombus Kórnik, ZKP Suchy Las, Transkom Czerwonak, TPBUS Tarnowo Podgórne a ZK Kleszczewo (ZTM, 2024).

Z administrativního hlediska ZTM Poznaň operuje ve Velkopolském vojvodství, třech powiitech (polských okresech) Poznański, Szamotulski, Średzki a městě Poznaň s přiznaným právem powiatu. Podrobnější členění zahrnuje 18 municipalit (gmin), z toho 9 venkovských (Czerwonak, Dopiewo, Duszniki, Kleszczewo, Komorniki, Rokietnica, Suchy Las, Tarnowo Podgórne, Zaniemyśl) a 9 měst (Kaźmierz, Kórnik, Luboń, Mosina, Murowana Goślina, Poznaň, Puszczykowo, Swarzędz, Szamotuły). Obr. 36 znázorňuje rozsah území obsluhovaného ZTM Poznaň. Celková rozloha čítá 1 222 km² s populací 920 256 obyvatel v roce 2022 podle interních dat z městského úřadu v Poznani. ZTM rozděluje tarifně své území do 4 zón (A, B, C, D), přičemž Poznaň pokrývá převážně zóna A, a z malé části na severozápadě zóna B. V optimální variantě integrovaného dopravního systému mohou cestující využívat tři módy (tramvaje, autobusy a regionální železnici). ZTM má nicméně v gesci pouze tramvajový, městský a příměstský autobusový provoz. Regionální železnice s ostatními složkami IDS spolupracuje na bázi zajištění dopravní obslužnosti, návaznosti na příměstské autobusové linky a tarifním systémem. Správu provozu zajišťuje příslušný orgán Velkopolského vojvodství. Dále ve studii proto pracujeme pouze s tramvajovým a autobusovým subsystémem. Vedle rozdělení tarifních zón si můžeme na Obr. 37 povšimnout také srovnání rozsahu autobusové a tramvajové sítě. Městské a příměstské autobusy tvoří 93,3% podíl se svou délkou 1 068,4 km. Tramvaje jsou provozovány výhradně v Poznani. Jejich délka sítě činí 76,7 km. Údaje se vztahují k roku 2022.



Obr. 36: Poloha ZTM obsluhované oblasti v kontextu hranic města Poznań, powiatu a wojvodství v roce 2022



Obr. 37: Rozdělení tarifních zón ZTM spolu s distribucí sítě MHD v roce 2022

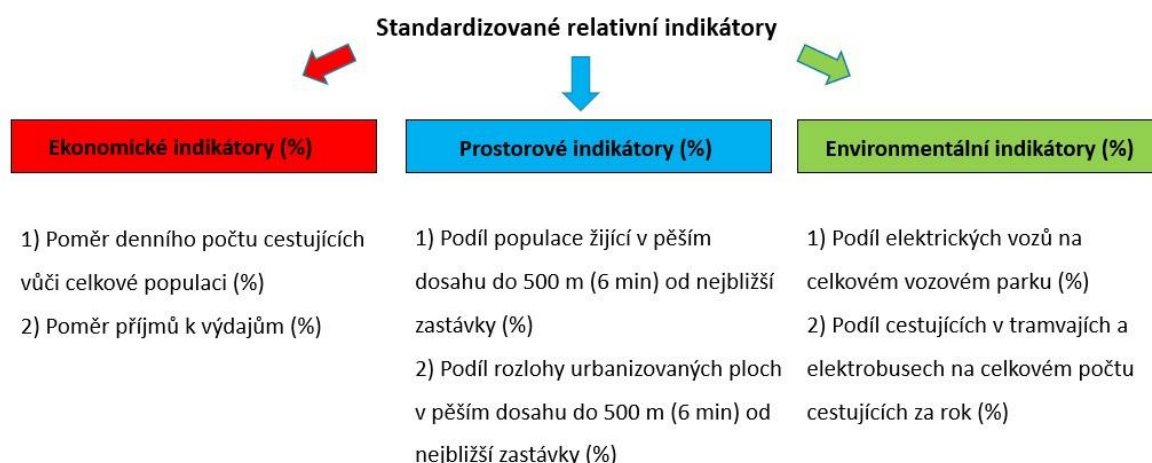
10.2 Metodika

ZTM Poznaň každoročně aktualizuje velmi podrobný systém provozního hodnocení dopravních služeb pro interní účely. Všechny výsledky jsou neveřejné a jen obtížně porovnatelné s jinými městy. V rámci možné meziměstské komparace hodnocení efektivity MHD bylo proto našim cílem sestavit reprezentativní vzorek přenositelných relativních ukazatelů, které lze jednoduše časově a prostorově analyzovat. Datově vycházíme z kombinace veřejných a neveřejných zdrojů ZTM a MPK Poznaň. Kromě jednoduššího sběru a výpočtu dat jsme přenositelnost ukazatelů založili na procentuální standardizaci poměrových a podílových dat. Pracujeme se třemi aspekty (ekonomickým, prostorovým a environmentálním). Každý aspekt je tvořen dvěma vybranými ukazateli. Pro každý ukazatel platí přímá úměra mezi efektivitou a výslednou hodnotou. Schéma rozdělení našich indikátorů shrnuje Obr. 38.

Ekonomické hledisko zastupuje efektivita provozu vůči populaci a rozpočtová udržitelnost. Pod poměrem denního počtu cestujících vůči celkové populaci si můžeme představit míru využívání MHD a obsazenost vozidel. Vyšší hodnoty indikují obecně větší příjmy z platících cestujících. Ukazatel poměru příjmů k výdajům vyjadřuje základní rozpočtovou roční bilanci celého dopravního podniku. Kritickou hodnotou je zde 100 %. Pokud je výsledek nižší než 100 %, znamená to rozpočtový schodek. V opačném případě se jedná o rozpočtový přebytek.

Oba prostorové indikátory vyžadují zpracování síťové analýzy péší dostupnosti zastávek ZTM v prostředí GIS. Nejvhodnější variantou je metoda servisních oblastí, tedy polygonů dostupnosti v rámci komunikační sítě. Sběr dat se skládá na jedné straně z veřejných zdrojů OSM a geodatabáze CORINE Land-Copernicus, na druhé straně z neveřejných zdrojů ZTM a městského úřadu v Poznani. V prvním ukazateli analyzujeme distribuci populace s trvalým pobytem v optimálním dosahu maximálně do 500 m od nejbližší zastávky. Stejný dosah, ale tentokrát pro rozlohu urbanizovaných ploch, řešíme ve druhém ukazateli, který tak rezidenční funkci rozšiřuje o ostatní nejčastější funkce (obecně služby, průmysl, aj.).

Míru dopadu na životní prostředí se snažíme kvantifikovat pomocí indikátorů elektrifikace. Přestože nelze označit elektrické dopravní prostředky za zcela bezemisní, energeticky bezztrátové, je to v současnosti přijatelný a masově využívaný kompromis mezi provozuschopností a environmentální efektivitou. Hlavní dopravce MPK pod ZTM využívá vedle dieselových a vodíkových autobusů také elektrobusy a tramvaje. Ve finální analýze pracujeme pouze s údaji z MPK. Data od ostatních dopravců jsou nekompletní a obtížně interpretovatelná.



Obr. 38: Schéma rozdělení standardizovaných relativních indikátorů pro hodnocení efektivity provozu MHD v Poznani

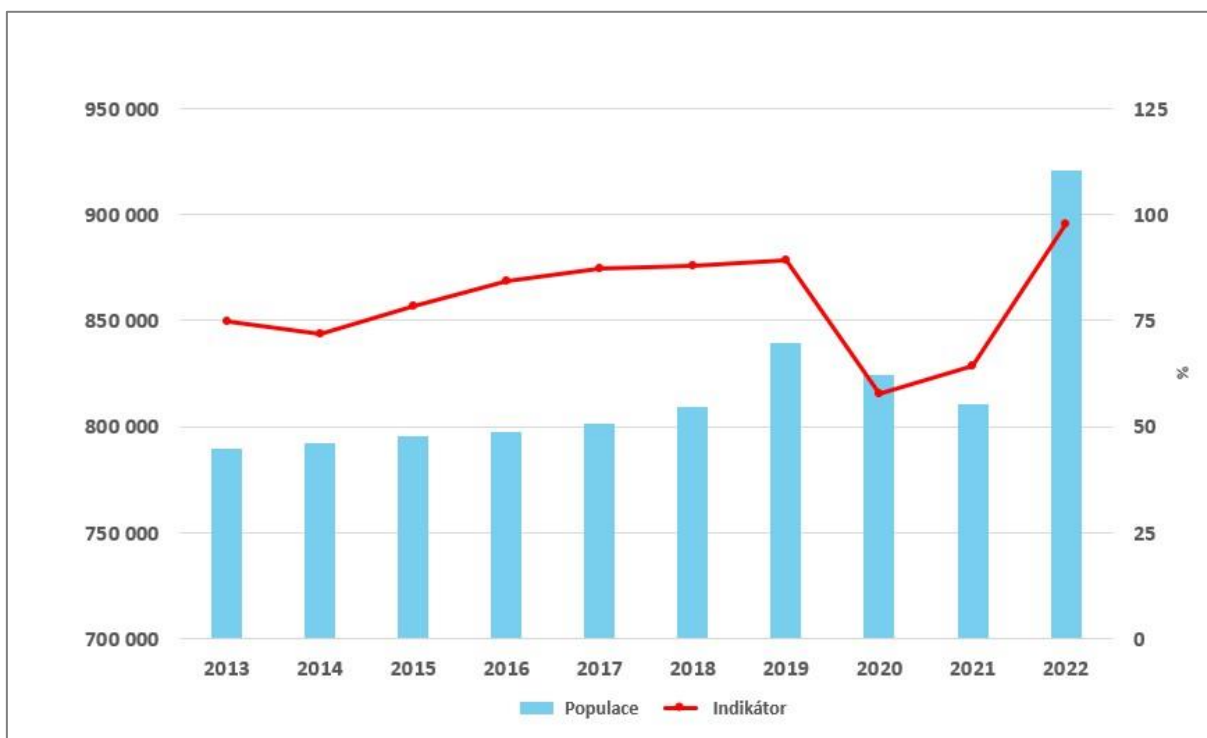
10.3 Výsledky

První dva ukazatele vztahující se k ekonomické efektivitě analyzujeme na Obr. 39, resp. Obr. 40 za časovou řadu 10 let v období 2013–2022. Míra využívání MHD a obsazenosti vozidel dlouhodobě narůstá s výjimkou dvouletých pandemických opatření. V nejaktuálnějším dostupném roce se blíží 100% poměru denního počtu cestujících vůči populaci. Prudký nárůst populace mezi roky 2021 a 2022 je způsoben především masovou imigrací z Ukrajiny. Pandemická opatření měla jen minimální vliv na poměr příjmů k výdajům. Posledních šest let se pohyboval rozpočet MPK v nepřetržitém mírném schodku. Podle mírně rostoucího trendu křivky lze ale usuzovat, že se rozpočet v příštích letech dostane opět do přebytku.

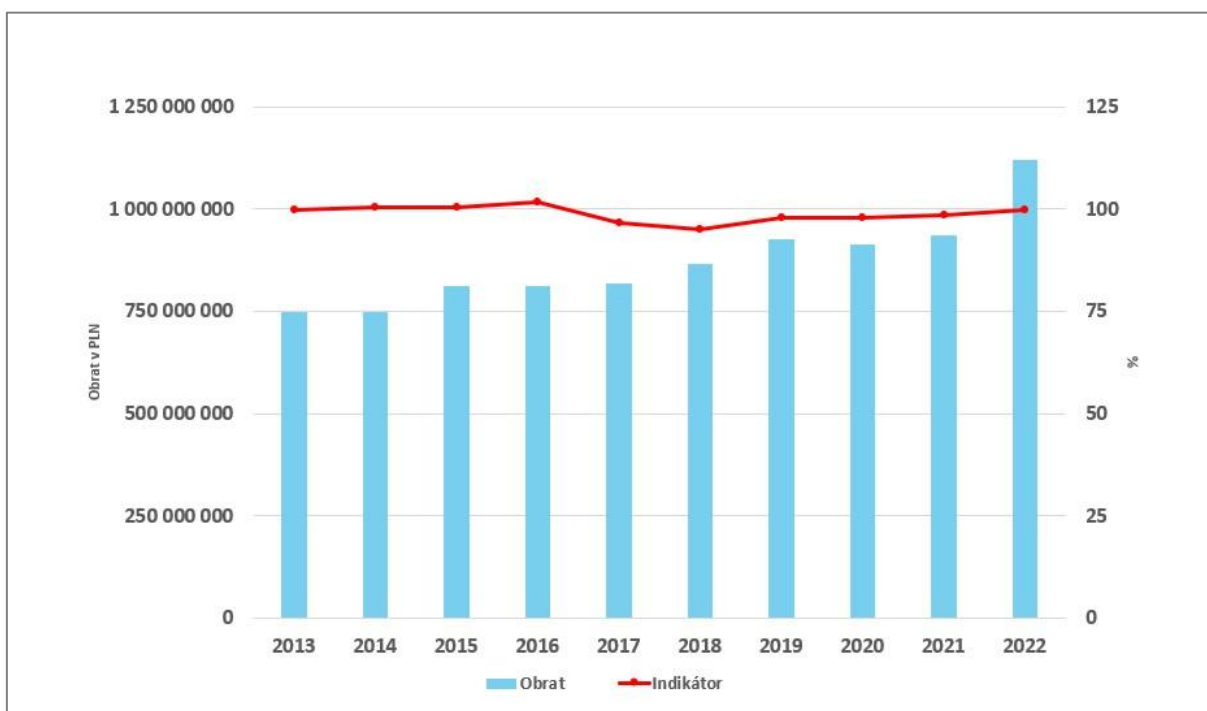
Síťovou analýzu pěší dostupnosti zastávek ZTM rozdělujeme na Obr. 41 do pěti intervalů, z nichž dva nejvýznamnější pokrývají vzdálenost do 500 m (6 min chůze při průměrné rychlosti 5 km/hod). V tomto dosahu má trvalý pobyt nahlášeno 859 243 obyvatel, což činí 93,4 % veškeré populace v obsluhované oblasti ZTM. Z poměru rozlohy polygonů dostupnosti je zřejmá značná disperze populace ve větších vzdálenostech od zastávek. Zvláště negativně lze interpretovat rozsáhlá území ležících dále než 1 km, a v periferních částech dokonce více než 2,5 km od nejbližší zastávky. Sloučené urbanizované plochy třídy krajinného pokryvu z CORINE Land-Copernicus (2022) znázorněné na Obr. 42 se podílí na celkové rozloze oblasti z 16,4 %. V této destinacemi nejhustěji pokryté části pak spadá 81,9 % rozlohy (163,8 km²) do optimální dostupnosti 500 m od nejbližší zastávky.

Vývoj podílu elektrických dopravních prostředků na vozovém parku MPK mezi lety 2013–2019 spíše stagnoval. Poslední tři roky si nicméně můžeme na Obr. 43 všimnout pozvolného růstu blížící se hranici 60 %. Až do roku 2020 byl průběh křivky velmi podobný s úzce souvisejícím podílem cestujících v elektrických vozech. Jak je ale patrné z Obr. 44, hodnoty se pohybovaly přibližně o 10procentních bodů výše. Vysvětlení spočívá ve vyšší kapacitě tramvaj, které tak umožňují přepravit více cestujících v rámci menšího počtu vozidel. Od roku 2020 klesá podíl přepravených v tramvajích a elektrobusech navzdory rostoucímu podílu elektrických vozidel. V tomto případě se však jedná pouze o

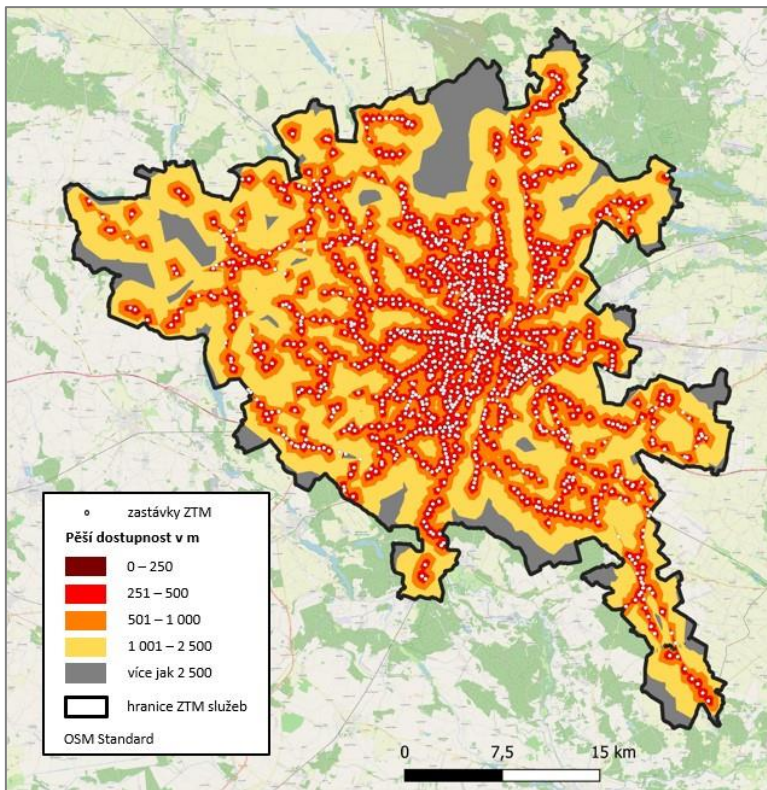
dočasný útlum zapříčiněný rozsáhlou rekonstrukcí centra Poznaň a několika přilehlých tramvajových tratí, které jsou obsluhovány náhradní autobusovou dopravou.



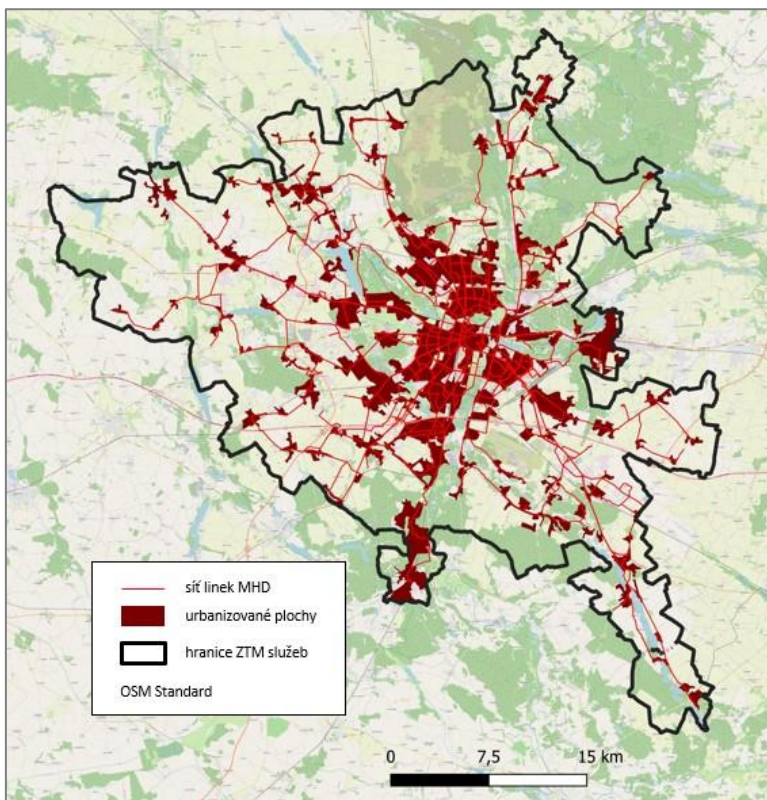
Obr. 39: Vývoj poměru denního počtu cestujících vůči celkové populaci v rámci ZTM obsluhované oblasti (%) za období 2013–2022



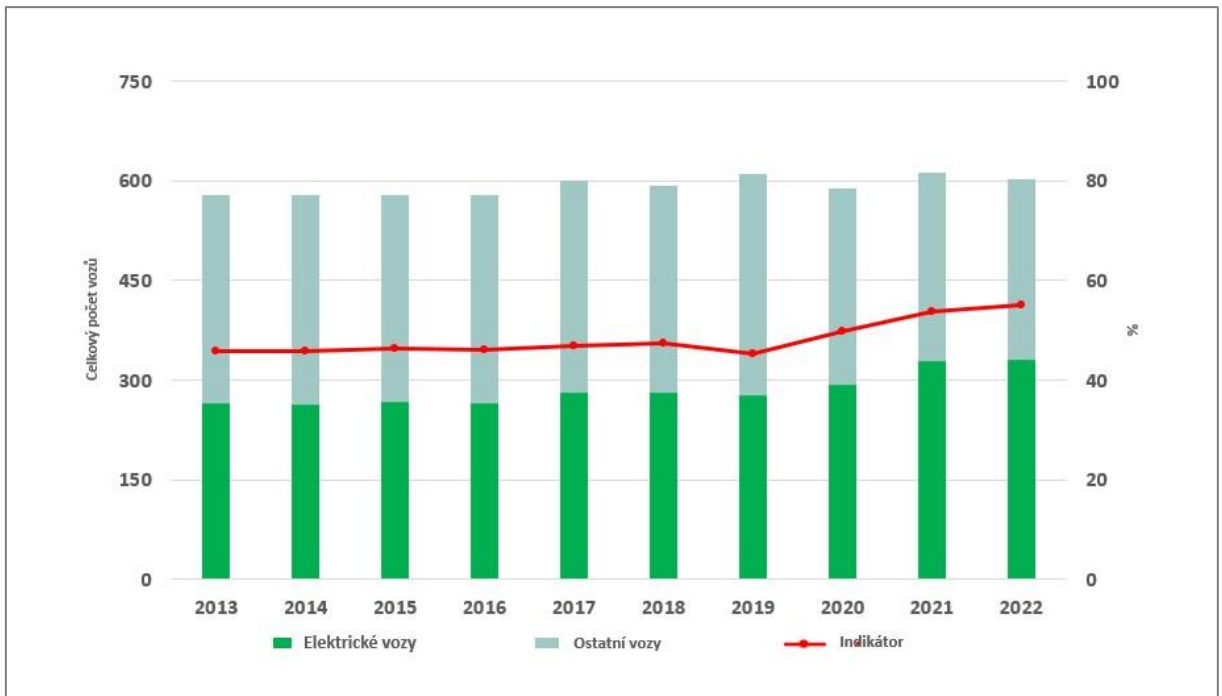
Obr. 40: Vývoj poměru příjmů k výdajům MPK (%) za období 2013–2022



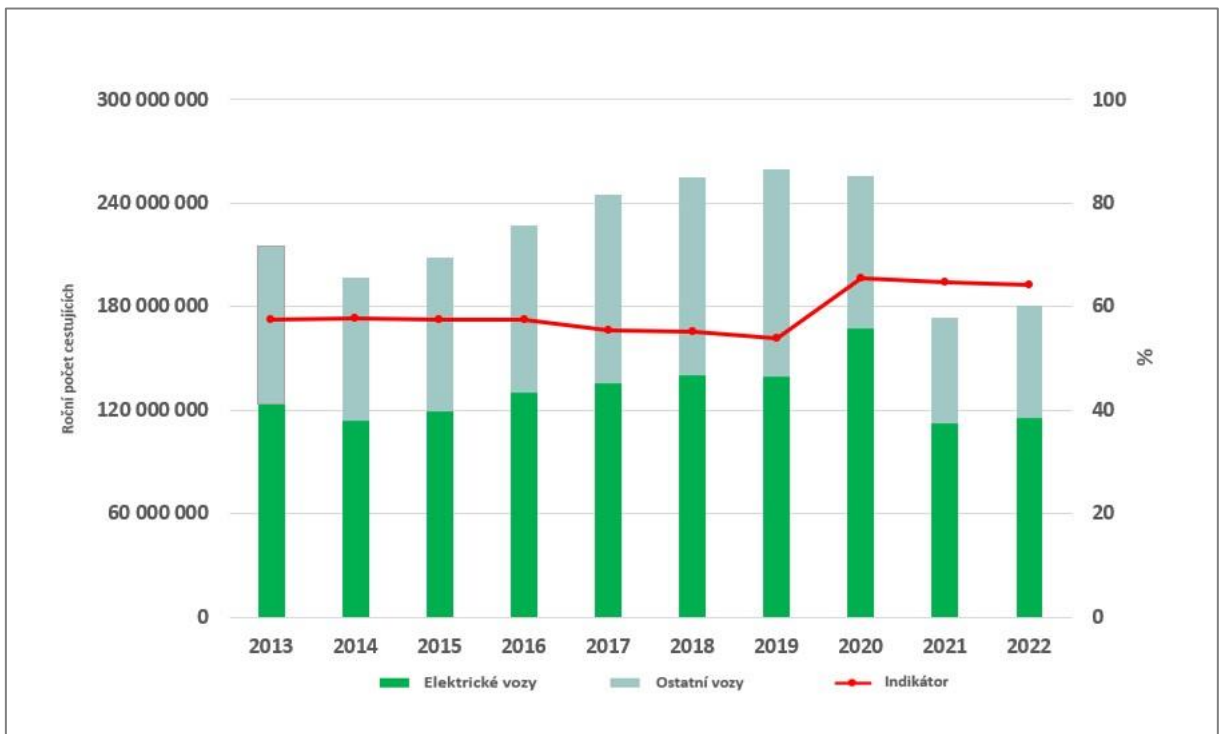
Obr. 41: Síťová analýza pěší dostupnosti k nejbližším zastávkám ZTM v roce 2022



Obr. 42: Vymezení urbanizovaných ploch CORINE Land-Copernicus uvnitř obsluhované oblasti ZTM v roce 2022



Obr. 43: Vývoj procentuálního podílu elektrických vozů na celkovém vozovém parku za období 2013–2022



Obr. 44: Vývoj procentuálního podílu ročních počtů cestujících v tramvajích a elektrobusech vůči celkovému počtu cestujících za období 2013–2022

11 Příkladová studie V: Efektivita dopravní dostupnosti (Liberec, Zlín)

11.1 Metodika

Následující studie se věnuje problematice výpočtů a mapových vizualizací pro hodnocení a komparaci horizontálních, vertikálních, frekvenčních a konektivních faktorů dopravní dostupnosti MHD. Za příklady jsme zvolili dvě členitá krajská města v Česku, obě s trimodální strukturou svých sítí, Liberec (autobusy, tramvaje, železnice) a Zlín (autobusy, trolejbusy, železnice).

Princip naší metodiky funguje na bázi propojení populačních, dopravních a hypsometrických dat z digitálního modelu reliéfu zvláště pro urbanizované a ostatní plochy z hlediska využití území. Kvůli možnému přesahu dostupnosti za hranice města nastavujeme obalové zóny 1 km pro všechny vrstvy s výjimkou adresních bodů. Datový základ metodiky tvoří liniová vrstva komunikační sítě z veřejného zdroje OSM, všechny zastávky městské a regionální hromadné dopravy, digitální model reliéfu pro rozlišení nadmořských výšek, a Urban Atlas s vymezením hlavních tříd krajinného pokryvu.

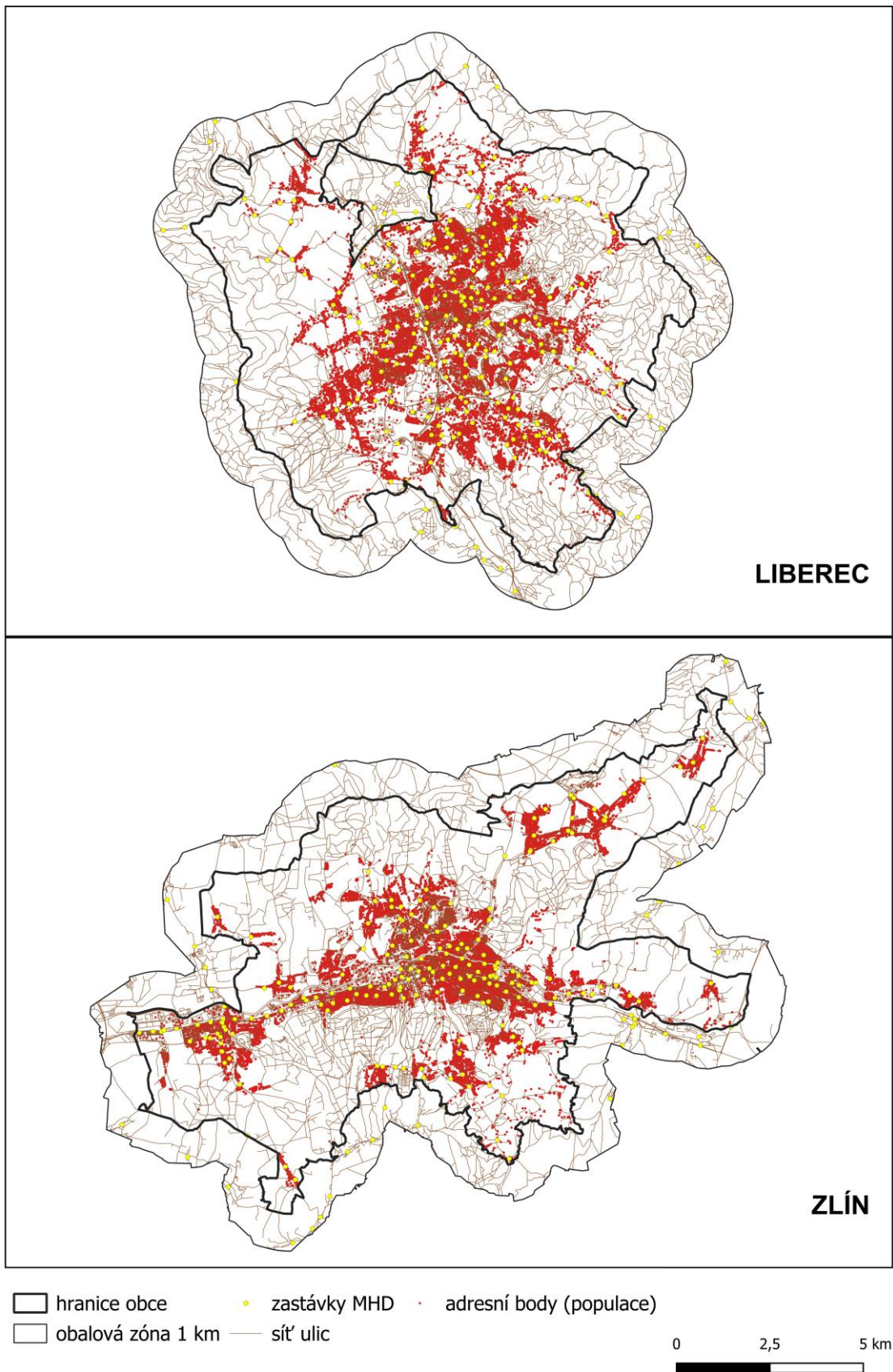
Podle nejnovějších údajů z Veřejné databáze Českého statistického úřadu žilo k 31. 12. 2023 na území Liberce 107 982 obyvatel s trvalým pobytem. Město Zlín ke stejnému datu eviduje 74 255 obyvatel (CZSO, 2024a). Tyto základní populační údaje nahrazujeme formou aktualizované podrobné vrstvy adresních bodů k listopadu 2023 s atributem BOBYOSL21 (počet obyvatel v budově dle SLDB 2021) získané ve spolupráci s Katedrou geoinformatiky UPOL z jinak limitovaných neveřejných dat (CZSO, 2024b). Po ořezech podle administrativních hranic obou měst čítá vrstva 15 222 adresních bodů s celkovou populací 103 432 obyvatel v Liberci, resp. 18 883 adresních bodů s populací 73 278 obyvatel ve Zlíně. Rozdíl oproti novějším údajům je zejména v případě Liberce nezanedbatelný, nicméně vrstva adresních bodů umožňuje přesnou lokalizaci populace a ve spojení se síťovou analýzou spočítat kolik obyvatel, případně jaký podíl populace, žije v jaké vzdálenosti od nejbližší zastávky MHD.

Liberecký a Zlínský kraj se vyznačují vysokou úrovní integrace dopravních systémů, která mj. spočívá v jednotném jízdním tarifu a sdílení zastávek pro městskou a regionální dopravu. Některé zastávky v okrajových částech měst jsou navíc obsluhovány a propojeny s centrem pouze regionálními linkami. Počítáme proto nejen s linkami provozovanými městskými dopravními podniky, ale také se všemi ostatními zastávkami a linkami v rámci IDS na území obou měst (tedy včetně regionální autobusové a železniční dopravy). Jejich vynechání by podstatně zkreslilo jinak přesné výsledky dostupnosti. Body zastávek, stejně jako údaje o počtu spojů a linek, získáváme kombinací dat z OSM, dopravních podniků v Liberci (DPMLJ, 2024) a Zlíně (DSZO, 2024), dále z portálů IDS Libereckého (IDOL, 2024) a Zlínského kraje (IDZK, 2024). Detailní vrstvu sítě komunikací lze stáhnout v programu QGIS v rámci zásuvného modulu QuickOSM (upravené prvky atributu, též klíče „highway“). Staženou vrstvu z OSM je dále nutné upravit a očistit od nepropojených segmentů linií. Pomocí jiného zásuvného modulu OpenTopography DEM Downloader

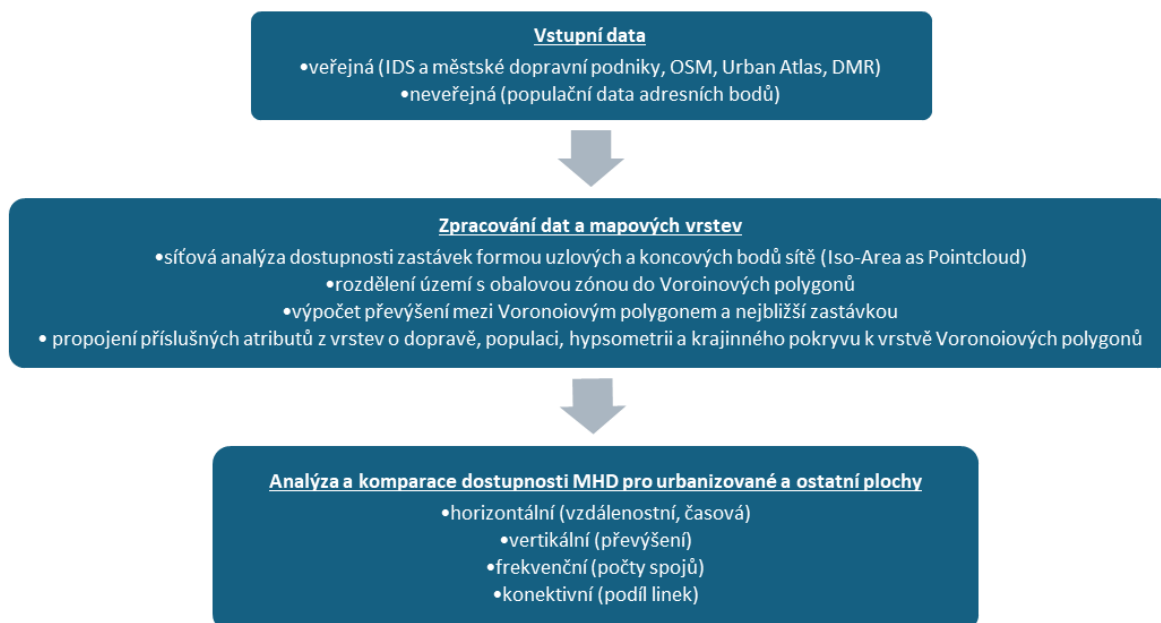
v QGIS, konkrétně model Copernicus Global DSM 30 m, zpracováváme detailní hypsometrický obraz pro obě města. Původní data vychází z portálu OpenTopography (2024). Výšková amplituda se pohybuje od 301 do 1 010 m n. m. v případě Liberce, resp. od 184 do 541 m n. m. ve Zlíně. Pro rozlišení urbanizovaných a ostatních ploch stačí vyselektovat z geodatabáze Urban Atlas všechny druhy umělých povrchů. Kompletní sada krajinného pokryvu Urban Atlas je bezplatně dostupná z Urban Atlas Land-Copernicus (2022). Obr. 45 přibližuje základní fázi postupu při sběru a zpracování vstupních dat.

Po sesbírání potřebných vstupních dat následuje nejdůležitější fáze vlastního algoritmu propojení jednotlivých vrstev za účelem získání přesných hodnot dopravní dostupnosti pro vybrané faktory. Za nejvýznamnější faktor považujeme horizontální dostupnost, kterou chápeme jako vzdálenost v rámci sítě komunikací od nejbližší zastávky. V závislosti na vyšší členitosti reliéfu nabývá na významu druhý faktor vertikální dostupnost. Pojem vertikální dostupnost zde používáme pro převýšení v metrech mezi výchozím místem a nejbližší zastávkou. Frekvenční dostupnost se pak týká průměrného počtu spojů z nejbližší zastávky. A konečně dostupnost v podobě konektivity počítáme jako procentuální podíl linek z nejbližší zastávky vůči celkovému počtu linek provozovaných na území města.

Pro výpočet horizontální dostupnosti využíváme nástroj síťové analýzy v QGIS, konkrétněji funkci Iso-Area as Pointcloud, která, na rozdíl od klasického Service area (Iso-Area as Polygons) s polygony dostupností, analyzuje a následně kategorizuje všechny uzlové a koncové body komunikační sítě podle zvoleného rozsahu. Výsledkem je rozsáhlá síť bodů, kterou můžeme použít pro rozdělení území do Voronoiových polygonů, viz předchozí příkladové studie. Hlavní výhodou tohoto kroku spočívá v automatickém vytvoření dvou atributů, názvu a vzdálenosti nejbližší zastávky podél komunikační sítě, pro každý Voronoiov polygon. Včetně kilometrové obalové zóny tak rozdělíme území Zlína do 64 276 polygonů, v případě Liberce pak do 65 842 polygonů. Díky informaci o nejbližší zastávce lze z vrstvy digitálního modelu reliéfu jednoduše dopočítat a připojit atribut rozdílu nadmořské výšky mezi daným polygonem a nejbližší zastávkou. Ostatní atributy frekvence a konektivity pak přirozeně souvisejí pouze s bodem nejbližší zastávky. Ve finální části připojíme k Voronoiovým polygonům populační data adresních bodů podle umístění, odstraníme duplicitní geometrie a výsledek rozdělíme na dvě skupiny, podle příslušnosti k urbanizovaným a ostatním plochám. Obr. 46 shrnuje zjednodušený metodický postup.



Obr. 45: Vstupní vrstvy v QGIS pro zpracování vybraných charakteristik dostupnosti



Obr. 46: Schéma metodického postupu rozdělené do 3 hlavních fází

11.2 Výsledky

11.2.1 Urbanizované plochy

Urban Atlas rozlišuje v hlavní třídě umělých povrchů urbanizovaných ploch mnoho subkategorií (mj. dopravní, průmyslové, rekreační využití). Ostatní plochy se vztahují k zemědělskému, lesnímu či vodnímu využití (Urban Atlas Land-Copernicus, 2022). Analýza dopravní dostupnosti MHD zvláště pro sloučené subkategorie urbanizovaných a ostatních ploch efektivně soustřeďuje pozornost na nejdůležitější části města pro zajištění dopravní obslužnosti, a zároveň minimalizuje problém nepřesného administrativního vymezení bez ohledu na prostorovou distribuci populace.

Rozloha sloučené urbanizované části Liberce činí 38,6 km², což odpovídá 36,5% podílu na celkové rozloze města. V případě Zlína tvoří urbanizovaná část 26,2 km², tedy 25,5% podíl na celkové rozloze města. Z analýzy adresních bodů následně vyplývá, že 99,4 % populace Liberce se koncentruje na 36,5 % rozlohy města, resp. 99,5 % populace Zlína na 25,5% rozloze města. Distribuce populace s trvalým nahlášeným pobytem ze sčítání lidu 2021, navzdory spíše marginálním odchylkám, se tedy výhradně váže k umělým plochám Urban Atlas.

V Tab. 12 rozdělujeme úroveň horizontální dostupnosti podle mezních hodnot pěti intervalů (100, 250, 500, 1 000 a 2 500 m). První kategorie zahrnuje všechny Voronoiovy polygony do 100 m od nejbližší zastávky. Uvnitř těchto polygonů žilo v době posledního sčítání lidu 8 684 obyvatel (Liberec), resp. 7 346 obyvatel (Zlín). Procentuálně to znamená při průměrné rychlosti 5 km/hod pěší chůze 8,4 % populace Liberce žijící do 72 s (100 m) od nejbližší zastávky, resp. 10,1 % v případě Zlína. Stejně lze postupovat při interpretaci ostatních intervalů. Rozdíl 11procentních bodů mezi podílem urbanizovaných ploch na

celkové rozloze v Liberci a Zlíně je poměrně výrazný a může být jedním z důvodů proč vychází Liberec podstatně hůře ve všech intervalech relativní kumulativní četnosti distribuce populace v rámci faktoru horizontální dostupnosti. Pozitivním zjištěním je nicméně fakt, že v obou městech více než 89 % populace žije do 500 m (6 min) od nejbližší zastávky. Konkrétnější představu a přesnou prostorovou analýzu vzdálenostní dostupnosti poskytují mapy na Obr. 47 s lokalizací všech zastávek a ohraničením městských částí v rámci Voronoiových polygonů. Liberec můžeme díky jeho urbanistické struktuře zařadit spíše ke kompaktním městům, avšak s řadou malých urbanizovaných exkláv. Právě v těchto okrajových částech s horší dostupností se Liberec nejvíce odlišuje od Zlína, na jehož periferii jsou typické kratší vzdálenosti k nejbližší zastávce.

Tab. 12: Distribuce populace na urbanizovaných plochách Liberce a Zlína podle intervalů horizontální dostupnosti v kombinaci populačních údajů ze SLDB 2021 a dopravních dat z roku 2024.

	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
Liberec	100	8 684	8 684	8,44	8,44
	250	36 247	44 931	35,24	43,69
	500	46 673	91 604	45,38	89,07
	1 000	9 753	101 357	9,48	98,55
	2 500	1 489	102 846	1,45	100,00
	Celkem	102 846	102 846	100,00	100,00
	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
Zlín	100	7 346	7 346	10,08	10,08
	250	30 637	37 983	42,03	52,10
	500	30 597	68 580	41,97	94,08
	1 000	3 873	72 453	5,31	99,39
	2 500	446	72 899	0,61	100,00
	Celkem	72 899	72 899	100,00	100,00

Meziměstská komparace vertikální dostupnosti v podobě převýšení mezi Voronoiovými polygony a nejbližšími zastávkami vychází pro Liberec a Zlín vyrovnaněji než v případě klasické vzdálenostní dostupnosti. Za intervaly jsme tentokrát zvolili 6 mezních hodnot převýšení v m (5, 10, 25, 50, 100 a 250). Jak je zřejmé z Tab. 13 téměř dvě třetiny populace v obou městech žijí v oblastech do 10 m převýšení od nejbližší zastávky. Kritická hranice 50 m, ještě více než v případě 500 m u vzdálenosti (6 min), zahrnuje naprostou většinu populace a převýšení nad 100 m se pak dotýká pouze nižších desítek obyvatel. Obr. 48 výstižně podtrhuje liniový údolní charakter Zlína podél řeky Dřevnice, přičemž ale významná část města je rozložena po okolních kopcích. Celkově členitější Liberec je svým zastávkovým převýšením rovnoměrněji rozprostřen s nejvyššími hodnotami okolo Ještědu v městské části Horní Hanychov.

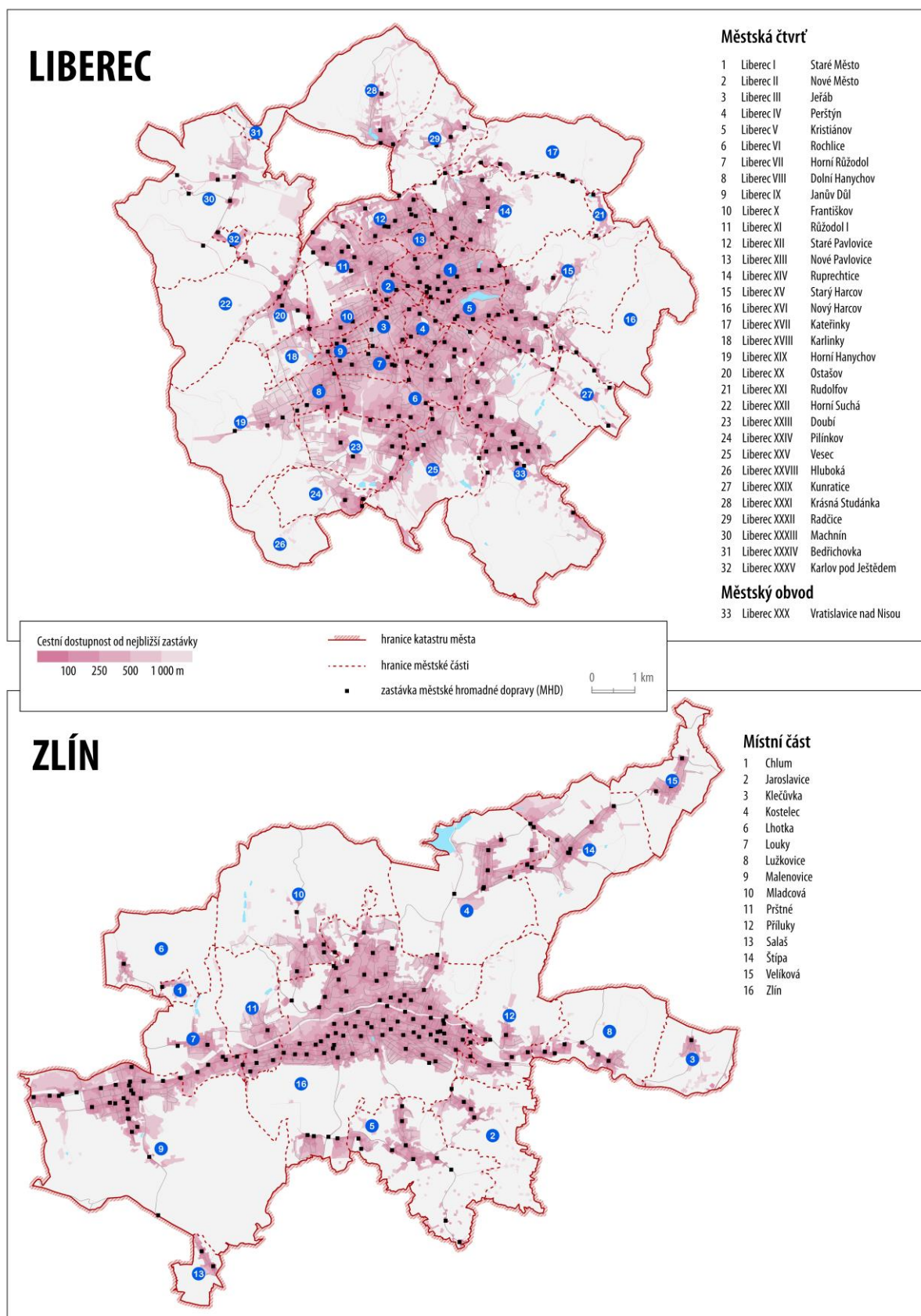
Zbývající zkoumané faktory dostupnosti, frekvence a konektivita, nevyžadují žádné dodatečné prostorové úpravy mapových vrstev. Vystihují vytíženost a důležitost samotných zastávek. Skrze připojené atributy k Voronoiovým polygonům však můžeme pokrýt hodnotami vybraných indikátorů celé území města. Úroveň frekvenční dostupnosti analyzujeme pomocí ukazatele průměrného denního počtu spojů. Relativní blízkost

zastávky jak z horizontálního, tak vertikálního hlediska, ještě nemusí nutně znamenat kvalitní dostupnost. Pokud je zastávka obsluhována jen zřídka a nerovnoměrně může to vést k preferenci vzdálenějších zastávek, případně k hledání alternativního způsobu přepravy. Potřeba a realizace vyšší četnosti spojů se obvykle vyskytuje spolu s vyšší hustotou zalidnění, koncentrací průmyslu, služeb, a také turistických atraktivit. Z Obr. 49 je v porovnání s Libercem patrná obecně vyšší frekvence spojů ve Zlíně zejména na spojnici Zlína s nedalekými Otrokovicemi a samozřejmě největším sídlištěm severně od centra Jižních Svazích. V Liberci se pás vyššího počtů spojů rozprostírá podél tramvajových linek a v bezprostředním centru města. Absolutně nejvytíženější zastávkou Liberce je bimodální centrální uzel Fügnerova s průměrně 1 292 spoji za den dohromady za všechny směry. Ve Zlíně platí za nejvýznamnější zastávku rovněž bimodální centrální uzel Náměstí Práce s průměrně 924 spoji za den v obou směrech. Obě města mají podobnou strukturu nejméně vytížených zastávek, přičemž absolutním minimem je zastávka s alespoň jedním garantovaným spojem denně.

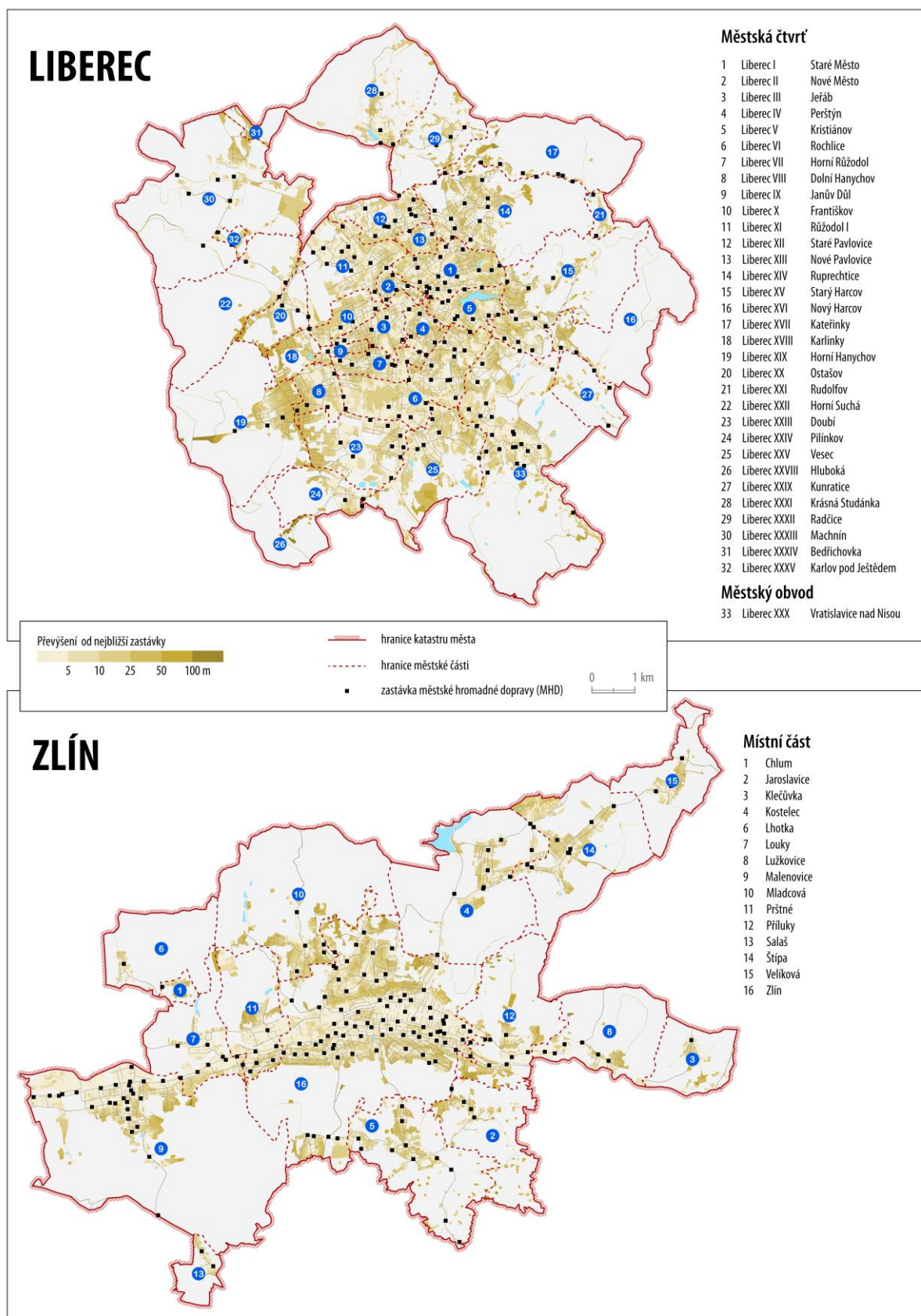
Konektivitu, chápanou ve smyslu dostupnosti zastávky a propojenosti se zbytkem sítě, vyjadřujeme jednoduše jako procentuální podíl počtu linek obsluhujících danou zastávku vůči celkovému počtu provozovaných linek na území města. Vlivem integrace s regionální dopravou nelze počítat podíl vůči celkovému počtu linek v síti, protože by to zahrnovalo celý krajský integrovaný dopravní systém. Liberec je oproti Zlínu podstatně linkově centralizovanější. Nejvytíženější zastávka Fügnerova je obsluhována více než 90 % všech linek. Další zastávky v pořadí významnosti konektivity se pohybují už pod 20 %. Na Obr. 50 si můžeme opět všimnout zřetelného liniového charakteru Zlína, kde sice nejvytíženější zastávka Náměstí Práce dosahuje pouze dvoutřetinového podílu, nicméně hned na několika zastávkách podél hlavní komunikace v centru a západně od centra lze využít více než jednu třetinu všech linek.

Tab. 13: Distribuce populace na urbanizovaných plochách Liberce a Zlína podle intervalů vertikální dostupnosti v kombinaci populačních údajů ze SLDB 2021 a dopravních dat z roku 2024.

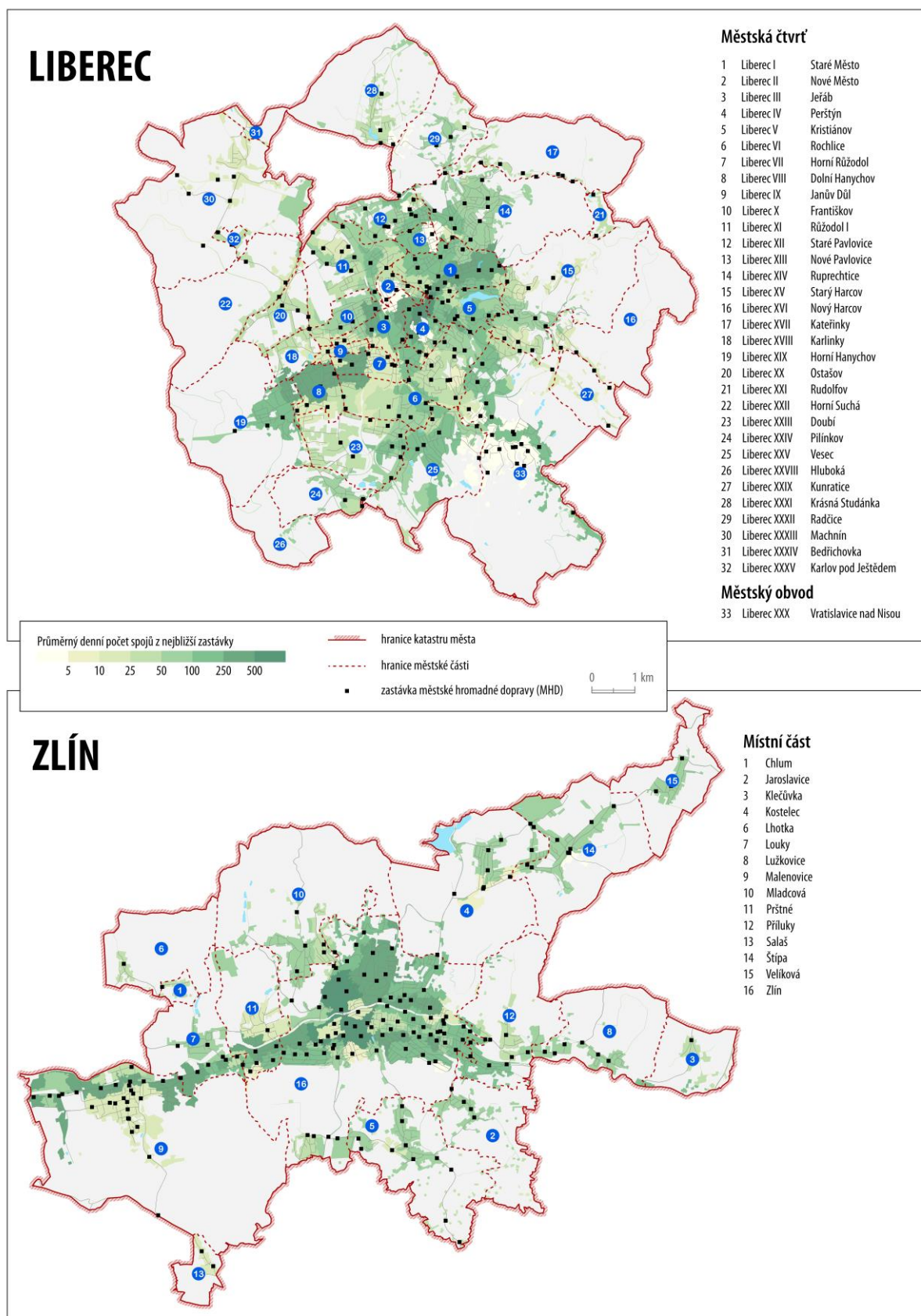
	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
Liberec	5	40 564	40 564	39,44	39,44
	10	25 656	66 220	24,95	64,39
	25	30 501	96 721	29,66	94,04
	50	5 572	102 293	5,42	99,46
	100	505	102 798	0,49	99,95
	250	48	102 846	0,05	100,00
	Celkem	102 846	102 846	100,00	100,00
Zlín	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
	5	31 656	31 656	43,42	43,42
	10	16 124	47 780	22,12	65,54
	25	18 816	66 596	25,81	91,35
	50	5 559	72 155	7,63	98,98
	100	726	72 881	1,00	99,98
	250	18	72 899	0,02	100,00
Celkem	72 899	72 899	100,00	100,00	



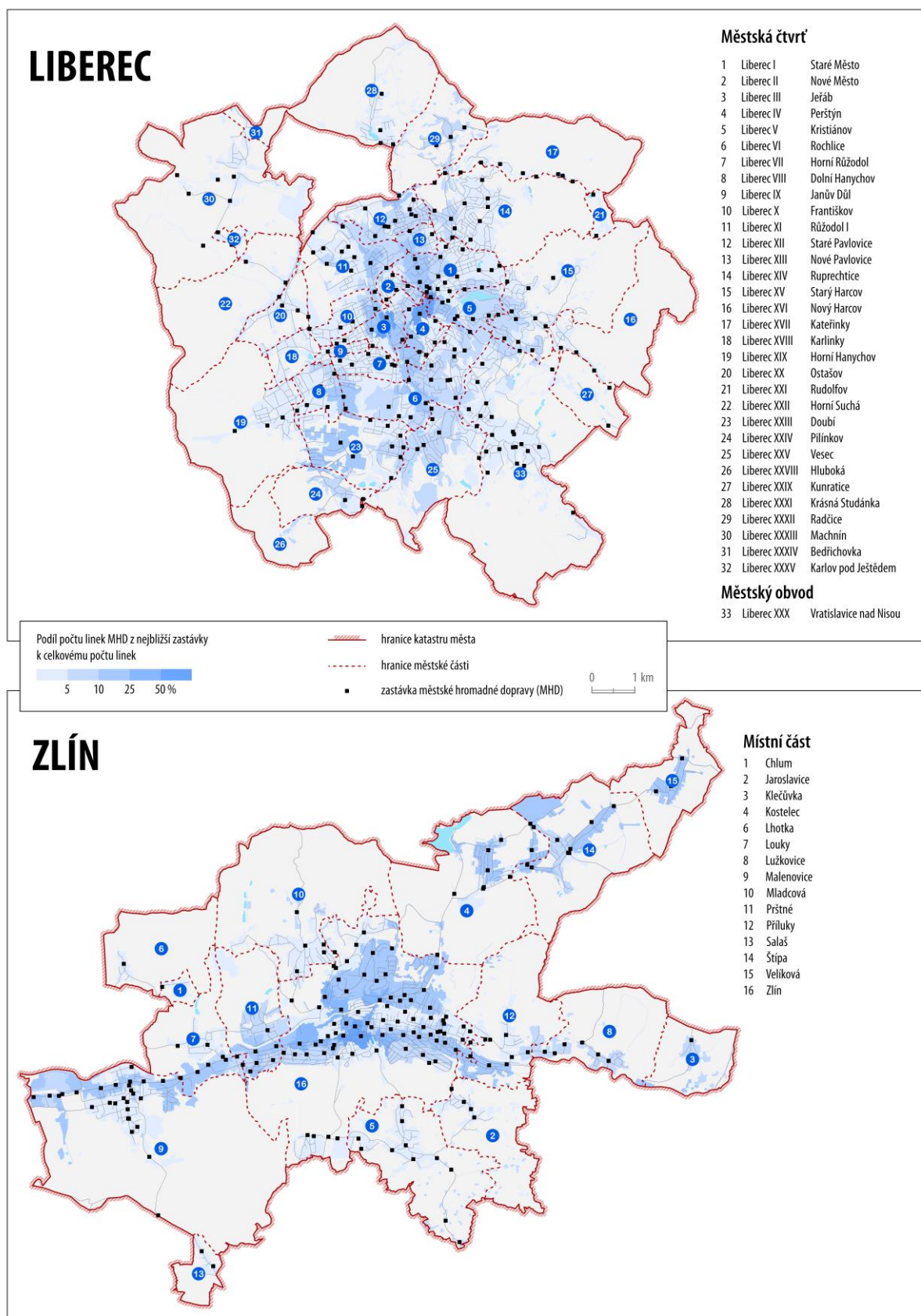
Obr. 47: Vzdálenostní dostupnost zastávek MHD pro urbanizované plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 48: Vertikální dostupnost zastávek MHD pro urbanizované plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 49: Průměrná denní frekvence spojů ze zastávek MHD pro urbanizované plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 50: Podíl počtu linek MHD na zastávkách MHD vůči celkovému počtu linek pro urbanizované plochy Liberce a Zlína v roce 2024

11.2.2 Ostatní plochy

Oblasti se zemědělským využitím, polopřírodní oblasti, mokřady, lesy a vodstvo tvoří dohromady ostatní neurbanizované plochy. Ze své podstaty jde o území jen s minimální potřebou a významem pro zajištění dopravní obslužnosti. Přesto díky svému rozsahu a poloze v rámci města nelze analýzu dostupnosti zastávek zcela pominout. V Liberci zabírají tyto plochy 63,5 % rozlohy města s celkem 586 obyvateli. Na příkladu Zlína činí podíl dokonce 74,5 % s 379 obyvateli. Populace je tedy zastoupena nesouvisle, pouze vzácně. I řádově pouhé desetiny procent stálého obyvatelstva z adresních bodů žijících na neurbanizovaných plochách jsou však stále překvapivé. Zjevný rozpor lze přičíst nedostatečné přesnosti vstupních dat, měřítku a přílišnému zjednodušení rozdělení hlavních tříd krajinného pokryvu.

Při použití stejného principu výpočtů a nastavení shodných intervalů, jako u urbanizovaných ploch, vychází ostatní plochy pro Liberec a Zlín výrazně odlišně. Všechny faktory dostupnosti se projevují celkově hůře. Jak vyplývá z Tab. 14, i zde ovšem více než polovina obyvatelstva žije v dosahu maximálně půl kilometru k nejbližší zastávce. Z Obr. 51 si můžeme všimnout kratších vzdáleností v severní a severovýchodní části Liberce. Na katastru Zlína je opět situace vyrovnanější. Do velké míry je to způsobeno přesahem dostupnosti za hranice města v kilometrové obalové zóně, kde se nachází řada zastávek regionální autobusové dopravy napojené na IDZK, jejíž linky směřují z nebo do centra Zlína.

Tab. 14: Distribuce populace na ostatních plochách Liberce a Zlína podle intervalů horizontální dostupnosti v kombinaci populačních údajů ze SLDB 2021 a dopravních dat z roku 2024.

	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
Liberec	100	85	85	14,51	14,51
	250	67	152	11,43	25,94
	500	204	356	34,81	60,76
	1 000	177	533	30,20	90,96
	2 500	53	586	9,04	100,00
	Celkem	586	586	100,00	100,00
Zlín	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
	100	16	16	4,22	4,22
	250	40	56	10,55	14,78
	500	157	213	41,42	56,20
	1 000	144	357	37,99	94,20
	2 500	22	379	5,80	100,00
Celkem	379	379	100,00	100,00	

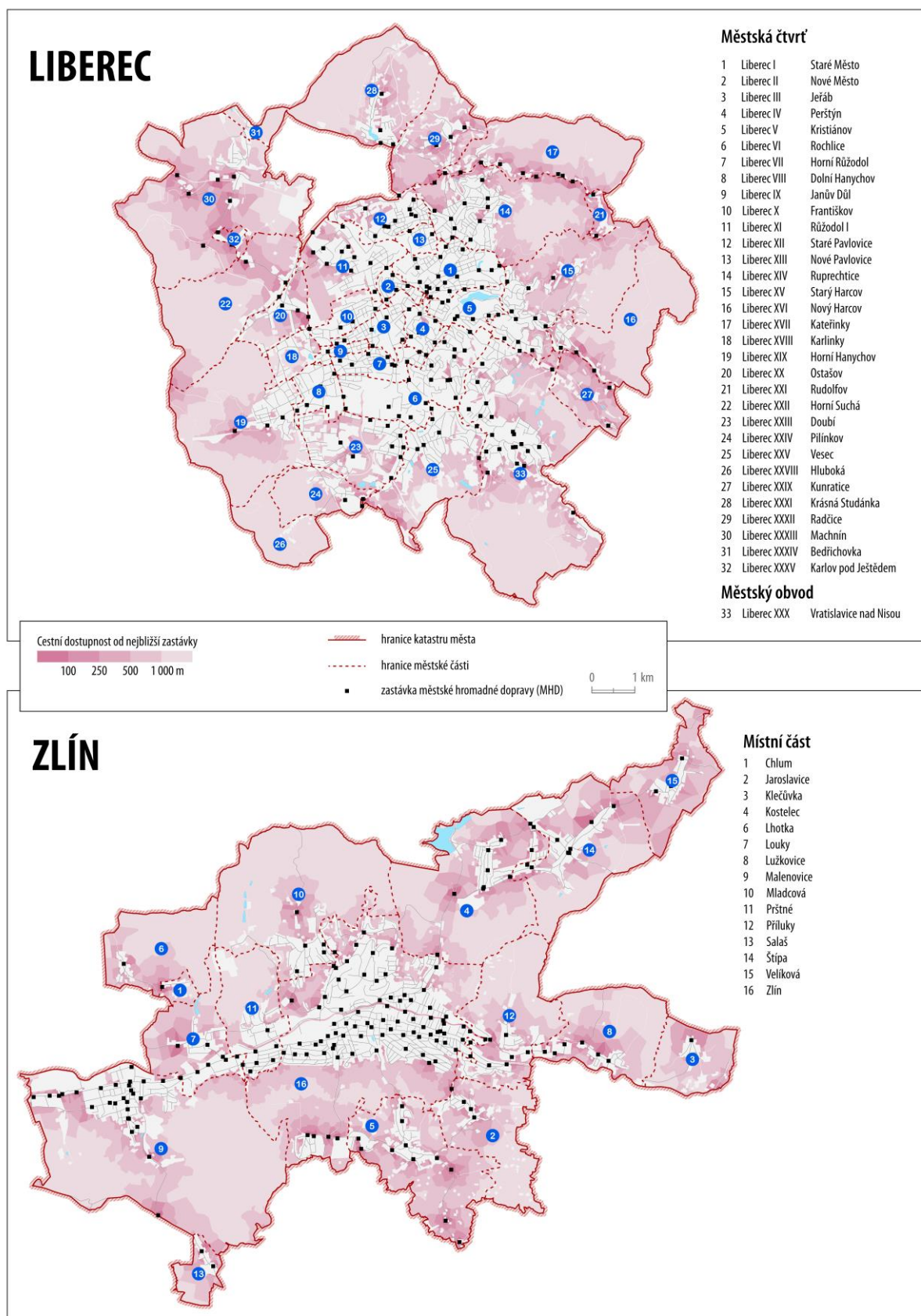
Výsledky vertikální dostupnosti vychází ve všech stanovených intervalech příznivěji pro Liberec. Podle údajů v Tab. 15 zajišťují obě města kvalitní dostupnost pro většinu populace. Kritické převýšení nad 100 m od nejbližší zastávky se dotýká pouze vyšších jednotek obyvatel. Neobývaná území s nejvyšším převýšením jsou prakticky bez výjimky spojena s lesním pokryvem a absencí udržované dopravní infrastruktury. V Liberci je tato kategorie plošně rozsáhlejší, jak vidno z Obr. 52, což je dáno vyšší relativní výškovou

členitostí a statusem ochrany přírody. U Zlína je zase častější interval převýšení mezi 50 až 99 m. Když se podíváme na frekvenční dostupnost na Obr. 53, rozložení hodnot v intervalech je mezi městy relativně podobné. Nejnižší počty spojů v rámci Liberce pokrývají rozsáhlé území městského obvodu Vratislavice nad Nisou. Oproti ostatním částem Liberce i Zlína jde o nejvýraznější odchylku. Vysvětlit je to možné mnoha Voronoiovými polygony, ze kterých je uvnitř komunikační síť nejbliže k okrajovým minimálně obsluhovaným zastávkám. Opačné hodnoty se vyskytují v jihozápadní části Liberce, městské části Horní Hanychov, kde má řada polygonů nejbliže k bimodálním zastávkám v čele s hustějším tramvajovým provozem. Přílišná centralizace linkového vedení způsobuje Liberci celkově horší konektivní dostupnost. Ve srovnání se Zlínem na Obr. 54 je patrná podstatně lepší propojenost periferních částí Zlína.

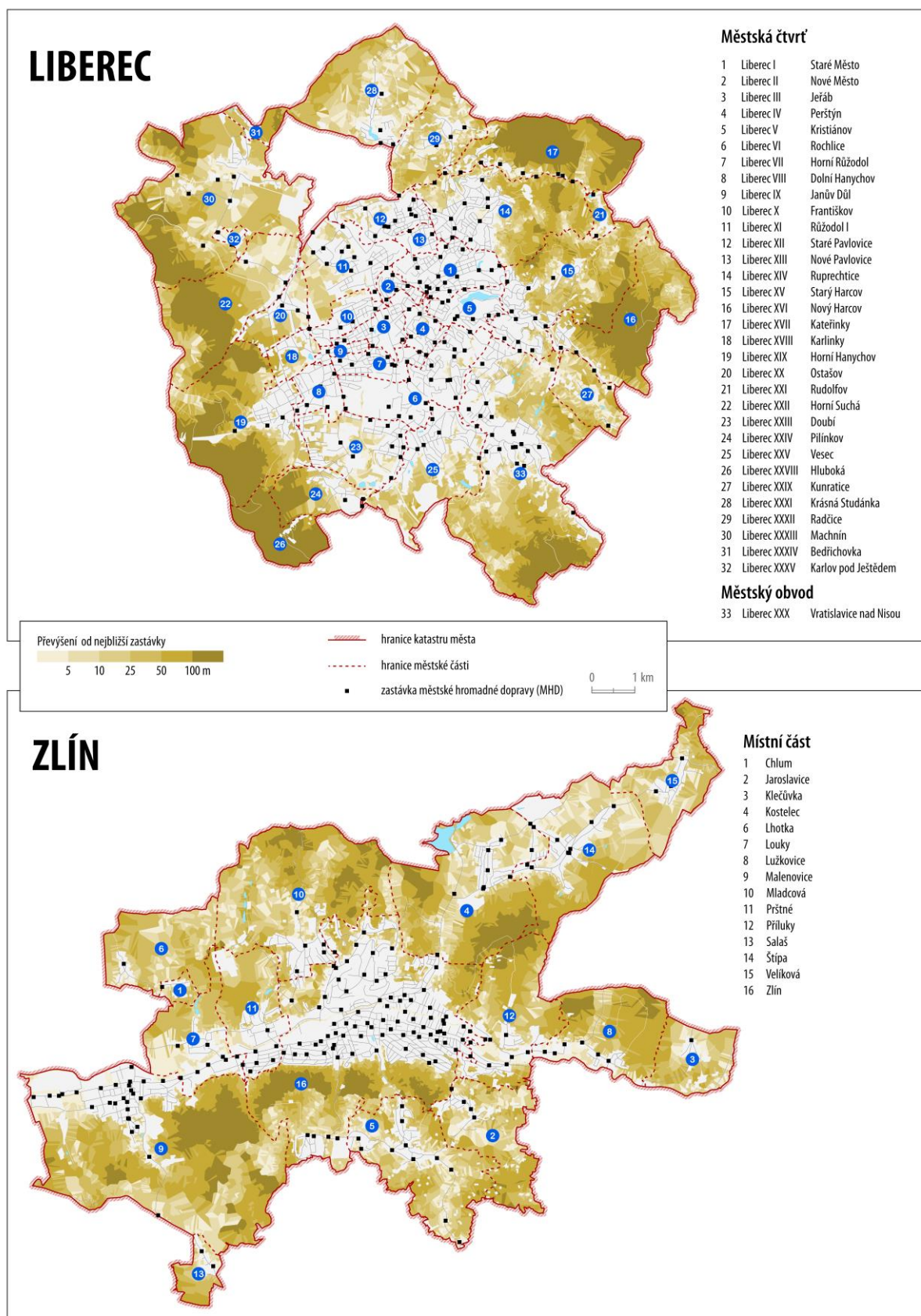
Celkově za všechny faktory a zahrnuté typy krajinného pokryvu lze usoudit, že má Zlín mírně lepší výsledky dostupnosti, zejména pro urbanizované plochy. Je také důležité rozlišit dostupnost s ohledem na rozložení populace z adresních bodů a dostupnost neobývaného území. V případě ostatních ploch vůči populaci vychází totiž lépe Liberec, nicméně pokud budeme chápat dostupnost čistě územně, bude opět pozitivněji hodnoceným Zlín. Uvedené mapové a tabulkové výsledky mohou být využity jak pro jednoduchou meziměstskou komparaci, tak pro detailní analýzu konkrétních městských částí, rozdílů mezi ulicemi, zastavěnou a ostatní složkou území, aj. Hlavní výhodou rozdělení dostupnosti do jednotlivých faktorů vyjádřených relativními indikátory je následná možnost překryvu vrstev a odhalení nejhůře dostupných oblastí s přesným numerickým vyjádřením rozdílu mezi indikátory.

Tab. 15: Distribuce populace na ostatních plochách Liberce a Zlína podle intervalů vertikální dostupnosti v kombinaci populačních údajů ze SLDB 2021 a dopravních dat z roku 2024.

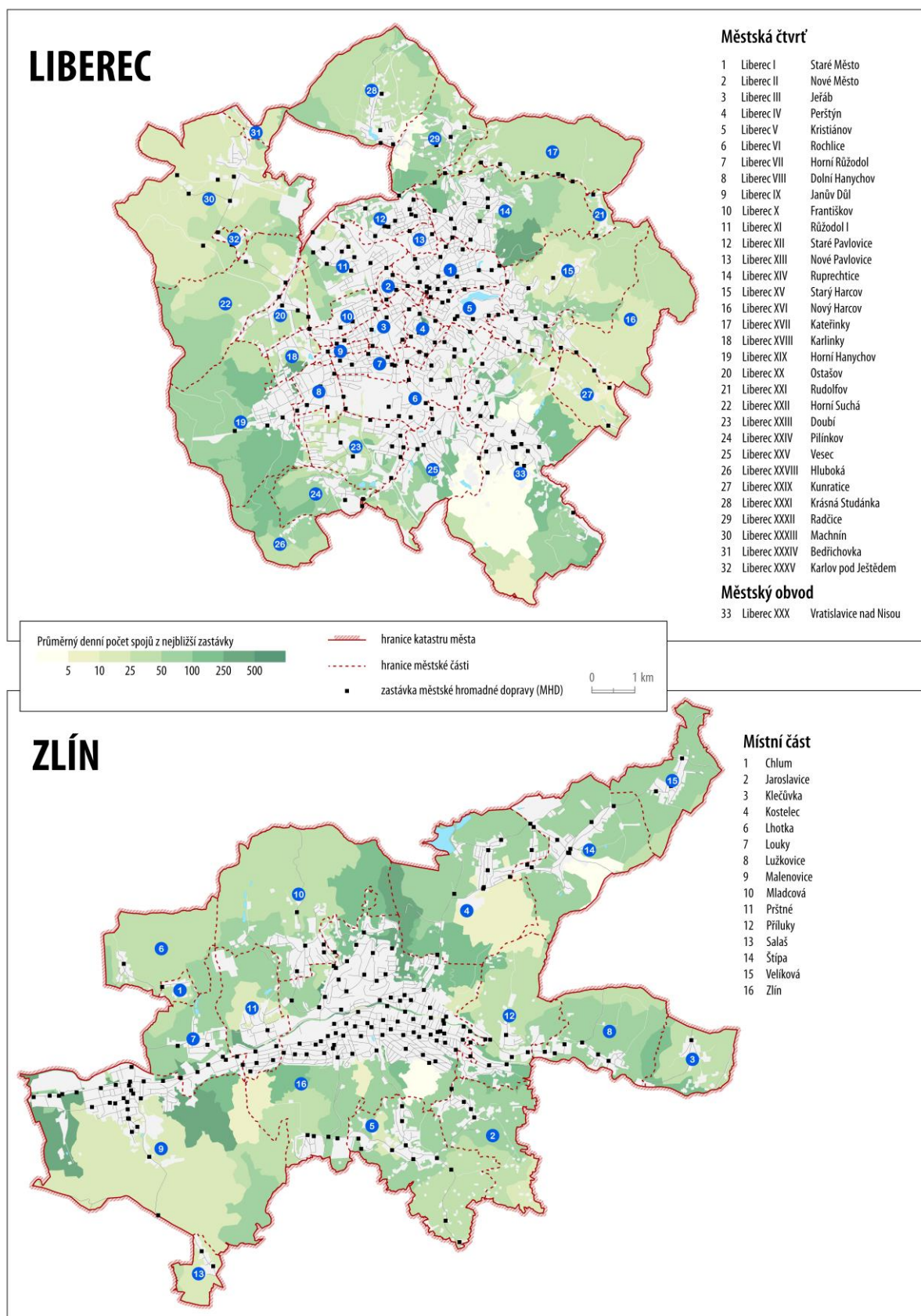
	Interval	Populace	kumul_pop	% pop	kumul % pop
Liberec	5	117	117	19,97	19,97
	10	135	252	23,04	43,01
	25	182	434	31,06	74,07
	50	79	513	13,48	87,55
	100	65	578	11,09	98,64
	250	8	586	1,37	100,00
	Celkem	586	586	100,00	100,00
Zlín	Interval	Populace	kumul_pop	% ostatní	kumul % pop
	5	51	51	13,46	13,46
	10	40	105	10,55	24,01
	25	147	252	38,79	62,80
	50	90	342	23,75	86,54
	100	40	382	10,55	97,10
	250	11	393	2,90	100,00
Celkem	379	379	100,00	100,00	



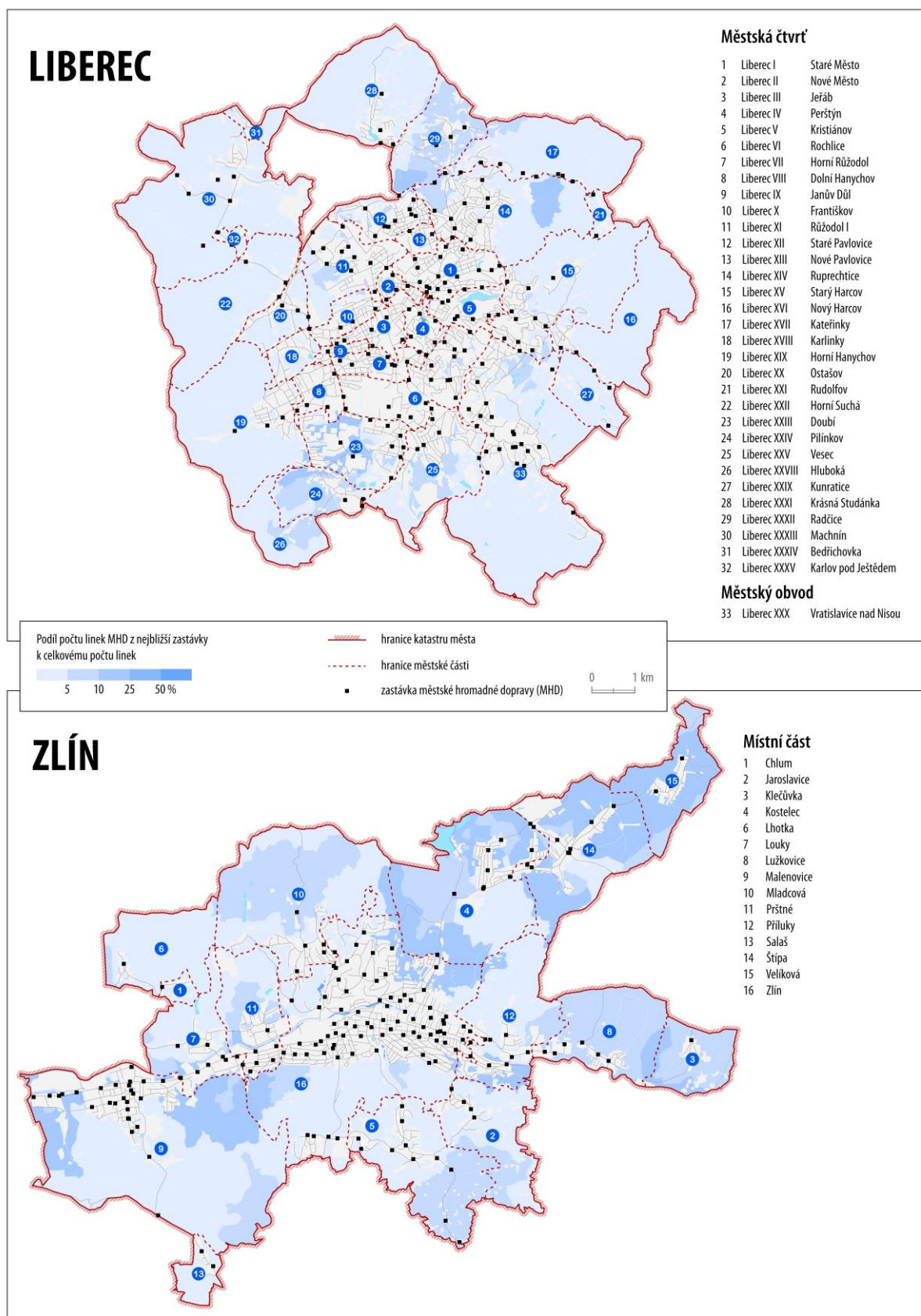
Obr. 51: Horizontální dostupnost zastávek MHD pro ostatní plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 52: Vertikální dostupnost zastávek MHD pro ostatní plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 53: Průměrná denní frekvence spojů ze zastávek MHD pro ostatní plochy Liberce a Zlína v roce 2024



Obr. 54: Podíl počtu linek MHD na zastávkách MHD vůči celkovému počtu linek pro ostatní plochy Liberce a Zlína v roce 2024

12 Diskuze

Vymezení a následná analýza subsystémů elektrické drážní sítě MHD pro tak velké a rozmanité území jakým jsou státy Visegrádské skupiny s sebou nutně přináší řadu otázek o validitě, porovnatelnosti dat a zejména přenositelnosti zvolené metodiky. Vzhledem k tomu, že dosud nevyšla studie s podobně ambiciózním rozsahem, nebylo snadné vyvarovat se možných nepřesností a zároveň neopominout všechny výjimky. Naše metodika vychází z kombinace veřejně dostupných materiálů a dlouhodobé empirie s mnoha evropskými dopravními systémy. Volně editovatelné mapové vrstvy OSM jsme pečlivě aktualizovali s pomocí údajů z dopravních podniků a kontrole v terénu. Výsledky poskytují relativně přesný kvantitativní obraz liniové infrastruktury pro vybrané dopravní módy. Za objektivní nedostatek lze považovat omezenou selekci dopravních subsystémů. Bez příměstských a regionálních železnic a některých nekonvenčních systémů se nejedná o plný výčet elektrické hromadné drážní dopravy. Hlavní důvodem pro selekci dopravních módů byla nutnost vyčlenění souvislých městských sítí od ostatní regionální a dálkové dopravy. Sporné je na druhé straně zařazení parciálních forem dopravy, které svým flexibilním charakterem bez nutnosti trakčního vedení mají k fixní dráze poměrně daleko a připomínají spíše elektrobus v podobě parciálních trolejbusů, nebo vlakotramvaj u parciálních tramvajů. Parciální trolejbusy a tramvaje jsme zařadili do analýz zejména kvůli pravidelným neměnným trasám, které jsou limitovány vzdáleností a časem pro výdrž baterií.

Konkrétní parametry pro výpočet rozsahu sítí se mohou v jiných metodikách mírně lišit podle způsobu využití. Díky konzistenci pravidel u každé sítě je v naší studii riziko případných nepřesností alespoň poměrově minimalizováno. Systém dopravních statistik Ministerstva dopravy ČR (SYDOS, 2023) o infrastruktuře elektrické trakce městské hromadné dopravy v ČR pracuje s jednosměrnou délkou infrastruktury dopravních módů metra, tramvajů a trolejbusů. Pokud porovnáme nejnovější údaje z roku 2022, délka 838,4 km se oproti námi vypočítaných 875,3 km (bez hybridů a pozemní lanové dráhy) výrazně liší. Může to být částečně zapříčiněno nezahrnutím dočasně uzavřených sítí v rekonstrukci. Zásadnější rozpor je patrný při pohledu na časovou řadu od roku 2015, podle které trolejbusová síť postupně narůstá v protikladu se stagnujícími tramvajovými tratěmi, což neodpovídá nedávnému rozšíření tramvajových sítí v Praze, Plzni, Olomouci a Brně. V rámci slovenské dopravní ročenky (RDPT, 2023) zase chybí rozdělení délky infrastruktury podle dopravního módu.

Navzdory velmi specifickému tématu a metodickému pojetí umožňuje naše studie snadno a spolehlivě porovnat největší segment elektrických drážních sítí MHD na území Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Jak z absolutních hodnot délky, tak relativní složené hustoty lze odhadnout míru významu, jakou má daná síť pro konkrétní město nebo obec bez statusu města. Za hlavní výhodu považujeme jednoduchou přenositelnost typologie na většinu území světa s možností dodatečného rozšíření. Databáze 46 integrovaných sítí přímo v kapitole 5 a zejména pak rozsáhlé navazující tabulky v příloze mohou posloužit jako hlavní zdroj a inspirace pro navazující sofistikovanější dopravní studie.

V kapitole o charakteristice vozového parku jsme pracovali výhradně s veřejnými daty z komunitního portálu Transphoto. Údaje o jednotlivých provozech průběžně aktualizují dobrovolní přispěvatelé. Nejedná se o oficiální zdroj, proto je nutné k výsledkům přistupovat s vědomím možných nepřesností. Metodiku jsme založili na absolutních a relativních ukazatelích počtů a hustotě vozidel. Podobně jako v předchozí analytické studii se analýza týká pouze elektrických hromadných prostředků s rozšířením o flexibilní elektrobuses nezávislé na trakčním vedení. Ostatní typy autobusů jsme do studie nezařadili jednak kvůli nepoměru v rozsahu vůči ostatním módům, a také abychom zdůraznili význam a distribuci čistě elektrických vozidel. Na téma komparace vozového parku byla zpracována řada příkladových studií. Např. Fitzová & Matulová (2020) a Fitzová et al. (2018) charakterizují strukturu vozového parku včetně investic, sítě a celkové infrastruktury pro vybraná města v Česku a na Slovensku. Naše analýza se odlišuje v záměru popsat zejména prostorové hledisko výskytu a rozdělení všech provozovaných vozidel podle selekce dopravních prostředků na území 4 států. Nezacházíme příliš do hloubky v ostatních parametrech. Ekonomicko-environmentální hledisko zastupuje detailní struktura typů vozidel, kterou jsme zvlášť pro každý zkoumaný dopravní prostředek umístili ve formě tabulek do Příloh. Podle skladby konkrétních typů vozidel lze uvedenou databázi dále využít pro porovnání míry modernizace, stáří a původu vozového parku.

Prostorovo-časové metody komparace konektivity se obvykle vztahují k měření propojenosti dopravní sítě a cestovních impedancí neboli jak moc je limitující přeprava mezi zastávkami (cestovní čas, vzdálenost). Na vzorku 8 tramvajových sítí ve světových velkoměstech (Melbourne, Miláno, Budapešť, Vídeň, Toronto, Haag, Amsterdam, Zürich) porovnávají Luo et al. (2019) disparity síťových spojení mezi centrem a ostatními městskými částmi. V naší příkladové studii 3 českých a 2 slovenských měst rovněž pracujeme se srovnáním propojenosti centra s periferiemi. Na rozdíl od kompletního pokrytí všech zastávek z jízdnic řádů GTFS jsme si nadefinovali významná obratiště, která ve své podstatě znamenají vrcholové body zastávek v dopravní síti. Konektivitu formou rychlosti spojů jsme poté analyzovali mezi výběrem koncových zastávek a nejvytíženější zastávkou zvlášť pro tramvajové a trolejbusové sítě. Naším cílem tak nebylo komplexní vyjádření míry konektivity pro každý úsek v síti, jako v případě Lua et al. (2019). Výsledky udávají pořadí obratišť (smyček, úvratí a točen) podle nejrychlejšího možného spojení s centrální nejvytíženější zastávkou. Hlavní výhodou tohoto pojetí konektivity je jednodušší přenositelnost metody na libovolnou dopravní síť při zachování dostatečně vypovídající hodnoty o kvalitě propojenosti mezi centrem a periferií. Možné nedostatky při zpracování populací řádově rozdílných měst spočívají v nerovnoměrných počtech obratišť a pouze jednomu referenčnímu bodu centrální zastávky. Nejvytíženější zastávka nemusí být vždy reprezentativním příkladem centrálního uzlu např. u převážně okružně konstruovaných sítí. Navíc rozdíly mezi intenzitou vytižení ostatních zastávek nebývají vždy signifikantní natolik, aby informace o míře propojenosti jedné z nich poskytovala kompletní obraz situace spojení centra s okolními částmi města.

Hodnocení efektivity dopravy na základě výběru kvantitativních relativních ukazatelů znamená nevyhnutelný kompromis mezi dostupností spolehlivých dat, zahrnující co nejvíce ovlivňujících faktorů, a objektivním nastavením vah pro jednotlivé ukazatele. Příkladová studie o maďarských městech je založena na kombinaci pouze kvantitativních, ověřitelných dat, relativně malého počtu ukazatelů, které využívají především prostorové aspekty, přičemž umožňují relativně objektivní hodnocení efektu každého ukazatele pro meziměstské srovnání. Neúplný výčet významných faktorů a jejich velmi obecné zahrnutí do vzorců lze považovat za značnou nevýhodu ve výběru ukazatelů. Určité zjednodušení jinak složitého problému bylo aplikováno z několika zcela odlišných důvodů. Pro jakékoli srovnání je nutné získat dostatečná data, která umožní stejný způsob vyhodnocení dvou nebo více vybraných příkladů. V kontextu dopravních analýz je otázka zdroje dat komplikována závislostí na veřejně dostupných materiálech, popřípadě sběru vlastních obtížněji porovnatelných dat. Navíc s rostoucím počtem zkoumaných územních jednotek se vyšší přesnost a důraz na vnitroměstský detail nutně nahrazuje obecnějšími formami meziměstské komparace. Důvodem pro relativní triviálnost vzorců byl zájem o přístupnější přenositelnou metodiku, která může být jednodušeji rozšířena o ekonomické a environmentální faktory, a být tak volněji aplikována širším mezioborovým pohledem. Objektivní hodnocení vah ukazatelů a jejich výsledků bylo částečně zajištěno použitím modifikované Bennetovy metody, formy standardizace, která zohledňuje procentuální odchylky od průměrné hodnoty. Navíc tato zvolená metoda poskytuje určitou nezávislost na inherentně subjektivním výběru ukazatelů.

Metodika do určité míry navazuje na Bártu (2020). Nicméně, na rozdíl krakovské studie se snaží o meziměstské srovnání, přičemž zahrnuje přesněji definované prostorovo-časové aspekty. Formát GTFS jako systematický způsob přístupu k dopravním datům se objevuje v stále větším počtu studií. V pokročilejší tvorbě příkazů a efektivnějším využití statických souborů GTFS jsme se inspirovali zejména studiemi od Boka & Kwona (2016) a Kujala et al. (2018). Podle Bennetovy metody se kombinace dostupnosti a konektivity ve formě průměrného počtu spojení na linku vyznačuje nejvyšší amplitudou hodnot, což nejvíce ovlivňuje konečný výsledek hodnocení. Hlavní nedostatek ukazatele dostupnosti z Voronoiových polygonů spočívá v částečné deformovanosti v případě neadekvátního administrativního vymezení města. Proto mohou města, jejichž hranice neodpovídají osídlení s převažující městskou zástavbou, vykazovat celkově horší dostupnost, přestože v rámci urbanizovaných ploch je dostupnost optimální. Odpověď na klíčovou otázku o relevanci a použitelnosti arbitrární metodiky ukazatelů pro specifické disparity a možnosti optimalizace je obecně pozitivní, s možností zaměřením se na nejpodrobnější městské čtvrtě a konzistentní srovnatelnost s odpovídajícím průměrem pro vyšší jednotku. Nicméně je důležité poznamenat, že výběr geografických faktorů sám o sobě bez ekonomických, environmentálních a jiných faktorů nedává komplexní pohled na problém hodnocení složitého systému veřejné dopravy. Příkladovou studii lze tak zařadit jako další syntetickou prostorovo-časovou metodu o komparaci hodnocení vybraných faktorů vycházejících z každodenního provozu městské veřejné dopravy. Navzdory specifickému zobecnění a zjednodušení složité problematiky může sloužit jako výchozí nástroj pro

komplexnější analýzu silných a slabých stránek a možné rozšíření o ekonomické a environmentální faktory.

Multikriteriální analýza představuje průsečík vybraných atributů, kterým je empiricky přiřazena určitá váha. Součin všech vah atributů by měl pak určit konkrétní souhrnnou hodnotu fenoménu. V příkladové studii o Krakovu jsme zpracovali syntézu čtyř atributů dostupnosti dopravy (linky, směry, spoje a pěší dostupnost). Mnoho autorů, mezi nimiž jsou například Zhu, et al. (2006), Ušpalytė, et al. (2020), Mościcka, et al. (2019) nebo Mavoa, et al. (2012), přistupují k problematice dostupnosti městské dopravy z širokého hlediska mnoha socioekonomických sektorů a snaží se tak použití multikriteriální analýzy co nejvíce zkomplexňovat. Ve srovnání s výše uvedenými studiemi se naše práce zaměřovala přesněji na geografický koncept dostupnosti s obzvláštním důrazem na možnost logického propojení zásadních atributů dopravní sítě s časovou dostupností. Gadziński & Beim (2009) a Corazza & Favareto (2019) podobně zkoumají metodiku definování dostupnosti na základě umístění zastávky a její možné typologie. Náš Index důležitosti zastávky může být chápán jako specifický nástroj právě pro typologii zastávek. Obdobné prostorové metody pro index efektivity zastávek aplikovali Roşu & Blageanu (2015). Využití nástrojů GIS a výzkum nových algoritmů často umožňují nejen důkladnější analýzu dopravních statistik, ale především podrobnou vizualizaci jevu ve vybrané oblasti, jako je tomu u Forda, et al. (2015). Podíl aplikací GIS v naší práci tvoří nedílnou součást sběru a zpracování dat. Zejména pak formát GTFS a kombinace vektorových funkcí stojí za celkovou komplexností analýzy. Pozitivní inspiraci pro analýzy s pokročilejšími systémy indikátorů jsme čerpali například ze studie Puławské & Wiesława (2011). Konečně lze naši studii chápat jako zajímavý pokus o novou syntetickou metodu multikriteriální analýzy dostupnosti s relativně podrobnou statistikou vybraných atributů. Pro všestrannější analýzu dopravních služeb by však bylo nutné zahrnout významně širší zapojení dopravních a dalších socioekonomických faktorů.

Příkladová studie o Poznani a okolí má výběrem použitých metod relativně nejbliže k provozním charakteristikám dopravního podniku. Během dvouměsíčního pracovního pobytu jsme posbírali velké množství dat mj. o konkrétních přepravních výkonech, punktuálnosti spojů a zajišťování informačních služeb. V poznaňském dopravním podniku se pravidelně evidují neveřejná data výhradně pro interní účely. Podobně je tomu i v ostatních dopravních podnicích. Proto jsme sestavili stručný výběr šesti relativních ukazatelů, které lze do značné míry aplikovat i na ostatní města. Ukazatele tematicky pokrývají rozmezí mezi prostorovo-časovými, ekonomicko-environmentálními a provozními metodami. Na rozdíl od ostatních příkladových studií jsme data o provozu MHD v Poznani zpracovali s vědomím velmi omezeného dodatečného využití. Ekonomické indikátory poměru cestujících vůči populaci a poměru příjmů k výdajům mají výlučný charakter obecného vyjádření jevu za celou obsluhovanou oblast v ročních periodách. Stejný efekt projevují environmentální ukazatele ve dvou formách podílů využití elektrického vozového parku. Pro výpočty dvou prostorových ukazatelů jsme využili metody síťové analýzy jak pro distribuci populace žijící v dosahu nejbližší zastávky, tak následně pro vymezené urbanizované plochy z Corine Land Cover. Dílčí výsledky

mapového znázornění tak představují ve své podstatě podrobnější prostorovou komparaci než samotné výsledky ukazatelů. Naše vymezení intervalů dostupnosti do 500 m, resp. 6 min pěší chůze při průměrné rychlosti 5 km/h neodpovídá častěji užívané klíčové hranici 400 m, případně 5 min pěší chůze pro optimální rozhraní dostupnosti k nejbližší zastávce. Hodnoty 500 m a 6 min můžeme zdůvodnit efektivnějším číselným vyjádřením pro případ rozšíření o zlomky a násobky intervalů cestní a časové dostupnosti.

Míra dostupnosti MHD zastávek se obvykle chápe jako měřená vzdálenost nebo čas, které je nutné překonat od libovolného místa k dosažení nejbližší zastávky. Vedle nejjednodušší vzdušné čáry se častěji ke spojení míst užívá přesnějších metod síťové analýzy, které počítají s pohybem v komunikační síti. V poslední praktické kapitole o komparaci Zlína a Liberce jsme klasický koncept horizontální dopravní dostupnosti rozšířili o vertikální složku v podobě převýšení a doplnili atributy frekvence a konektivity spojů. Hlavní část metodiky operuje s nástroji GIS, konkrétně s funkcí Iso-Area as Pointcloud a rozdělením území s kilometrovou obalovou zónou podle uzlových bodů komunikací (pointcloud) do Voronoiových polygonů. Částečně tak navazujeme na metodiku Bárty (2022). Voronoiovy polygony v tomto případě používáme pro výpočet rozdílů vzdálenosti (potřebného času) a převýšení mezi bodem zastávky a daným polygonem. V dalším kroku vymezujeme urbanizované a ostatní plochy z Urban Atlasu. Vedle veřejných prostorových a dopravních dat naše analýza zahrnuje ještě neveřejné informace o podrobné distribuci populace z adresních bodů. Ty ovšem nejsou stěžejní v případě aplikace metodiky na zahraniční města bez přístupu k podobně přesným populačním údajům. Dohromady tak jde o volně přenositelný způsob prostorové analýzy dopravní dostupnosti. Hlavní přidanou hodnotou je nepochybně vertikální aspekt převýšení, který se dobře uplatní ve městech s členitým reliéfem. Papa et al. (2018) pracují okrajově s vertikálním parametrem distribuce populace žijících v hůře dostupných svažitých částech Neapole. Nezmiňují ale konkrétní vztah převýšení a vzdálenosti. Z jiného pohledu Meeder et al. (2017) akcentují význam sklonitosti terénu pro výběr dopravního módu. Problematika výškové členitosti ve městech se nejčastěji váže k bariérám pěšího přístupu. Z tohoto hlediska má naše studie potenciál inspirovat prostorové přístupy k řešení dostupnosti MHD zastávek.

13 Závěr

Rozsáhlé téma komparace efektivity MHD jsme uchopili z prostorovo-časových, ekonomicko-environmentálních a provozních hledisek. Každé hledisko s sebou přináší spektrum využitelných metod pro komparaci zkoumaného jevu mezi územními celky. Metody se mohou mezi vybranými hledisky často překrývat. Důležitým je účel, za kterým dané metody aplikujeme a jakou formu zvolíme pro zpracování výsledků. V naší práci jsme se zaměřili na představení nové kombinace metod, analýzu vybraných měst podle vlastní metodiky a zpracování co nejhodnotnějších datových výstupů v podobě tabulek, grafů a map. Určené cíle se nám povedlo plně realizovat. Nejvýznamnější praktická část práce obsahuje sedm kapitol, ve kterých jsme postupně rozvinuli různorodé způsoby hodnocení efektivity MHD. Dvě kapitoly jsme věnovali širším analýzám elektrické infrastruktury MHD pro celé zkoumané území. Pět dalších kapitol se pak týká podrobných příkladových studií za vybraná města.

Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD umožnila kompletní analýzu všech měst a ostatních municipalit LAU na území Visegrádské skupiny s alespoň minimálním pokrytím dopravní infrastruktury metra, tramvaje, trolejbusu, pozemní lanové dráhy, ozubnicové dráhy a parciálních úseků trolejbusů a tramvajů. V rámci této analýzy jsme porovnali celkem 122 municipalit (z toho 75 měst). Vzhledem k časté integraci dopravních módů do společných provozů jsme nakonec vymezili 46 integrovaných sítí MHD. Vedle municipalit došlo k vyhodnocení na úrovni evropského rozdělení do statistických jednotek NUTS. V absolutním měřítku nás zajímala velikost dané sítě vyjádřená s přesností na stovky metrů. Pro přesnější porovnání jevu bez ohledu na velikost jsme spočítali agregovanou hustotu sítě v km vztaženou vůči populaci a rozloze území. Problém nerovnoměrných administrativních celků bez ohledu na využití ploch jsme vyřešili vymezením urbanizovaných a ostatních ploch v hranicích municipalit. Z výsledků je patrná výrazná převaha hustějších sítí v Česku s primárním zastoupením trolejbusové dopravy. Nejefektivnější provoz z pohledu nejvyšší hustoty integrované sítě funguje v Teplicích spolu s přilehlými obcemi. Konkrétní výsledky jsme dále použili pro vytvoření typologie sítí podle vybraných charakteristik. Prezentované datové výstupy poskytují rozsáhlou databázi vhodnou pro navazující odborné studie. Podobným rozsahem dopadla analytická studie elektrického vozového parku, ve které jsme porovnali 146 měst s alespoň jedním provozovaným elektrickým dopravním prostředkem. Do elektrických vozidel jsme zařadili metro, tramvaje, trolejbusy, pozemní lanovky, zubačky a elektrobusy. Sloučením dopravních prostředků se výsledný počet integrálních vozových parků snížil na 116. Pro znázornění disparit mezi různě velkými provozy jsme využili jednoduché výpočty počtů a hustoty vozidel. V Česku a Polsku se vyskytuje nejvíce elektrických vozových parků jak v absolutních, tak relativních hodnotách. Podle složení typů vozidel převažují čeští a polští výrobci všech dopravních prostředků. Vozové parky jsou průběžně modernizovány. Elektrobusy se stávají nejrozšířenějším elektrickým dopravním prostředkem, přičemž nahrazují diesellové druhy autobusů. Tramvaje, klasické trolejbusy a parciální trolejbusy zůstávají početně nejvýznamnějšími elektrickými vozidly.

V pěti příkladových studiích pro 12 vybraných měst jsme aplikovali kombinace prostorových, časových, ekonomických, environmentálních a provozních metod. Komparace konektivity centrálních nejvytíženějších zastávek s vrcholovými obratišti poskytuje zjednodušený obraz míry efektivního propojení centra s periferními částmi města. Z výsledků komparace tramvajových a trolejbusových sítí vyplývají nejednoznačné závěry. Systémy s vyšším počtem obratišť a hustější sítí nemusí nutně znamenat lepší konektivitu. Podle hlavního sledovaného parametru rychlosti v km/h je možno přidat více uzlových zastávek pro zvýšení vypovídací hodnoty nejrychlejších spojení centra s periferií. Systém osmi relativních indikátorů zahrnuje aspekty frekvence, hustoty, kapacity, dostupnosti, konektivity a rychlosti MHD. Slouží primárně pro meziměstskou komparaci efektivity výhradně z prostorovo-časového hlediska. Aplikovali jsme ho pro 3 maďarská města. Navzdory svým omezením kvůli datovým zdrojům a obecnější formě ukazatelů můžeme díky němu popsat hlavní rozdíly v efektivitě provozů MHD. Metodu s výsledky multikriteriální analýzy a Indexu důležitosti zastávky lze naopak chápat jako přesnou analýzu škály dostupnosti území z veřejného plně kompatibilního formátu jízdních řádů a mapových vrstev OSM. Informace o provozních charakteristikách z dopravního podniku v Poznani s rozšířením o prostorové a populační údaje vedly k sestavení multidisciplinárního systému šesti relativních ukazatelů. Ukazatele jsou relativně obtížně přenositelné z důvodu kombinace veřejných a neveřejných datových zdrojů. Nicméně podávají ucelenou představu o další možné podobě hodnocení efektivity MHD. Nejpodrobnější údaje jak v rámci měst, tak meziměstské komparaci poskytla finální prostorová analýza čtyřech forem dostupnosti. Míru efektivity MHD vystihuje horizontální, vertikální, frekvenční a konektivní dostupnost k nejbližší zastávce. Všechny příkladové studie jsme koncipovali kvantitativně s důrazem na maximální přenositelnost na libovolná města. Výsledkem je pestrá směsice aplikovatelných absolutních a relativních ukazatelů. Do příloh jsme umístili rozsáhlé upřesňující databáze v tabulkové podobě.

14 Summary

The dissertation deals with the issue of evaluating the efficiency of urban public transport. For the broader area of study, we selected the Visegrad Group, which includes the Czech Republic, Hungary, Poland, and Slovakia. Efficiency is assessed using spatial, temporal, economic, environmental, and operational methods. For this purpose, we developed a system of freely transferable absolute and relative indicators.

In the introductory section, we briefly summarized the main milestones in the development of public transportation in the Visegrád Group countries along with other Central European states. The theoretical part of the work is divided into subchapters, introducing the essence of public transportation and its role in population mobility, the subsystems of urban public transportation, and methods for comparing the efficiency of public transportation. The aim was to outline the distribution and efficiency of all significant means of public transport. In the efficiency methods, we focus on a review of primarily quantitative studies. Emphasis is placed on spatiotemporal methods, which intersect various sectors and often rely on GIS analyses and map representations. We are also interested in differences in the approaches of professional studies based on the use of public vs. non-public data sources. The methodological part includes a description of the availability and quality of free data usable for evaluating public transport efficiency. A more specific work procedure is first explained comprehensively in the chapter on the methodology itself and then separately in each analytical and case study. The practical part consists of 2 analytical and 5 case studies. In the first analytical chapter, we focus on the spatial distribution and typology of all electric rail public transport networks in the Visegrad Group countries. The second chapter relates to all cities in the Visegrad Group with at least one electric public transport mode. We conduct a detailed analysis of the electric vehicle fleet overall and separately for individual transport modes. The first case study covers 5 cities in the Czech Republic and Slovakia. The core of the methodology lies in defining the key turnaround points and their connectivity via the rail network and direct lines to the busiest stop in the city center. The degree of connectivity is analyzed in the form of the fastest possible connections within the integrated transport system (IDS). The next two case studies are extracts from the methodology and results of two published first-author articles in peer-reviewed journals (Bárta, 2022), (Bárta & Masopust, 2020). The originally English texts and outputs were translated into Czech and adapted into comparable case studies. The fourth case study deals with a comprehensive evaluation of efficiency from a spatial, economic, and environmental perspective. The final chapter addresses the issue of network analyses and their use for horizontal (route, time), vertical (elevation), frequency, and connectivity availability of the nearest public transport stops within the integrated transport system of two cities. Besides individual types of availability, we work with non-public population data in the form of address points. In the concluding part, we discuss the possible advantages and disadvantages of the chosen methodologies and the final processing for each analytical and case study. The work includes many tables and figures, all of which are our own processing, mostly from public data sources.

Seznam zdrojů

Literární

- Alamri, S., Adhinugraha, K., Allheeb, N., & Taniar, D. (2023). GIS Analysis of Adequate Accessibility to Public Transportation in Metropolitan Areas. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi12050180>
- Alonso, A., Monzón, A., & Cascajo, R. (2015). Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities. *Ecological Indicators*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.022>
- Andrei, L., & Luca, O. (2021). Open tools for analysis of elements related to public transport performance. Case study: Tram network in Bucharest. *Applied Sciences*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/app112110346>
- Bajčetić, S., Tica, S., Živanović, P., Milovanović, B., & Đorojević, A. (2018). Analysis of public transport users' satisfaction using quality function deployment: Belgrade case study. *Transport*, 33(3). <https://doi.org/10.3846/transport.2018.1570>
- Bárta, M. (2020). Comparative analysis of the accessibility and connectivity of public transport in the city districts of Krakow. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(3). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.20.016.12784>
- Bárta, M. (2022). GIS Based Methodology to Analyse the Public Transport Supply – Hungarian Case Studies. *Geographica Pannonica*, 26(2). <https://doi.org/10.5937/gp26-36423>
- Bárta, M., & Masopust, T. (2020). Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Cracow. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(4). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.20.025.13127>
- Bartłomiejczyk, M., & Kołacz, R. (2020). The reduction of auxiliaries power demand: The challenge for electromobility in public transportation. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119776>
- Bartłomiejczyk, M., & Połom, M. (2017). The impact of the overhead line's power supply system spatial differentiation on the energy consumption of trolleybus transport: planning and economic aspects. *Transport*, 32(1). <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1101611>
- Birr, K., Jamroz, K., & Kustra, W. (2014). Travel time of public transport vehicles estimation. *Transportation Research Procedia*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.016>
- Biswas, A., Adhinugraha, K., & Taniar, D. (2023). Comparative GIS Analysis of Public Transport Accessibility in Metropolitan Areas. *Computers*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/computers12120260>

- Bok, J., & Kwon, Y. (2016). Comparable measures of accessibility to public transport using the general transit feed specification. *Sustainability*, 8(3).
<https://doi.org/10.3390/su8030224>
- Brand, C., & Preston, J. (2003). Which technology for urban public transport? *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport*, 156, (4).
<https://doi.org/10.1680/tran.2003.156.4.201>
- Braniš, M., Šulík, M., Takacs, J., & Schlosser, T. (2020). Analysis of Public Transport Services with Various Criteria. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 28(4).
<https://doi.org/10.2478/sjce-2020-0027>
- Brunner, H., Hirz, M., Hirschberg, W., & Fallast, K. (2018). Evaluation of various means of transport for urban areas. *Energy, Sustainability and Society*, 8(1).
<https://doi.org/10.1186/s13705-018-0149-0>
- Bryniarska Z., & Puławska S. (2014). Dostępność komunikacyjna strefy podmiejskiej Krakowa. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 4–11.
- Bryniarska, Z., & Zakowska, L. (2017). Multi-criteria evaluation of public transport interchanges. *Transportation Research Procedia*, 24.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.063>
- Ceder, A., Le Net, Y., & Coriat, C. (2009). Measuring public transport connectivity performance applied in Auckland, New Zealand. *Transportation Research Record*, 2111.
<https://doi.org/10.3141/2111-16>
- Corazza, M. V., & Favaretto, N. (2019). A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility. *Sustainability*, 11(3).
<https://doi.org/10.3390/su11030803>
- Costa, Á., & Fernandes, R. (2012). Urban public transport in Europe: Technology diffusion and market organisation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(2). <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.09.002>
- Csehy, E. (2019). A Hódmezővásárhelyet Szegeddel összekötő, TRAM-TRAIN integrált villamos-és nagyvasúti rendszer egyes működtetési, üzemeltetési kérdései. *Közlekedéstudományi Szemle*, 69(5). <https://doi.org/10.24228/ktsz.2019.5.1>
- Currie, G., & De Gruyter, C. (2018). Exploring links between the sustainability performance of urban public transport and land use in international cities. *Journal of Transport and Land Use*, 11(1). <https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.957>
- Curtis, C., & Scheurer, J. (2010). Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in planning*, 74(2).
<https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.05.001>

- Cyril, A., Mulangi, R. H., & George, V. (2019). Development of a GIS-based composite public transport accessibility index. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 13(2). <https://doi.org/10.4090/juee.2019.v13n2.235245>
- Czerepicki, A., Choromański, W., Kozłowski, M., & Kazinski, A. (2020). Analysis of the Problem of Electric Buses Charging in Urban Transport. *Science & Technique*, 19(4). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-349>
- Daudu, P. I.-U., Jibril, M. S., & Yashi, J. (2022). Spatial Analysis for Determining Accessibility to Bus Stops in Kaduna Metropolis. *Journal of Geographic Information Systems*, 14(01). <https://doi.org/10.4236/jgis.2022.141005>
- De Gruyter, C., Currie, G., & Rose, G. (2017). Sustainability measures of urban public transport in cities: A world review and focus on the Asia/Middle East Region. *Sustainability*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/su9010043>
- Drdla, P. (2021). *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Pardubice: Polygrafické středisko Univerzity Pardubice, 434 s. ISBN 978-80-7560-361-6
- Drdla, P. (2005). *Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 136 s. ISBN 80-7194-804-7
- Durzyński, Z., Pacholek, M., & Cichy, R. (2018). Conditions for using of trams on railway tracks sections in agglomeration communication in Poland. *MATEC Web of Conferences*, 180. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818003002>
- Eboli, L., & Mazzulla, G. (2012). Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. *European Transport – Trasporti Europei*, 51.
- Farber, S., Morang, M. Z., & Widener, M. J. (2014). Temporal variability in transit-based accessibility to supermarkets. *Applied Geography*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.012>
- Fitzová, H., & Matulová, M. (2020). Comparison of urban public transport systems in the Czech Republic and Slovakia: Factors underpinning efficiency. *Research in Transportation Economics*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100824>
- Fitzová, H., Matulová, M., & Tomeš, Z. (2018). Determinants of urban public transport efficiency: case study of the Czech Republic. *European Transport Research Review*, 10(2). <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0311-y>
- Foda, M., & Osman, A. (2010). Using GIS for Measuring Transit Stop Accessibility Considering Actual Pedestrian Road Network. *Journal of Public Transportation*, 13(4). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.13.4.2>
- Ford A. C., Barr S. L., Dawson R. J., James P. (2015). Transport Accessibility Analysis Using GIS: Assessing Sustainable Transport in London, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 4, <https://doi.org/10.3390/ijgi4010124>

- Gaal, G., Horváth, E., Török, Á., & Csete, M. (2015). Analysis of public transport performance in Budapest, Hungary. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 23(1). <https://doi.org/10.3311/PPso.7724>
- Gadziński J, & Beim M. (2010). Public transport accessibility in Poznań. In M. Schrenk, V. V. Popovich, & P. Zeile (Ed.). *REAL CORP 2010 „Cities for everyone. Liveable, Healthy, Prosperous”*, s. 581–590). CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning.
- Georgiadis, G., Politis, I., & Papaioannou, P. (2014). Measuring and improving the efficiency and effectiveness of bus public transport systems. *Research in Transportation Economics*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2014.09.035>
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Glavas, H., & Ivanovic, M. (2013). Energy Efficiency of Tram Transport in the City of Osijek. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 4(2).
- Goch, K., Ochota, S., Piotrkowska, M., & Kunert, Z. (2018). Measuring dynamic public transit accessibility to local centres in Warsaw. *Urban Development Issues*, 58(1). <https://doi.org/10.2478/udi-2018-0021>
- Goliszek, S. (2019). Time deviations in the operation of public transport providing access to selected services in the city of Szczecin. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 22(1). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.19.004.10924>
- Goliszek, S. (2021). GIS tools and programming languages for creating models of public and private transport potential accessibility in Szczecin, Poland. *Journal of Geographical Systems*, 23(1). <https://doi.org/10.1007/s10109-020-00337-z>
- Goliszek, S., & Połom, M. (2016). The use of general transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning peak hours on the example of Szczecin. *Europa XXI*, 31. <https://doi.org/10.7163/eu21.2016.31.4>
- Grava S. (2003). *Urban Transportation Systems: Choice for communities*. New York: McGraw-Hill, 840 s. ISBN 978-0071384179
- Guerrieri, M. (2019). Catenary-Free Tramway Systems: Functional and Cost–Benefit Analysis for a Metropolitan Area. *Urban Rail Transit*, 5(4). <https://doi.org/10.1007/s40864-019-00118-y>
- Guzik, R., Kołoś, A., Taczanowski, J., Fiedeń, Ł., Gwosdz, K., Hetmańczyk, K., & Łodziński, J. (2021). The second generation electromobility in polish urban public transport: The factors and mechanisms of spatial development. *Energies*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/en14227751>
- Habarda, D. (1988): *Mestská hromadná doprava*. Bratislava: Alfa, 438 s. ISBN 063-567-88

- Hadas, Y. (2013). Assessing public transport systems connectivity based on Google Transit data. *Journal of Transport Geography*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.015>
- Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010>
- Hawas, Y. E., Hassan, M. N., & Abulibdeh, A. (2016). A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level. *Journal of Transport Geography*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.011>
- Háznagy, A., Fi, I., London, A., & Németh, T. (2015). Complex network analysis of public transportation networks: A comprehensive study. *2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, MT-ITS 2015*. <https://doi.org/10.1109/MTITS.2015.7223282>
- Hoffmann, K. (2006). Recent Developments in Cable-Drawn Urban Transport Systems. *FME Transactions*, 34.
- Horák, J., Kukuliač, P., & Kolodziej, O. (2023). Urban Public Transport Services in Selected Czech Towns. *GeoScience Engineering*, 69(1), 56–68. <https://doi.org/10.35180/gse-2023-0089>
- Hoyle, B., Knowles, R. eds. (1998). *Modern transport geography*. Chichester: John Wiley and Sons, 374 s. ISBN 0471977772
- Chowdhury, S., Ceder, A. A., & Veltz, B. (2014). Measuring public-transport network connectivity using google transit with comparison across cities. *Journal of Public Transportation*, 17(4). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.17.4.5>
- Ingvardson, J. B., Nielsen, O. A. (2019): The relationship between norms, satisfaction and public transport use: A comparison across six European cities using structural equation modelling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.05.016>
- Išoraitė, M. (2005). Analysis of transport performance indicators. *Transport*, 20(3), 111–116.
- Kaeoruean, K., Phithakkitnukoon, S., Demissie, M. G., Kattan, L., & Ratti, C. (2020). Analysis of demand–supply gaps in public transit systems based on census and GTFS data: a case study of Calgary, Canada. *Public Transport*, 12(3). <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00252-y>
- Kaszczyszyn, P., & Sypion-Dutkowska, N. (2019). Walking access to public transportation stops for city residents. A comparison of methods. *Sustainability*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/su11143758>

- Kisielewski, P., & Skóra, A. (2016). Analiza dostępności czasowo-przestrzennej połączeń komunikacji miejskiej na wybranych przykładach. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17(4), 49–53.
- Knoflacher, H. (2007). Success and failures in urban transport planning in Europe – Understanding the transport system. *Sadhana – Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 32(4). <https://doi.org/10.1007/s12046-007-0026-6>
- Koenig, J.G. (1980). Indicators of urban accessibility: Theory and application. *Transportation*, 9. <https://doi.org/10.1007/BF00167128>
- Kołoś, A., Fiedień, Ł., Taczanowski, J., R. Parol, A., Gwosdz, K., Guzik, R., & Łodziński, J. (2023). Evolution of second-generation electromobility in public transport in Polish cities. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 26(1). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.23.002.17399>
- Kołoś, A., & Taczanowski, J. (2016). The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.006>
- Korczyński, K. (2019). Spatial accessibility to public transport in a medium sized city using the example of Sanok. *Transportation Overview – Przegląd Komunikacyjny*, 2019(4). https://doi.org/10.35117/a_eng_19_04_03
- Kraft, S. (2016). Measuring and modelling the spatial accessibility of public transport stops in GIS. *Hungarian Geographical Bulletin*, 65(1). <https://doi.org/10.15201/hungeobull.65.1.5>
- Kraśkiewicz, C., & Oleksiewicz, W. (2015). Tramwaj dwusystemowy w Karlsruhe. *Logistyka*, 4, 4255–4261.
- Kuczyk, M., Jędrzejewski, P., & Załuski, P. (2021). The concept of suspended urban rail vehicle. *Rail Vehicles*, 2. <https://doi.org/10.53502/rail-139982>
- Kujala, R., Weckstrom, C., Darst, R. K., Mladenovic, M. N., & Saramaki, J. (2018). Data Descriptor: A collection of public transport network data sets for 25 cities. *Scientific Data*, 5. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.89>
- Lee, J., & Miller, H. J. (2018). Measuring the impacts of new public transit services on space-time accessibility: An analysis of transit system redesign and new bus rapid transit in Columbus, Ohio, USA. *Applied Geography*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.012>
- Le-Klaehn, D. T., Gerike, R., & Hall, C. M. (2014). Visitor users vs. non-users of public transport: The case of Munich, Germany. *Journal of Destination Marketing & Management*, 3(3). <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2013.12.005>
- Litman, T. (2008). *Evaluating Accessibility for Transportation Planning*. Victoria: Transport Policy Institute, 43 s.

- Luo, D., Cats, O., van Lint, H., & Currie, G. (2019). Integrating network science and public transport accessibility analysis for comparative assessment. *Journal of Transport Geography*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102505>
- Mądział, M. (2016). Potrzeby transportowe w odniesieniu do systemów komunikacji miejskiej. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17(12), 1634–1636 s.
- Matulin, M., Mrvelj, Š., & Jelušić, N. (2012). Two-level Evaluation of Public Transport Performances. *Promet-Traffic & Transportation*, 23(5). <https://doi.org/10.7307/ptt.v23i5.151>
- Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T., & O'Sullivan, D. (2012). GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 20(1). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.10.001>
- Medvid', P., Gogola, M., & Kubalák, S. (2020). Occupancy of Public Transport Vehicles in Slovakia. *Transportation Research Procedia*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.022>
- Meeder, M., Aebi, T., & Weidmann, U. (2017). The influence of slope on walking activity and the pedestrian modal share. *Transportation research procedia*, 27, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.095>
- Michniak, D. (2018). Narrow-gauge railways in Slovakia and their use for tourism purposes. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 21(1). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.18.001.9181>
- Miller, P., de Barros, A. G., Kattan, L., & Wirasinghe, S. C. (2016). Analyzing the sustainability performance of public transit. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.012>
- Mišanović, S. M., Živanović, Z. M., & Tica, S. M. (2015). Energy efficiency of different bus subsystems in Belgrade public transport. *Thermal Science*, 19(6). <https://doi.org/10.2298/TSCI151116193M>
- Mojžíš, V., Kyncl, J., & Drdla, P. (2003). *Kvalita dopravních a přepravních procesů*. Pardubice: Univerzita Pardubice-Dopravní fakulta Jana Pernera, 176 s. ISBN 80-86530-09-4
- Móscicka, A., Pokonieczny, K., Wilbik, A., & Wabínski, J. (2019). Transport accessibility of Warsaw: A case study. *Sustainability*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195536>
- Novales, M., Orro, A., & Bugarí, M. R. (2002). Tram-train: New public transport system. *Transportation Research Record*, 1793. <https://doi.org/10.3141/1793-11>
- Nuhn, H., Hesse, M. (2006). *Verkehrsgeographie*. Paderborn: Ferdinand Schöningh, 379 s. ISBN 3-506-72964-0

- Olivková, I. (2007). Metody hodnocení městské hromadné dopravy. *Perner's Contacts*, 2(3), 1–6.
- Olszewski, P., & Krukowski, P. (2012). Quantitative assessment of public transport interchanges. *European Transport Conference*.
- Öztaşkın, D., & Levend, S. (2023). The Accessibility of Public Transportation Stops: Istanbul Case. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 301–318.
<https://doi.org/10.48123/rsgis.1299707>
- Papa, E., Carpentieri, G., & Guida, C. (2018). Measuring walking accessibility to public transport for the elderly: the case of Naples. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/5766>
- Papa, G., Santo Zarnik, M., & Vukašinić, V. (2022). Electric-bus routes in hilly urban areas: Overview and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112555>
- Połom, M. (2018). Trends in the development of trolleybus transport in Poland at the end of the second decade of the 21st century. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 21(4). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.18.023.10781>
- Połom, M. (2021a). E-revolution in post-communist country? A critical review of electric public transport development in Poland. *Energy Research and Social Science*, 80.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102227>
- Połom, M. (2021b). Technology development and spatial diffusion of auxiliary power sources in trolleybuses in european countries. *Energies*, 14(11).
<https://doi.org/10.3390/en14113040>
- Polzin, S. E., Pendyala, R. M., & Navari, S. (2002). Development of time-of-day-based transit accessibility analysis tool. *Transportation Research Record*, 1799.
<https://doi.org/10.3141/1799-05>
- Pomykala, A. (2018). Effectiveness of urban transport modes. *MATEC Web of Conferences*, 180. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818003003>
- Predic, B., Rancic, D., Stojanovic, D., & Milosavljevic, A. (2007). Automatic Vehicle Location in public bus transportation system. *Proceeding of the 11Th Wseas International Conference on Computers: Computer Science and Technology*, Vol 4.
- Prommaharaj, P., Phithakkitnukoon, S., Demissie, M. G., Kattan, L., & Ratti, C. (2020). Visualizing public transit system operation with GTFS data: A case study of Calgary, Canada. *Heliyon*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03729>
- Puławska, S. (2014). Preliminary results of experiment concerning evaluation of Krakow public transport accessibility. *Logistyka*, 17(4), 3197–3206.

- Puławska, S., & Wiesław, S. (2011). Dostępność miejskich systemów transportu zbiorowego. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 6–11.
- Pyza, D., Buczkowska, M., & Ziembicki, M. (2019). Low-emission vehicles in public transport - selected aspects. *WUT Journal of Transportation Engineering*, 127. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.7291>
- Rodrigue, J.-P. (2024). *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 402 s. ISBN 9781032380407
- Rood, T., & Sprowls, S. (1998). *The local index of transit availability : an implementation manual*. Sacramento, CA: Local Government Commission. 35 s.
- Roşu, L. I., & Blageanu, A. (2015). Evaluating issues and performance of a public transport network in a post-communist city using a quantitative spatial approach. *Urbani Izziv*, 26(2). <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-02-002>
- Ryus, P. (2003). A Summary of TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System. *TCRP Research Results Digest*, 56(275).
- Saghapour, T., Moridpour, S., & Thompson, R. G. (2016a). Modeling access to public transport in urban areas. *Journal of Advanced Transportation*, 50(8). <https://doi.org/10.1002/atr.1429>
- Saghapour, T., Moridpour, S., & Thompson, R. G. (2016b). Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. *Journal of Transport Geography*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.019>
- Salvo, G., Caruso, L., & Santoro, N. (2012). A methodology to improve a public transport system. *WIT Transactions on the Built Environment*, 128. <https://doi.org/10.2495/UT120201>
- Sha Al Mamun, M., & Lownes, N. E. (2011). A composite index of public transit accessibility. *Journal of Public Transportation*, 14, (2). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.14.2.4>
- Soczówka, A. (2013). Public transportation accessibility in the Katowice conurbation, Poland. *Environmental & Socio-economic Studies*, 1(4). <https://doi.org/10.1515/environ-2015-0023>
- Stepanov, P. (2019). Characteristics of construction and operation of trolleybus systems in the world. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 22(3). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.19.018.11284>
- Taczanowski, J., Kołoś, A., Gwosdz, K., Domański, B., & Guzik, R. (2018). The development of low-emission public urban transport in Poland. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 41(41). <https://doi.org/10.2478/bog-2018-0027>

- Tahmasbi, B., & Haghshenas, H. (2019). Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.05.002>
- Tao, S., Rohde, D., & Corcoran, J. (2014). Examining the spatial-temporal dynamics of bus passenger travel behaviour using smart card data and the flow-comap. *Journal of Transport Geography*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.08.006>
- Težak, S., Sever, D., & Lep, M. (2016). Increasing the capacities of cable cars for use in public transport. *Journal of Public Transportation*, 19(1). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.19.1.1>
- Tica, S., Filipović, S., Živanović, P., & Bajčetić, S. (2011). Development of trolleybus passenger transport subsystems in terms of sustainable development and quality of life in cities. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 1313(4).
- Tiran, J., Mladenovič, L., & Koblar, S. (2015). Accessibility to public transport using the PTAL method: the case of Ljubljana. *Geodetski vestnik*, 59(04). <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.723-735>
- Topolnik, D., Pušić, M., & Zuko, R. (2005). Rail systems for public urban transport. *Promet-Traffic & Transportation*, 17(3).
- Topp, H. H. (1999). Innovations in tram and light rail systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 213(3). <https://doi.org/10.1243/0954409991531092>
- Ušpalytė-Vitkūnienė, R., Šarkienė, E., & Žilionienė, D. (2020). Multi-criteria analysis of indicators of the public transport infrastructure. *Promet-Traffic & Transportation*, 32(1). <https://doi.org/10.7307/PTT.V32I1.3175>
- Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 602 s. ISBN 978-0-471-75823-5
- Wang, S., Sun, L., Rong, J., & Yang, Z. (2014). Transit traffic analysis zone delineating method based on Thiessen polygon. *Sustainability*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/su6041821>
- Wołek, M., Szmelter-Jarosz, A., Koniak, M., & Golejewska, A. (2020). Transformation of trolleybus transport in Poland. Does in-motion charging (technology) matter? *Sustainability*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/su12229744>
- Wong, J. (2013). Leveraging the general transit feed specification for efficient transit analysis. *Transportation Research Record*, 2338. <https://doi.org/10.3141/2338-02>
- Yan-yan, C., Pan-yi, W., Jian-hui, L., Guo-chen, F., Xin, L., & Yi, G. (2016). An Evaluating Method of Public Transit Accessibility for Urban Areas Based on GIS. *Procedia Engineering*, 137, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.243>

Zavada, J., Zavada, J. B., & Miloš, K. (2010). Conditions for implementing trolleybuses in public urban transport. *Promet-Traffic & Transportation*, 22(6).

<https://doi.org/10.7307/ptt.v22i6.212>

Zhu, X., Liu, S., & Yeow, M. C. (2006). Accessibility analysis for housing development in Singapore with GIS and multi-criteria analysis methods. *Applied GIS*, 2(2).

<https://doi.org/10.2104/ag060013>

Żochowska, R., Kłos, M. J., Soczówka, P., & Pilch, M. (2022). Assessment of Accessibility of Public Transport by Using Temporal and Spatial Analysis. *Sustainability*, 14(23).

<https://doi.org/10.3390/su142316127>

Datové a ostatní typy zdrojů

Arriva. (2024). URL: <https://www.arriva.cz/cs/o-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/dokladenskych-ulic-vyjel-nas-prvni-kloubovy-elektrobus-je-ve-zkusebnim-provozu-22038> (dostupné k 30. 4. 2024)

BIP-Miasto Kraków. (2019). URL: https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=105105 (dostupné k 30. 4. 2024)

CEUD. (1997). Center for Universal Design. The Principles Of Universal Design. Version 2.0 – 4/1/97, North Carolina State University. URL: <https://universaldesign.ie/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CityTransit Data. (2024). URL: <https://citytransit.uitp.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CORINE Land-Copernicus. (2022). URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> (dostupné k 30. 4. 2024)

CS-Dopravak. (2022). URL: <https://www.cs-dopravak.cz/aktualizovana-dopravni-strategie-mesta-kosice-pocita-s-masivnim-rozvojem-trolejbusove-dopravy/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CS-Dopravak. (2023). URL: <https://www.cs-dopravak.cz/most-ma-svuj-prvni-elektrobus-odkoupil-predvadeci-e-way/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2023). Český statistický úřad. URL: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatele-v-obcich-k-112023> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2024a). Veřejná databáze Českého statistického úřadu. URL: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=home> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2024b). Budovy s číslem domovním a vchody (statistické budovy) – bod. URL: <https://www.czso.cz/csu/rso/budovy-s-cislem-domovnim-vchody-bod> (dostupné k 30. 4. 2024)

Datacube. (2023). Štatistický úrad. URL: <https://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/vbd-dem/om7101mr/v-om7101mr-00-00-0-0-sk> (dostupné k 30. 4. 2024)

Data-UITP. (2024.). The International Association of Public Transport. URL: <https://www.uitp.org/data/> (dostupné k 30. 4. 2024)

DPMLJ. (2024). Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce n. N., a. s. URL: <https://www.dpmlj.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

DSZO. (2024). Dopravní společnost Zlín-Otrokovice, s. r. o. URL: <https://www.dszo.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

EMTA. (2024). European Metropolitan Transport Authorities. URL: <https://www.emta.com/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Fotobus. (2024). URL: <https://fotobus.msk.ru/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GISCO-LAU. (2024). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/statistical-units/local-administrative-units> (dostupné k 30. 4. 2024)

GISCO-NUTS. (2024). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/statistical-units/territorial-units-statistics> (dostupné k 30. 4. 2024)

GTFS. (2024). General Transit Feed Specification. URL: <https://gtfs.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GTFS.pro (2024). URL: <https://gtfs.pro/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GUS. (2020). Główny Urząd Statystyczny. URL: <https://krakow.stat.gov.pl/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GUS. (2023). URL: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2023-roku,7,20.html> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDOL. (2024). Integrovaný dopravní systém Libereckého kraje. URL: <https://www.idol.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDSJMK. (2024). Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje. URL: <https://www.idsjmk.cz/index> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDZK. (2024). Integrovaný dopravní systém Zlínského kraje. URL: <https://www.idzk.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

IMHD Bratislava. (2024). URL: <https://imhd.sk/ba/cestovne-poriadky> (dostupné k 30. 4. 2024)

IMHD Košice. (2024). URL: <https://imhd.sk/ke/cestovne-poriadky> (dostupné k 30. 4. 2024)

KSH. (2023). Központi Statisztikai Hivatal. URL: https://www.ksh.hu/apps/hntr.main?p_lang=HU (dostupné k 30.4.2024)

MDČR. (2020). Ministerstvo dopravy České republiky. URL: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-aktualizovany-Narodni-akcni-plan-c> (dostupné k 30. 4. 2024)

MKuran. (2024). URL: <https://mkuran.pl/gtfs/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Mobility Data. (2020). General Transit Feed Specification. URL: <https://gtfs.org/> [dostupné k 30. 4. 2024]

MPK Poznań. (2023). Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu. URL: <https://www.mpk.poznan.pl/strefa-biznes/raporty-roczne/> (dostupné k 30. 4. 2024)

MVKZRT. (2021). Miskolc Városi Közlekedési Zrt. URL: <https://www.mvkzrt.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)

ODIS. (2024). Integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje. URL: <https://www.kodis.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

OpenTopography. (2024). URL: <https://opentopography.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

OSM. (2024). OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

PMDP. (2024). Plzeňské městské dopravní podniky. URL: <https://www.pmdp.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

RDPT. (2023). Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií. URL: <https://slovak.statistics.sk/wps/portal/> (dostupné k 30. 4. 2024)

SYDOS. (2023). Systém dopravních statistik Ministerstva dopravy ČR. URL: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2022.pdf (dostupné k 30. 4. 2024)

SZKT. (2021). Szegedi Közlekedési Társaság. URL: <https://szkt.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Transitfeeds. (2021). URL: <https://transitfeeds.com/l/61-hungary> (dostupné k 30. 4. 2024)

Transphoto. (2024). URL: <https://transphoto.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Tüke Busz. (2021). URL: <http://www.tukebusz.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Urban Atlas Land-Copernicus. (2022). URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas/urban-atlas-2018> (dostupné k 30. 4. 2024)

Zákon č. 266/1994 Sb. (Zákon o dráhách)

Zákon č. 513/2009 Z. z. (Zákon o dráhach a o zmene a doplnení niektorých zákonov)

Zdopravy. (2023). URL: <https://zdopravy.cz/tendr-na-nove-elektrobusy-pro-frydek-mistek-vyhral-sor-doda-12-vozidel-186457/> (dostupné k 30. 4. 2024)

ZTM Poznań. (2024). Zarząd Transportu Miejskiego. URL: <https://www.ztm.poznan.pl/> (dostupné k 30. 4. 2024)

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Tab. 1: Charakteristika elektrických drážních sítí MHD v celkovém prostoru LAU
Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 2: Charakteristika elektrických drážních sítí MHD v urbanizovaném prostoru LAU
Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 3: Seznam vozového parku elektrobusesů v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 4: Seznam vozového parku metra v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 5: Seznam vozového parku ozubnicové městské dráhy v rámci Visegrádské skupiny
k 31. 3. 2024

Tab. 6: Seznam vozového parku pozemní městské lanové dráhy v rámci Visegrádské
skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 7: Seznam vozového parku tramvajů v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 8: Seznam vozového parku trolejbusů v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 9: Seznam všech vrcholových obratišť metra v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3.
2024

Tab. 10: Seznam všech vrcholových obratišť ozubnicové městské dráhy v rámci
Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 11: Seznam všech vrcholových obratišť pozemní městské lanové dráhy v rámci
Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Tab. 12: Seznam všech tramvajových vrcholových obratišť v rámci Visegrádské skupiny k
31. 3. 2024

Tab. 13: Seznam všech trolejbusových vrcholových obratišť v rámci Visegrádské skupiny
k 31. 3. 2024

Tab. 1: Charakteristika elektrických drážních sítí MHD v celkovém prostoru LAU Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Pořadí	LAU	Status obce	Stát	Mód	Počet obyvatel	Rozloha	M	T	O	P	L	Z	Celková délka sítě	Agregovaná hustota sítě
1	Tuněchody	O	CZ	P	617	6,6	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	3,4	535,4
2	Bratislava - městská část Staré Mesto	M	SK	T, O, P	46 929	9,6	0,0	11,2	17,9	1,4	0,0	0,0	30,5	454,0
3	Letkov	O	CZ	P	870	4,7	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	2,7	415,5
4	Dolní Lhota	O	CZ	T	1 497	5,3	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	368,6
5	Teplice	M	CZ	O, P	50 843	23,7	0,0	0,0	25,3	6,8	0,0	0,0	32,1	292,5
6	Košice - městská část Poľov	M	SK	T	1 186	13,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	288,7
7	Košice - městská část Staré Mesto	M	SK	T, O	20 066	4,3	0,0	4,9	3,5	0,0	0,0	0,0	8,4	284,6
8	Košice - městská část Juh	M	SK	T, O	20 904	9,8	0,0	10,1	0,6	0,0	0,0	0,0	10,7	237,1
9	Velká Hleďsebe	O	CZ	O	2 343	4,6	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,5	236,1
10	Úhřetice	O	CZ	P	491	4,7	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1	234,4
11	Rybitví	O	CZ	O, P	1 442	5,2	0,0	0,0	0,5	1,4	0,0	0,0	1,9	223,0
12	Proboštov	O	CZ	P	2 721	3,7	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	2,2	222,7
13	Mikulovice	O	CZ	P	1 381	3,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5	217,1
14	Horní Lhota	O	CZ	T	864	4,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	215,6
15	Otrokovice	M	CZ	O, P	17 634	19,6	0,0	0,0	4,4	7,6	0,0	0,0	12,0	204,2
16	Želechovice nad Dřevnicí	O	CZ	O, P	1 867	16,2	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,5	203,3
17	Borek	O	CZ	O	1 579	2,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	198,6
18	Kladruby	O	CZ	P	434	2,9	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,7	183,5
19	Pardubice	M	CZ	O, P	92 149	82,8	0,0	0,0	32,4	14,3	0,0	0,0	46,7	169,1
20	Ľubotice	O	SK	O	3 830	8,3	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	2,9	163,0
21	Plzeň	M	CZ	T, O, P	181 240	137,6	0,0	25,8	42,1	12,5	0,0	0,0	80,4	161,0
22	Brno	M	CZ	T, O, P	396 101	229,9	0,0	76,1	69,9	6,0	0,0	0,0	152,0	159,2
23	Zlín	M	CZ	O, P	74 191	102,7	0,0	0,0	28,9	14,5	0,0	0,0	43,3	156,9
24	Ústí nad Labem	M	CZ	O	91 963	93,8	0,0	0,0	43,9	0,0	0,0	0,0	43,9	149,4
25	Świętochłowice	M	PL	T	45 795	13,3	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	147,4
26	Jihlava	M	CZ	O, P	52 548	88,0	0,0	0,0	23,7	7,7	0,0	0,0	31,4	146,2
27	Bratislava - městská část Ružinov	M	SK	T, O, P	81 741	39,7	0,0	4,1	17,8	3,7	0,0	0,0	25,6	142,0
28	Chomutov	M	CZ	O	46 940	29,2	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	16,5	141,2
29	České Budějovice	M	CZ	O	96 417	55,6	0,0	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	32,0	138,1
30	Košice - městská část Luník IX	M	SK	T	7 129	1,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	136,2
31	Štoky	O	CZ	P	1 982	39,7	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	3,8	135,6
32	Ostrava	M	CZ	T, O, P	283 504	214,3	0,0	59,1	34,8	8,1	0,0	0,0	102,0	130,9
33	Bratislava - městská část Nové Mesto	M	SK	T, O	44 876	37,5	0,0	10,6	6,1	0,0	0,0	0,0	16,7	129,1
34	Bratislava - městská část Karlova Ves	M	SK	T, O	35 078	11,0	0,0	4,3	3,6	0,0	0,0	0,0	7,8	126,2
35	Košice - městská část Džungľa	M	SK	O	765	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	124,3
36	Košice - městská část Západ	M	SK	T, O	36 984	5,5	0,0	3,4	2,1	0,0	0,0	0,0	5,5	121,7
37	Vřesina	O	CZ	T	2 865	8,7	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	121,0
38	Košice - městská část Sídliště KVP	M	SK	O	21 839	1,8	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	2,4	118,9
39	Konstantynów Łódzki	M	PL	T	19 161	27,2	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	117,0
40	Mariánské Lázně	M	CZ	O, P	13 766	51,8	0,0	0,0	8,9	0,8	0,0	0,0	9,7	114,5
41	Lázně Bohdaneč	M	CZ	O	3 507	21,8	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	3,1	112,8
42	Algyó	O	HU	P	5 385	75,8	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	7,0	110,2
43	Lublin	M	PL	O, P	331 243	147,4	0,0	0,0	68,3	8,2	0,0	0,0	76,4	109,4
44	Prešov	M	SK	O	82 927	70,4	0,0	0,0	25,4	0,0	0,0	0,0	25,4	105,0
45	Sopot	M	PL	O, P	32 276	17,3	0,0	0,0	3,6	4,2	0,0	0,0	7,8	104,1
46	Košice - městská část Nad jazerom	M	SK	T	22 112	3,7	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	99,8
47	Tychy	M	PL	O, P	123 105	81,8	0,0	0,0	22,4	9,2	0,0	0,0	31,6	99,5
48	Gdynia	M	PL	O, P, L	242 874	135,1	0,0	0,0	40,8	15,6	0,1	0,0	56,5	98,7
49	Litvínov	M	CZ	T	22 695	40,7	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	96,5

50	Žilina	M	SK	O, P	81 219	80,0	0,0	0,0	23,4	1,2	0,0	0,0	24,5	96,2
51	Praha	M	CZ	M, T, O, P, L	1 357 326	496,4	66,2	155,0	12,4	10,5	0,5	0,0	244,7	94,3
52	Hradec Králové	M	CZ	O, P	93 506	105,6	0,0	0,0	25,3	3,3	0,0	0,0	28,6	91,0
53	Ksawerów	O	PL	T	7 652	13,7	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	90,7
54	Staré Hradiště	O	CZ	P	2 008	8,8	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	1,2	90,6
55	Budapest	M	HU	M, T, O, L, Z, P	1 671 004	525,2	37,7	153,9	65,2	4,7	0,1	3,8	265,4	89,6
56	Opava	M	CZ	O, P	55 512	90,6	0,0	0,0	14,8	4,8	0,0	0,0	19,6	87,2
57	Lutomiersk	M	PL	T	1 581	133,9	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	84,6
58	Sosnowiec	M	PL	T	189 178	91,2	0,0	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	83,1
59	Košice - mestská část Šaca	M	SK	T	5 690	41,1	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	82,3
60	Łódź	M	PL	T	658 444	293,3	0,0	113,7	0,0	0,0	0,0	0,0	113,7	81,8
61	Střtež	O	CZ	P	471	7,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	80,4
62	Bytom	M	PL	T	149 576	69,5	0,0	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	77,8
63	Chorzów	M	PL	T	101 914	33,3	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	76,9
64	Wrocław	M	PL	T	674 079	292,8	0,0	105,7	0,0	0,0	0,0	0,0	105,7	75,2
65	Zabrze	M	PL	T	155 430	80,4	0,0	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	72,0
66	Šlapanice	M	CZ	O	7 853	14,7	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	2,4	71,4
67	Poznań	M	PL	T	541 316	261,9	0,0	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	76,9	64,6
68	Szeged	M	HU	T, O, P	158 829	281,0	0,0	18,1	18,5	6,3	0,0	0,0	43,0	64,4
69	Košice - mestská část Dargovských hrdinův	M	SK	O	24 673	11,1	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	3,3	63,3
70	Będzin	M	PL	T	54 322	37,4	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	63,3
71	Kraków	M	PL	T	803 282	326,8	0,0	99,5	0,0	0,0	0,0	0,0	99,5	61,4
72	Banská Bystrica	M	SK	O	74 590	103,3	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	16,9	61,0
73	Modřice	M	CZ	T	5 572	10,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	60,6
74	Elbląg	M	PL	T	113 567	79,8	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	58,5
75	Hrdějovice	O	CZ	O	1 521	8,8	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	58,4
76	Bratislava - mestská část Dúbravka	M	SK	T	35 759	8,6	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	58,2
77	Bydgoszcz	M	PL	T	330 038	176,0	0,0	44,3	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3	58,1
78	Gdańsk	M	PL	T, P	486 345	261,7	0,0	64,6	0,0	0,6	0,0	0,0	65,2	57,8
79	Bratislava - mestská část Rača	M	SK	T	26 049	23,7	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	57,5
80	Bratislava - mestská část Vrakuňa	M	SK	O	20 407	10,3	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6	57,5
81	Jirkov	M	CZ	O	19 305	17,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	3,2	56,0
82	Warszawa	M	PL	M, T	1 861 975	517,2	40,4	129,2	0,0	0,0	0,0	0,0	169,4	54,6
83	Szczecin	M	PL	T	391 566	300,6	0,0	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0	57,3	52,8
84	Toruń	M	PL	T	195 690	115,7	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	51,9
85	Olomouc	M	CZ	T	101 825	103,2	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	50,9
86	Liberec	M	CZ	T	107 389	105,8	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	49,8
87	Most	M	CZ	T	63 856	86,9	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	46,0
88	Košice - mestská část Barca	M	SK	T	3 710	18,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	45,7
89	Grudziądz	M	PL	T	89 450	57,8	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	44,5
90	Olsztyn	M	PL	T	168 212	88,3	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	44,2
91	Košice - mestská část Sever	M	SK	T, O	18 690	54,6	0,0	3,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,4	43,9
92	Katowice	M	PL	T	280 190	164,7	0,0	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	43,5
93	Pabianice	M	PL	T	61 353	33,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	43,5
94	Ruda Śląska	M	PL	T	131 532	77,6	0,0	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	41,9
95	Gorzów Wielkopolski	M	PL	T	116 436	85,7	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	41,0
96	Budišovice	O	CZ	T	786	7,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	40,5
97	Košice - mestská část Myslava	M	SK	O	2 671	7,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	38,7
98	Jablonec nad Nisou	M	CZ	T	45 830	31,5	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	37,6
99	Czeladź	M	PL	T	30 165	16,4	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	37,5
100	Petřvald	M	CZ	P	7 388	12,7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	32,7
101	Kyjovice	O	CZ	T	855	6,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	28,7
102	Trmice	M	CZ	O	3 314	6,7	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	28,1
103	Częstochowa	M	PL	T	208 182	159,7	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	27,3
104	Hódmezővásárhely	M	HU	T, P	41 944	488,0	0,0	3,4	0,0	8,5	0,0	0,0	12,0	26,5
105	Košice - mestská část Pereš	M	SK	T	2 143	1,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	25,4
106	Miskolc	M	HU	T	145 248	236,6	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	22,3

107	Debrecen	M	HU	T, O	201 582	461,7	0,0	10,0	11,3	0,0	0,0	0,0	21,3	22,1
108	Dąbrowa Górnicza	M	PL	T	114 765	188,7	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	20,9
109	Zgierz	M	PL	T	54 012	42,3	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	20,1
110	Bratislava - mestská část Podunajské Biskupice	M	SK	O	23 465	42,5	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	1,8	18,0
111	Mysłowice	M	PL	T	71 643	65,7	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	17,9
112	Vysoké Tatry	M	SK	L	3 782	360,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	1,9	16,6
113	Košice - mestská část Košická Nová Ves	M	SK	O	3 050	5,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	15,8
114	Teplice nad Váhom	O	SK	P	4 406	10,9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	15,0
115	Siemianowice Śląskie	M	PL	T	63 892	25,5	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	12,6
116	Bratislava - mestská část Petržalka	M	SK	T	113 215	28,7	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	11,5
117	Košice - mestská část Sídlisko Ťahanovce	M	SK	O	20 339	8,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	9,3
118	Zakopane	M	PL	L	25 389	84,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	8,8
119	Krynica-Zdrój	M	PL	L	9 712	145,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	5,2
120	Karlovy Vary	M	CZ	L	49 043	58,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	3,3
121	Niemce	O	PL	O	21 617	141,1	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	2,7
122	Gliwice	M	PL	T	171 023	133,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3

Vysvětlivky: Status obce (M = město, O = ostatní), Mód (M = metro, T = tramvaj, O = trolejbus, P = parciální trolejbus či parciální tramvaj, L = pozemní lanová dráha, Z = ozubnicová dráha)

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024) a populačních dat z CZSO (2023), Datacube (2023), GUS (2023), KSH (2023)

Tab. 2: Charakteristika elektrických drážních sítí MHD v urbanizovaném prostoru LAU Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Pořadí	LAU	Status obce	Stát	Počet obyvatel	Rozloha	M	T	O	P	L	Z	Délka urban. sítě	Podíl urban. délky (%)	Agregovaná hustota sítě
1	Letkov	O	CZ	870	1,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	2,1	80,6	724,7
2	Tuněchody	O	CZ	617	0,5	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	1,2	36,2	713,9
3	Úhřetice	O	CZ	491	0,7	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1	100,0	623,4
4	Želechovice nad Dřevnicí	O	CZ	1 867	1,1	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	2,4	67,6	536,4
5	Bratislava - mestská část Staré Mesto	M	SK	46 929	9,0	0,0	11,1	17,9	1,4	0,0	0,0	30,3	99,5	465,7
6	Kladruby	O	CZ	434	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	69,5	432,6
7	Velká Hledebe	O	CZ	2 343	1,3	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2	91,7	405,7
8	Mikulovice	O	CZ	1 381	1,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	1,4	93,2	386,9
9	Teplice	M	CZ	50 843	11,7	0,0	0,0	24,6	3,6	0,0	0,0	28,3	88,0	366,8
10	Borek	O	CZ	1 579	0,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	88,5	342,7
11	Mariánské Lázně	M	CZ	13 766	5,3	0,0	0,0	8,2	0,8	0,0	0,0	8,9	92,5	332,2
12	Otrokovice	M	CZ	17 634	7,6	0,0	0,0	4,4	7,5	0,0	0,0	11,9	99,6	325,2
13	Lutomiersk	M	PL	1 581	6,9	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	81,9	304,3
14	Jihlava	M	CZ	52 548	16,5	0,0	0,0	22,2	5,6	0,0	0,0	27,7	88,2	297,7
15	Košice - mestská část Staré Mesto	M	SK	20 066	4,0	0,0	4,9	3,5	0,0	0,0	0,0	8,4	100,0	297,2
16	Zlín	M	CZ	74 191	22,4	0,0	0,0	28,1	10,2	0,0	0,0	38,3	88,4	297,0
17	Lučovice	O	SK	3 830	2,4	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6	89,1	272,2
18	Střítež	O	CZ	471	0,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	100,0	255,5
19	Plzeň	M	CZ	181 240	45,7	0,0	25,8	41,3	6,1	0,0	0,0	73,2	91,1	254,5
20	Ústí nad Labem	M	CZ	91 963	29,4	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0	0,0	41,7	95,1	253,8
21	Rybitví	O	CZ	1 442	2,5	0,0	0,0	0,1	1,4	0,0	0,0	1,5	77,8	249,0
22	Košice - mestská část Juh	M	SK	20 904	8,8	0,0	10,0	0,6	0,0	0,0	0,0	10,6	99,0	247,1
23	Pardubice	M	CZ	92 149	31,8	0,0	0,0	31,8	9,6	0,0	0,0	41,4	88,6	241,8
24	Štoky	O	CZ	1 982	0,9	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	27,4	241,8
25	Brno	M	CZ	396 101	90,8	0,0	74,5	65,4	3,2	0,0	0,0	143,1	94,1	238,6
26	Staré Hradiště	O	CZ	2 008	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	84,5	231,8
27	Proboštov	O	CZ	2 721	0,9	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	1,2	52,1	231,6
28	Bratislava - mestská část Nové Mesto	M	SK	44 876	13,3	0,0	10,6	6,1	0,0	0,0	0,0	16,7	100,0	216,8

29	České Budějovice	M	CZ	96 417	25,6	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0	0,0	31,1	97,4	198,1
30	Chomutov	M	CZ	46 940	14,6	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	16,4	98,9	197,8
31	Opava	M	CZ	55 512	18,6	0,0	0,0	14,7	3,9	0,0	0,0	18,6	95,0	183,1
32	Litvínov	M	CZ	22 695	10,6	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	96,5	182,4
33	Prešov	M	SK	82 927	23,9	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	0,0	24,9	98,1	176,6
34	Dolní Lhota	O	CZ	1 497	0,9	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	19,3	175,0
35	Ostrava	M	CZ	283 504	103,8	0,0	55,4	32,1	6,8	0,0	0,0	94,3	92,4	173,8
36	Konstancja	M	PL	19 161	8,8	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	80,5	166,1
37	Bratislava - mestská časť Ružinov	M	SK	81 741	28,5	0,0	4,1	17,8	3,2	0,0	0,0	25,2	98,3	164,9
38	Žilina	M	SK	81 219	24,3	0,0	0,0	22,2	0,9	0,0	0,0	23,1	94,2	164,6
39	Tychy	M	PL	123 105	32,7	0,0	0,0	22,4	9,2	0,0	0,0	31,6	100,0	157,4
40	Gdynia	M	PL	242 874	49,2	0,0	0,0	40,5	13,7	0,1	0,0	54,4	96,2	157,3
41	Bratislava - mestská časť Karlova Ves	M	SK	35 078	7,3	0,0	4,3	3,5	0,0	0,0	0,0	7,7	98,8	153,5
42	Hradec Králové	M	CZ	93 506	34,5	0,0	0,0	23,7	3,3	0,0	0,0	27,0	94,4	150,4
43	Lublin	M	PL	331 243	76,1	0,0	0,0	66,8	8,2	0,0	0,0	75,0	98,1	149,4
44	Świętochłowice	M	PL	45 795	10,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	87,1	148,2
45	Košice - mestská časť Sever	M	SK	18 690	5,6	0,0	3,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,4	100,0	136,6
46	Košice - mestská časť Sídliisko KVP	M	SK	21 839	1,4	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	2,4	100,0	136,1
47	Hódmezővásárhely	M	HU	41 944	19,5	0,0	3,4	0,0	8,5	0,0	0,0	12,0	100,0	132,5
48	Szeged	M	HU	158 829	59,2	0,0	18,1	18,4	3,8	0,0	0,0	40,2	93,4	131,0
49	Košice - mestská časť Džungľa	M	SK	765	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	100,0	129,6
50	Budišovice	O	CZ	786	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	100,0	128,1
51	Hrdějovice	O	CZ	1 521	1,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	75,3	128,1
52	Lázně Bohdaneč	M	CZ	3 507	2,2	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	36,0	128,0
53	Banská Bystrica	M	SK	74 590	22,9	0,0	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	16,6	97,9	127,0
54	Košice - mestská časť Západ	M	SK	36 984	5,0	0,0	3,4	2,1	0,0	0,0	0,0	5,5	99,4	126,8
55	Sopot	M	PL	32 276	6,5	0,0	0,0	3,6	2,1	0,0	0,0	5,8	74,0	125,3
56	Vřesina	O	CZ	2 865	1,2	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	37,4	122,9
57	Košice - mestská časť Šaca	M	SK	5 690	11,8	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	79,0	121,3
58	Praha	M	CZ	1 357 326	278,7	63,9	148,7	11,7	10,1	0,5	0,0	234,9	96,0	120,8
59	Košice - mestská časť Dargovských hrdinov	M	SK	24 673	2,9	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	3,2	97,2	120,7
60	Košice - mestská časť Pereš	M	SK	2 143	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	100,1	119,7
61	Ksawerów	O	PL	7 652	8,1	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	100,0	117,8
62	Jirkov	M	CZ	19 305	4,3	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	3,2	100,0	110,9
63	Bratislava - mestská časť Rača	M	SK	26 049	6,3	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	98,4	109,8
64	Košice - mestská časť Nad jazerom	M	SK	22 112	3,1	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	100,0	107,7
65	Budapest	M	HU	1 671 004	368,8	36,9	150,0	65,2	4,7	0,1	3,8	260,8	98,3	105,1
66	Łódź	M	PL	658 444	170,8	0,0	110,6	0,0	0,0	0,0	0,0	110,6	97,3	104,3
67	Wrocław	M	PL	674 079	158,6	0,0	102,1	0,0	0,0	0,0	0,0	102,1	96,7	98,8
68	Elbląg	M	PL	113 567	27,3	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	98,3	98,2
69	Sosnowiec	M	PL	189 178	61,6	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	92,7	93,7
70	Olomouc	M	CZ	101 825	31,7	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	99,1	91,0
71	Chorzów	M	PL	101 914	23,9	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	99,5	90,4
72	Košice - mestská časť Luník IX	M	SK	7 129	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	33,6	90,2
73	Bytom	M	PL	149 576	40,1	0,0	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9	87,3	89,4
74	Košice - mestská časť Myslava	M	SK	2 671	1,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	100,0	88,2
75	Modřice	M	CZ	5 572	4,1	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	92,3	87,9
76	Będzin	M	PL	54 322	19,3	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	99,8	87,8
77	Liberec	M	CZ	107 389	33,4	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	98,9	87,7
78	Zabrze	M	PL	155 430	42,3	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	86,7	86,1
79	Poznań	M	PL	541 316	151,0	0,0	76,7	0,0	0,0	0,0	0,0	76,7	99,7	84,9
80	Košice - mestská časť Barca	M	SK	3 710	5,4	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	100,0	83,5
81	Szczecin	M	PL	391 566	109,2	0,0	53,7	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	93,7	82,0
82	Bratislava - mestská časť Dúbravka	M	SK	35 759	4,4	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	100,0	81,5
83	Kraków	M	PL	803 282	182,9	0,0	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	98,2	80,6
84	Bratislava - mestská časť Vrakuňa	M	SK	20 407	5,2	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6	97,9	78,9
85	Gdańsk	M	PL	486 345	126,9	0,0	60,9	0,0	0,6	0,0	0,0	61,5	94,3	78,3
86	Ślapanice	M	CZ	7 853	3,1	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	1,2	48,3	74,8
87	Toruń	M	PL	195 690	59,7	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	99,8	72,2
88	Bydgoszcz	M	PL	330 038	92,8	0,0	39,7	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	89,6	71,7

89	Most	M	CZ	63 856	34,3	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	97,9	71,7
90	Grudziądz	M	PL	89 450	24,1	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	96,4	66,4
91	Warszawa	M	PL	1 861 975	353,5	39,9	126,8	0,0	0,0	0,0	0,0	166,8	98,4	65,0
92	Katowice	M	PL	280 190	77,1	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	97,6	62,1
93	Olsztyn	M	PL	168 212	39,6	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	93,9	62,0
94	Gorzów Wielkopolski	M	PL	116 436	37,3	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	98,8	61,4
95	Pabianice	M	PL	61 353	18,1	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	100,0	58,7
96	Ruda Śląska	M	PL	131 532	41,1	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	94,4	54,4
97	Kyjovice	O	CZ	855	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	61,3	53,6
98	Debrecen	M	HU	201 582	80,2	0,0	10,0	11,3	0,0	0,0	0,0	21,3	100,0	52,9
99	Miskolc	M	HU	145 248	48,1	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	100,0	49,4
100	Czeladź	M	PL	30 165	10,1	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	100,0	47,6
101	Trmice	M	CZ	3 314	2,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	100,0	46,1
102	Bratislava - mestská časť Podunajské Biskupice	M	SK	23 465	8,2	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	1,8	100,0	41,0
103	Częstochowa	M	PL	208 182	78,2	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	92,4	36,1
104	Dąbrowa Górnicza	M	PL	114 765	60,5	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	97,2	35,9
105	Jablonec nad Nisou	M	CZ	45 830	12,2	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	58,5	35,4
106	Košice - mestská časť Košická Nová Ves	M	SK	3 050	1,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	100,0	31,6
107	Mysłowice	M	PL	71 643	28,4	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	100,0	27,2
108	Petřvald	M	CZ	7 388	2,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	37,3	25,8
109	Zgierz	M	PL	54 012	19,6	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	86,5	25,5
110	Košice - mestská časť Sídlisko Ťahanovce	M	SK	20 339	2,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	100,0	18,6
111	Vysoké Tatry	M	SK	3 782	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	14,3	17,0
112	Košice - mestská časť Poľov	M	SK	1 186	1,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	16,7
113	Siemianowice Śląskie	M	PL	63 892	17,7	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	100,0	15,1
114	Bratislava - mestská časť Petržalka	M	SK	113 215	15,5	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	92,9	14,5
115	Niemce	O	PL	21 617	16,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	82,7	6,6
116	Zakopane	M	PL	25 389	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	21,5	4,7
117	Karlovy Vary	M	CZ	49 043	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	26,6	1,7
118	Algyó	O	HU	5 385	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6
119	Gliwice	M	PL	171 023	62,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	100,0	0,5
120	Horní Lhota	O	CZ	864	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
121	Krynica-Zdrój	M	PL	9 712	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
122	Teplička nad Váhom	O	SK	4 406	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Vysvětlivky: Status obce (M = město, O = ostatní), Mód (M = metro, T = tramvaj, O = trolejbus, P = parciální trolejbus či parciální tramvaj, L = pozemní lanová dráha, Z = ozubnicová dráha)

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024), CORINE Land-Copernicus (2022) a populačních dat z CZSO (2023), Datacube (2023), GUS (2023), KSH (2023)

Tab. 3: Seznam vozového parku elektrobusů v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Vozovna (depo)	Typ vozu	Počet vozů	Počet vozů v depu	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě
CZ	1	Bílina	Arriva City	SOR EBN 11.1	3	3	3	139
	2	České Budějovice	Dopravní podnik města České Budějovice	Škoda Perun 29BB	11	11	11	
	3	Frydek-Místek	Transdev Slezsko a.s.	SOR NS 12 Electric	2	2	2	
	4	Havířov	Transdev Slezsko a.s.	SOR NS 12 Electric	3	3	3	
	5	Hradec Králové	Dopravní podnik města Hradce Králové	SOR NS 12 Electric	19	21	21	
				SOR EBN 11.1	1			
				SOR EBN 9.5	1			
6	Hranice	Transdev Slezsko a.s.	SOR EBN 9.5	6	6	6		
7	Jeseník	ARRIVA autobusy a.s. (Jeseník)	SOR EBN 10.5	1	1	1		

	8	Karviná	Transdev Slezsko a.s.	SOR NS 12 Electric	2	2	2	
	9	Kladno	ČSAD MHD Kladno	SOR EBN 11.1	2	2	2	
	10	Krnov	Arriva autobusy a.s. (Krnov)	SOR EBN 10.5	1	1	1	
	11	Kutná Hora	Arriva Východní Čechy a.s. (Kutná Hora)	SOR EBN 11.1	3	5	5	
				Rošero-P First FCLEI	2			
	12	Liberec, Jablonec nad Nisou	Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou a. s.	Solaris Urbino IV 12 Electric	1	1	1	
	13	Most, Litvínov	Dopravní podnik měst Mostu a Litvínova, a.s.	Iveco E-Way 12m	1	1	1	
	14	Náchod	CDS s.r.o. Náchod	SOR EBN 9.5	2	2	2	
	15	Nový Jičín	Arriva autobusy a.s. (Nový Jičín)	SOR EBN 9.5	3	3	3	
	16	Olomouc	Garáže Dolní Hejčinská	SOR NS 12 Electric	1	1	1	
	17	Ostrava	Ostrava	SOR EBN 10.5	1	28	31	
			Garáže Hranečnick	Solaris Urbino IV 12 Electric	24			
				Rošero-P First FCLLI	3			
				Ekova Electron 12	1			
	Garáže Poruba	Ekova Electron 12	2	2				
	18	Písek	ČSAD Autobusy České Budějovice	SOR EBN 11.1	4	5	5	
				SOR EBN 8	1			
	19	Praha	Garáž Vršovice	Škoda 36BB E'City	14	14	17	
			Arriva City a.s.	SOR EBN 9.5	3	3		
	20	Přerov	Arriva autobusy	SOR EBN 11.1	2	2	2	
	21	Třinec	Arriva autobusy a.s. (Třinec)	Škoda Perun 26BB HE	10	10	10	
	22	Trutnov	Arriva autobusy a.s. (Trutnov)	Škoda Perun 26BB HE	4	4	4	
	23	Uherské Hradiště	ČSAD BUS Uherské Hradiště a.s.	SOR EBN 8	2	2	2	
	24	Vrchlabí	Krkonošská automobilová doprava	Scania Citywide II LF BEV	1	2	2	
				SOR EBN 11.1	1			
	25	Zlín, Otrokovice	Dopravní Společnost Zlín-Otrokovice	Škoda 34BB	1	1	1	
HU	1	Budapest	BKV Zrt.	MABI Modulo C68E	8	8	53	175
			Volánbusz Zrt.	Mercedes-Benz eCitaro	40	41		
				Toyota-Caetano e.City Gold	1			
				Weekendbus Közlekedési Zrt.	Ikarus 120.EL	4		
	2	Debrecen	DKV Zrt. + ITK	Mercedes-Benz eCitaro	12	12	12	
	3	Eger	Volánbusz Zrt.	BYD K9UD	6	6	6	
	4	Győr	Volánbusz Zrt.	BYD K9UD	13	13	13	
	5	Kaposvár	Kaposvári Közlekedési Zrt.	Ikarus 120.EL	2	3	3	
				Solaris Urbino IV 12 hydrogen	1			
	6	Komárom	Volánbusz Zrt.	BYD K9UB	1	1	1	
	7	Miskolc	MVK Zrt.	BYD K9UD	10	10	10	
	8	Paks	Paksi Közlekedési Kft.	Solaris Urbino IV 12 Electric	6	10	10	
				Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	4			
	9	Pécs	Tüke Busz Zrt.	BYD K9UB	10	18	18	
Mercedes-Benz eCitaro				8				
10	Salgótarján	Volánbusz Zrt.	BYD K9UB	1	1	1		
11	Szeged	Volánbusz Zrt.	BYD K9UD	8	8	8		
12	Székesfehérvár	Volánbusz Zrt.	Ikarus 120.EL	12	12	12		
13	Szolnok	Volánbusz Zrt.	BYD K9UD	10	10	10		
14	Tatabánya	T-Busz Tatabányai Közlekedési Kft.	BYD K7U	2	2	2		

	15	Veszprém	V-Busz Veszprémi Közlekedési Kft.	MAN 12C Lion's City 12 E NL367	5	5	5	
	16	Zalaegerszeg	Volánbusz Zrt.	BYD K9UD	11	11	11	
PL	1	Bełchatów	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o. o. w Bełchatowie	Solaris Urbino IV 12 Electric	4	4	4	702
	2	Białystok	Białostocka Komunikacja Miejska	Yutong E12 (ZK6128BEVG)	20	20	20	
	3	Bielsko-Biała	Miejski Zakład Komunikacyjny w Bielsku-Białej sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 9 LE Electric	2	2	2	
	4	Ciechocinek	Urząd Miejski w Ciechocinku	Solaris Urbino IV 9 LE Electric	2	2	2	
	5	Cieszyn	Zakład Gospodarki Komunalnej w Cieszynie	Solaris Urbino IV 12 Electric	4	6	6	
				Solaris Urbino IV 9 LE Electric	2			
	6	Czechowice-Dziedzice	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 18 Electric	2	2	2	
	7	Częstochowa	MPK w Częstochowie sp. z o.o.	Autosan Sancity 12LFE	16	20	20	
				Autosan Sancity 10LFE	4			
	8	Gdańsk	Depot "Hallera"	Karsan Jest electric	3	3	3	
	9	Gdynia	Przedsiębiorstwo Komunikacji Autobusowej Sp. z o.o	Mercedes-Benz eCitaro	16	24	24	
				Mercedes-Benz eCitaro G	8			
	10	Giżycko	Gminny Zakład Komunalny Giżycko sp. z o.o.	Yutong ZK6890BEVG	3	3	3	
	11	Gorzów Wielkopolski	Miejski Zakład Komunikacji w Gorzowie Wielkopolskim sp. z o.o	Solaris Urbino IV 12 Electric	3	3	3	
	12	Grodzisk Mazowiecki	Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Grodzisku Mazowieckim sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 9 LE Electric	2	2	2	
	13	Grudziądz	MZK Grudziądz	Solaris Urbino IV 12 Electric	6	6	6	
	14	Inowrocław	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Inowrocławiu	Solaris Urbino III 12 Electric	2	2	2	
	15	Jaworzno	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 18 Electric	10	29	29	
				Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	9			
				Solaris Urbino IV 12 Electric	9			
				Solaris Urbino III 12 Electric	1			
	16	Konin	Miejski Zakład Komunikacji w Koninie sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	7	7	7	
	17	Kozienice	Kozienicka Gospodarka Komunalna Sp. z o.o.	Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	2	2	2	
	18	Kraków	Zajezdnia Wola Duchacka	Solaris Urbino IV 18 Electric	54	82	82	
				Solaris Urbino IV 12 Electric	19			
				Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	4			
				Solaris Urbino III 12 Electric	2			
				Solaris Urbino III 18 Electric	2			
				Irizar ie bus 12	1			
	19	Krosno	Miejska Komunikacja Samochodowa sp. z o.o. w Krośnie	Solaris Urbino IV 9 LE Electric	3	3	3	
	20	Kutno	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Kutnie	Solaris Urbino IV 12 Electric	6	6	6	

21	Łomianki	Komunikacja Miejska Łomianki Sp. z o. o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	3	3	3
22	Łódź	Zajezdnia Limanowskiego	Volvo 7900E	16	24	24
			Solaris Urbino IV 18 Electric	8		
23	Lublin	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne - Lublin - Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	32	32	32
24	Malbork	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	6	6	6
25	Miechów	Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Miechowie Sp. z o.o.	Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	2	2	2
26	Mińsk-Mazowiecki	ZDiTM Mińsk Mazowiecki	MAN 12C Lion's City 12 E NL326	6	6	6
27	Nysa	Miejski Zakład Komunikacji w Nysie sp. z o.o.	SOR EBN 9.5	2	2	2
28	Opole	Miejski Zakład Komunikacyjny sp. z o.o. w Opolu	Solaris Urbino IV 12 Electric	5	5	5
29	Ostrów Wielkopolski	MZK Ostrów Wielkopolski S.A.	Solaris Urbino IV 12 Electric	10	10	10
30	Ostrołęka	Miejski Zakład Komunikacji Sp. z o.o. w Ostrołęce	Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	2	4	4
			Solaris Urbino IV 12 Electric	2		
31	Oświęcim	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Oświęcimiu	Solaris Urbino IV 12 Electric	1	1	1
32	Piotrków Trybunalski	Miejski Zakład Komunikacyjny sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim	Solaris Urbino IV 12 Electric	7	7	7
33	Piła	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Pile	Solaris Urbino IV 12 Electric	5	5	5
34	Polkowice	Zakład Komunikacji Miejskiej w Polkowicach	SOR EBN 11.1	2	2	2
35	Poznań	Depot A-1 "Warszawska"	Solaris Urbino IV 18 Electric	15	21	21
			Solaris Urbino IV 12 Electric	6		
36	Pszczyna	Komunikacja Gminy Pszczyna	Ikarus 120.EL	1	1	1
37	Radom	MPK Radom	Solaris Urbino IV 12 Electric	19	19	19
38	Rybnik	Kłosok sp. z o.o. sp.k.	Solaris Urbino IV 12 Electric	11	16	16
			Solaris Urbino IV 18 Electric	5		
39	Rzeszów	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne - Rzeszów sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	10	12	12
			Solaris Urbino IV 18 Electric	2		
40	Katowice	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Katowice Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	1	1	1
41	Sosnowiec	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sosnowiec Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	2	3	3
			Solaris Urbino IV 18 Electric	1		
42	Sochaczew	Zakład Komunikacji Miejskiej w Sochaczewie	Solaris Urbino IV 12 Electric	3	3	3
43	Środa Śląska	Średzka Komunikacja Publiczna sp. z o.o.	Ursus City Smile 10E	3	3	3
44	Szczecin	Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Klonowica”	Solaris Urbino IV 18 Electric	8	8	8
45	Szczecinek	KM Szczecinek	Ursus City Smile 12E	10	10	10
46	Szczytno	Zakład Komunikacji Miejskiej Szczytno sp. z o.o.	Solaris Urbino III 8.9 LE Electric	2	2	2
47	Słupsk	Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. Słupsk	Scania Citywide II LF BEV	1	1	1
48	Toruń	Zajezdnia MZK Legionow	Solaris Urbino IV 12 Electric	7	7	7

	49	Tychy	Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	2	2	2		
	50	Warszawa	MZA R-1 "Woronicza"	Solaris Urbino IV 18 Electric	30	60	161		
Solaris Urbino III 12 Electric				10					
Solaris Urbino IV 12 Electric				10					
Ursus City Smile 12E				10					
MZA R-3 "Ostrobramska"			Solaris Urbino IV 18 Electric	50	50				
MZA R-4 "Stalowa"			Solaris Urbino IV 18 Electric	50	51				
				MAN 12C Lion's City 12 E NL367	1				
	51	Wejherowo	Miejski Zakład Komunikacji Wejherowo, sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	3	3	3		
	52	Wrocław	Bus depot # 9	Mercedes-Benz eCitaro G	5	5	5		
	53	Włocławek	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. we Włocławku	MAN 12C Lion's City 12 E NL326	11	16	16		
				Solaris Urbino IV 12 Electric	5				
	54	Zakopane	Tatrzańska Komunalna Grupa Kapitałowa sp. z o.o.	Solaris Urbino IV 12 Electric	3	3	3		
	55	Zduńska Wola	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji sp. z o.o. w Zduńskiej Woli	Solaris Urbino IV 12 Electric	4	4	4		
	56	Zielona Góra	Miejski Zakład Komunikacji Sp. z o.o. w Zielonej Górze	Ursus City Smile 12E	43	64	64		
				Solaris Urbino IV 12 Electric	12				
				Mercedes-Benz eCitaro G	4				
				Karsan Jest electric	3				
				PILEA 10E	1				
				Solaris Urbino IV 9 LE Electric	1				
SK	1	Banská Bystrica	Dopravný podnik mesta Banská Bystrica	SOR EBN 8	1	1	1	48	
	2	Bratislava	Jurajov dvor Depot Krasňany Depot	Solaris Urbino IV 12 hydrogen	2	2	15		
				SOR NS 12 Electric	11	13			
				SOR EBN 8	2				
	3	Dunajská Streda	SAD Dunajská Streda, a.s.	M&I Modulo C68E	1	1	1		
	4	Košice	Hornádska Depot	SOR EBN 11.1	17	18	21		
				SOR EBN 10.5	1				
			Šaca Depot	SOR EBN 10.5	3	3			
	5	Lučenec	SAD Lučenec, a.s.	Rošero-P First FCLLI	2	2	2		
	6	Prešov	Vozovňa Šarišské lúky	SOR EBN 8	5	5	5		
	7	Šaľa	Arriva Nové Zámky	Škoda Perun 26BB HE	1	1	1		
	8	Žilina	Dopravný podnik mesta Žiliny	Škoda Perun 26SH01	2	2	2		

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 4: Seznam vozového parku metra v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Vozovna (depo)	Typ vozu	Počet vozů	Počet vozů v depu	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě	
CZ	1	Praha	Depo Kačerov	M1.1 (Konsorcium ČKD + Siemens + Adtranz)	102	261	726	726	
				M1.2 (Konsorcium ČKD + Siemens + Adtranz)	105				
				M1.3 (Konsorcium ČKD + Siemens + Adtranz)	54				
			Depo Zličín	2Mt (81-71M) (Škoda)	105				258
				3Mt (81-71M) (Škoda)	95				
				4Mt (81-71M) (Škoda)	58				
			Depo Hostivař	2Mt (81-71M) (Škoda)	81				207
				3Mt (81-71M) (Škoda)	79				
				4Mt (81-71M) (Škoda)	47				
HU	1	Budapest	Fehér út	Alstom Metropolis AM5-M2	110	110	403	403	
			Kelenföld	Alstom Metropolis AM4-M4	60				
			Kőér utca	81-714.2K (Metrovagonmaš = ruské Mytišči)	140				210
				81-717.2K (Metrovagonmaš = ruské Mytišči)	70				
			Mexikói út	Ganz-MÁVAG MillFAV	23				23
PL	1	Warszawa	STP Kabaty	81-717.3 (Metrovagonmaš = ruské Mytišči)	2	415	415	415	
				81-714.3 (Metrovagonmaš = ruské Mytišči)	4				
				Alstom Metropolis 98B	108				
				Siemens Inspiro	210				
				Škoda 21Mt Varsovia	36				
				Škoda 22Mt Varsovia	30				
				Škoda 23Mt Varsovia	25				

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 5: Seznam vozového parku ozubnicové městské dráhy v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Místo	Počet vozů	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě
HU	1	Budapest	Városmajor — Széchenyi-hegy	10	10	10

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 6: Seznam vozového parku pozemní městské lanové dráhy v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Místo	Počet vozů	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě	
CZ	1	Karlovy Vary	Divadelní náměstí – Imperial	2	4	6	
			Stará louka – Diana	2			
	2	Praha	Újezd – Petřín	2	2		
HU	1	Budapest	Clark Ádám tér — Szent György tér	2	2	2	
PL	1	Gdynia	Kamienna Góra	1	1	5	
			Krynica-Zdrój	Góra Parkowa			2
			Zakopane	Gubałówka			2
SK	1	Vysoké Tatry	Starý Smokovec — Hrebienok	2	2	2	

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 7: Seznam vozového parku tramvají v rámci Vísehradské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Vozovna (depo)	Typ vozu	Počet vozů	Počet vozů v depu	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě
CZ	1	Brno, Modřice	Vozovna Pisárky	Vario LF2R.E	29	151	261	1404
				Vario LFR.E	30			
				Tatra T6A5	28			
				EVO 2	11			
				Tatra T3G	12			
				Škoda 03T6 Anitra	9			
				Tatra T3R.PV	10			
				Tatra T3P	8			
				Tatra T3R (1995)	6			
				Tatra T3R.EV	4			
				Škoda 03T7 Anitra	2			
				Škoda 03T5 Astra/Anitra	1			
				Tatra K2P	1			
				Vozovna Medlánky	Škoda 13T Elektra			
	Tatra KT8D5R.N2	19						
	EVO 2	18						
	Tatra T6A5	12						
	Tatra KT8D5N	7						
	Škoda 45T ForCity Smart	4						
	Tatra K3R-N	2						
	2	Liberec, Jablonec nad Nisou	Vozovna Mrštíkova	Tatra T3M.04	11	49	49	
				Tatra T3R.SLF	11			
				Tatra T3R.PLF	11			
				Tatra T3R.PV	7			
				Tatra T3R.P	5			
				Tatra T3SUCS	3			
	EVO 2	1						
3	Most, Litvínov	Dopravní podnik měst Mostu a Litvínova, a.s.	Tatra T3M.3	31	43	43		
			EVO 2	5				
			Vario LF+	2				
			Vario LFR.S	2				
			EVO 1	1				
			Škoda 03T5 Astra/Anitra	1				
			Tatra T3SUCS	1				
4	Olomouc	Vozovna Koželužská	Tatra T3R.P	18	69	69		
			Vario LF+/O	14				
			Vario LFR.S	11				
			Vario LFR.E	7				
			EVO 1	5				
			EVO 1/o	4				
			Inekon 01 Trio	3				
			Vario LF.E	3				
			Škoda 03T1 Astra	2				
			Škoda 03T2 Astra	1				
Škoda 03T4 Astra	1							
5	Ostrava	Vozovna Moravská Ostrava	Vario LFR.E	19	73	181		
			Tatra KT8D5R.N1	15				
			Škoda 39T ForCity Smart	9				
			Tatra T3R.P	8				
			Škoda 03T2 Astra	7				
			Stadler Tango NF2	6				
			Škoda 03T5 Astra/Anitra	3				
			Vario LF3/2.E	2				
			Škoda 03T1 Astra	2				

			Vozovna Poruba	Škoda 03T4 Astra	1	108	
				Vario LF2+	1		
				Stadler Tango NF2	26		
				Škoda 39T ForCity Smart	23		
				Vario LFR.E	22		
				Vario LFR.S	14		
				Tatra T3R.P	11		
				Inekon 01 Trio	7		
				Vario LF2R.S	2		
				Vario LF3.E	2		
	Vario LF2.E	1					
	6	Plzeň	Depot Slovany	Vario LFR.S	25	91	91
				Tatra T3R.PLF	18		
				EVO 2	13		
				Škoda 40T ForCity Smart	10		
				Tatra KT8D5R.N2P	8		
				Vario LF+	6		
				Tatra K3R-NT	4		
				Tatra T3R.P	4		
			Vario LF2/2 IN	3			
7	Praha	Vozovna Hloubětín	Tatra KT8D5R.N2P	41	84	710	
			Tatra T3R.P	25			
			Tatra T3M2-DVC	18			
		Vozovna Kobylisy	Tatra T3R.P	64	125		
			Škoda 14T Elektra	52			
		Vozovna Motol	Škoda 15T3 ForCity Alfa Praha	9	93		
			Škoda 15T5 ForCity Alfa Praha	31			
			Škoda 15T6 ForCity Alfa Praha	26			
			Tatra T3R.P	19			
		Vozovna Pankrác	Škoda 15T4 ForCity Alfa Praha	17	103		
			Škoda 15T3 ForCity Alfa Praha	38			
			Tatra T3R.P	29			
			Škoda 15T2 ForCity Alfa Praha	14			
			Tatra KT8D5R.N2P	10			
			Škoda 15T1 ForCity Alfa Praha	8			
			Škoda 15T0 ForCity Alfa Praha	2			
			Škoda 15T1A ForCity Alfa Praha	1			
			Škoda 15T3B ForCity Alfa Praha	1			
Vozovna Strašnice	Tatra T3R.P	62	123				
	Tatra T3R.PLF	33					
	Tatra T3R.PV	28					

			Vozovna Vokovice	Škoda 15T3 ForCity Alfa Praha	45	87		
				Tatra T3R.P	19			
				Škoda 15T4 ForCity Alfa Praha	14			
				Tatra T3R.PLF	9			
			Vozovna Žižkov	Tatra T3R.P	57	95		
				Škoda 15T7 ForCity Alfa Praha	28			
				Škoda 15T6 ForCity Alfa Praha	6			
				Tatra T3M	4			
HU	1	Budapest	Angyalföld	Tatra T5C5K2	130	130	583	680
			Baross	Tatra T5C5K2	54	72		
				Tatra T5C5	18			
			Budafok	CAF Urbos 3	53	53		
			Ferencváros	Ganz-Hunslet KCSV7	30	32		
				Ganz CSMG2	2			
			Hungária	Siemens Combino Supra NF12B	39	45		
				CAF Urbos 3	6			
			Kelenföld	Ganz CSMG2	31	31		
			Száva	Duewag TW6000	60	98		
	LHB TW6000	24						
	CAF Urbos 3	14						
	Szépilona	Tatra T5C5K2	109	109				
	Zugló	Duewag TW6000	13	13				
	2	Debrecen	DHV / DKV / DKV Zrt.	CAF Urbos 3	18	25	25	
				Ganz-Hunslet KCSV6-1S	7			
3	Miskolc	MKV / MVK Zrt.	Škoda 26T ForCity Classic	30	32	32		
			Tatra KT8D5	2				
4	Szeged, Hódmezővásárhely	SZKV / SZKT	Tatra T6A2	13	40	40		
			PESA Swing 120Nb	9				
			Tatra KT4DM	6				
			Tatra KT4DMC	8				
			Tatra TB6A2	4				
PL	1	Bydgoszcz	MZK Bydgoszcz sp. z o. o.	Konstal 805Na	72	106	118	3055
				PESA Swing 122NaB	21			
				PESA Swing 121NaB	10			
				Konstal 805NM	1			
				PESA Tramicus 122N	2			
			Tramwaj Fordon – Sp. z o.o.	PESA Swing 122NaB	12	12		
			2	Częstochowa	MPK w Częstochowie sp. z o.o.	Konstal 105Na		
	PESA Twist 2010N/2	10						
	PESA Twist 2010N	7						
	3	Elbląg	Tramwaje Elbląskie sp. z o.o.	Konstal 805Na	8	26	26	
				PESA Tramicus 121N	6			
				Modertrans Moderus Beta MF 09 AC	5			
				Konstal/MPK 805N-EN	4			

			MAN M8C-MF 13	2		
			MAN M8C-MF 14 AC BD	1		
4	Gdańsk	Depot "Wrzeszcz"	PESA Jazz 128NG	34	125	137
			PESA Swing 120NaG	35		
			Duewag N8C-MF 01	32		
			Duewag N8C-MF 18	16		
			Alstom NGd99	4		
			Bombardier NGT6/2	2		
			Konstal 114Na	1		
			Konstal 114Na- MF12	1		
		Depot "Nowy Port"	Duewag N8C-MF 01	12	12	
5	Gorzów Wielkopolski	Miejski Zakład Komunikacji w Gorzowie Wielkopolskim sp. z o.o	PESA Twist 2015N	14	22	22
			Wegmann 6ZGTW	7		
			Wegmann 6EGTW	1		
6	Grudziądz	MZK Grudziądz	Duewag GT8	6	20	20
			Konstal 805NaMM	6		
			Konstal 805Nb	2		
			Modertrans Moderus Beta MF 28 AC	4		
			Konstal 805Na	2		
7	Kraków	Nowa Huta	Stadler Tango NF2	80	183	363
			Rotax/MPK EU8N	39		
			PESA Krakowiak 2014N	22		
			SGP Type E1	15		
			Lohner Type c3	11		
			MAN/MPK N8C- NF	6		
			MAN/Duewag N8S-NF	4		
			Lohner Type E1	4		
			Duewag/Protram N8C-NF	1		
			Protram 405N-Kr	1		
		Podgórze	Bombardier NGT6/2	36		
			Stadler Tango NF2	30		
			Duewag/MPK GT8N	25		
			Bombardier NGT8	24		
			Konstal 105Na	24		
			Bombardier NGT6	14		
			PESA Krakowiak 2014N	14		
			Konstal 105NaD	8		
			Duewag/MPK GT8C	4		
			Newag 126N	1		
8	Olsztyn	ZDZiT - Olsztyn	Solaris Tramino S111o	15	25	25

				Durmazlar Panorama	10				
9	Poznań	Zajezdnia tramwajowa Głogowska	Modertrans Moderus Beta MF 20 AC	20	85	265			
			Konstal 105Na	17					
			Konstal 105NaD	16					
			Siemens Combino	14					
			Modertrans Moderus Beta MF 22 AC BD	10					
			Konstal 105N-Alfa HF07	7					
			Konstal 105NaDK	1					
			Zajezdnia tramwajowa Franowo	Solaris Tramino S105p			43	96	
		Modertrans Moderus Gamma LF 02 AC	30						
		Modertrans Moderus Gamma LF 03 AC BD	19						
		Duewag O	3						
		Modertrans Moderus Gamma LF 01 AC	1						
		Zajezdnia tramwajowa Forteczna	Konstal 105N-Alfa HF07	26	84				
		Modertrans Moderus Beta MF 02 AC	23						
		Tatra RT6-MF 06 AC	13						
		Konstal 105Na	10						
		Konstal 105NaD	10						
		Konstal 105N-Alfa HF04	2						
		10	Konurbacja górnośląska	Zakład Usługowo Remontowy (dawna zajezdnia Chorzów Batory)	Konstal 105N-HF11AC		3	3	299
				Zajezdnia tramwajowa Będzin	Konstal 105N-HF11AC		15		
					Konstal 105Na		11		
Konstal 105N-2K	7								
PESA Twist 2012N	7								
Modertrans Moderus Beta MF 10 AC	5								
Modertrans Moderus Beta MF 16 AC BD	3								
Konstal 105N-Alfa HF07	1								
Zajezdnia tramwajowa Katowice Zawodzie	PESA Twist 2017N			32	149				
	PESA Twist 2012N			31					
	Konstal 105N-HF11AC			26					
	Konstal 105Na			22					
	Alstom 116Nd			17					
	Duewag Ptm			8					

			Konstal 105N-2K	6			
			Duewag Pt	4			
			Duewag Ptb	2			
			Konstal 105N	1			
		Zajezdnia tramwajowa Bytom Stroszek	Konstal 105N-HF11AC	17	61		
			Konstal 105Na	14			
			Konstal 105N-2K	9			
			Modertrans Moderus Beta MF 16 AC BD	9			
			Modertrans Moderus Beta MF 10 AC	8			
			Modertrans Moderus Beta MF 11 AC BD	3			
			Konstal N	1			
		Zajezdnia tramwajowa Gliwice	Konstal 105Na	12	37		
			Konstal 105N-HF11AC	10			
			Konstal 105N-2K	9			
			Konstal 111N	6			
11	Szczecin	Zajezdnia Pogodno	Tatra KT4DtM	68	122	195	
			PESA Swing 120NaS2	22			
			Tatra T6A2M	16			
			Modertrans Moderus Beta MF 29 AC BD	6			
			PESA Swing 120NaS	6			
			Modertrans Moderus Beta MF 15 AC	2			
			Modertrans Moderus Beta MF 25 AC	2			
		Zajezdnia Gołecin	Tatra T6A2M	28	73		
			Konstal 105N2k/2000	13			
			Modertrans Moderus Alfa (105N/S/HF/09)	14			
			Konstal 105Ng/2015	12			
			Protram 105N2k/2000	6			
12	Toruń	MZK-Toruń	Konstal 805Na	21	63	63	
			Konstal 805NaND	18			
			PESA Swing 122NbT	11			
			PESA Swing 121NbT	6			
			PESA Swing 122NbTDuo	5			
			Konstal 805NaD	2			
13	Warszawa	R-1 "Wola"	Konstal 105N2k	40	164	752	
			PESA Swing 120Na	34			
			FPS 123N	28			
			Konstal 105Ni	28			
			PESA Jazz 134N	18			
			PESA Jazz 128N	15			
			Konstal 112N	1			
		R-2 "Praga"	PESA Swing 120Na	39	134		
			Konstal 105Nf	30			

				Konstal 116Na/1	24		
				Konstal 105Na	20		
				PESA Jazz 134N	12		
				Konstal 105Ne	4		
				Konstal 105Ng	2		
				Konstal 116Na	2		
				Konstal 116N	1		
			R-3 "Mokotów"	Konstal 105N2k/2000	60	236	
				Hyundai Rotem 140N	50		
				PESA Swing 120Na	47		
				PESA Jazz 128N	20		
				PESA Tramicus 120N	15		
				Konstal 105Ne	14		
				Konstal 105Nf	14		
				Konstal 105Nm	12		
				Konstal 105Nb/e	4		
			R-4 "Żoliborz"	Konstal 105Na	62	218	
				PESA Swing 120Na	59		
				Hyundai Rotem 140N	34		
				Hyundai Rotem 142N	20		
				Hyundai Rotem 141N	18		
				PESA Jazz 128N	15		
				PESA Swing 120NaDuo	6		
				Konstal 105Nb	4		
14	Wrocław	Zajezdnia I "Gaj"	Modertrans Moderus Beta MF 24 AC	22	81	344	
			Modertrans Moderus Beta MF 19 AC	22			
			Konstal 105NWrD	15			
			Konstal 105NWr	14			
			PESA Twist 2010NW	8			
		Zajezdnia II "Ołbin"	Konstal 105NWr	60	145		
			Konstal 105NWrD	57			
			Modertrans Moderus Beta 205WrAs-MF 17 AC	16			
			Protram 204Wr As	12			
		Zajezdnia IV "Borek"	Škoda 19T Elektra	31	118		
			Modertrans Moderus Gamma LF 07 AC	27			
			Modertrans Moderus Beta MF 24 AC	17			
			Škoda 16T Elektra	17			
			Modertrans Moderus Beta 205WrAs-MF 17 AC	10			
			Konstal 105NWr	8			

				Konstal 105NWrD	8				
	15	Łódź	Zajezdnia Telefoniczna	Konstal 805NaND	35	211	395		
				Duewag MGT6D	31				
				Konstal 805NaND/2	34				
				Konstal 805Na	34				
				PESA Swing 122NaL	32				
				Bombardier Cityrunner	13				
				Konstal/MPK 805N-M14	12				
				Konstal/MPK 805N-MD14	12				
				Konstal/MPK 805N-M12	3				
				Konstal/MPK 805N-MD12	3				
				Konstal/MPK 805N-M16	1				
				Konstal/MPK 805N-MD16	1				
			Zajezdnia Chocianowice	Konstal 805NaND	35			184	
				Konstal 805NaND/2	31				
				Konstal 805Na	31				
				Modertrans Moderus Gamma LF 06 AC	28				
				Duewag M8CN	17				
				Konstal/MPK 805N-M16	13				
				Konstal/MPK 805N-MD16	13				
				PESA Tramicus 122N	9				
				AEG GT6M-ZR	3				
				Konstal/MPK 805N-M14	2				
				Konstal/MPK 805N-MD14	2				
SK	1	Bratislava	Krasňany Depot	Tatra K2G	1	90	185	245	
				Tatra K2S	21				
				Tatra T3M	2				
				Tatra T3P	4				
				Tatra T3S	2				
				Tatra T3G	10				
				Tatra T6A5	50				
			Jurajov dvor Depot	Škoda 29T ForCity Plus	49	95			
				Škoda 30T ForCity Plus	30				
				Tatra T3P	11				
				Tatra T3R.PV	5				
	2	Košice	Bardejovská Depot	Vario LF2+	46	60	60		
				Tatra KT8D5R.N2	8				
				Tatra T6A5	4				
				Tatra KT8D5	1				
				Vario LFR.S	1				

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 8: Seznam vozového parku trolejbusů v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Stát	Číslo	Název sítě	Vozovna (depo)	Typ vozu	Počet vozů	Počet vozů v depu	Počet vozů v síti	Celkový počet vozů ve státě
CZ	1	Brno, Šlapanice	Vozovna Husovice	Škoda 27Tr Solaris IV	20	42	125	733
				Škoda 31Tr SOR	15			
				Škoda 21Tr	7			
			Vozovna Slatina	Škoda 21Tr	13	17		
				Škoda 32Tr SOR	4			
			Vozovna Komín	Škoda 27Tr Solaris IV	20	66		
				Škoda 31Tr SOR	15			
				Škoda 32Tr SOR	13			
				Škoda 26Tr Solaris III	10			
				Škoda 21Tr	4			
				Škoda 21TrAC	2			
	SOR TNS 12 (Rail Electronics CZ)	2						
	2	České Budějovice	Dopravní podnik města České Budějovice	Škoda 25Tr Irisbus Citelis	30	56	56	
				Škoda 27Tr Solaris IV	11			
				Škoda 15Tr13/7M	7			
				Škoda 27Tr Solaris III	6			
				Škoda 15TrM	2			
	3	Chomutov, Jirkov	Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova	Škoda 27Tr Solaris III	10	15	15	
				Škoda 26Tr Solaris III	5			
	4	Hradec Králové	Dopravní podnik města Hradec Králové	Škoda 30Tr SOR	25	37	37	
				Škoda 31Tr SOR	12			
	5	Jihlava	DP Jihlava	Škoda 26Tr Solaris III	22	40	40	
				Škoda 32Tr SOR	10			
				SOR TNS 12 (Cegelec)	6			
				Škoda 21Tr	1			
				Škoda 26Tr Solaris IV	1			
	6	Mariánské Lázně	Městská doprava Mariánské Lázně s.r.o.	Škoda 30Tr SOR	8	8	8	
	7	Opava	Vozovna Kylešovice	Škoda 32Tr SOR	15	34	34	
				Škoda 26Tr Solaris III	13			
				Škoda 36Tr TEMSA	3			
				Solaris Trollino III 12 AC	3			
	8	Ostrava	Dopravní podnik Ostrava	Škoda 26Tr Solaris III	23	69	69	
				Škoda 36Tr TEMSA	13			
Škoda 27Tr Solaris III				11				
Solaris Trollino II 12 AC				10				
Solaris Trollino III 12 AC				6				
Solaris Trollino II 15 AC				3				
Solaris Trollino III 15 AC				1				
Solaris Trollino III 18 AC				1				
SOR TNB 12				1				
9	Pardubice	Dopravní podnik města Pardubice	Škoda 30Tr SOR	22	60	60		
			Škoda 32Tr SOR	15				

				Škoda 26Tr Solaris III	10			
				Škoda 28Tr Solaris III	9			
				Škoda 24Tr Irisbus Citelis	4			
	10	Plzeň	Depot Karlov	Škoda 26Tr Solaris III	42	106	106	
				Škoda 26Tr Solaris IV	16			
				Škoda 27Tr Solaris III	16			
				Škoda 24Tr Irisbus Citelis	14			
				Škoda 27Tr Solaris IV	12			
				Škoda 25Tr Irisbus Citelis	5			
				Škoda 24Tr Irisbus Citybus	1			
	11	Praha	Garáže Klíčov	SOR TNS 18 (Cegelec)	15	16	36	
				Škoda 36Tr TEMSA	1			
			Garáže Řepy	Škoda-Solaris 24m (Škoda 38Tr)	20	20		
	12	Teplice	Městská doprava Teplice	Škoda 30Tr SOR	8	29	29	
				Škoda 32Tr SOR	7			
				Škoda 26Tr Solaris III	5			
				Škoda 28Tr Solaris III	6			
				Škoda 25Tr Irisbus Citelis	2			
				Škoda 33Tr SOR	1			
	13	Ústí nad Labem	Dopravní podnik města Ústí nad Labem	Škoda 27Tr Solaris IV	30	64	64	
				Škoda 28Tr Solaris III	16			
				Škoda 27Tr Solaris III	10			
				Škoda 25Tr Irisbus Citelis	8			
	14	Zlín, Otrokovice	Dopravní Společnost Zlín-Otrokovice	Škoda 25Tr Irisbus Citelis	13	54	54	
				Škoda 27Tr Solaris III	11			
				Škoda 24Tr Irisbus Citelis	8			
				Škoda 24Tr Irisbus Citybus	8			
				Škoda 30Tr SOR	7			
				Škoda 26Tr Solaris III	6			
				Škoda 35Tr IVECO	1			
HU	1	Budapest	Kőbánya	Solaris Trollino IV 18 Škoda	50	138	138	210
				Solaris Trollino IV 12 Škoda	22			
				Solaris Trollino III 12 Škoda	18			
				Solaris Trollino III 18 Škoda	16			
				Ikarus 280.94	9			
				Solaris Trollino II 12 Ganz-Škoda B	8			
				Ikarus 412.81	7			
				Solaris Trollino II 12 Ganz B	6			
				Ikarus 411T	1			

				Ikarus 412.81GT	1			
	2	Debrecen	DKV / DKV Zrt.	Solaris Trollino II 12 Ganz-Škoda D	10	20	20	
				Solaris Trollino II 12 Ganz	5			
				Solaris Trollino II 12 Ganz D	5			
	3	Szeged	SZKV / SZKT	Ikarus-Škoda Tr187.2	12	52	52	
				Škoda 15Tr03/6	12			
				Solaris Trollino III 12 AC	5			
				Ikarus 280.94	4			
				Škoda 15Tr07/7	4			
				Škoda 21Tr/TV.EU	4			
				Škoda 15TrM	3			
				Škoda 15Tr07/6	2			
				Solaris Trollino II 12 AC	1			
				Mercedes-Benz O530 Citaro Tr12/TV.EU	1			
				Škoda 14Tr08/6	1			
				Škoda 15Tr02/6	1			
				Škoda 21Tr	1			
				Škoda 21Tr/TV.PR	1			
PL	1	Gdynia, Sopot	Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej Sp. z o.o.	Solaris Trollino III 12 M	38	100	100	227
				Solaris Trollino IV 18 Medcom	18			
				Solaris Trollino II 12 AC	14			
				Solaris Trollino IV 12 Medcom	14			
				Solaris Trollino IV 12 Me Electric	6			
				Solaris Trollino III 12 Škoda	5			
				Mercedes-Benz O530AC Citaro 12T	2			
				Solaris Trollino III 12 AC	2			
				Solaris Trollino II 12 T	1			
	2	Lublin	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne - Lublin - Sp. z o.o.	Ursus T70116	37	99	99	
				Solaris Trollino III 12 M	20			
				Solaris Trollino IV 18 Medcom	15			
				Ursus City Smile 18LFT	15			
				Solaris Trollino III 18 M	12			
	3	Tychy	Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o.	Solaris Trollino III 12 MB	15	28	28	
				Solaris Trollino IV 12 Medcom	6			
				Solaris Trollino III 12 Škoda	4			
				Solaris Trollino IV 12 MD	3			
SK	1	Banská Bystrica	Dopravný podnik mesta Banská Bystrica	Škoda 30Tr SOR	19	26	26	266
				Škoda 31Tr SOR	3			
				SOR TNB 12	3			
				Škoda 15Tr13/7M	1			
	2	Bratislava	Hroboňova Depot	Škoda 31Tr SOR	37	66	157	
				Škoda 30Tr SOR	14			
				SOR TNS 12 (Škoda)	11			

		Trnávka Depot	Škoda 25Tr Irisbus Citelis	4	91		
			Škoda 30Tr SOR	32			
			Škoda 31Tr SOR	23			
			Škoda 27Tr Solaris IV	22			
			Škoda-Solaris 24m (Škoda 38Tr)	12			
			Škoda 14Tr10/6	1			
	Škoda 15Tr13/6M	1					
	3	Prešov	Vozovňa Šarišské lúky	Škoda 31Tr SOR	24	38	38
	Škoda 30Tr SOR	9					
	Škoda 24Tr Irisbus Citelis	4					
	Škoda 25Tr Irisbus Citelis	1					
4	Žilina	Dopravný podnik mesta Žiliny	Škoda 27Tr Solaris IV	18	44	44	
Škoda 26Tr Solaris IV	11						
Škoda 31Tr SOR	8						
Škoda 30Tr SOR	7						
5	Košice	Hornádska Depot	Škoda 15Tr10/7	1	1	1	

Zdroj: vlastní zpracování kombinace údajů z jednotlivých dopravních podniků a portálu Transphoto (2024)

Tab. 9: Seznam všech vrcholových obřatíř metra v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Číslo	Název vrcholového obřatířě	Síť MHD	Město (obec)	Stát	Zem. šířka	Zem. délka
1	Bemowo	Warszawa	Warszawa	PL	52,239	20,911
2	Bródno	Warszawa	Warszawa	PL	52,294	21,026
3	Černý most	Praha	Praha	CZ	50,110	14,582
4	Déli pályaudvar	Budapest	Budapest	HU	47,500	19,025
5	Depo Hostivař	Praha	Praha	CZ	50,076	14,515
6	Háje	Praha	Praha	CZ	50,031	14,530
7	Kabaty	Warszawa	Warszawa	PL	52,132	21,065
8	Kelenföld vasútállomás	Budapest	Budapest	HU	47,464	19,020
9	Keleti pályaudvar	Budapest	Budapest	HU	47,500	19,082
10	Kőbánya-Kispest	Budapest	Budapest	HU	47,463	19,149
11	Letňany	Praha	Praha	CZ	50,128	14,517
12	Mexikói út	Budapest	Budapest	HU	47,520	19,091
13	Młociny	Warszawa	Warszawa	PL	52,291	20,929
14	Nemocnice Motol	Praha	Praha	CZ	50,075	14,341
15	Őrs vezér tere	Budapest	Budapest	HU	47,503	19,136
16	Újpest-központ	Budapest	Budapest	HU	47,560	19,091
17	Vörösmarty tér	Budapest	Budapest	HU	47,497	19,050
18	Zličín	Praha	Praha	CZ	50,054	14,291

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024)

Tab. 10: Seznam všech vrcholových obřatíř ozubnicové městské dráhy v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Číslo	Název vrcholového obřatířě	Síť MHD	Město (obec)	Stát	Zem. šířka	Zem. délka
1	Széchenyi-hegy	Budapest	Budapest	HU	47,495	18,979
2	Városmajor	Budapest	Budapest	HU	47,509	19,014

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024)

Tab. 11: Seznam všech vrcholových obřatitř pozemní městské lanové dráhy v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Číslo	Název vrcholového obřatitř	Sít MHD	Město (obec)	Stát	Zem. šířka	Zem. délka
1	Clark Ádám tér	Budapest	Budapest	HU	47,498	19,040
2	Diana	Karlovy Vary	Karlovy Vary	CZ	50,219	12,873
3	Divadelní náměstí	Karlovy Vary	Karlovy Vary	CZ	50,222	12,883
4	Góra Parkowa	Krynica-Zdrój	Krynica-Zdrój	PL	49,416	20,966
5	Gubałówka (Stacja Dolna)	Zakopane	Zakopane	PL	49,298	19,945
6	Gubałówka (Stacja Górna)	Zakopane	Zakopane	PL	49,306	19,933
7	Hrebienok	Vysoké Tatry	Vysoké Tatry	SK	49,158	20,225
8	Imperial	Karlovy Vary	Karlovy Vary	CZ	50,221	12,884
9	Kamienna Góra (Stacja Dolna)	Gdynia	Gdynia	PL	54,516	18,543
10	Kamienna Góra (Stacja Górna)	Gdynia	Gdynia	PL	54,516	18,544
11	Krynica-Zdrój	Krynica-Zdrój	Krynica-Zdrój	PL	49,420	20,961
12	Petřín	Praha	Praha	CZ	50,082	14,397
13	Stará louka	Karlovy Vary	Karlovy Vary	CZ	50,220	12,878
14	Starý Smokovec	Vysoké Tatry	Vysoké Tatry	SK	49,142	20,220
15	Szent György tér	Budapest	Budapest	HU	47,498	19,039
16	Újezd	Praha	Praha	CZ	50,083	14,404

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024)

Tab. 12: Seznam všech tramvajových vrcholových obřatitř v rámci Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Číslo	Název vrcholového obřatitř	Sít MHD	Město (obec)	Stát	Zem. šířka	Zem. délka
1	Aleja Zieleniecka	Warszawa	Warszawa	PL	52,247	21,047
2	Annopol	Warszawa	Warszawa	PL	52,299	21,022
3	Astronomická	Bratislava	Bratislava	SK	48,159	17,179
4	Babická	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,228	16,653
5	Banacha	Warszawa	Warszawa	PL	52,210	20,982
6	Basen Górniczy	Szczecin	Szczecin	PL	53,400	14,599
7	Bécsi út / Vörösvári út	Budapest	Budapest	HU	47,549	19,029
8	Bielawy	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,133	18,034
9	Bílá Hora	Praha	Praha	CZ	50,076	14,323
10	Bílá labuť	Praha	Praha	CZ	50,091	14,437
11	Biskupice Pętla	Konurbacja górnośląska	Zabrze	PL	50,330	18,841
12	Biskupin	Wrocław	Wrocław	PL	51,101	17,110
13	Blaha Lujza tér	Budapest	Budapest	HU	47,496	19,071
14	Błażeja	Poznań	Poznań	PL	52,456	16,945
15	Boernerowo	Warszawa	Warszawa	PL	52,264	20,900
16	Bolevec	Plzeň	Plzeň	CZ	49,785	13,384
17	Borek Fałęcki	Kraków	Kraków	PL	50,012	19,928
18	Bory	Plzeň	Plzeň	CZ	49,726	13,359
19	Bosnyák tér	Budapest	Budapest	HU	47,520	19,113
20	Botanická zahrada	Košice	Košice	SK	48,735	21,241
21	Brętowo PKM	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,366	18,574
22	Bronowice	Kraków	Kraków	PL	50,077	19,901
23	Bronowice Małe	Kraków	Kraków	PL	50,082	19,881
24	Brynów Centrum Przesiadkowe	Konurbacja górnośląska	Katowice	PL	50,226	18,995
25	Březiněveská	Praha	Praha	CZ	50,127	14,458
26	Budišovice, Zátři	Ostrava a okolí	Budišovice	CZ	49,850	18,050
27	Budziszyska	Poznań	Poznań	PL	52,388	16,847
28	Bytom Powstańców Śląskich	Konurbacja górnośląska	Bytom	PL	50,359	18,922
29	Bytom Szkoła Medyczna	Konurbacja górnośląska	Bytom	PL	50,352	18,888
30	Cichy Kącik	Kraków	Kraków	PL	50,063	19,903
31	Cm. Wolski	Warszawa	Warszawa	PL	52,225	20,930
32	cm. Zarzew	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,749	19,521
33	Cmentarz Rakowicki	Kraków	Kraków	PL	50,074	19,957

34	Czeladź Dworzec	Konurbacja górnośląska	Czeladź	PL	50,320	19,071
35	Czerwone Maki P+R	Kraków	Kraków	PL	50,019	19,889
36	Czynszowa (Środkowa)	Warszawa	Warszawa	PL	52,260	21,043
37	Černokostelecká (Nové Strašnice)	Praha	Praha	CZ	50,079	14,510
38	Čertova rokle	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,227	16,623
39	Červený Vrch	Praha	Praha	CZ	50,097	14,351
40	Červinkova	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,226	16,583
41	Dąbie	Kraków	Kraków	PL	50,062	19,980
42	Dąbrowa Górnicza Urząd Pracy Pętla	Konurbacja górnośląska	Dąbrowa Górnicza	PL	50,325	19,170
43	Dąbrowa Niższa	Łódź a okoli	Łódź	PL	51,728	19,491
44	Deák Ferenc tér	Budapest	Budapest	HU	47,498	19,055
45	Dębiec	Poznań	Poznań	PL	52,372	16,903
46	Dědina	Praha	Praha	CZ	50,090	14,300
47	Depo Hostivař	Praha	Praha	CZ	50,076	14,517
48	Divoká Šárka	Praha	Praha	CZ	50,093	14,325
49	Dlabačov	Praha	Praha	CZ	50,085	14,384
50	Dolní Hanychov	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,747	15,028
51	Doły	Łódź a okoli	Łódź	PL	51,798	19,487
52	Druska	Elbląg	Elbląg	PL	54,144	19,439
53	Dubina	Ostrava a okoli	Ostrava	CZ	49,770	18,246
54	Dvorce	Praha	Praha	CZ	50,045	14,414
55	Dw. Łódź Dąbrowa	Łódź a okoli	Łódź	PL	51,736	19,510
56	Dw. Łódź Chojny	Łódź a okoli	Łódź	PL	51,727	19,480
57	Dw. Łódź Żabieniec	Łódź a okoli	Łódź	PL	51,794	19,408
58	Dworzec Gł.	Gorzów Wielkopolski	Gorzów Wielkopolski	PL	52,728	15,229
59	Dworzec Główny	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,784	20,500
60	Dworzec Niebuszewo	Szczecin	Szczecin	PL	53,448	14,552
61	Dworzec Wschodni (Kijowska)	Warszawa	Warszawa	PL	52,254	21,055
62	Dworzec Zachodni	Poznań	Poznań	PL	52,399	16,909
63	Ečerova	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,219	16,508
64	Elana	Toruń	Toruń	PL	53,036	18,667
65	Európa liget	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,274	20,147
66	Felső-Majláth	Miskolc	Miskolc	HU	48,110	20,675
67	Ferencváros kocsiszín	Budapest	Budapest	HU	47,471	19,092
68	Fibichova	Olomouc	Olomouc	CZ	49,589	17,278
69	Fiełdorfa-Niła	Częstochowa	Częstochowa	PL	50,840	19,131
70	Fiełdorfa-Niła	Gorzów Wielkopolski	Gorzów Wielkopolski	PL	52,763	15,276
71	Fonógyári út	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,265	20,110
72	Fordońska - Bałtycka	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,121	18,048
73	Franowo	Poznań	Poznań	PL	52,381	17,002
74	Fügenerova	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,765	15,057
75	GAJ	Wrocław	Wrocław	PL	51,077	17,039
76	Geislerova	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,191	16,635
77	Głębokie	Szczecin	Szczecin	PL	53,472	14,487
78	Glinki	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,097	18,041
79	Goclaw	Szczecin	Szczecin	PL	53,476	14,604
80	Goclawek	Warszawa	Warszawa	PL	52,238	21,120
81	Gołonóg Wiadukt S1 Pętla	Konurbacja górnośląska	Dąbrowa Górnicza	PL	50,331	19,242
82	Górczyn PKM	Poznań	Poznań	PL	52,381	16,880
83	Górka Narodowa P+R	Kraków	Kraków	PL	50,104	19,964
84	Grabiszynek	Wrocław	Wrocław	PL	51,091	16,988
85	Grabizyńska (Cmentarz)	Wrocław	Wrocław	PL	51,089	16,977
86	Gubacsi út / Határ út	Budapest	Budapest	HU	47,443	19,095

87	Gumieńce	Szczecin	Szczecin	PL	53,423	14,490
88	Harfa	Praha	Praha	CZ	50,101	14,505
89	Határ út	Budapest	Budapest	HU	47,465	19,127
90	Havlíčkova	Košice	Košice	SK	48,740	21,246
91	Helenówek-pętla	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,830	19,424
92	Hlavná stanica	Bratislava	Bratislava	SK	48,158	17,107
93	Hlavní nádraží	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,851	18,268
94	Hlubočepy	Praha	Praha	CZ	50,043	14,404
95	Hódmezővásárhely vasútállomás	Szeged, Hódmezővásárhely	Hódmezővásárhely	HU	46,414	20,340
96	Horní Hanychov	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,737	15,013
97	Hulváky	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,826	18,241
98	Hűvösvölgy	Budapest	Budapest	HU	47,543	18,964
99	Chełm Witosza	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,337	18,618
100	Chocianowice IKEA	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,701	19,413
101	Chojny Kurczaki	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,719	19,487
102	Chorzów Stadion Śląski Pętla Wsch.	Konurbacja górnośląska	Katowice	PL	50,284	18,974
103	Chorzów Stadion Śląski Pętla Zach.	Konurbacja górnośląska	Katowice	PL	50,287	18,970
104	Izraelita temető	Budapest	Budapest	HU	47,480	19,178
105	Jászai Mari tér	Budapest	Budapest	HU	47,513	19,048
106	Jelitkowo	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,424	18,593
107	Juliánov	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,197	16,654
108	Jungmannova	Bratislava	Bratislava	SK	48,124	17,114
109	Junikowo	Poznań	Poznań	PL	52,383	16,833
110	Kamaraerdei Ifjúsági Park	Budapest	Budapest	HU	47,441	18,979
111	Kanta	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,737	20,503
112	Káposztásmegyer, Megyeri út	Budapest	Budapest	HU	47,594	19,121
113	Kapuściska	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,103	18,062
114	Karłowice	Wrocław	Wrocław	PL	51,134	17,037
115	Karolew	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,747	19,420
116	Kawęczyńska - Bazylika	Warszawa	Warszawa	PL	52,258	21,060
117	Kazimierz Górniczy Pętla	Konurbacja górnośląska	Sosnowiec	PL	50,290	19,233
118	Kecskés	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,239	20,117
119	Kelenföld vasútállomás (Vasút utca)	Budapest	Budapest	HU	47,466	19,022
120	Kelenföld vasútállomás (Somogyi út)	Budapest	Budapest	HU	47,463	19,023
121	Keleti pályaudvar	Budapest	Budapest	HU	47,499	19,083
122	Kielecka	Warszawa	Warszawa	PL	52,207	21,003
123	Klecina	Wrocław	Wrocław	PL	51,066	16,986
124	Klonowica Zajezdnia	Szczecin	Szczecin	PL	53,450	14,499
125	Kőbánya alsó vasútállomás (Kápolna utca)	Budapest	Budapest	HU	47,482	19,132
126	Kochanówka	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,804	19,357
127	Koło	Warszawa	Warszawa	PL	52,247	20,938
128	Komárov	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,175	16,621
129	Komín, smyčka	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,216	16,557
130	Komisárky	Bratislava	Bratislava	SK	48,217	17,168
131	Konstantynów Okrzei	Konurbacja górnośląska	Sosnowiec	PL	50,296	19,145
132	Košutka	Plzeň	Plzeň	CZ	49,783	13,374
133	Kotlářka	Praha	Praha	CZ	50,070	14,362
134	Kowale	Wrocław	Wrocław	PL	51,128	17,103
135	Kozanów (Dokerska, Gwarecka)	Wrocław	Wrocław	PL	51,143	16,961
136	Koziny	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,772	19,423
137	Kőzvágóhíd	Budapest	Budapest	HU	47,468	19,076
138	Kraków-Płaszów (Dworcowa)	Kraków	Kraków	PL	50,034	19,972
139	Královka	Praha	Praha	CZ	50,085	14,380
140	Královo Pole, nádraží	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,231	16,595
141	Królewska (Dworzec Kolejowy)	Grudziądz	Grudziądz	PL	53,484	18,762

142	Kromera	Wrocław	Wrocław	PL	51,133	17,066
143	Krowodrza Górka	Kraków	Kraków	PL	50,089	19,931
144	Krzekowo	Szczecin	Szczecin	PL	53,449	14,486
145	Krzyki (Aleja Karkonoska)	Wrocław	Wrocław	PL	51,074	17,006
146	Księża Małe	Wrocław	Wrocław	PL	51,077	17,084
147	Kubánské náměstí	Praha	Praha	CZ	50,069	14,477
148	Kucelin - Szpital	Częstochowa	Częstochowa	PL	50,790	19,173
149	Kurdwanów P+R	Kraków	Kraków	PL	50,013	19,948
150	Łagiewniki Zajezdnia	Konurbacja górnośląska	Chorzów	PL	50,319	18,947
151	Las Arkoński	Szczecin	Szczecin	PL	53,458	14,516
152	Las Gdański P+R	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,150	18,024
153	Łaska - Wiejska	Łódź a okoli	Pabianice	PL	51,658	19,323
154	Lawendowe Wzgórze	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,328	18,570
155	Łęgnowo	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,100	18,105
156	Lehel tér	Budapest	Budapest	HU	47,517	19,061
157	Lehovec	Praha	Praha	CZ	50,107	14,549
158	Leśnica	Wrocław	Wrocław	PL	51,144	16,872
159	Levského	Praha	Praha	CZ	50,005	14,438
160	Libuš	Praha	Praha	CZ	50,009	14,456
161	Lidové sady-ZOO	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,779	15,081
162	Litvínov, Citadela	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Litvínov	CZ	50,608	13,628
163	Litvínov, poliklinika	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Litvínov	CZ	50,601	13,615
164	Litvínov, Záluží, CHEMOPETROL	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Litvínov	CZ	50,559	13,601
165	Łostowice Świętokrzyska	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,323	18,606
166	Ludowa	Szczecin	Szczecin	PL	53,450	14,583
167	Makoszowy Pętla	Konurbacja górnośląska	Zabrze	PL	50,271	18,776
168	Malesická	Plzeň	Plzeň	CZ	49,744	13,346
169	Maloměřický most	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,215	16,643
170	Mały Płaszów P+R	Kraków	Kraków	PL	50,041	20,001
171	Martinov	Ostrava a okoli	Ostrava	CZ	49,855	18,182
172	Márton Áron tér	Budapest	Budapest	HU	47,481	18,999
173	Marymoncka (pętla)	Elbląg	Elbląg	PL	54,176	19,436
174	Marymont - Potok	Warszawa	Warszawa	PL	52,275	20,979
175	Mendlovo náměstí	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,191	16,595
176	Mester utca / Ferenc körút	Budapest	Budapest	HU	47,482	19,069
177	Metro Marymont	Warszawa	Warszawa	PL	52,273	20,972
178	Metro Wilanowska	Warszawa	Warszawa	PL	52,181	21,022
179	Mexikói út	Budapest	Budapest	HU	47,519	19,091
180	Mifkova	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,207	16,693
181	Mikulczyce Pętla	Konurbacja górnośląska	Zabrze	PL	50,343	18,769
182	Miłostowo	Poznań	Poznań	PL	52,410	17,003
183	Milowice Pętla	Konurbacja górnośląska	Sosnowiec	PL	50,289	19,078
184	Mistrzejowice	Kraków	Kraków	PL	50,095	19,995
185	Modřice, smyčka	Brno, Modřice	Modřice	CZ	49,127	16,605
186	Móricz Zsigmond körtér	Budapest	Budapest	HU	47,477	19,048
187	Morwowa	Wrocław	Wrocław	PL	51,075	17,052
188	Most, Dopravní podnik	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Most	CZ	50,492	13,636
189	Most, nádraží	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Most	CZ	50,507	13,662
190	Most, Velebudická	Most, Horní Jiřetín, Litvínov	Most	CZ	50,487	13,652
191	Motoarena	Toruń	Toruń	PL	53,015	18,547
192	Mozartova	Plzeň	Plzeň	CZ	49,768	13,376
193	Mysłowice Dworzec PKP	Konurbacja górnośląska	Mysłowice	PL	50,238	19,144

194	Nádraží Braník	Praha	Praha	CZ	50,028	14,405
195	Nádraží Hostivař	Praha	Praha	CZ	50,054	14,538
196	Nádraží Podbába	Praha	Praha	CZ	50,113	14,393
197	Nádraží Vítkovice	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,800	18,261
198	Nagyállomás	Debrecen	Debrecen	HU	47,521	21,628
199	Náměstí Hrdinů	Olomouc	Olomouc	CZ	49,597	17,247
200	Náměstí míru	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,202	16,581
201	Námestie Maratónu mieru	Košice	Košice	SK	48,728	21,255
202	Nemocnice Bohunice	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,176	16,567
203	Neředín krematorium	Olomouc	Olomouc	CZ	49,595	17,216
204	Niepodległości (pętla)	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,161	18,171
205	Nová Huť jižní brána	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,791	18,300
206	Nová Ulice	Olomouc	Olomouc	CZ	49,578	17,229
207	Nové sady, smyčka	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,190	16,607
208	Novolišeňská	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,203	16,673
209	Nowe Bemowo	Warszawa	Warszawa	PL	52,261	20,926
210	Nowy Bieżanów P+R	Kraków	Kraków	PL	50,016	20,024
211	Nowy Port Góreckiego	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,400	18,671
212	Obratisko Kútiky	Bratislava	Bratislava	SK	48,167	17,046
213	Obrońców Pokoju (Batorego)	Elbląg	Elbląg	PL	54,181	19,399
214	Ogólna	Elbląg	Elbląg	PL	54,188	19,427
215	Ogrody	Poznań	Poznań	PL	52,417	16,882
216	Olechów	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,733	19,576
217	Olimpijska	Toruń	Toruń	PL	53,027	18,702
218	Olšanské hřbitovy	Praha	Praha	CZ	50,078	14,467
219	Oporów	Wrocław	Wrocław	PL	51,084	16,972
220	Os. Górczewska	Warszawa	Warszawa	PL	52,239	20,900
221	Os. Sobieskiego	Poznań	Poznań	PL	52,465	16,917
222	Os. Piastów	Kraków	Kraków	PL	50,103	20,012
223	Osiedle Zawadzkiego	Szczecin	Szczecin	PL	53,457	14,488
224	Osobowice	Wrocław	Wrocław	PL	51,138	16,994
225	P+R Al. Krakowska	Warszawa	Warszawa	PL	52,176	20,944
226	Pankrác	Praha	Praha	CZ	50,052	14,439
227	Park Południowy	Wrocław	Wrocław	PL	51,072	17,013
228	Park Staromiejski (Wierzbowa)	Wrocław	Wrocław	PL	51,106	17,037
229	Pavlovičky	Olomouc	Olomouc	CZ	49,602	17,276
230	Pestszentlőrinc, Béke tér	Budapest	Budapest	HU	47,429	19,218
231	Pętla Rządź	Grudziądz	Grudziądz	PL	53,449	18,716
232	Pętla Tarpno	Grudziądz	Grudziądz	PL	53,501	18,772
233	Piaski	Warszawa	Warszawa	PL	52,271	20,943
234	Piaski	Gorzów Wielkopolski	Gorzów Wielkopolski	PL	52,754	15,232
235	Piątkowska	Poznań	Poznań	PL	52,442	16,911
236	Pieczewo	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,740	20,519
237	Pilczyce	Wrocław	Wrocław	PL	51,136	16,948
238	PKP Stuzewiec	Warszawa	Warszawa	PL	52,182	20,988
239	Pl. Jana Pawła II	Łódź a okolí	Lutomiersk	PL	51,755	19,212
240	Pl. Niepodległości	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,740	19,465
241	Pl. Wielkopolski	Poznań	Poznań	PL	52,410	16,931
242	Plac Starynkiewicza	Warszawa	Warszawa	PL	52,225	20,996
243	Plac Wolności	Łódź a okolí	Konstantynów Łódzki	PL	51,751	19,314
244	Planetárium Praha	Praha	Praha	CZ	50,105	14,427
245	Pleszów	Kraków	Kraków	PL	50,073	20,118
246	Podolská vodárna	Praha	Praha	CZ	50,059	14,421
247	Połabska	Poznań	Poznań	PL	52,435	16,931
248	Północna	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,780	19,461
249	Pomorzany	Szczecin	Szczecin	PL	53,402	14,527
250	Poruba, Vřesinská	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,823	18,158

251	Poświętne	Wrocław	Wrocław	PL	51,150	17,026
252	Potulicka	Szczecin	Szczecin	PL	53,414	14,543
253	Pri kríži	Bratislava	Bratislava	SK	48,196	17,033
254	Prokocim	Kraków	Kraków	PL	50,018	19,992
255	Promenada Niemena	Częstochowa	Częstochowa	PL	50,835	19,119
256	Przeróbka	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,358	18,684
257	Przylesie P+R	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,147	18,123
258	Přívoz, Hlučínská	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,861	18,264
259	Radiostacja	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,775	19,495
260	Radlická	Praha	Praha	CZ	50,059	14,389
261	Radošovická	Praha	Praha	CZ	50,067	14,494
262	Rákospalota, Kossuth utca	Budapest	Budapest	HU	47,568	19,126
263	Rakovecká	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,225	16,519
264	Raków - Dworzec PKP	Częstochowa	Częstochowa	PL	50,789	19,153
265	Ratuszowa-ZOO	Warszawa	Warszawa	PL	52,255	21,030
266	Retkinia	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,742	19,383
267	Rondo Hipokratesa	Kraków	Kraków	PL	50,092	20,021
268	Rondo Żaba	Warszawa	Warszawa	PL	52,268	21,037
269	Ryba	Košice	Košice	SK	48,703	21,262
270	Rycerska	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,138	18,000
271	Řečkovice	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,247	16,579
272	Salwator	Kraków	Kraków	PL	50,053	19,914
273	Saperów	Elbląg	Elbląg	PL	54,159	19,428
274	Savoya Park	Budapest	Budapest	HU	47,436	19,043
275	Sępólno	Wrocław	Wrocław	PL	51,114	17,104
276	Sídlíště Barrandov	Praha	Praha	CZ	50,032	14,366
277	Sídlíště Ďáblice	Praha	Praha	CZ	50,133	14,481
278	Sídlíště Petřiny	Praha	Praha	CZ	50,087	14,339
279	Sídlíště Řepy	Praha	Praha	CZ	50,065	14,297
280	Siedlce	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,348	18,606
281	Siemianowice Plac Skargi	Konurbacja górnośląska	Siemianowice Śląskie	PL	50,298	19,028
282	Skvrňany	Plzeň	Plzeň	CZ	49,746	13,320
283	Slivenec	Praha	Praha	CZ	50,023	14,351
284	Smíchovské nádraží	Praha	Praha	CZ	50,062	14,409
285	Socha Jána Pavla II.	Košice	Košice	SK	48,679	21,268
286	Sörgyár	Budapest	Budapest	HU	47,491	19,146
287	Spojovací	Praha	Praha	CZ	50,092	14,500
288	Spořilov	Praha	Praha	CZ	50,050	14,483
289	Stadion Olimpijski	Wrocław	Wrocław	PL	51,116	17,089
290	Stadion Raków	Częstochowa	Częstochowa	PL	50,776	19,159
291	Staničné námestie	Košice	Košice	SK	48,722	21,267
292	Stará osada	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,203	16,642
293	Starołęka Mała	Poznań	Poznań	PL	52,376	16,941
294	Starołęka PKM	Poznań	Poznań	PL	52,368	16,932
295	Starý Hloubětín	Praha	Praha	CZ	50,104	14,531
296	Starý Lískovec, smyčka	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,172	16,554
297	Stn. Nové Mesto	Bratislava	Bratislava	SK	48,172	17,145
298	Stn. Vinohrady	Bratislava	Bratislava	SK	48,186	17,133
299	Stogi	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,362	18,717
300	Stogi Plaža	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,373	18,727
301	Stoki	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,782	19,532
302	Stomil	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,115	18,106
303	Stránská skála - smyčka	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,193	16,678
304	Stroszek Zajezdnia	Konurbacja górnośląska	Bytom	PL	50,398	18,871
305	Strzyża PKM	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,391	18,579
306	Světovar	Plzeň	Plzeň	CZ	49,727	13,412
307	Szeged pályaudvar	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,239	20,142

308	Szeged Plaza	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,266	20,127
309	Széll Kálmán tér	Budapest	Budapest	HU	47,508	19,023
310	Szent János Kórház	Budapest	Budapest	HU	47,509	19,009
311	Szépilona kocsisín (Zugligeti út)	Budapest	Budapest	HU	47,517	18,993
312	Szopienice Pętla	Konurbacja górnośląska	Katowice	PL	50,260	19,108
313	Špejchar	Praha	Praha	CZ	50,097	14,410
314	Štefánikova čtvrt	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,217	16,628
315	Švermova	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,169	16,575
316	Tarczyński Arena (Królewiecka)	Wrocław	Wrocław	PL	51,143	16,948
317	Tarchomin Kościelny	Warszawa	Warszawa	PL	52,341	20,950
318	Tarchomin Kościelny	Warszawa	Warszawa	PL	52,324	20,943
319	Tarján	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,276	20,165
320	Tarnogaj	Wrocław	Wrocław	PL	51,078	17,065
321	TAURON Arena Kraków Wieczysta	Kraków	Kraków	PL	50,072	19,985
322	TAURON Arena Kraków Wieczysta	Kraków	Kraków	PL	50,051	19,951
323	Technologický park	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,233	16,577
324	Telefoniczna Zajezdnia	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,782	19,508
325	Teofilów	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,802	19,367
326	Tiszai pályaudvar	Miskolc	Miskolc	HU	48,099	20,810
327	Towarowa (Obi)	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,782	20,512
328	Turkusowa	Szczecin	Szczecin	PL	53,379	14,644
329	Twardowska	Warszawa	Warszawa	PL	52,286	20,955
330	Tworzeń Huta Katowice	Konurbacja górnośląska	Dąbrowa Górnicza	PL	50,341	19,265
331	Tyršovy sady	Liberec, Jablonec nad Nisou	Jablonec nad Nisou	CZ	50,723	15,164
332	U Kapličky	Olomouc	Olomouc	CZ	49,574	17,248
333	Újbuda-központ	Budapest	Budapest	HU	47,474	19,047
334	Ujeścisko	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,331	18,574
335	Újpalota, Erdőkerülő utca	Budapest	Budapest	HU	47,540	19,145
336	Unii Lubelskiej	Poznań	Poznań	PL	52,372	16,949
337	Univerzita	Plzeň	Plzeň	CZ	49,726	13,347
338	Uniwersytet	Toruń	Toruń	PL	53,023	18,567
339	Uniwersytet Ekonomiczny (Zajezdnia GAJ)	Wrocław	Wrocław	PL	51,089	17,030
340	Uniwersytet-Prawocheńskiego	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,758	20,462
341	Ústřední dílny DP	Praha	Praha	CZ	50,074	14,532
342	Ústřední hřbitov - smyčka	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,164	16,598
343	Vadaspark	Szeged, Hódmezővásárhely	Szeged	HU	46,255	20,119
344	Városház tér	Budapest	Budapest	HU	47,425	19,040
345	Važecká	Košice	Košice	SK	48,676	21,301
346	Viadukt	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,765	15,042
347	Vozovna Kobylisy	Praha	Praha	CZ	50,133	14,454
348	Vozovna Pankrác	Praha	Praha	CZ	50,057	14,437
349	Vozovna Žižkov	Praha	Praha	CZ	50,091	14,476
350	Vratislavice nad Nisou, výhybna	Liberec, Jablonec nad Nisou	Liberec	CZ	50,741	15,102
351	Vstupný areál U.S.Steel	Košice	Košice	SK	48,624	21,194
352	Vypich	Praha	Praha	CZ	50,080	14,345
353	Vysočanská	Praha	Praha	CZ	50,112	14,503
354	Výstaviště	Praha	Praha	CZ	50,105	14,429
355	Výškovice	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,773	18,225
356	Walcownia	Kraków	Kraków	PL	50,091	20,085
357	Warszawska - Duży Skręt	Łódź a okolí	Pabianice	PL	51,665	19,393
358	Wczasy (Brzeźno plaża)	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,408	18,627
359	Węzeł Kliniczna	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,377	18,633

360	Widzew Augustów	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,758	19,553
361	Wieprzyce	Gorzów Wielkopolski	Gorzów Wielkopolski	PL	52,718	15,180
362	Wilczak	Poznań	Poznań	PL	52,428	16,946
363	Wilczak	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,130	17,956
364	Włókniarzy Legionów	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,769	19,429
365	Woronicza	Warszawa	Warszawa	PL	52,188	21,004
366	Wrocław Nowy Dwór (P+R)	Wrocław	Wrocław	PL	51,120	16,952
367	Wrocławski Park Przemysłowy	Wrocław	Wrocław	PL	51,113	16,993
368	Wschodnia (pętla)	Toruń	Toruń	PL	53,029	18,645
369	Wyścigi	Warszawa	Warszawa	PL	52,167	21,016
370	Wyścigowa (pętla)	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,127	18,080
371	Wysoka Brama	Olsztyn	Olsztyn	PL	53,777	20,479
372	Wyżyny	Bydgoszcz	Bydgoszcz	PL	53,107	18,036
373	Wzgórza Krzesławickie	Kraków	Kraków	PL	50,095	20,066
374	Zaborze Pętla	Konurbacja górnośląska	Zabrze	PL	50,296	18,828
375	Zábřeh	Ostrava a okolí	Ostrava	CZ	49,784	18,237
376	Zagórze Rondo Jana Pawła II	Konurbacja górnośląska	Sosnowiec	PL	50,285	19,178
377	Zahradní Město	Praha	Praha	CZ	50,061	14,507
378	Zaspa	Gdańsk	Gdańsk	PL	54,400	18,596
379	Zawady	Poznań	Poznań	PL	52,414	16,958
380	Zawodzie Centrum Przesiadkowe	Konurbacja górnośląska	Katowice	PL	50,261	19,064
381	Zdrowie	Łódź a okolí	Łódź	PL	51,765	19,406
382	Zemědělská	Brno, Modřice	Brno	CZ	49,210	16,618
383	Żerań FSO	Warszawa	Warszawa	PL	52,291	21,001
384	Żerań Wschodni	Warszawa	Warszawa	PL	52,311	21,011
385	Zlaté piesky	Bratislava	Bratislava	SK	48,190	17,184
386	Zoo	Wrocław	Wrocław	PL	51,106	17,080
387	Zvonařka	Praha	Praha	CZ	50,070	14,434

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024)

Tab. 13: Seznam všech trolejbusových vrcholových obřatířt v rámci Višegrádské skupiny k 31. 3. 2024

Číslo	Název vrcholového obřatířt	Síř MHD	Město (obec)	Stát	Zem. šířka	Zem. délka
1	Abramowice	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,197	22,587
2	Albert hypermarket	Opava	Opava	CZ	49,931	17,877
3	Anger	Teplice	Teplice	CZ	50,660	13,840
4	Antonínova	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,221	17,652
5	Arany János utca (Bajcsy-Zsilinszky út)	Budapest	Budapest	HU	47,504	19,055
6	Autobusová stanica	Bratislava	Bratislava	SK	48,147	17,126
7	Bartořova čtvřt	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,225	17,707
8	Barvičova	Brno, řlapanice	Brno	CZ	49,201	16,575
9	Borek, Točna	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	Borek	CZ	49,026	14,503
10	Borská pole	Plzeň	Plzeň	CZ	49,725	13,325
11	Bosch Pávov	Jihlava	Jihlava	CZ	49,442	15,617
12	Bořkov	Plzeň	Plzeň	CZ	49,731	13,421
13	Březinova konečná	Jihlava	Jihlava	CZ	49,403	15,603
14	Búdková	Bratislava	Bratislava	SK	48,153	17,092
15	Budovateřská	Prešov	Prešov	SK	48,976	21,245
16	CAN Husova	Plzeň	Plzeň	CZ	49,746	13,364
17	Centrum Rožnov	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	48,949	14,468
18	Cintorín Vrakuaňa	Bratislava	Bratislava	SK	48,144	17,191
19	Cisowa Sibeliusa	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,549	18,432
20	Csáktornya park	Budapest	Budapest	HU	47,537	19,106
21	Csertó utca	Budapest	Budapest	HU	47,513	19,147
22	Čechurov	Plzeň	Plzeň	CZ	49,709	13,415
23	Černého	Brno, řlapanice	Brno	CZ	49,214	16,523

24	Černice	Plzeň	Plzeň	CZ	49,695	13,419
25	Černická	Plzeň	Plzeň	CZ	49,739	13,381
26	Červený most	Bratislava	Bratislava	SK	48,172	17,073
27	Česká	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,198	16,606
28	České Vrbné	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	49,008	14,447
29	Čiližská	Bratislava	Bratislava	SK	48,145	17,212
30	Dąbrowa Miętowa	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,472	18,449
31	Dlhé diely	Bratislava	Bratislava	SK	48,158	17,044
32	Dobětice točna	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,675	14,059
33	Dopravní podnik	Jihlava	Jihlava	CZ	49,386	15,599
34	Doubravka	Plzeň	Plzeň	CZ	49,759	13,425
35	Dózsa György út	Budapest	Budapest	HU	47,525	19,065
36	DUBEŇ obchodné centrum	Žilina	Žilina	SK	49,211	18,751
37	Dubina, sever	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,047	15,812
38	Dúbrava	Prešov	Prešov	SK	49,025	21,232
39	Dukla, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,020	15,759
40	Dukla, vozovna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,027	15,757
41	Dworzec Gł. PKP	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,232	22,568
42	Erzsébet királyiné útja / Róna utca	Budapest	Budapest	HU	47,522	19,101
43	Erzsébet királyiné útja, aluljáró	Budapest	Budapest	HU	47,517	19,093
44	Felin	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,221	22,629
45	Fischer István utca (Zsálya utca)	Budapest	Budapest	HU	47,515	19,140
46	GLOBUS	Opava	Opava	CZ	49,928	17,939
47	Grabówek SKM	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,535	18,495
48	Grunt	Košice	Košice	SK	48,709	21,204
49	Hanácka	Bratislava	Bratislava	SK	48,168	17,163
50	Hlavná stanica	Bratislava	Bratislava	SK	48,158	17,106
51	Hlavní nádraží	Ostrava	Ostrava	CZ	49,851	18,268
52	Hlavní nádraží	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,192	16,613
53	Hlavní nádraží ČD	Jihlava	Jihlava	CZ	49,415	15,599
54	Horní Kosov	Jihlava	Jihlava	CZ	49,404	15,556
55	Hranečník	Ostrava	Ostrava	CZ	49,824	18,320
56	Hraničář	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,662	14,032
57	Hulváky	Ostrava	Ostrava	CZ	49,826	18,244
58	Chodźki - szpital	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,261	22,564
59	Choiny	Lublin, Niemce	Lublin, Niemce	PL	51,284	22,553
60	Chomutov, aut.nádr.	Chomutov, Jirkov	Chomutov	CZ	50,460	13,409
61	Chylonia Dworzec PKP	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,545	18,462
62	Internátna	Banská Bystrica	Banská Bystrica	SK	48,733	19,118
63	Jaktař	Opava	Opava	CZ	49,952	17,870
64	Jaseňová	Žilina	Žilina	SK	49,200	18,746
65	Jelačičova	Bratislava	Bratislava	SK	48,156	17,129
66	Jesničanky, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,015	15,772
67	Jirkov, aut.nádr.	Chomutov, Jirkov	Jirkov	CZ	50,498	13,450
68	Jirkov, Horník	Chomutov, Jirkov	Jirkov	CZ	50,501	13,439
69	Jírova	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,209	16,689
70	Jírovcova	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,188	16,534
71	Jižní Svahy Kocanda	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,242	17,675
72	Jižní Svahy Středová	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,237	17,674
73	Kamenný vrch	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,180	16,546
74	Karla IV	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,645	14,050
75	Karolina U Lávky	Ostrava	Ostrava	CZ	49,829	18,285
76	Karwiny Tesco	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,473	18,477
77	Kassai út	Debrecen	Debrecen	HU	47,553	21,649
78	Kateřinky	Opava	Opava	CZ	49,944	17,926
79	Keleti pályaudvar	Budapest	Budapest	HU	47,500	19,083
80	Keleti pályaudvar (Garay utca)	Budapest	Budapest	HU	47,502	19,082
81	Klinikák	Szeged	Szeged	HU	46,245	20,147
82	Klíše, lázně	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,666	14,015
83	Kőbányai út / Könyves Kálmán körút	Budapest	Budapest	HU	47,485	19,108
84	Koblov	Ostrava	Ostrava	CZ	49,874	18,284
85	Kohoutovice, hájenka	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,196	16,531

86	Koliba	Bratislava	Bratislava	SK	48,171	17,102
87	Komenského náměstí	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,196	16,603
88	Komín, sídliště	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,227	16,553
89	Konečného náměstí	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,205	16,595
90	Kossuth Lajos tér	Budapest	Budapest	HU	47,506	19,049
91	Köztetető, főkapu	Debrecen	Debrecen	HU	47,559	21,644
92	Královo Pole, nádraží	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,230	16,595
93	Kvačalova, DPMŽ	Žilina	Žilina	SK	49,222	18,718
94	KVP, Kláštor	Košice	Košice	SK	48,720	21,206
95	Kylešovice, Bílovecká	Opava	Opava	CZ	49,921	17,912
96	Lázně Bohdaneč, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Lázně Bohdaneč	CZ	50,080	15,674
97	Lesní čtvrť	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,220	17,692
98	Letňany	Praha	Praha	CZ	50,126	14,517
99	Lingov	Košice	Košice	SK	48,732	21,293
100	Lobzy	Plzeň	Plzeň	CZ	49,742	13,412
101	Lovinského	Bratislava	Bratislava	SK	48,163	17,081
102	Lugas utca	Szeged	Szeged	HU	46,267	20,171
103	Máj, Antonína Barcala	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	48,983	14,431
104	Makkosház	Szeged	Szeged	HU	46,277	20,147
105	Malenovice Centro	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,205	17,570
106	Mašovice-U Čechů	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,204	15,857
107	Masarykovo nám.	Jihlava	Jihlava	CZ	49,395	15,592
108	Matice slovenskej	Žilina	Žilina	SK	49,210	18,768
109	Městský hřbitov	Opava	Opava	CZ	49,928	17,885
110	Mexikói út	Budapest	Budapest	HU	47,520	19,090
111	Michálkovice	Ostrava	Ostrava	CZ	49,842	18,345
112	Mírová	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,684	14,034
113	Mliekarenská	Bratislava	Bratislava	SK	48,154	17,145
114	Mojžíř	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,679	14,123
115	Motorpal hala	Jihlava	Jihlava	CZ	49,415	15,562
116	Na Dlouhých	Plzeň	Plzeň	CZ	49,754	13,423
117	Na dolech	Jihlava	Jihlava	CZ	49,410	15,568
118	Na Sklípku	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,667	14,084
119	Nádraží Veleslavín	Praha	Praha	CZ	50,095	14,347
120	Náměstí Republiky	Ostrava	Ostrava	CZ	49,832	18,278
121	Námestie osloboditeľov	Košice	Košice	SK	48,718	21,262
122	Nár. onkol. ústav	Bratislava	Bratislava	SK	48,172	17,091
123	Nemanice	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	49,010	14,491
124	Nemocnice Bohunice	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,176	16,568
125	Nižná Šebastová	Prešov	Prešov	SK	49,025	21,287
126	Nová Hospoda	Plzeň	Plzeň	CZ	49,731	13,313
127	Nová Ves	Teplice	Teplice	CZ	50,619	13,828
128	Novolíšeňská	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,202	16,672
129	Nový Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,177	15,855
130	NÚSCH	Bratislava	Bratislava	SK	48,170	17,087
131	Obchodní centrum Čakovice	Praha	Praha	CZ	50,150	14,506
132	Ohrazenice, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,062	15,750
133	Orczy tér	Budapest	Budapest	HU	47,489	19,091
134	Orłowo SKM - "Klif"	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,476	18,553
135	Őrs vezér tere	Budapest	Budapest	HU	47,504	19,137
136	Os. Poręba	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,221	22,502
137	Osová	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,169	16,566
138	Otrokovice žel. stan.	Zlín, Otrokovice	Otrokovice	CZ	49,202	17,532
139	Otrokovice, náměstí	Zlín, Otrokovice	Otrokovice	CZ	49,211	17,532
140	Panorama	Teplice	Teplice	CZ	50,642	13,854
141	Panská pole	Mariánské Lázně, Velká Hleďsebe	Mariánské Lázně	CZ	49,961	12,694
142	Papírenská - točna	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	48,957	14,462
143	Paprocany Pięta	Tychy	Tychy	PL	50,094	18,994
144	Pardubičky, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,025	15,794
145	Petrohrad	Plzeň	Plzeň	CZ	49,740	13,396
146	Písečná	Chomutov, Jirkov	Chomutov	CZ	50,489	13,445

147	Plačice	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,193	15,777
148	Pod Strání	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,186	15,846
149	Pod Šalgovíkom	Prešov	Prešov	SK	48,994	21,278
150	Pod Vyhlídkou	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,670	14,098
151	Podhoří	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,215	17,630
152	Polabiny, Sluneční	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,049	15,752
153	Poliklinika	Chomutov, Jirkov	Chomutov	CZ	50,453	13,405
154	Pražská	Teplice	Teplice	CZ	50,639	13,837
155	Preslova	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,200	16,570
156	Prokopa Velkého	Bratislava	Bratislava	SK	48,163	17,089
157	Prosecká	Praha	Praha	CZ	50,118	14,498
158	Prosetice	Teplice	Teplice	CZ	50,631	13,848
159	Překladiště Pávov	Jihlava	Jihlava	CZ	49,441	15,610
160	Přiluky	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,221	17,715
161	Puskás Ferenc Stadion	Budapest	Budapest	HU	47,500	19,103
162	Pustki Cisowskie	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,539	18,434
163	Racławicka	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,473	18,514
164	Rádiová	Bratislava	Bratislava	SK	48,174	17,166
165	Rajská	Bratislava	Bratislava	SK	48,146	17,116
166	Riviéra	Bratislava	Bratislava	SK	48,148	17,064
167	Rooseveltova nemocnica	Banská Bystrica	Banská Bystrica	SK	48,745	19,116
168	Rožnov, točna	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	48,943	14,467
169	Rybitví, UMA točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Rybitví, Lázně Bohdaneč	CZ	50,066	15,709
170	Řetenice, Tolstého	Teplice	Teplice	CZ	50,642	13,793
171	Řetenice, V Břízkách	Teplice	Teplice	CZ	50,638	13,796
172	Segner tér	Debrecen	Debrecen	HU	47,528	21,614
173	Semtín, hlavní brána	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,061	15,728
174	Severní Terasa	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,680	14,025
175	Sibírska	Prešov	Prešov	SK	49,001	21,273
176	Sídlíště Bory	Plzeň	Plzeň	CZ	49,720	13,375
177	Skalka	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,679	14,103
178	Slatina, sídlíště	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,182	16,690
179	Slezské Předměstí, Cihelna	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,221	15,865
180	Slovany	Plzeň	Plzeň	CZ	49,725	13,400
181	Slovany, točna	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,031	15,810
182	Solivar	Prešov	Prešov	SK	48,978	21,277
183	Sopot Reja	Gdynia, Sopot	Sopot	PL	54,431	18,562
184	Sportovní hala	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,220	17,659
185	Srbská	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,229	16,586
186	Stará osada	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,202	16,642
187	Staré Předlice	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,658	13,988
188	Stocznia Gdynia	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,532	18,517
189	Stodolova	Žilina	Žilina	SK	49,216	18,708
190	Suché Vrbné	České Budějovice, Hrdějovice, Borek	České Budějovice	CZ	48,971	14,503
191	Šanov I lázně	Teplice	Teplice	CZ	50,644	13,842
192	Širpo	Prešov	Prešov	SK	49,025	21,267
193	Šlapanice, Kalvodova	Brno, Šlapanice	Šlapanice	CZ	49,166	16,728
194	Štefánikova čtvrt	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,218	16,629
195	Šulekova	Bratislava	Bratislava	SK	48,149	17,098
196	Tarján Víztorony tér	Szeged	Szeged	HU	46,270	20,164
197	Terminál 3	Praha	Praha	CZ	50,099	14,288
198	Terminál HD	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ	50,217	15,813
199	Terminál Hlavní nádraží	Plzeň	Plzeň	CZ	49,745	13,391
200	TESCO hypermarket	Banská Bystrica	Banská Bystrica	SK	48,714	19,137
201	Trmice, Globus	Ústí nad Labem, Trmice	Trmice	CZ	50,650	14,004
202	Třešňovka	Teplice	Teplice	CZ	50,626	13,827
203	Tychy Dworzec PKP	Tychy	Tychy	PL	50,136	18,965
204	Tychy Sikorskiego Wiadukt	Tychy	Tychy	PL	50,087	19,006
205	Tyršův most	Plzeň	Plzeň	CZ	49,719	13,381
206	Újszeged Gyermekórház	Szeged	Szeged	HU	46,243	20,161
207	Ústřední hřbitov	Plzeň	Plzeň	CZ	49,746	13,435

208	Úšovice, Antoníčkův pramen	Mariánské Lázně, Velká Hleďsebe	Mariánské Lázně	CZ	49,951	12,716
209	Velká Hradební	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,662	14,044
210	Vértói út	Szeged	Szeged	HU	46,275	20,141
211	Vodní	Chomutov, Jirkov	Chomutov	CZ	50,458	13,423
212	Vršava	Zlín, Otrokovice	Zlín	CZ	49,242	17,689
213	Všebořice	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,690	13,993
214	Vychodilova	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,221	16,571
215	Węglin	Lublin, Niemce	Lublin	PL	51,230	22,481
216	Węzeł Franciszki Cegielskiej	Gdynia, Sopot	Gdynia	PL	54,509	18,534
217	Zadní Bedřichov	Jihlava	Jihlava	CZ	49,435	15,601
218	Zámeček	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,026	15,805
219	Zátiší	Plzeň	Plzeň	CZ	49,737	13,331
220	Zenklova	Praha	Praha	CZ	50,111	14,473
221	Zimný štadión	Bratislava	Bratislava	SK	48,159	17,136
222	ZOO	Ostrava	Ostrava	CZ	49,844	18,319
223	Zoologická zahrada	Brno, Šlapanice	Brno	CZ	49,228	16,531
224	Zugló vasútállomás	Budapest	Budapest	HU	47,511	19,098
225	Železářny	Chomutov, Jirkov	Chomutov	CZ	50,449	13,407
226	Železničná stanica	Banská Bystrica	Banská Bystrica	SK	48,736	19,165
227	Žezická	Ústí nad Labem, Trmice	Ústí nad Labem	CZ	50,673	14,073
228	Židov	Pardubice, Rybitví, Lázně Bohdaneč	Pardubice	CZ	50,041	15,800

Zdroj: vlastní zpracování prostorových dat z OSM (2024)

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie



Mgr. Martin BÁRTA

**Komparace efektivity městské hromadné dopravy ve
vybraných městech Visegrádské skupiny**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Olomouc 2024



Komparace efektivity městské hromadné dopravy ve vybraných městech Visegrádské skupiny

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Studijní program: Regionální geografie

Školitel: prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.

Mgr. Martin Bárta

Comparison of efficiency of public transport in selected cities of
the Visegrad Group

Ph.D. THESES SUMMARY

Study programme: Regional Geography

Supervisor: prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.

Department of Geography

Faculty of Science, Palacký University Olomouc

Olomouc 2024

Disertační práce byla vypracována v prezenční formě doktorského studia na Katedře geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

The dissertation was compiled within Ph.D. study at the Department of Geography, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Czechia.

Uchazeč/Candidate:

Mgr. Martin Bárta

martin.barta01@upol.cz,
martinbarta211@gmail.com

Školitel/Supervisor:

prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.

Katedra geografie

Přírodovědecká fakulta

17. listopadu 12

779 00 Olomouc

marian.halas@upol.cz

Obhajoba disertační práce se koná před komisí pro obhajoby disertační práce doktorského studia v studijním programu Regionální geografie v prostorách Katedry geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 779 00 Olomouc.

The defence of the dissertation will be held at the commission of the dissertation thesis of the Ph.D. degree in the doctoral study program in Regional Geography at the Department of Geography, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 779 00 Olomouc.

S disertační prací je možné se seznámit na studijním oddělení Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 779 00 Olomouc.

The dissertation thesis is available at the Study Department of the Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 12, 779 00 Olomouc.

Obsah

Abstract.....	5
1. Úvod.....	6
2. Teoretická východiska	9
2.1. Subsystemy městské hromadné dopravy.....	11
2.2. Metody komparace efektivity MHD.....	12
2.2.1. Prostorovo-časové metody	13
2.2.2. Ekonomicko-environmentální metody	13
2.2.3. Provozní metody	14
3. Dostupnost a kvalita veřejných datových zdrojů	14
4. Vlastní metodika evaluace efektivity MHD systémů	15
5. Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD	18
5.1. Metodika	18
5.2. Analýza distribuce sítí.....	20
5.3. Typologie sítí.....	22
6. Charakteristiky vozového parku elektrické MHD.....	24
7. Příkladová studie I: Konektivita centrálních zastávek (Brno, Bratislava, Košice, Ostrava, Plzeň).....	25
7.1. Metodika	25
7.2. Výsledky	26
8. Příkladová studie II: Prostorovo-časová efektivita MHD (Miskolc, Pécs, Szeged)	28
8.1. Metodika	28
8.2. Výsledky	29
9. Příkladová studie III: Multikriteriální analýza a Index důležitosti zastávky (Krakov).....	30
9.1. Metodika	30

9.2.	Výsledky	33
10.	Příkladová studie IV: Syntetická efektivita MHD (Poznaň a okolí)	34
10.1.	Metodika	34
10.2.	Výsledky	34
11.	Příkladová studie V: Efektivita dopravní dostupnosti (Liberec, Zlín) ..	35
11.1.	Metodika	35
11.2.	Výsledky	36
12.	Diskuze	37
13.	Závěr	39
Průběh studia		42
Seznam splněných předmětů.....		42
Příspěvky na konferencích.....		43
Zahraniční mobility		44
Publikační činnost.....		45
Výuková činnost.....		45
Odvedené a oponované kvalifikační práce.....		46
Seznam použitých zdrojů		47
Literární.....		47
Datové a ostatní typy zdrojů		61

Abstract

The dissertation addresses the measurement of public transport efficiency. Its goal is to create a system of applicable evaluation methods for any city's transport structures, enabling the identification of key strengths and weaknesses for potential optimization of existing transport systems. The efficiency of public transport systems is assessed using spatial, temporal, economic, environmental, and operational methods.

To facilitate diverse comparisons and encompass the broadest spectrum of cities, the practical part of the dissertation is divided into 2 broadly understood analytical studies and 5 more specific case studies. The spatial distribution and typology of electric rail public transport networks provide a comprehensive analysis of all 75 cities and 47 other LAU municipalities in the Visegrad Group with at least minimal coverage of metro, tram, trolleybus, funicular, rack railway, and partial segments of trolleybus and tram infrastructure. In the analytical study of the electric vehicle fleet, we compared 146 cities with at least one operated electric transport mode.

The comparison of connectivity between central, busiest stops and key turnaround points offers a simplified view of the degree of effective connection between the city center and its peripheral parts. The system of eight relative indicators includes aspects of frequency, density, capacity, availability, connectivity, and speed of public transport. Conversely, the method with the results of multi-criteria analysis and the Stop Importance Index can be understood as an accurate analysis of the scale of availability. From the operational characteristics of the Poznań transport company, extended by spatial and population data, a multidisciplinary system of six relative indicators was compiled. The most detailed data, both within cities and for intercity comparison, was provided by the final spatial analysis of four forms of availability in Zlín and Liberec. All case studies are designed quantitatively with an emphasis on maximum transferability to any city. The result is a diverse mix of applicable absolute and relative indicators.

1. Úvod

Charakter města spolu s různorodým prostorovým rozložením jeho jednotlivých funkcí vede k přirozené potřebě mobility obyvatelstva. V závislosti na rozloze, kompaktnosti intravilánu a samozřejmě velikosti a struktury populace pak přichází na řadu otázka efektivního využívání dopravních módů. Vedle individuální mobility představuje systém městské hromadné dopravy (dále jen MHD) funkční alternativu zejména s rostoucí velikostí města a vzdálenostmi. MHD hraje zásadní roli v usnadňování mobility obyvatelstva v hustě zalidněných městských oblastech. Vyznačuje se poskytováním spolehlivých, efektivních a cenově dostupných přepravních služeb. MHD obvykle zahrnuje různé druhy dopravních prostředků, nejčastěji autobusy, tramvaje, metro a trolejbusy, které bývají integrovány do sítě linek a zastávek tak, aby co nejlépe pokryly potřeby obyvatel v různých částech města. Jedním z klíčových faktorů, který činí systémy MHD nezbytnými v městském prostředí, je jejich schopnost minimalizovat individuální automobilovou dopravu. Snižují se tak kongesce (dopravní zácpy), a naopak zvyšuje průchodnost a plynulost dopravy, což má přímý pozitivní dopad na životní prostředí a kvalitu života obyvatelstva.

Území Visegrádské skupiny se skládá ze 4 států: Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Dohromady tyto státy tvoří východní část střední Evropy. Geografické vymezení střední Evropy chápeme v souladu s většinou přijímanou definicí, která zahrnuje Visegrádskou skupinu a 5 alpských států (Lichtenštejnsko, Německo, Rakousko, Slovinsko, Švýcarsko). Z dopravního hlediska panují mezi těmito státy značné rozdíly. Je to způsobené zejména složitým historickým vývojem, kdy byla nejprve většina států do roku 1918 zcela nesamostatná nebo fungovala v jiných hranicích. S výjimkou rozděleného Německa až do sjednocení v roce 1990 si nekomplikovanějším vývojem prošlo Polsko, které získalo současnou podobu teprve od konce 2. světové války. Ostatní členy Visegrádské skupiny pojí společná minulost v různých rolích v nadřazeném státním útvaru Rakouska-Uherska. Z období 2. poloviny 19. století ostatně pochází začátek masivního rozvoje MHD nejprve formou parního a koňského pohonu, posléze se začala rozšiřovat elektrifikace. Pokud se podíváme podrobněji na historický vývoj rozšíření třech v současnosti nejčastějších elektrických dopravních prostředků ve městech (metro, tramvaje,

trolejbusy), tak za vůbec nejstarší nepřetržitě provozovanou síť ve střední Evropě možno považovat tramvajový provoz ve švýcarské Ženevě z roku 1862. Tento dnes částečně mezinárodní provoz mezi Švýcarskem a Francií využívá elektrický pohon od roku 1894. Další sítě tramvají byly postupně zprovožňované v největších městech (1865 v Berlíně a Vídni, 1866 v Budapešti, 1868 ve Stuttgartu). V rámci Visegrádské skupiny se jako první spustil tramvajový provoz v Brně roku 1869. Následoval Gdaňsk v roce 1873 a Praha v roce 1875. Do roku 1880 se tramvajový provoz rozšířil i do polské Vratislavi a Štětínu. První elektrické tramvaje se datují k roku 1884 v německém Frankfurtu nad Mohanem. Ze zemí Visegrádu se nejdříve elektrifikoval systém v Budapešti roku 1887, následován Prahou v roce 1891 a Vratislaví roku 1894. Počátky metra sahají ve střední Evropě do roku 1896, kdy byl v Budapešti zahájen první provoz metra v celé kontinentální Evropě. Ostatní 2 sítě metra Visegrádu byly vybudovány až ve 2. polovině 20. století (1974 Praha, 1995 Varšava).

Švýcarsko je kromě nejstarší tramvaje známé rovněž zaváděním prvních trolejbusových provozů. Na území střední Evropy hned 5 nejstarších trolejbusových dosud udržovaných sítí pochází ze Švýcarska (1932 Lausanne, 1938 Winterthur, 1939 Zürich, 1940 Bern, 1940 Biel). Hlavní rozmach trolejbusové dopravy nastal během 40. let, kdy se zprovožňovaly první sítě i na tehdejších území Protektorátu Čech a Moravy (1941 Plzeň, 1944 Zlín) a Slovenska (1941 Bratislava). Podle Stepanova (2019) dosáhly trolejbusové systémy celosvětově maximálního počtu v roce 1949 (366). O 70 let později je stav na 286 provezech. V poválečném období rozdělení zemí do východního, nebo západního bloku, se spolu s celou ekonomikou rozvojově směřování také městské dopravy. Hlavní rozdíl spočíval v centralizovaném vs decentralizovaném plánování a rozvoji MHD. V zemích východního bloku byly provozování MHD řízeny státem, přičemž jednou z priorit bylo rozšiřování tramvajové a trolejbusové dopravy. Modernizace vozového parku ovšem probíhala z ekonomických důvodů ve srovnání s městy v západním bloku pomaleji. V západním Německu, Rakousku a Švýcarsku se ve stejném období začaly budovat nové dopravní kombinace prostředků, zejména pak rozsáhlé kolejové systémy lehkého metra. Oba modely řízení významně zasáhly velké ropné krize během 70. let, které ještě urychlili proces elektrifikace. Po rozpadu východního bloku vývoj v obou částech střední Evropy postupně

konverguje. Stále jsou částečně patrné odlišné přístupy a preference v dopravních módech. Od vstupu většiny států střední Evropy do Evropské unie (všech v rámci Visegrádské skupiny) se největší vliv na využití konkrétních dopravních prostředků a průběžnou modernizaci vozového parku přesunul na úroveň municipalit s možností čerpání finanční podpory z fondů EU. V současnosti dochází k velmi pozvolnému budování nových tratí a zkvalitňování těch stávajících. V závislosti na velikosti a finančních možnostech měst se vedle tramvají a metra nejrychleji rozvíjí elektrobuses a hybridní elektrobuses jako alternativa pro klasické autobusy. Z pohledu celkové dostupnosti má největší význam trend integrace jednotlivých městských systémů do širších regionálních struktur, což vede k zjednodušení tarifů, zlepšení návaznosti a postupnému splývání městské a regionální veřejné dopravy.

Hlavním cílem naší práce je vytvoření systému aplikovatelných evaluačních metod pro libovolné dopravní struktury města, které umožní definovat hlavní přednosti a nedostatky pro případnou optimalizaci stávajících dopravních systémů. Systém bude založen na kvantitativních metodách ukazatelů, vycházejících pokud možno z veřejných zdrojů. Jsme si vědomi značné heterogenity měst v zájmovém území států Visegrádské skupiny, která ztěžuje možnost komplexní komparace se smysluplnými výsledky. Proto systém našeho hodnocení efektivity MHD aplikujeme formou příkladových studií na města, která nejlépe odpovídají charakteru vybraných metod. Za dílčí cíle považujeme analýzy a komparace široké selekce měst pomocí přenositelných absolutních a relativních ukazatelů. Vedlejším cílem je také poskytnout kompletní databázi výsledků, které se týkají úplného pokrytí zkoumané charakteristiky na území Visegrádské skupiny.

V úvodní části jsme stručně shrnuli hlavní milníky ve vývoji MHD na území Visegrádské skupiny spolu s ostatními státy střední Evropy. Teoretickou část práce rozdělujeme do subkapitol na představení podstaty MHD a její role v mobilitě populace, dále na subsystemy městské hromadné dopravy a metody komparace efektivity MHD. Účelem je nastínit rozdělení a efektivitu všech významných prostředků MHD. V metodách efektivity se zaměřujeme na rešerši převážně kvantitativních studií. Důraz klademe na prostorovo-časové metody, které se prolínají napříč odvětvími a často staví na GIS analýzách a mapových znázorněních.

Zajímají nás rozdíly v přístupech odborných studií na základě využití veřejných vs. neveřejných zdrojů dat. Metodická část má dvojí podobu. V obecnější podobě se snažíme shrnout dostupnost a kvalitu bezplatných dat využitelných mj. k našemu hodnocení efektivity MHD. Konkrétnější pracovní postup vysvětlujeme nejprve souhrnně v kapitole o vlastní metodice a pak zvlášť v každé analytické a příkladové studii. Praktická část je složena ze 2 analytických a 5 příkladových studií. Kapitola 8 s příkladovou studií komparace maďarských měst vychází v upravené podobě z metodiky a výsledků autorova prvoautorského odborného článku „GIS Based Methodology to Analyse the Public Transport Supply – Hungarian Case Studies“ (Bárta, 2022). Podobně také kapitola 9 s příkladovou studií multikriteriální analýzy dostupnosti MHD v Krakově vychází v upravené podobě z metodiky a výsledků autorova prvoautorského odborného článku „Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Cracow“ (Bárta & Masopust, 2020). V závěrečné části diskutujeme o možných přednostech a nedostatcích zvolených metodik a finálního zpracování pro každou analytickou a příkladovou studii. V práci se vyskytuje mnoho tabulek a obrázků. Ve všech případech se jedná o vlastní zpracování většinou z veřejných zdrojů dat. Konkrétní zdroje, ze kterých čerpáme jak pro zpracování datových výstupů, tak pro samotnou aplikaci vlastních metod, uvádíme v metodických subkapitolách praktické části.

Do příloh řadíme zpracování komplexní databáze všech typů elektrických drážních sítí MHD, kompletní struktury elektrického vozového parku MHD a seznamy všech vrcholových obratišť elektrické drážní MHD podle dopravních módů s vybranými charakteristikami. Celkem se jedná o 13 tabulek.

2. Teoretická východiska

Habarda (1988) charakterizuje typické znaky MHD jako dopravní a přepravní nerovnoměrnosti, kyvadlový charakter provozu, krátké vzdálenosti mezi zastávkami, citlivost na poruchy a nepravidelnosti, jednotnost dopravního systému a tarifů. Rozsah a způsob využívání MHD se kromě jiného liší v závislosti na demografických a ekonomických faktorech, urbanistickému profilu města a dostupných technologiích.

Trendy v celkovém přírůstku a demografickém složení (např. stárnutí populace) se spolu s úrovní příjmů a mírou nezaměstnanosti významně podílí na celkovém charakteru nabízených i poptávaných dopravních služeb. Vyšší příjmy vedou často k růstu preferencí osobní dopravy. Způsob prostorového rozložení rezidenčních, komerčních, průmyslových a ostatních funkcí včetně samotného faktoru velikosti populace určuje nezbytný rozsah dopravní infrastruktury a kapacity vozidel. Vyšší míra využívání veřejné dopravy se obvykle projevuje ve městech s kombinací větší populace, a zároveň disperzí jednotlivých míst aktivit. Rozvoj v dopravních technologiích, jako moderní energeticky a emisně nenáročná vozidla nebo automatizované informační systémy, mění způsob, jakým lidé cestují a jak jsou dopravní systémy organizovány.

Jak popisují Nuhn & Hesse (2006) rozvoj městské mobility se odvíjí od dostupnosti dopravních prostředků, vybavenosti území dopravní infrastrukturou nebo přepravních nákladů. Zároveň je ovlivněn ekonomickými, technickými a sociálními podmínkami. Do nich řadíme např. rozvoj obyvatelstva, pracovních míst a celkovou hospodářskou výkonnost. Kromě toho sem náleží kvalitativní změny, které je třeba vnímat v kontextu sociálního vývoje. Mohou být důsledkem změněného způsobu života a nových podnikatelských strategií. Z tradičních postojů a vzorců chování se pozvolna formují nové přístupy k využívání technologií. Tyto podmínky dohromady určují prostorový a časový výskyt mobility. Rodrigue (2024) pracuje s faktory, které stojí za vznikem, využitím konkrétního druhu dopravy, průběhem a cílem městské mobility. Mobilita v rámci města se obvykle uskutečňuje za určitým účelem, jako je zaměstnání, volný čas nebo přístup ke zboží a službám. Prostorový charakter aktivity jednotlivce je důležitým faktorem generování cest, protože udává, jakou cestu je třeba vykonat. Časové rozdíly v počtu cest podle účelu jsou pozorovány na denní a týdenní bázi, přičemž nejčastějším modelem je dojíždění do zaměstnání. Pro cestu je možné použít různé dopravní módy. Konkrétní volba závisí na faktorech, jako jsou náklady, technologie, dostupnost, preference, rychlost, vzdálenost a příjem. Varianty pěší chůze, jízdy na kole, veřejné dopravy, automobilu aj. jsou tedy využívány buď jako volba, nebo jako omezení (nedostatek volby). Pro místa vzdálená přibližně do pěti minut chůze můžeme díky jejich optimální dostupnosti vyčlenit zvláštní kategorii městské mobility.

V rámci průběhu mobility se jedná o trasy, které jsou použity pro spojení výchozího a cílového místa. Samotný cíl cesty závisí na prostorovém rozložení ekonomických aktivit. Každá ekonomická činnost bývá spojena s určitou úrovní přitažlivosti cesty. Odvětví služeb maloobchodu, veřejné správy, zábavy a stravování přitahují v průměru nejvíce cest na jednu zaměstnanou osobu. Madziel (2016) rozděluje účely cest na rekreační, existenciální, pracovní a ostatní. Potřeby mobility za pracovními účely se vyznačují velkou stabilitou prostorového rozložení, koncentrací v čase, a zároveň největší pravidelností a četností. Ostatní účely cest jsou spojeny s menší pravidelností, menší intenzitou a velkou prostorovou diferenciací.

Oblast působení MHD v rámci měst lze chápat z administrativního (celkový prostor administrativně vymezeného města) a funkčního (urbanizovaný prostor) pohledu. Z častého nesouladu mezi administrativními a fyzickými (funkčními) hranicemi města vychází funkční vymezení měst na „overbounded“ a „underbounded“. Termín "overbounded city" označuje město s větší rozlohou, než je jeho skutečná zastavěná plocha. Obvykle to znamená, že město zahrnuje kromě urbanizovaného prostoru také venkovské oblasti, zemědělskou půdu, lesy a jiné nevyužité či přírodně chráněné oblasti. Opačným termínem je „underbounded city“ označující významnou část městské populace a infrastruktury nacházející se mimo administrativní hranice města, často ve venkovských nebo příměstských oblastech.

2.1. Subsystémy městské hromadné dopravy

Vymezení MHD se může lišit v technických parametrech využívaných prostředků, míře integrace či cizojazyčné terminologii. Pokud se zaměříme na obecnější společné prvky, které se vyskytují napříč odbornou literaturou, nejčastěji se MHD rozděluje na autobusové, trolejbusové, drážní (tramvajové, rychlodrážní, lanové), vodní a ostatní nekonvenční subsystémy. Celosvětově získává dominantní postavení elektrický pohon dopravních prostředků, můžeme tedy mluvit převážně o elektrické MHD. Autobusy jsou mj. díky flexibilitě nasazení a relativně nízkým vstupním nákladům jednoznačně nejrozšířenější formou MHD. Jako účelné a rentabilní se v českých a slovenských podmínkách podle Habardy (1988) považuje zřizovat MHD (resp. MAD – městskou autobusovou dopravu) ve městech s alespoň 20 tisíci obyvateli. Vedle

samostatných provozů bývají mnohá města součástí rozsáhlých integrovaných dopravních systémů, kde více méně splývá hranice mezi městskou a regionální hromadnou dopravou. V oblastech s preferencí nižší hlučnosti a vyšší čistoty ovzduší se místo starších dieselových autobusů zavádí elektrobusy nebo trolejbusy. Trolejbusy jsou na rozdíl od elektrobusů vázané na trakční vedení a nemusejí spoléhat na akumulátor nebo dieselaagregát. Na pomezí autobusů a trolejbusů se pak nachází parciální (též hybridní) trolejbusy s bateriemi sloužícími pro úseky bez trakčního vedení.

Samotné vymezení jednotlivých subsystémů MHD ovšem plně nevysvětluje jejich aktuální distribuci a reálnou efektivitu využití. Týká se to výhradně trolejbusů, tramvají, metra a rychlodráhy. Autobusová doprava je mezinárodně rozšířená ve všech kategoriích měst, naopak výskyt vodní dopravy zcela determinují lokální přírodní podmínky. Lanové dráhy mají mj. díky vysoké kapacitě, spojení jinak nedostupných míst, nezávislosti na kongescích a environmentální šetrnosti potenciál pro rozšiřování a zkvalitňování stávajících dopravních systémů (Hoffmann, 2006; Težak et al., 2016). Dosud se ale uplatňují pouze jako doplňky pro ostatní rozsáhlejší dopravní módy. U nekonvenčních subsystémů pak záleží na konkrétním prostředku, od univerzálního zapojení pohyblivých schodů až po ojedinělé případy drah na magnetickém polštáři. Speciální příklad jednokolejnicové visuté dráhy představuje systém Eugena Langena v německém Wuppertalu, v němčině známého pod termínem Schwebbahn. Podle Kuczyka et al. (2021) svou délkou 13,3 km a více než 65 000 cestujícími v průměru za den patří mezi svého druhu nejvýznamnější na světě.

2.2. Metody komparace efektivity MHD

K analýzám efektivity veřejné dopravy ve vybraném městě lze přistupovat z mnoha různých perspektiv. Obvykle se jedná o syntézu nových relativních ukazatelů, kombinaci již osvědčených parametrů nebo kvalitativní přístup, například skrze práci s respondenty či nečíslné charakteristiky. Ve všech případech jde o více či méně subjektivní selekci, která specifickým charakterem zkoumaného území nemá ambici postihnout všechny faktory ovlivňující fungování systému. Rovněž důležitý je účel studie, který určuje, zda bude spíše teoretická nebo

praktická. Typickými příklady výzkumných metod jsou kvantitativní versus kvalitativní studie, metodologie založené na tvrdých nebo měkkých datech, komparativní versus případové studie a další. Obecně kvalitativní metody souvisí nejčastěji s výzkumem lidského faktoru, percepce a spíše subjektivním přístupem, který ztěžuje možnosti meziměstské komparace. Kvantitativní metody hodnocení kladou důraz mj. na demografické, ekonomické, environmentální, prostorové a časové faktory vyjádřitelné číselnou formou. Jednotlivé faktory se samozřejmě mohou prolínat a pro praktické účely splývají v provozní charakteristiky.

2.2.1. Prostorovo-časové metody

Pro vnitroměstskou či meziměstskou komparaci a mapovou vizualizaci rozdílů jsou nevhodnějšími nástroji prostorovo-časové metody. Ty zahrnují nejen distribuci vybrané charakteristiky v prostoru a čase, ale také propojení s ostatními relevantními faktory. Skládají se z jednotlivých prostorových a časových aspektů dopravní infrastruktury souvisejících s široce chápanou dostupností vybrané oblasti. Mezi ty prostorové patří mj. propojenost zastávek pomocí sítě linek (konektivita), hustota dopravní sítě vzhledem k rozloze a počtu obyvatel, frekvence spojů, kapacita vozového parku a cestní dostupnost zastávek od místa původu nebo cíle cestujících. Pod časovými aspekty si můžeme představit např. technickou a cestovní rychlost vozidel, rozložení spojů během dne (sedla, špičky), periodicitu spojů během dnů v týdnu (rozdíly mezi pracovními dny, sobotami, nedělemi a svátky) či časovou dostupnost. Konkrétní metody se pak vážou ke způsobům vyhodnocení vybraných aspektů.

2.2.2. Ekonomicko-environmentální metody

Studie pracující s ekonomickými a environmentálními metodami se často sdružují do komplexního hodnocení udržitelnosti veřejné dopravy. To v sobě zahrnuje ještě kategorii vybraných sociálních indikátorů. Dohromady se tak jedná o 3 dimenze udržitelného rozvoje (ekonomická, sociální a environmentální). Na rozdíl od čistě prostorové efektivity bývá důraz kladen na co nejpodrobnější rozdělení praktických ukazatelů. Větší interdisciplinární komplexita s sebou nicméně přináší datové omezení pro velikost zkoumaného území a ztíženou schopnost pravidelné aktualizace. Proto se v takovém případě spoléhá výhradně na rozsáhlé mezinárodní databáze, které poskytují systematická data o významných

světových městech. Řadu takových databází vydává Mezinárodní asociace pro veřejnou dopravu (UITP = International Association for Public Transport), dostupné z Data-UITP (2024) a CityTransit Data (2024). Jiným příkladem databáze jsou Evropské metropolitní dopravní úřady (EMTA = The European Metropolitan Transport Authorities), dostupné z EMTA (2024).

2.2.3. Provozní metody

V každodenním provozu městských dopravních podniků se hodnotí konkrétní prvky dopravních služeb, které mají přímý vliv na pokles či nárůst cestujících a udržení vyrovnaného rozpočtu. Obecně se provozní metody používají pro podrobnou analýzu stávajícího stavu, zjišťování dlouhodobého trendu a samozřejmě strategické řízení dopravního podniku. Komparace mezi více podniky (městy) je možná jen na základní úrovni. Většina ukazatelů není kvůli přílišné specifčnosti přenositelná. Jak shrnuje Drdla (2006), celková úroveň kvality dopravního systému se odvíjí od pěti hlavních parametrů. Patří sem dopravní infrastruktura (např. hustota a kvalita sítě), dopravní prostředky (např. technický stav vozového parku), technologie přepravního procesu (např. typy provozovaných linek, návaznost dopravních módů, způsob odbavení cestujících), technologie informační (dostupnost a kvalita informací pro všechny účastníky dopravy) a interakce dopravního systému s okolím (např. charakter obsluhovaného území, ekologická zátěž, vliv dopravy na rozvoj území, ad.).

3. Dostupnost a kvalita veřejných datových zdrojů

Pokud chceme efektivně pracovat s veřejnými dopravními daty obsahujícími detailní jízdní řády, prostorový průběh linek a souřadnice zastávek jako nejlepší varianta se přirozeně jeví GTFS. Tento kompatibilní formát ovšem není zcela univerzálně zpracováván pro všechny systémy MHD. Pro analýzy ostatních měst přichází v úvahu alternativa v podobě primárních dat přímo z dopravních podniků, případně integrovaných dopravních systémů (IDS). Problém spočívá v různě uložených a zpracovaných formátech na webových stránkách příslušných společností, které nelze jednoduše převést do tabulkové podoby v Excelu pro potřeby výpočtů. Nejjednodušší variantou je samozřejmě manuální stažení a

následná úprava zvolených souborů dat. V případě velkého množství údajů to ale znamená velmi dlouhý čas zpracování a vyšší riziko možné chybovosti. Jedno z efektivních řešení nabízí metoda web scrapingu neboli automatizovaná extrakce strukturovaných dat z webových stránek (nejčastěji v HTML jazyce) do formátu kompatibilního s datovými programy (např. Excel, GIS, aj.). Varianta web scrapingu nachází své opodstatnění zejména u největších měst se složitým systémem linkového vedení a kombinací dopravních módů. Oficiální údaje o vozových parcích patří mezi nejméně věrohodný typ dat. Důležitou roli v hodnocení efektivity MHD hrají demografická data, v čele s údaji o celkové populaci. Jako primární zdroj se nejčastěji používají databáze z národních statistických úřadů. Mezi státy panují značné rozdíly v aktuálnosti a podrobnosti publikovaných dat. Prostorové vazby mezi dopravními a populačními daty umožňuje výrazně zpřesnit rozdělení podle tříd krajinného pokryvu Corine Land Cover, případně ještě kvalitnější alternativa Urban Atlas. S poptávkou po MHD se obvykle váže primární obslužnost v urbanizovaném prostoru, kde se koncentruje většina populace. Nejaktuálnější mapové geodatabáze s vymezením urbanizovaných a funkčně městských ploch pochází z roku 2018. Šestiletá propast mezi ostatními typy dat automaticky znamená jistou míru odchýlení od současné situace. Když už tedy máme shromážděna dopravní, populační, topografická a ostatní prostorová data o využití území zbývá provést konkrétní prostorové dopravní analýzy a zjistit jak a proč se liší efektivita zkoumaného dopravního systému.

4. Vlastní metodika evaluace efektivity MHD systémů

Efektivitu MHD systémů hodnotíme pomocí prostorovo-časových, ekonomicko-environmentálních a částečně provozních metod. Pracujeme výhradně s kvantitativní formou metod, které jsou založeny na selekci absolutních a relativních číselných ukazatelů. Hojně využíváme kartografické metody znázornění v prostředí GIS (ArcGIS Pro, QGIS), dále neprostorové typy grafů v Excelu a četná tabulková shrnutí. Pro účely různorodé komparace a obsáhnutí co největšího spektra měst praktickou část naší práce rozdělujeme do sedmi kapitol na dvě šířeji chápané analytické studie a pět konkrétnějších příkladových studií. Tab. 1 shrnuje hlavní charakteristiky tohoto rozdělení. Každá kapitola obsahuje

vysvětlení použitých metod, zdrojů dat a podrobné výsledky převážně v tabulkové a mapové podobě. V první analytické kapitole se věnujeme prostorové distribuci a typologii všech elektrických drážních sítí MHD v zemích Visegrádské skupiny. Jedná se o kombinaci municipální a regionální úrovně komparace s důrazem na prostorový aspekt délky a hustoty sítí. Studie zahrnuje kromě měst také části aglomerací s obcemi bez statusu města. Efektivita je počítána jak pro celé LAU, tak zvláště za urbanizované plochy LAU. Druhá kapitola se vztahuje ke všem městům Visegrádské skupiny s alespoň jedním elektrickým hromadným dopravním prostředkem. Zabýváme se podrobnou analýzou elektrického vozového parku souhrnně a zvláště za jednotlivé dopravní módy. V obou případech můžeme mluvit o kompletním seznamu územních celků se zkoumaným jevem. První příkladová studie zahrnuje dohromady pět měst v Česku a na Slovensku. Jádrem metodiky spočívá ve vymezení vrcholových obratišť a jejich propojenosti po drážní síti a vzdušnou čarou vůči nejvytíženější zastávce v centru každého města. Míru propojenosti analyzujeme formou nejrychlejších možných spojů v rámci IDS. Další dvě příkladové studie jsou výtažkem metodiky a výsledků ze dvou publikovaných prvoautorských článků v recenzovaných časopisech (Bárta, 2022), (Bárta & Masopust, 2020). Původně anglické texty spolu s výstupy jsme přeložili do češtiny a upravili do podoby srovnatelných příkladových studií. Ve čtvrté příkladové studii se zabýváme komplexním zhodnocením efektivity z prostorového, ekonomického a environmentálního hlediska. Všechna data byla získána během dvouměsíčního pracovního pobytu v dopravním podniku v Poznani od října do prosince 2022. Použitá metodika vychází z kombinace veřejných a neveřejných zdrojů. Poslední kapitola se věnuje problematice síťových analýz a jejich využití pro horizontální (cestní, časová), vertikální (převýšení), frekvenční a konektivní dostupnost nejbližších zastávek MHD v rámci integrovaného dopravního systému dvou měst. Vedle jednotlivých typů dostupností pracujeme s neveřejnými populačními daty v podobě adresních bodů.

Ve všech kapitolách operujeme s univerzálním veřejným zdrojem mapových vrstev OSM (OpenStreetMap). Vzhledem k rozdílným rozsahům zkoumaných území, a tím i zaměřením na obecnější vs detailnější prvky hodnocení efektivity, představuje sedm praktických kapitol syntézu

meziměstské a vnitroměstské komparace. Kromě některých aspektů z neveřejných zdrojů v kap. 10 a 11 jsou všechny použité metody při dostupnosti příslušných dat volně přenositelné na libovolné město na světě. Kompletní tabulky s charakteristikou elektrické drážní sítě MHD za 122 LAU, strukturou elektrického vozového parku za 146 měst a seznamem vrcholových obratišť elektrické trakční sítě MHD jsme zařadili do Příloh.

Tab. 1: Výčet analytických kapitol a vlastních příkladových studií praktické části disertace

Číslo a typ kapitoly	Hlavní zdroje	Hlavní využívané ukazatele	Rozsah zkoumaného území pro komparaci	Dopravní mód
5 (1. analytická studie)	veřejné (OSM, Corine Land Cover)	délka a hustota elektrické drážní sítě MHD	Celkem 122 LAU v Česku, Maďarsku, Polsku a na Slovensku (z toho 75 měst)	multimodální
6 (2. analytická studie)	veřejné (OSM, Transphoto)	rozsah a hustota elektrického vozového parku MHD	Celkem 146 měst v Česku, Maďarsku, Polsku a na Slovensku	multimodální
7 (1. příkladová studie)	veřejné (OSM, různé jízdní řády)	míra konektivity centrální zastávky s vrcholovými obratišti	3 města v Česku (Brno, Ostrava, Plzeň) a 2 na Slovensku (Bratislava, Košice)	bimodální (trolejbusy, tramvaje)
8 (2. příkladová studie)	veřejné (OSM, GTFS)	výběr 8 relativních indikátorů vztažených k aspektům frekvence, hustoty, kapacity, dostupnosti, konektivity a rychlosti	3 maďarská města (Szeged, Pécs, Miskolc)	trimodální (autobusy, trolejbusy, tramvaje)
9 (3. příkladová studie)	veřejné (OSM, GTFS)	multikriteriální analýza dostupnosti, index důležitosti zastávky	1 město (Krakov)	bimodální (autobusy, tramvaje)

10 (4. příkladová studie)	veřejné (OSM), neveřejné podnik v Poznani)	výběr 2 ekonomických, 2 prostorových, 2 environmentálních indikátorů	1 město + aglomerace (Poznaň)	bimodální (autobusy, tramvaje)
11 (5. příkladový studie)	veřejné (OSM, Urban Atlas, IDS), neveřejné (adresní body populace)	horizontální, vertikální, frekvenční, konektivní dostupnost	2 česká města (Zlín, Liberec)	multimodální

5. Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD

5.1. Metodika

Rozsah a míru využití infrastruktury elektrických drážních sítí možno považovat za významný univerzální faktor v hodnocení efektivity MHD. Vyšší hustota sítí v rámci města znamená z prostorového hlediska lepší dostupnost, konektivitu a celkovou flexibilitu provozu. Ekonomicky je v dlouhodobém měřítku výhodné využívat vyšší podíl elektrických velkokapacitních vozidel, které se přirozeně vážou k drážní síti. Drážní vozidla jsou kromě toho typická nižší energetickou náročností a plynulejšími jízdními vlastnostmi. Kvůli zachování objektivity je nicméně nutné přiblížit také možná negativa. Vysoké náklady na vybudování drážní sítě vytváří zásadní překážku pro rychlý rozvoj infrastruktury v menších městech s nižší mobilitou a rozpočtem. V porovnání s běžným autobusovým provozem je dráha vázána na konkrétní trasy, které v případě havárie či rekonstrukce nelze jednoduše změnit. V moderních provezech se jako alternativa využívají parciální vozidla s částečnou nezávislostí na trakčním vedení, která jsou schopna překážky objet. Rozsáhlá síť také nemusí nutně znamenat rychlejší a pohodlnější dopravu, pokud není udržována a průběžně modernizována.

K elektrickým městským drážním sítím řadíme šest dopravních módů (metro, tramvaj, trolejbus, pozemní lanovku, zubačku a parciální síť bez trakčního vedení). Sporné bývá zařazení trolejbusů k drážní dopravě. V

naší metodice vycházíme z české a slovenské legislativy, konkrétně český Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, a slovenský Zákon č. 513/2009 Z. z., o dráhach a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Podle obou těchto zákonů se za drážní dopravu kromě kolejové považují také lanové a trolejbusové dráhy. Pracujeme s dopravními prostředky, které odebírají elektrický proud buď pomocí napájecí kolejnice, z trolejového (trakčního) vedení nebo kombinovaně s pomocným pohonem baterie (hybridy). Parciální sítě trolejbusů a tramvají nelimituje sice fixní dráha, díky omezené výdrži baterií se ovšem využívají jen pro krátké rozšiřující úseky mimo trakční vedení. Do analýz řadíme pouze ty parciální úseky, které fungují v pravidelném linkovém provozu pro spojení periferních částí, kde se nevyplatí výstavba trakčního vedení. Nezahrnujeme příměstskou a regionální železnici kvůli jejich propojení s ostatní železniční dopravou.

Cílem této kapitoly je prostorově analyzovat, vyhodnotit a kategorizovat všechny aktuálně provozované městské elektrické drážní sítě na území Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Analýzy provádíme pomocí nástrojů v GIS. Mapové podklady pro sítě MHD vychází z komunitního projektu mapové databáze OpenStreetMap. Veřejně editovatelná data z OSM vždy očišťujeme o nepřesnosti a aktualizujeme v programu QGIS podle dostupných materiálů dopravních podniků operujících na jednotlivých sítích. Za uzávěrku bylo zvoleno datum 31. 3. 2024. Konečná podoba sítí tedy představuje všechny provozované nebo dočasně neprovozované linie k tomuto datu s několika důležitými kritérii.

Díky jednotné metodice je tak možné zpracovat pro každou síť následující charakteristiky:

- 1) dopravní mód
- 2) status obcí náležejících ke konkrétní síti
- 3) suma počtu obyvatel za všechny obce náležející ke konkrétní síti
- 4) suma rozlohy v km² za všechny obce náležející ke konkrétní síti
- 5) délka v km
- 6) složená hustota (druhá odmocnina součinu rozlohy v km² a populace, celé vynásobené koeficientem 10 000) pro celkovou plochu

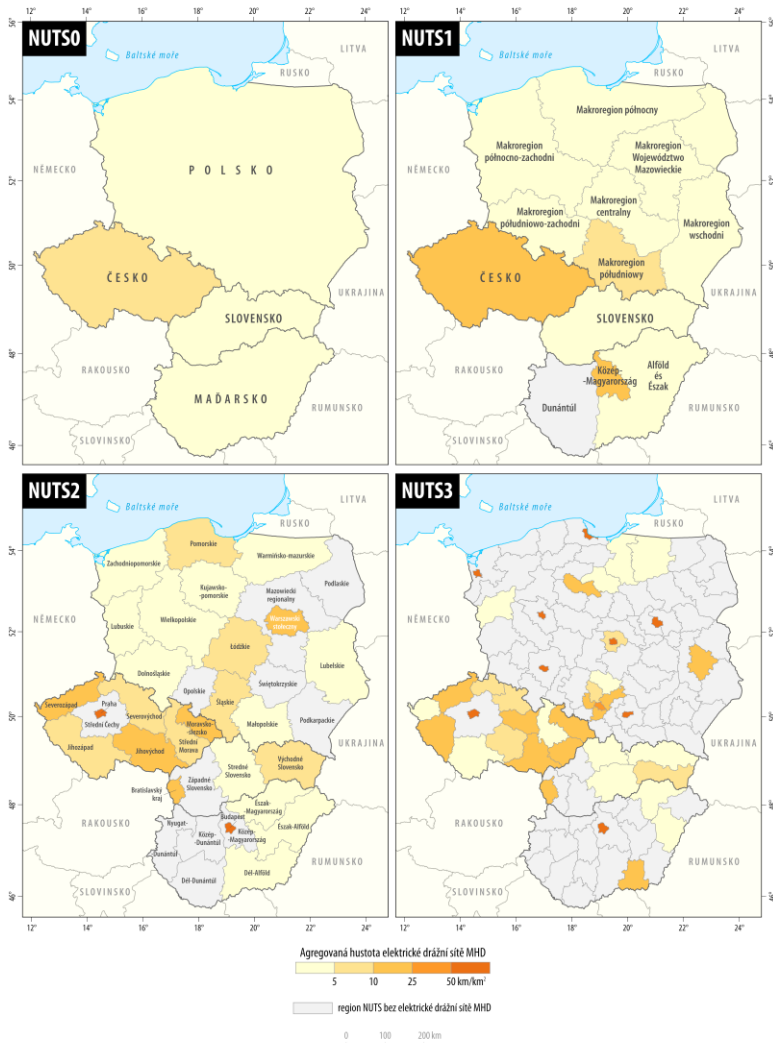
administrativní jednotky a zvláště složená hustota pro urbanizované plochy

5.2. Analýza distribuce sítí

Celkem jsme na území Visegrádské skupiny zpracovali 82 drážních sítí. Pro souhrnný popis distribuce není ovšem nutné oddělovat jednotlivé sítě trolejbusů, tramvají, metra, pozemní lanovky, zubačky a hybridů od integrované sítě skládající se ze dvou a více subsystémů. Na základě zvolených kritérií jsme tak na území střední Evropy vymezili 46 integrovaných sítí podle příslušnosti k municipalitám LAU a obcím se statusem města.

Například integrovaná síť v polském Trojměstí (Gdaňsk, Gdynia, Sopot) zahrnuje nepropojené sítě tramvají, trolejbusů, hybridů a pozemní lanovky. Společným znakem je příslušnost ke konurbaci, na jejímž území je každý z dopravních módů provozován. Celá integrovaná síť se rozprostírá na území tří LAU municipalit (3 města).

Průměrná hustota za všechny sledované státy vychází 4,8; přičemž nejvyšší hustota připadá s velkým odstupem Česku 10,8; následované Slovenskem s 4,2; Maďarskem 3,8 a Polskem s nejnižší hustotou 3,5. Úroveň samostatných států odpovídá klasifikaci NUTS 0. Z Obr. 1 lze snadno vypočítat, jak se se zvyšujícím počtem hierarchicky nižších regionů postupně zvětšuje rozloha území bez jakéhokoliv zkoumaného subsystému elektrické drážní sítě MHD. Na úrovni NUTS 1 se jedná pouze o jeden region, Dunántúl (Zadunají) pokrývající západní Maďarsko. V rámci NUTS 2 už je takových regionů jedenáct s alespoň jedním zastoupením v každém státě. A konečně pokud se podíváme na NUTS 3, vychází výrazně nejlépe Česko se Středočeským krajem jako jediným bez síťového pokrytí.



Obr. 1: Distribuce agregované hustoty elektrické dráží sítě MHD v NUTS Visegrádské skupiny k 31. 3. 2024

5.3. Typologie sítí

Analýzou distribuce 46 integrovaných sítí vycházejících z dopravních módů metra, tramvaje, trolejbusu, pozemní lanové dráhy, ozubnicové dráhy a parciálních prostředků (trolejbus či tramvaj) jsme dospěli k různorodým výsledkům, které můžeme utřídit do sedmi univerzálních kategorií podle zkoumaných charakteristik. Finální typologii elektrických drážních sítí jsme upravili do následující struktury.

Sítě podle:

1) dopravního subsystému

a) trolejbusové, b) tramvajové, c) metro, d) parciální, e) pozemní lanovka, f) zubačka

Z původně celistvého tramvajového subsystému lze vyčlenit ještě subtype rychlodrážní tramvaje vyskytující se převážně v německy mluvících zemích, který je kombinací nadzemní a podzemní dráhy. S výjimkou příměstských a regionálních úseků se shoduje s německým označením Stadtbahn (městská dráha). Jako samostatný typ ho však nechápeme kvůli propojení s tramvajovým subsystémem. Parciální subsystém jakožto jediný bez trakčního vedení je vždy vázán buď na tramvajový nebo trolejbusový subsystém.

2) integrace subsystémů

a) unimodální, b) bimodální, c) trimodální, d) multimodální (4 a více módů)

Tato kategorie vychází z kombinace dopravních módů v integrované síti. Unimodální a bimodální typ jsou v rámci Visegrádské skupiny nejčastější, vyskytují se téměř ve všech variantách s výjimkou kombinace trolejbusu a metra. Tato kombinace je provozována pouze ve Švýcarsku v Lausanne. Trimodální typ se často pojí s kombinací tramvaje, trolejbusu a parciálu. Multimodální typ funguje v Budapešti (6 módů), Praze (5 módů) a polském Trojměstí (4 módy).

3) počtu katastrálně zasahujících obcí

a) monomunicipální, b) polymunicipální (2 a více)

Obec jakožto základní samosprávná jednotka spravuje síť MHD na svém katastrálním území. Pokud síť prochází více obcemi znamená to vyšší míru politické a ekonomické integrace.

4) městského charakteru vycházejícího ze statusu katastrálně zasahujících obcí

a) městské (M), b) parciálně městské (M, O)

Rozdělení podle statusu obce umožňuje rozhodnout, zda se v rámci sítě jedná přímo o MHD nebo o kombinaci MHD s prvky příměstské až regionální dopravy.

5) sumy populačních velikostí katastrálně zasahujících obcí

a) maloměstské (méně než 20 000 obyvatel), b) středně velké městské (20 000–99 999 obyvatel), c) velkoměstské (100 000–999 999 obyvatel), d) metropolitní (1 000 000 a více obyvatel)

Pro definici velikostní kategorie měst používáme upravenou německou všeobecně užívanou klasifikaci, která pracuje s termíny Kleinstadt, Mittelstadt, Großstadt a Metropole.

6) celkové délky v km

a) velmi krátké (méně než 10 km), b) krátké (10,0–24,9 km), středně dlouhé (25,0–49,9 km), dlouhé (50,0–99,9 km), velmi dlouhé (100 a více km)

Charakteristika rozsahu sítí udává absolutní srovnání liniové infrastruktury. Nastavení intervalů vychází ze symetrického rozdělení, které zároveň nejlépe odpovídá relativní četnosti.

7) hodnoty agregované hustoty (celkový prostor, urbanizovaný prostor)

a) velmi řídké (méně než 25), řídké (25,0–49,9), středně husté (50,0–74,9), husté (75,0–99,9), velmi husté (100 a více)

Pomocí nejdůležitějšího relativního indikátoru složené hustoty můžeme jednoduše porovnat libovolně rozsáhlé sítě a stanovit jejich význam a potenciál v příslušných katastrálně vymezených obcích. Z důvodu

značných rozdílů administrativního vymezení je vhodné pracovat pouze s urbanizovaným prostorem, ve kterém žije naprostá většina populace a koncentruje se ekonomická aktivita. Četnost sítí v jednotlivých typech se ovšem bude značně lišit ve srovnání se střední Evropou, státy Beneluxu a Singapuru na jedné straně a zbytku světa na straně druhé.

6. Charakteristiky vozového parku elektrické MHD

Elektrické dopravní prostředky jsou všeobecně považovány za efektivní a udržitelné mj. díky nízkým emisím polutantů a hluku v místě provozu, energetické úspornosti a tím ekonomické návratnosti v dlouhodobém horizontu, a celkově optimálnějším jízdním vlastnostem. Zřejmě nejvýraznější negativum představuje v porovnání s běžnými dieselovými autobusy vysoká pořizovací cena, kvůli které se elektromobilita koncentruje spíše ve větších městech, kde se uplatní úspory z rozsahu. V rámci naší metodiky považujeme využívání elektrických dopravních prostředků za významný environmentálně-ekonomický faktor efektivity MHD. Elektrický vozový park rozdělujeme podle výskytu módů na území Visegrádské skupiny do šesti druhů na elektrobuses, ozubnicovou městskou dráhu, pozemní městskou lanovou dráhu, metro, tramvaje a trolejbusy. Efektivitu měříme pomocí absolutních a relativních ukazatelů.

Komparace absolutních hodnot:

- 1) celkový počet vozů v síti MHD
- 2) počet vozů podle dopravního módu v síti MHD

Komparace relativních hodnot:

- 1) celkový počet vozů na 100 000 obyvatel měst v síti MHD
- 2) celkový počet vozů na 100 km² v síti MHD
- 3) jednotlivé podíly počtu vozů podle dopravního módu v síti MHD

Do komparace zahrnujeme všechna česká, maďarská, polská a slovenská města s alespoň jedním elektrickým dopravním prostředkem v běžném provozu. Celkem se jedná o 146 měst, kde se v současnosti můžeme setkat s elektrickým provozem MHD (44 v Česku, 17 v Maďarsku, 76 v Polsku

a 9 na Slovensku). Některá města se slučují do větších urbánních struktur, kde MHD provozuje jediný dopravní podnik. Proto je výsledný počet provozů MHD nižší, čítá 116 integrací (35 v Česku, 16 v Maďarsku, 56 v Polsku a 9 na Slovensku).

7. Příkladová studie I: Konektivita centrálních zastávek (Brno, Bratislava, Košice, Ostrava, Plzeň)

7.1. Metodika

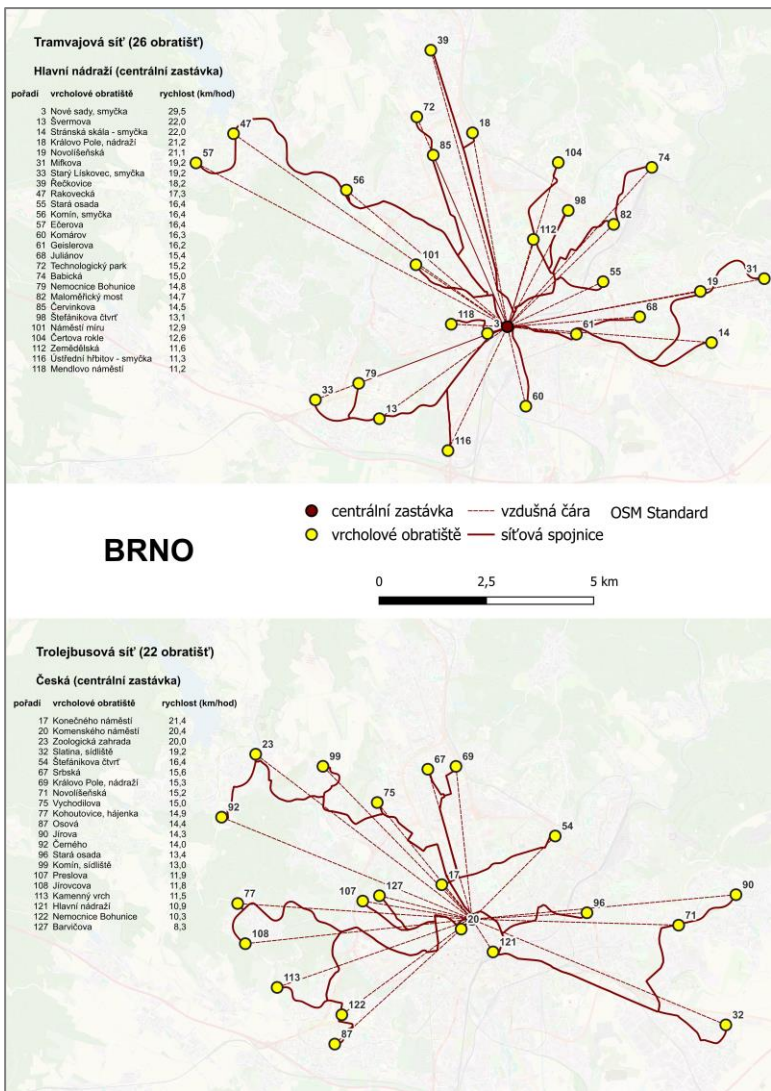
Podrobné mapové vrstvy elektrických drážních sítí MHD lze kromě analýzy prostorové distribuce, délky a hustoty využít také pro komparaci konektivity centrálních zastávek s vrcholovými obratišti sítí. Jako reprezentativní vzorek využíváme 3 česká města (Brno, Ostrava, Plzeň) a 2 slovenská města (Bratislava, Košice). Z pohledu drážní infrastruktury spojuje pětici těchto měst bimodální elektrický trakční systém trolejbusů a tramvají. V rámci Visegrádské skupiny se s kombinací trolejbusů a tramvají setkáme ještě v Budapešti, Debrecenu, Praze a Szegedu. Široce chápaný termín konektivity používáme v kontextu naší studie jako míru efektivní propojenosti centra (centrální zastávky) s významnými body v síti (vrcholovými obratišti). Efektivitu měříme pomocí pěti vybraných ukazatelů:

- 1) počet vrcholových obratišť na 100 km sítě
- 2) rozdíl (absolutní a procentuální poměr) vzdušné a síťové vzdálenosti mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm
- 3) nejvyšší cestovní rychlost (km/h) mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm v rámci příslušného IDS (Integrovaného dopravního systému)
- 4) míra využití dopravního módu podle zkoumané sítě (tramvaje, či trolejbusu) při nejrychlejší dopravní spojení v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm (0 = nevyužití, 0,5 = částečné využití, 1 = kompletní využití)
- 5) počet přestupů při nejrychlejší dopravní spojení v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm

Nejvyšší cestovní rychlost počítáme jako poměr nejmenší možné vzdálenosti (vzdušnou čáru) a nejkratšího možného času nutného k přepravě v rámci IDS mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm. Síťovou vzdálenost nelze univerzálně aplikovat z důvodu některých nepropojených úseků a odlišným trasám ostatních módů IDS.

7.2. Výsledky

Pro každé zkoumané město jsme zpracovali přehledný mapový výstup, který obsahuje zvláště pro tramvajovou a trolejbusovou síť výčet vrcholových obratišť, centrální zastávku, jejich distribuci a vzájemnou polohu. Na Obr. 2 uvádíme příklad Brna a jeho konektivity centrálních zastávek. Z ukazatelů konektivity je znázorněn ten nejvýznamnější, nejvyšší cestovní rychlosti (km/h) mezi centrální zastávkou a vrcholovým obratištěm v rámci příslušného IDS (Integrovaného dopravního systému). Pro názornější srovnání sítí jsme rovněž doplnili atribut pořadí obratišť podle nejvyšší rychlosti napříč všemi městy a sítěmi. Celkem jsme vymezili 131 vrcholových obratišť (61 tramvajových a 70 trolejbusových). Brno disponuje ze zkoumaných měst nejrozsáhlejší sítí jak tramvají (76,5 km), tak trolejbusů (69,2 km). Relativní počet obratišť na 100 km délky sítě je nicméně, navzdory absolutně nejvyšší délce i nejvyššímu počtu obratišť, v obou případech nižší než u bratislavských trolejbusů. Průměrné rychlosti (16,7 km/h u tramvají; 14,6 km/h u trolejbusů) patří spíše k pomalejším spojením. Významnější rozdíly mezi oběma sítěmi spočívají zejména ve využití příslušného módu a poměru mezi vzdušnou a síťovou vzdáleností.



Obr. 2: Distribuce a pořadí vrcholových obratišť tramvajů a trolejbusů v Brně podle nejrychlejšího spojení (km/hod) mezi obratištěm a centrální zastávkou k 31. 3. 2024

8. Příkladová studie II: Prostorovo-časová efektivita MHD (Miskolc, Pécs, Szeged)

8.1. Metodika

Metodika je založena na čtyřech hlavních typech veřejně dostupných zdrojů. Základním zdrojem je maďarský statistický úřad (KSH, 2023), který poskytuje vstupní data pro analýzu celkové populace a rozlohy administrativně definovaných jednotek. Významná část dat pro většinu dopravních aspektů vychází z databáze GTFS souborů maďarských měst (Transitfeeds, 2021). Každé město obsahuje data od jiného poskytovatele, Szeged (DAKK), Miskolc (MVKZRT), Pécs (Biokom).

Hlavní metodická část sestává z osmi ukazatelů, které poskytují jak absolutní, tak relativní hodnoty pro šest hlavních prostorových a časových aspektů efektivit MHD na základě pouze veřejných zdrojů. Indikátory porovnávají efektivitu ve smyslu dostupnosti, konektivity, hustoty, frekvence, kapacity a rychlosti. Úplný seznam zkoumaných ukazatelů uvádí Tab. 2. Formy ukazatelů byly empiricky navrženy a aritmeticky upraveny tak, aby jejich hodnoty dosahovaly rozsahu od 0 do 200. Smysluplné porovnatelnosti mezi různými výsledky bylo dosaženo standardizací podle modifikované Bennetovy metody. Jedná se o součet relativních odchylek (procent) od průměrných hodnot za každý ukazatel. Kromě ukazatelů 3 a 5 jsou všechny ostatní založeny na kombinaci veřejných zdrojů z GTFS a dopravních podniků. Nejvýznamnější aspekt dostupnosti je zastoupen ukazatelem 5, jenž měří rozdíly ve velikosti nedostupných oblastí pomocí metody Voronoiových (též Thiessenových) polygonů. Jeho rozsah hodnot je ovlivněn procentuálním rozdílem, tj. od 0 do 100.

Tab. 2: Seznam osmi využitých indikátorů s příslušnými aspekty

Číslo	Indikátor	Aspekt
1	Průměrný počet spojení ze zastávky během pracovního dne na 100 000 obyvatel	F
2	Průměrný počet spojení ze zastávky během soboty, neděle, nebo svátku na 100 000 obyvatel	F
3	Hustota sítě MHD vůči populaci a rozloze	H
4	Vážený průměr kapacity vozového parku	K
5	Procentuální rozdíl 10. percentilu největších Voronoiových polygonů vůči rozloze města	D
6	Počet linek na 100 zastávek	C
7	Průměrný počet spojení (libovolný den) na počet linek	F, C
8	Průměrná rychlost (km/h) na provozovaných linkách	R

Aspekt: F = frekvence, H = hustota, K = kapacita, D = dostupnost, C = konektivita, R = rychlost

8.2. Výsledky

Výpočty jednotlivých ukazatelů získáváme jasný obraz distribuce hodnot pro zkoumané dopravní aspekty. Stručná statistika této distribuce je uvedena v Tab. 3. Aspekt kapacity průměrného vozidla nejlépe popisuje rozdíl v používání různých kombinací dopravních módů. Relativně nejvýznamnější odchylka od průměru je spojena se syntetickým ukazatelem číslo 7. Vysvětlení spočívá v jeho ambivalentním významu. Čím vyšší je konektivita ve formě více linek, tím vychází menší počet spojení na linku, což znamená, že není možné mít zároveň nadprůměrnou frekvenci spojení a konektivity pro lepší relativní výsledek. Aspekt průměrné rychlosti na provozovaných linkách, zahrnutý v posledním ukazateli, se od průměru odchyluje jen minimálně díky podobným vlastnostem dopravní infrastruktury a velikosti zkoumaných měst.

Tab. 3: Výsledky osmi indikátorů za města Szeged, Miskolc a Pécs

Číslo	Indikátor	Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Maximální hodnota
1	Průměrný počet spojení ze zastávky během pracovního dne na 100 000 obyvatel	120,2	139,1	150,3
2	Průměrný počet spojení ze zastávky během soboty, neděle, nebo svátku na 100 000 obyvatel	81,4	88,3	99,5
3	Hustota sítě MHD vůči populaci a rozloze	19,8	26,5	32,1
4	Vážený průměr kapacity vozového parku	102,8	121,2	146,1
5	Procentuální rozdíl 10. percentilu největších Voronoiových polygonů vůči rozloze města	26,6	41,7	53,5
6	Počet linek na 100 zastávek	16,6	20,8	28,3
7	Průměrný počet spojení (libovolný den) na počet linek	18,9	45,9	66,9
8	Průměrná rychlost (km/h) na provozovaných linkách	23,3	23,8	24,6

9. Příkladová studie III: Multikriteriální analýza a Index důležitosti zastávky (Krakov)

9.1. Metodika

V této příkladové studii se zaměřujeme na představení nové varianty multikriteriální analýzy. Snažíme se přijít s novým způsobem, jak měřit a efektivně využívat vybrané indikátory související s dopravní obslužností zastávek a administrativně vymezenými oblastmi. Naším hlavním cílem bylo propojit dopravní atributy širěji chápané dostupnosti v podobě počtu linek, počtu směrů, počtu spojů a časové dostupnosti do jedné syntetické vrstvy vektorové mapy, která bude komplexně reprezentovat jejich souhrnné hodnoty pro každý polygon města. Abychom byli schopni numericky vyhodnotit výsledky analýzy nejen pro syntetické polygony pokrývající celé území, ale také pro míru obslužnosti jednotlivých zastávek, sestavili jsme doplňující relativní ukazatel Index důležitosti zastávky. Celková analýza tak zahrnuje syntetickou dostupnost a

vyhodnocení významu všech autobusových a tramvajových zastávek. Výsledkem mají být relativně podrobné informace o dostupnosti každé zastávky městské dopravy, přičemž zároveň bude možné využít získané hodnoty jak v absolutní formě pro celé území, tak v relativní formě pro jednotlivé městské části.

Finální verze multikriteriální analýzy dostupnosti a Indexu důležitosti zastávek má následující strukturu.

Časová dostupnost (T)

Jedná se o docházkový čas k nejbližší zastávce na základě funkce Service area. Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží čas v minutách potřebný k dosažení nejbližší zastávky.

4 intervaly s váhami: váha 4 (0–5 min), váha 3 (6–10 min), váha 2 (11–15 min), váha 1 (15 a více min).

Dostupnost linek (L)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet linek obsluhujících danou zastávku.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1 linka), váha 2 (2-4 linky), váha 3 (5–9 linky), váha 4 (10 a více linek).

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $L * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Dostupnost směrů (D)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet směrů vedoucích z dané zastávky.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1 směr), váha 2 (2 směry), váha 3 (3-4 směry), váha 4 (5 a více směrů)

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $D * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Dostupnost spojů (C)

Odpovídá číslu váhy intervalu, do kterého náleží počet spojů na dané zastávce.

4 intervaly s váhami: váha 1 (1–49 spojů), váha 2 (50–199 spojů), váha 3 (200–499 spojů), váha 4 (500 a více spojů)

V kombinaci s časovou dostupností spočítáno jako $C * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Tyto 4 indikátory dohromady tvoří syntetickou dostupnost.

Syntetická dostupnost (S) = součin vážených hodnot linek, směrů, spojů a časové dostupnosti.

Počítá se jako $S = L * D * C * T$ s vynásobením příslušnými váhami.

Druhá část analýzy je věnována výpočtu důležitosti zastávky. Na rozdíl od syntetické dostupnosti se nepočítá pro Voronoiovy polygony, ale přímo pro body zastávek.

Index důležitosti zastávky (3 indikátory)

$$I = L + D + C$$

Dostupnost linek (L)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu linek z dané zastávky vůči průměrnému počtu linek ze všech zastávek.

Dostupnost směrů (D)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu směrů z dané zastávky vůči průměrnému počtu směrů ze všech zastávek.

Dostupnost spojení (C)

Odpovídá procentuálnímu podílu počtu spojů na dané zastávce vůči průměrnému počtu spojů na všech zastávkách.

9.2. Výsledky

Výsledná mapa syntetické dostupnosti se skládá z 16 vrstev (4 vrstvy pro každý ukazatel) každá rozdělená do příslušných intervalů. Tyto vrstvy spolu s indexem důležitosti zastávek poskytují komplexní a detailní pohled na dostupnost MHD v administrativně vymezených hranicích města. Podrobnou strukturu všech použitých indikátorů uvádí Tab. 4. Pro každý interval indikátorů linek, směrů a spojení byla vytvořena mapová vrstva s odpovídajícím počtem zastávek. Indikátor časové dostupnosti jako jediný nesouvisí s výpočtem důležitosti zastávky. Byl spočítán pomocí síťové analýzy Service area, ze které byly poté zpracovány čtyři nové vrstvy na základě čtyř intervalů docházkového času k nejbližší zastávce.

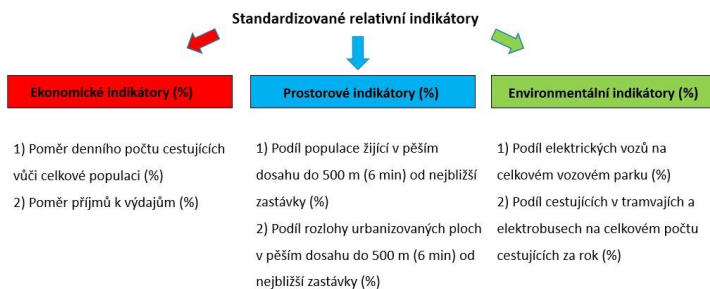
Tab. 4: Struktura a výsledky indikátorů multikriteriální analýzy pro Krakov v roce 2020

Multikriteriální analýza dostupnosti						
Indikátory						
Časová dostupnost (min)	Počet linek		Počet směrů		Počet spojů	
Intervaly	Intervaly	Zastávky	Intervaly	Zastávky	Intervaly	Zastávky
0–5	1	211	1	90	1–49	130
6–10	2–4	314	2	424	50–199	321
11–15	5–9	174	3–4	197	200–499	184
16+	10+	97	5+	85	500+	161
Index důležitosti zastávky						
Počet linek		Počet směrů		Počet spojů		Suma
Průměr	%	Průměr	%	Průměr	%	%
4,8	100	2,8	100	310,1	100	300
Min	%	Min	%	Min	%	%
0,7	14,9	0,9	31,1	5	1,6	54,8
Max	%	Max	%	Max	%	%
34	706,9	11,4	414,4	2 445,70	788,8	1 806,80

10. Příkladová studie IV: Syntetická efektivita MHD (Poznaň a okolí)

10.1. Metodika

Dopravní podnik v Poznani každoročně aktualizuje velmi podrobný systém provozního hodnocení dopravních služeb pro interní účely. Všechny výsledky jsou neveřejné a jen obtížně porovnatelné s jinými městy. V rámci možné meziměstské komparace hodnocení efektivit MHD bylo proto našim cílem sestavit reprezentativní vzorek přenositelných relativních ukazatelů, které lze jednoduše časově a prostorově analyzovat. Datově vycházíme z kombinace veřejných a neveřejných zdrojů dopravního podniku v Poznani. Kromě jednoduššího sběru a výpočtu dat jsme přenositelnost ukazatelů založili na procentuální standardizaci poměrových a podílových dat. Pracujeme se třemi aspekty (ekonomickým, prostorovým a environmentálním). Každý aspekt je tvořen dvěma vybranými ukazateli. Pro každý ukazatel platí přímá úměra mezi efektivitou a výslednou hodnotou. Schéma rozdělení našich indikátorů shrnuje Obr. 3.



Obr. 3: Schéma rozdělení standardizovaných relativních indikátorů pro hodnocení efektivit provozu MHD v Poznani

10.2. Výsledky

První dva ukazatele vztahující se k ekonomické efektivitě analyzujeme za časovou řadu 10 let v období 2013–2022. Míra využívání MHD a obsazenosti vozidel dlouhodobě narůstá s výjimkou dvouletých pandemických opatření. V nejaktuálnějším dostupném roce se blíží 100%

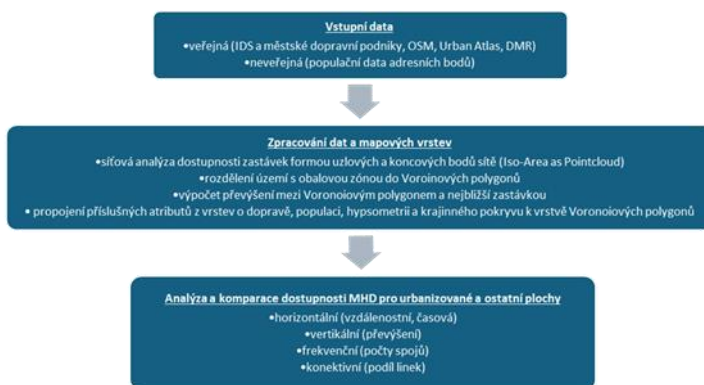
oměru denního počtu cestujících vůči populaci. Prudký nárůst populace mezi roky 2021 a 2022 je způsoben především masovou imigrací z Ukrajiny. Pandemická opatření měla jen minimální vliv na poměr příjmů k výdajům. Posledních šest let se pohyboval rozpočet dopravního podniku v nepřetržitě mírném schodku. Podle mírně rostoucího trendu lze ale usuzovat, že se rozpočet v příštích letech dostane opět do přebytku. Síťovou analýzu pěší dostupnosti zastávek rozdělujeme do pěti intervalů, z nichž dva nejvýznamnější pokrývají vzdálenost do 500 m (6 min chůze při průměrné rychlosti 5 km/hod). V tomto dosahu má trvalý pobyt nahlášeno 859 243 obyvatel, což činí 93,4 % veškeré populace v obsluhované oblasti dopravního podniku. Z poměru rozlohy polygonů dostupnosti je zřejmá značná disperze populace ve větších vzdálenostech od zastávek. Zvláště negativně lze interpretovat rozsáhlá území ležících dále než 1 km, a v periferních částech dokonce více než 2,5 km od nejbližší zastávky. Sloučené urbanizované plochy třídy krajinného pokryvu se podílí na celkové rozloze oblasti z 16,4 %. V této destinacemi nejhustěji pokryté části pak spadá 81,9 % rozlohy (163,8 km²) do optimální dostupnosti 500 m od nejbližší zastávky. Vývoj podílu elektrických dopravních prostředků na vozovém parku mezi lety 2013–2019 spíše stagnoval. Poslední tři roky dochází k pozvolnému růstu blížící se hranici 60 %. Od roku 2020 klesá podíl přepravených v tramvajích a elektrobusech navzdory rostoucímu podílu elektrických vozidel. V tomto případě se však jedná pouze o dočasný útlum zapříčiněný rozsáhlou rekonstrukcí centra Poznaně a několika přilehlých tramvajových tratí, které jsou obsluhovány náhradní autobusovou dopravou.

11. Příkladová studie V: Efektivita dopravní dostupnosti (Liberec, Zlín)

11.1. Metodika

Následující studie se věnuje problematice výpočtů a mapových vizualizací pro hodnocení a komparaci horizontálních, vertikálních, frekvenčních a konektivních faktorů dopravní dostupnosti MHD. Za příklady jsme zvolili dvě členitá krajská města v Česku, obě s trimodální strukturou svých sítí, Liberec (autobusy, tramvaje, železnice) a Zlín (autobusy, trolejbusy, železnice).

Princip naší metodiky funguje na bázi propojení populačních, dopravních a hypsometrických dat z digitálního modelu reliéfu zvláště pro urbanizované a ostatní plochy z hlediska využití území. Kvůli možnému přesahu dostupnosti za hranice města nastavujeme obalové zóny 1 km pro všechny vrstvy s výjimkou adresních bodů. Datový základ metodiky tvoří liniová vrstva komunikační sítě z veřejného zdroje OSM, všechny zastávky městské a regionální hromadné dopravy, digitální model reliéfu pro rozlišení nadmořských výšek, a Urban Atlas s vymezením hlavních tříd krajinného pokryvu. Obr. 4 shrnuje zjednodušený metodický postup.



Obr. 4: Schéma metodického postupu rozdělené do 3 hlavních fází

11.2. Výsledky

Urban Atlas rozlišuje v hlavní třídě umělých povrchů urbanizovaných ploch mnoho subkategorí (mj. dopravní, průmyslové, rekreační využití). Ostatní plochy se vztahují k zemědělskému, lesnímu či vodnímu využití (Urban Atlas Land-Copernicus, 2022). Analýza dopravní dostupnosti MHD zvláště pro sloučené subkategorie urbanizovaných a ostatních ploch efektivně soustřeďuje pozornost na nejdůležitější části města pro zajištění dopravní obslužnosti, a zároveň minimalizuje problém nepřesného administrativního vymezení bez ohledu na prostorovou distribuci populace. Celkově za všechny faktory a zahrnuté typy krajinného pokryvu lze usoudit, že má Zlín mírně lepší výsledky dostupnosti, zejména pro urbanizované plochy. Je také důležité rozlišit dostupnost s ohledem na rozložení populace z adresních bodů a

dostupnost neobývaného území. V případě ostatních ploch vůči populaci vychází totiž lépe Liberec, nicméně pokud budeme chápat dostupnost čistě územně, bude opět pozitivněji hodnoceným Zlín. Konkrétní výsledky v disertaci mohou být využity jak pro jednoduchou meziměstskou komparaci, tak pro detailní analýzu konkrétních městských částí, rozdílu mezi ulicemi, zastavěnou a ostatní složkou území, aj. Hlavní výhodou rozdělení dostupnosti do jednotlivých faktorů vyjádřených relativními indikátory je následná možnost překryvu vrstev a odhalení nejhůře dostupných oblastí s přesným numerickým vyjádřením rozdílu mezi indikátory.

12. Diskuze

Navzdory velmi specifickému tématu a metodickému pojetí umožňuje naše první analytická studie drážní spolehlivě porovnat největší segment elektrických drážních sítí MHD na území Česka, Maďarska, Polska a Slovenska. Jak z absolutních hodnot délky, tak relativní složené hustoty lze odhadnout míru významu, jakou má daná síť pro konkrétní město nebo obec bez statusu města. Za hlavní výhodu považujeme jednoduchou přenositelnost typologie na většinu území světa s možností dodatečného rozšíření. Databáze 46 integrovaných sítí zejména pak rozsáhlé navazující tabulky v příloze mohou posloužit jako hlavní zdroj a inspirace pro navazující sofistikovanější dopravní studie. V rámci analýzy vozového parku se soustředíme na prostorové hledisko výskytu a rozdělení všech provozovaných vozidel podle selekce dopravních prostředků na území 4 států. Nezacházíme příliš do hloubky v ostatních parametrech. Ekonomicko-environmentální hledisko zastupuje detailní struktura typů vozidel, kterou jsme zvlášť pro každý zkoumaný dopravní prostředek umístili ve formě tabulek do Příloh. Podle skladby konkrétních typů vozidel lze uvedenou databázi dále využít pro porovnání míry modernizace, stáří a původu vozového parku. V naší příkladové studii konektivity centrálních zastávek pracujeme se srovnáním propojenosti centra s periferiemi. Na rozdíl od kompletního pokrytí všech zastávek z jízdních řádů GTFS jsme si nadefinovali významná obratiště, která ve své podstatě znamenají vrcholové body zastávek v dopravní síti. Konektivitu formou rychlosti spojů jsme poté analyzovali mezi výběrem koncových zastávek a nevytíženější zastávkou zvlášť pro tramvajové a trolejbusové

sítě. Naším cílem tak nebylo komplexní vyjádření míry konektivity pro každý úsek v síti, jako v případě Lua et al. (2019). Výsledky udávají pořadí obratišť (smyček, úvratí a točen) podle nejrychlejšího možného spojení s centrální nejvytíženější zastávkou. Hlavní výhodou tohoto pojetí konektivity je jednodušší přenositelnost metody na libovolnou dopravní síť při zachování dostatečně vypovídající hodnoty o kvalitě propojenosti mezi centrem a periferií. Možné nedostatky při zpracování populací řádově rozdílných měst spočívají v nerovnoměrných počtech obratišť a pouze jednomu referenčnímu bodu centrální zastávky. Hodnocení efektivity dopravy na základě výběru kvantitativních relativních ukazatelů znamená nevyhnutelný kompromis mezi dostupností spolehlivých dat, zahrnující co nejvíce ovlivňujících faktorů, a objektivním nastavením vah pro jednotlivé ukazatele. Příkladová studie o maďarských městech je založena na kombinaci pouze kvantitativních, ověřitelných dat, relativně malého počtu ukazatelů, které využívají především prostorové aspekty, přičemž umožňují relativně objektivní hodnocení efektu každého ukazatele pro meziměstské srovnání. V příkladové studii o Krakovu jsme zpracovali syntézu čtyř atributů dostupnosti dopravy (linky, směry, spoje a pěší dostupnost). Mnoho autorů, mezi nimiž jsou například Zhu, et al. (2006), Ušpalytė, et al. (2020), Mościcka, et al. (2019) nebo Mavoa, et al. (2012), přistupují k problematice dostupnosti městské dopravy z širokého hlediska mnoha socioekonomických sektorů a snaží se tak použítí multikriteriální analýzy co nejvíce zkomplexňovat. Ve srovnání s výše uvedenými studiemi se naše práce zaměřovala přesněji na geografický koncept dostupnosti s obzvláštním důrazem na možnost logického propojení zásadních atributů dopravní sítě s časovou dostupností. Příkladová studie o Poznani a okolí má výběrem použitých metod relativně nejbližší k provozním charakteristikám dopravního podniku. Sestavili jsme stručný výběr šesti relativních ukazatelů, které lze do značné míry aplikovat i na ostatní města. Ukazatele tematicky pokrývají rozmezí mezi prostorovo-časovými, ekonomicko-environmentálními a provozními metodami. Na rozdíl od ostatních příkladových studií jsme data o provozu MHD v Poznani zpracovali s vědomím velmi omezeného dodatečného využití. V poslední praktické kapitole o komparaci Zlína a Liberce jsme klasický koncept horizontální dopravní dostupnosti rozšířili o vertikální složku v podobě převýšení a doplnili atributy frekvence a konektivity spojů. Vedle veřejných

prostorových a dopravních dat naše analýza zahrnuje ještě neveřejné informace o podrobné distribuci populace z adresních bodů. Ty ovšem nejsou stěžejní v případě aplikace metodiky na zahraniční města bez přístupu k podobně přesným populačním údajům. Dohromady tak jde o volně přenositelný způsob prostorové analýzy dopravní dostupnosti. Hlavní přidanou hodnotou je nepochybně vertikální aspekt převýšení, který se dobře uplatní ve městech s členitým reliéfem.

13. Závěr

Rozsáhlé téma komparace efektivity MHD jsme uchopili z prostorovo-časových, ekonomicko-environmentálních a provozních hledisek. Každé hledisko s sebou přináší spektrum využitelných metod pro komparaci zkoumaného jevu mezi územními celky. Metody se mohou mezi vybranými hledisky často překrývat. Důležitým je účel, za kterým dané metody aplikujeme a jakou formu zvolíme pro zpracování výsledků. V naší práci jsme se zaměřili na představení nové kombinace metod, analýzu vybraných měst podle vlastní metodiky a zpracování co nejhodnotnějších datových výstupů v podobě tabulek, grafů a map. Určené cíle se nám povedlo plně realizovat. Nejvýznamnější praktická část práce obsahuje sedm kapitol, ve kterých jsme postupně rozvinuli různorodé způsoby hodnocení efektivity MHD. Dvě kapitoly jsme věnovali širším analýzám elektrické infrastruktury MHD pro celé zkoumané území. Pět dalších kapitol se pak týká podrobných příkladových studií za vybraná města.

Prostorová distribuce a typologie elektrických drážních sítí MHD umožnila kompletní analýzu všech měst a ostatních municipalit LAU na území Visegrádské skupiny s alespoň minimálním pokrytím dopravní infrastruktury metra, tramvaje, trolejbusu, pozemní lanové dráhy, ozubnicové dráhy a parciálních úseků trolejbusů a tramvají. V rámci této analýzy jsme porovnali celkem 122 municipalit (z toho 75 měst). Vzhledem k časté integraci dopravních módů do společných provozů jsme nakonec vymezili 46 integrovaných sítí MHD. Vedle municipalit došlo k vyhodnocení na úrovni evropského rozdělení do statistických jednotek NUTS. V absolutním měřítku nás zajímala velikost dané sítě vyjádřená s přesností na stovky metrů. Pro přesnější porovnání jevu bez ohledu na velikost jsme spočítali agregovanou hustotu sítě v km vztaženou vůči

populaci a rozloze území. Problém nerovnoměrných administrativních celků bez ohledu na využití ploch jsme vyřešili vymezením urbanizovaných a ostatních ploch v hranicích municipalit. Z výsledků je patrná výrazná převaha hustějších sítí v Česku s primárním zastoupením trolejbusové dopravy. Neefektivnější provoz z pohledu nejvyšší hustoty integrované sítě funguje v Teplicích spolu s přilehlými obcemi. Konkrétní výsledky jsme dále použili pro vytvoření typologie sítí podle vybraných charakteristik. Prezentované datové výstupy poskytují rozsáhlou databázi vhodnou pro navazující odborné studie. Podobným rozsahem dopadla analytická studie elektrického vozového parku, ve které jsme porovnali 146 měst s alespoň jedním provozovaným elektrickým dopravním prostředkem. Do elektrických vozidel jsme zařadili metro, tramvaje, trolejbusy, pozemní lanovky, zubačky a elektrobuses. Sloučením dopravních prostředků se výsledný počet integrálních vozových parků snížil na 116. Pro znázornění disparit mezi různě velkými provozy jsme využili jednoduché výpočty počtů a hustoty vozidel. V Česku a Polsku se vyskytuje nejvíce elektrických vozových parků jak v absolutních, tak relativních hodnotách. Podle složení typů vozidel převažují čeští a polští výrobci všech dopravních prostředků. Vozové parky jsou průběžně modernizovány. Elektrobuses se stávají nejrozšířenějším elektrickým dopravním prostředkem, přičemž nahrazují dieselové druhy autobusů. Tramvaje, klasické trolejbusy a parciální trolejbusy zůstávají početně nejvýznamnějšími elektrickými vozidly.

V pěti příkladových studiích pro 12 vybraných měst jsme aplikovali kombinace prostorových, časových, ekonomických, environmentálních a provozních metod. Komparace konektivity centrálních nejvytíženějších zastávek s vrcholovými obratišti poskytuje zjednodušený obraz míry efektivního propojení centra s periferními částmi města. Z výsledků komparace tramvajových a trolejbusových sítí vyplývají nejednoznačné závěry. Systémy s vyšším počtem obratišť a hustější sítí nemusí nutně znamenat lepší konektivitu. Podle hlavního sledovaného parametru rychlosti v km/h je možno přidat více uzlových zastávek pro zvýšení vypovídací hodnoty nejrychlejších spojení centra s periferií. Systém osmi relativních indikátorů zahrnuje aspekty frekvence, hustoty, kapacity, dostupnosti, konektivity a rychlosti MHD. Slouží primárně pro meziměstskou komparaci efektivity výhradně z prostorovo-časového

hlediska. Aplikovali jsme ho pro 3 maďarská města. Navzdory svým omezením kvůli datovým zdrojům a obecnější formě ukazatelů můžeme díky němu popsat hlavní rozdíly v efektivitě provozů MHD. Metodu s výsledky multikriteriální analýzy a Indexu důležitosti zastávky lze naopak chápat jako přesnou analýzu škály dostupnosti území z veřejného plně kompatibilního formátu jízdních řádů a mapových vrstev OSM. Informace o provozních charakteristikách z dopravního podniku v Poznani s rozšířením o prostorové a populační údaje vedly k sestavení multidisciplinárního systému šesti relativních ukazatelů. Ukazatele jsou relativně obtížně přenositelné z důvodu kombinace veřejných a neveřejných datových zdrojů. Nicméně podávají ucelenou představu o další možné podobě hodnocení efektivit MHD. Nejpodrobnější údaje jak v rámci měst, tak meziměstské komparaci poskytla finální prostorová analýza čtyřech forem dostupnosti. Míru efektivit MHD vystihuje horizontální, vertikální, frekvenční a konektivní dostupnost k nejbližší zastávce. Všechny příkladové studie jsme koncipovali kvantitativně s důrazem na maximální přenositelnost na libovolná města. Výsledkem je pestrá směsice aplikovatelných absolutních a relativních ukazatelů. Do příloh jsme umístili rozsáhlé upřesňující databáze v tabulkové podobě.

Průběh studia

Seznam splněných předmětů

Akademický rok	Název předmětu	Datum splnění
Povinné předměty (A)		
2019/2020	Disertační práce 1	03.09.2020
2020/2021	Disertační práce 2	16.08.2021
2021/2022	Disertační práce 3	02.09.2022
2021/2022	Disertační práce 4	02.09.2022
2022/2023	Disertační práce 5	08.06.2023
2023/2024	Disertační práce 6	29.05.2024
2019/2020	Oborový seminář 1	03.09.2020
2022/2023	Oborový seminář 2	08.06.2023
2020/2021	Prezentace na konferenci	16.08.2021
2019/2020	Vědecko-výzkumná stáž 1	03.09.2020
Povinně volitelné předměty – jazyková průprava (B1)		
2021/2022	Odborný seminář v AJ	02.09.2022
2021/2022	Přednáška v AJ na mezinárodní konferenci	02.09.2022
2022/2023	Vědecko-výzkumná stáž 2	05.05.2023
Povinně volitelné předměty – oborové (B2)		
2020/2021	Kvant. přístupy a metody geogr. výzkumu	03.09.2021
2019/2020	Management vědy a výzkumu	03.01.2020
2019/2020	Pedagogická činnost 1	03.09.2020
Povinně volitelné předměty – publikační činnost (B3)		
2021/2022	Hlavní autor publ. v recenz. časopise 1	02.09.2022
2022/2023	Hlavní autor publikace v časopise s IF 1	08.06.2023
Povinně volitelné předměty (B4)		
2023/2024	Rešerše k disertační práci	29.05.2024
Volitelné předměty (C)		
2021/2022	Heritage and regional development in Central and Eastern Europ	05.09.2022
2020/2021	Latina 1	05.01.2021
2020/2021	Latina 2	31.05.2021
2019/2020	Mathematic and Statistical Research	07.09.2020
2019/2020	Odborný předmět 2	03.09.2020
2020/2021	Pedagogická činnost 2	16.08.2021
2021/2022	Pedagogická činnost 3	02.09.2022
2019/2020	Planning and Organization	07.09.2020
2019/2020	Polský film 1	31.01.2020
2021/2022	Popularizační aktivity na UP	02.09.2022
2019/2020	Regional Development of South East Europe	07.09.2020
2019/2020	Student Research Work	07.09.2020

Příspěvky na konferencích

- 1. V International Scientific Conference: Problems and challenges of Transport Geography**
Termín a místo konání: 15.–16. 10. 2020, Krakov (Polsko)
Téma příspěvku: „Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Krakow“
- 2. The 5th Serbian Congress of Geographers “Innovative Approach And Perspectives of the Applied Geography”**
Termín a místo konání: 9.–11. 9. 2021, Novi Sad (Srbsko)
Téma příspěvku: „An Analysis of public transport operations on the example of Szeged, Miskolc and Pécs“
- 3. Athens Institute for Education and Research – 8th Annual International Conference on Geography**
Termín a místo konání: 30. 5.–2. 6. 2022, Atény (Řecko)
Téma příspěvku: „Analyse of public transport accessibility in Novi Sad based on population address points“
- 4. XXV. Kongres České geografické společnosti a 18. Kongres Slovenskej geografickej spoločnosti**
Termín a místo konání: 6.–8. 9. 2022, Olomouc
Téma příspěvku: „Horizontální vs Vertikální Dostupnost Městské Hromadné Dopravy ve Zlíně“
- 5. VII International Scientific Conference: Problems and challenges of Transport Geography**
Termín a místo konání: 24.–26. 5. 2023, Poznaň (Polsko)
Téma příspěvku: „Poznaň – a case study of a comprehensive evaluation of public transport operations“

Zahraníční mobility

- 1. Erasmus+ (studijní mobilita) 2019/2020**
Institute: University of Novi Sad
Termín: 12. 2.–26.7.2020
- 2. CEEPUS (studijní mobilita) 2020/2021**
Institute: Univerzita Mateja Bela
Termín: 5. 5.–1. 7. 2021
- 3. CEEPUS (studijní mobilita) 2021/2022**
Institute: University of Sarajevo
Termín: 14. 5.–27. 6. 2022
- 4. CEEPUS (letní škola) 2021/2022**
Institute: Jagiellonian University (Krakow)
Termín: 3.–17. 7. 2022
- 5. Erasmus+ (pracovní mobilita) 2022/2023**
Institute: ZTM Poznań
Termín: 19. 9.–9. 12. 2022
- 6. Erasmus+ (pracovní mobilita) 2022/2023**
Institute: HERE Europe B.V. Magyarországi Fióktelepe
Termín: 1.–30. 3. 2023
- 7. CEEPUS (studijní mobilita) 2023/2024**
Institute: Jagiellonian University (Krakow)
Termín: 10. 1.–9. 2. 2024

Publikační činnost

- 1) Bárta, M. (2023). *Estimation of the minimum required bus capacity between the hinterland and the centre of a functional urban region – a comparative study of the five largest Serbian cities*. Journal of Maps, 2022, 19:1. DOI: <https://doi.org/10.1080/17445647.2022.2147457>
- 2) Bárta, M. (2022). *GIS based methodology to analyse the public transport supply: Hungarian case studies*. Geographica Pannonica, 2022, 92-101. DOI: <https://doi.org/10.5937/gp26-36423>
- 3) Bárta, M., Masopust, J. (2020). *Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Cracow*. Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 2020, 32-41. DOI: <https://doi.org/10.4467/2543859XPKG.20.025.13127>
- 4) Bárta, M. (2020). *Comparative analysis of the accessibility and connectivity of public transport in the city districts of Krakow*. Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 2020, 7-14. DOI: <https://doi.org/10.4467/2543859XPKG.20.016.12784m>

Výuková činnost

KGG/EGV Ekonomická geografie pro vzdělávání

KGG/HG1 Humánní geografie 1

KGG/HG2 Humánní geografie 2

KGG/KGEX Komplexní geografická exkurze

KGG/QBAL Regional Geography of the Balkans

KGG/QCZR Regional Geography of the Czech Republic

Odvedené a oponované kvalifikační práce

Název práce	Typ práce	Obhájená
Vedení		
Analýza ekonomických faktorů provozu MHD Zlín	Bakalářská práce	05.06.2023
Cílové destinace v Chorvatsku pohledem českých turistů	Bakalářská práce	05.06.2023
Delimitace dopravního zázemí Hradecko-pardubické aglomerace	Bakalářská práce	15.06.2021
Hodnocení kvality MHD v Olomouci optikou vybraných environmentálních a energetických faktorů	Bakalářská práce	01.02.2023
Vybrané aspekty exploatace parkovací infrastruktury města Zábřehu	Bakalářská práce	15.06.2021
Oponování		
Analýza dopravní obslužnosti obcí SO ORP Nymburk	Bakalářská práce	15.06.2021
Analýza dostupnosti a kvality sítě MHD v Mladé Boleslavi	Diplomová práce	16.05.2024
Dopravně znevýhodněné lokality v Olomouci	Bakalářská práce	24.06.2020
Geografická analýza mezinárodních studentských krátkodobých mobilit na katedře geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci	Bakalářská práce	07.06.2022
Současná autonomní území z pohledu politické geografie	Diplomová práce	18.05.2023
Zhodnocení možného dopadu elektromobility na dopravní situaci a bezpečnost	Bakalářská práce	05.06.2023

Seznam použitých zdrojů

Literární

Alamri, S., Adhinugraha, K., Allheeib, N., & Taniar, D. (2023). GIS Analysis of Adequate Accessibility to Public Transportation in Metropolitan Areas. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(5).

<https://doi.org/10.3390/ijgi12050180>

Alonso, A., Monzón, A., & Cascajo, R. (2015). Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities. *Ecological Indicators*, 48.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.022>

Andrei, L., & Luca, O. (2021). Open tools for analysis of elements related to public transport performance. Case study: Tram network in Bucharest. *Applied Sciences*, 11(21).

<https://doi.org/10.3390/app112110346>

Bajčetić, S., Tica, S., Živanović, P., Milovanović, B., & Đorojević, A. (2018). Analysis of public transport users' satisfaction using quality function deployment: Belgrade case study. *Transport*, 33(3).

<https://doi.org/10.3846/transport.2018.1570>

Bárta, M. (2020). Comparative analysis of the accessibility and connectivity of public transport in the city districts of Krakow. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(3).

<https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.20.016.12784>

Bárta, M. (2022). GIS Based Methodology to Analyse the Public Transport Supply – Hungarian Case Studies. *Geographica Pannonica*, 26(2).

<https://doi.org/10.5937/gp26-36423>

Bárta, M., & Masopust, T. (2020). Multicriterial analysis of the accessibility of public transport stops in Cracow. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(4).

<https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.20.025.13127>

Bartłomiejczyk, M., & Kołacz, R. (2020). The reduction of auxiliaries power demand: The challenge for electromobility in public transportation. *Journal of Cleaner Production*, 252.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119776>

- Bartłomiejczyk, M., & Połom, M. (2017). The impact of the overhead line's power supply system spatial differentiation on the energy consumption of trolleybus transport: planning and economic aspects. *Transport*, 32(1). <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1101611>
- Birr, K., Jamroz, K., & Kustra, W. (2014). Travel time of public transport vehicles estimation. *Transportation Research Procedia*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.016>
- Biswas, A., Adhinugraha, K., & Taniar, D. (2023). Comparative GIS Analysis of Public Transport Accessibility in Metropolitan Areas. *Computers*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/computers12120260>
- Bok, J., & Kwon, Y. (2016). Comparable measures of accessibility to public transport using the general transit feed specification. *Sustainability*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/su8030224>
- Brand, C., & Preston, J. (2003). Which technology for urban public transport? *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport*, 156, (4). <https://doi.org/10.1680/tran.2003.156.4.201>
- Braniš, M., Šulík, M., Takacs, J., & Schlosser, T. (2020). Analysis of Public Transport Services with Various Criteria. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 28(4). <https://doi.org/10.2478/sjce-2020-0027>
- Brunner, H., Hirz, M., Hirschberg, W., & Fallast, K. (2018). Evaluation of various means of transport for urban areas. *Energy, Sustainability and Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13705-018-0149-0>
- Bryniarska Z, & Puławska S. (2014). Dostępność komunikacyjna strefy podmiejskiej Krakowa. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 4–11.
- Bryniarska, Z., & Zakowska, L. (2017). Multi-criteria evaluation of public transport interchanges. *Transportation Research Procedia*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.063>
- Ceder, A., Le Net, Y., & Coriat, C. (2009). Measuring public transport connectivity performance applied in Auckland, New Zealand. *Transportation Research Record*, 2111. <https://doi.org/10.3141/2111-16>

- Corazza, M. V., & Favaretto, N. (2019). A methodology to evaluate accessibility to bus stops as a contribution to improve sustainability in urban mobility. *Sustainability*, 11(3).
<https://doi.org/10.3390/su11030803>
- Costa, Á., & Fernandes, R. (2012). Urban public transport in Europe: Technology diffusion and market organisation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(2).
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.09.002>
- Csehy, E. (2019). A Hódmezővásárhelyet Szegeddel összekötő, TRAM-TRAIN integrált villamos-és nagyvasúti rendszer egyes működtetési, üzemeltetési kérdései. *Közlekedéstudományi Szemle*, 69(5).
<https://doi.org/10.24228/ktsz.2019.5.1>
- Currie, G., & De Gruyter, C. (2018). Exploring links between the sustainability performance of urban public transport and land use in international cities. *Journal of Transport and Land Use*, 11(1).
<https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.957>
- Curtis, C., & Scheurer, J. (2010). Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in planning*, 74(2). <https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.05.001>
- Cyril, A., Mulangi, R. H., & George, V. (2019). Development of a GIS-based composite public transport accessibility index. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 13(2).
<https://doi.org/10.4090/juee.2019.v13n2.235245>
- Czerepicki, A., Choromański, W., Kozłowski, M., & Kazinski, A. (2020). Analysis of the Problem of Electric Buses Charging in Urban Transport. *Science & Technique*, 19(4). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-349>
- Daudu, P. I.-U., Jibril, M. S., & Yashi, J. (2022). Spatial Analysis for Determining Accessibility to Bus Stops in Kaduna Metropolis. *Journal of Geographic Information Systems*, 14(01).
<https://doi.org/10.4236/jgis.2022.141005>

- De Gruyter, C., Currie, G., & Rose, G. (2017). Sustainability measures of urban public transport in cities: A world review and focus on the Asia/Middle East Region. *Sustainability*, 9(1).
<https://doi.org/10.3390/su9010043>
- Drdla, P. (2021). *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Pardubice: Polygrafické středisko Univerzity Pardubice, 434 s. ISBN 978-80-7560-361-6
- Drdla, P. (2005). *Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 136 s. ISBN 80-7194-804-7
- Durzyński, Z., Pachołek, M., & Cichy, R. (2018). Conditions for using of trams on railway tracks sections in agglomeration communication in Poland. *MATEC Web of Conferences*, 180.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201818003002>
- Eboli, L., & Mazzulla, G. (2012). Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. *European Transport – Trasporti Europei*, 51.
- Farber, S., Morang, M. Z., & Widener, M. J. (2014). Temporal variability in transit-based accessibility to supermarkets. *Applied Geography*, 53.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.012>
- Fitzová, H., & Matulová, M. (2020). Comparison of urban public transport systems in the Czech Republic and Slovakia: Factors underpinning efficiency. *Research in Transportation Economics*, 81.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100824>
- Fitzová, H., Matulová, M., & Tomeš, Z. (2018). Determinants of urban public transport efficiency: case study of the Czech Republic. *European Transport Research Review*, 10(2). <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0311-y>
- Foda, M., & Osman, A. (2010). Using GIS for Measuring Transit Stop Accessibility Considering Actual Pedestrian Road Network. *Journal of Public Transportation*, 13(4). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.13.4.2>
- Ford A. C., Barr S. L., Dawson R. J., James P. (2015). Transport Accessibility Analysis Using GIS: Assessing Sustainable Transport in London, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 4, <https://doi.org/10.3390/ijgi4010124>

- Gaal, G., Horváth, E., Török, Á., & Csete, M. (2015). Analysis of public transport performance in Budapest, Hungary. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 23(1).
<https://doi.org/10.3311/PPso.7724>
- Gadziński J, & Beim M. (2010). Public transport accessibility in Poznań. In M. Schrenk, V. V. Popovich, & P. Zeile (Ed.). *REAL CORP 2010 „Cities for everyone. Liveable, Healthy, Prosperous”*, s. 581–590). CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning.
- Georgiadis, G., Politis, I., & Papaioannou, P. (2014). Measuring and improving the efficiency and effectiveness of bus public transport systems. *Research in Transportation Economics*, 48.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2014.09.035>
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2).
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Glavas, H., & Ivanovic, M. (2013). Energy Efficiency of Tram Transport in the City of Osijek. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 4(2).
- Goch, K., Ochota, S., Piotrkowska, M., & Kunert, Z. (2018). Measuring dynamic public transit accessibility to local centres in Warsaw. *Urban Development Issues*, 58(1). <https://doi.org/10.2478/udi-2018-0021>
- Goliszek, S. (2019). Time deviations in the operation of public transport providing access to selected services in the city of Szczecin. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 22(1).
<https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.19.004.10924>
- Goliszek, S. (2021). GIS tools and programming languages for creating models of public and private transport potential accessibility in Szczecin, Poland. *Journal of Geographical Systems*, 23(1).
<https://doi.org/10.1007/s10109-020-00337-z>
- Goliszek, S., & Połom, M. (2016). The use of general transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning peak hours on the example of Szczecin. *Europa XXI*, 31. <https://doi.org/10.7163/eu21.2016.31.4>

Grava S. (2003). *Urban Transportation Systems: Choice for communities*. New York: McGraw-Hill, 840 s. ISBN 978-0071384179

Guerrieri, M. (2019). Catenary-Free Tramway Systems: Functional and Cost-Benefit Analysis for a Metropolitan Area. *Urban Rail Transit*, 5(4). <https://doi.org/10.1007/s40864-019-00118-y>

Guzik, R., Kołoś, A., Taczanowski, J., Fiedeń, Ł., Gwosdz, K., Hetmańczyk, K., & Łodziński, J. (2021). The second generation electromobility in polish urban public transport: The factors and mechanisms of spatial development. *Energies*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/en14227751>

Habarda, D. (1988): *Mestská hromadná doprava*. Bratislava: Alfa, 438 s. ISBN 063-567-88

Hadas, Y. (2013). Assessing public transport systems connectivity based on Google Transit data. *Journal of Transport Geography*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.015>

Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010>

Hawas, Y. E., Hassan, M. N., & Abulibdeh, A. (2016). A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level. *Journal of Transport Geography*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.011>

Háznagy, A., Fi, I., London, A., & Németh, T. (2015). Complex network analysis of public transportation networks: A comprehensive study. *2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*, MT-ITS 2015. <https://doi.org/10.1109/MTITS.2015.7223282>

Hoffmann, K. (2006). Recent Developments in Cable-Drawn Urban Transport Systems. *FME Transactions*, 34.

Horák, J., Kukuliač, P., & Kolodziej, O. (2023). Urban Public Transport Services in Selected Czech Towns. *GeoScience Engineering*, 69(1), 56–68. <https://doi.org/10.35180/gse-2023-0089>

Hoyle, B., Knowles, R. eds. (1998). *Modern transport geography*. Chichester: John Wiley and Sons, 374 s. ISBN 0471977772

Chowdhury, S., Ceder, A. A., & Velty, B. (2014). Measuring public-transport network connectivity using google transit with comparison across cities. *Journal of Public Transportation*, 17(4). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.17.4.5>

Ingvardson, J. B., Nielsen, O. A. (2019): The relationship between norms, satisfaction and public transport use: A comparison across six European cities using structural equation modelling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.05.016>

Išoraitė, M. (2005). Analysis of transport performance indicators. *Transport*, 20(3), 111–116.

Kaeoruean, K., Phithakkitnukoon, S., Demissie, M. G., Kattan, L., & Ratti, C. (2020). Analysis of demand–supply gaps in public transit systems based on census and GTFS data: a case study of Calgary, Canada. *Public Transport*, 12(3). <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00252-y>

Kaszczyszyn, P., & Sypion-Dutkowska, N. (2019). Walking access to public transportation stops for city residents. A comparison of methods. *Sustainability*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/su11143758>

Kisielewski, P., & Skóra, A. (2016). Analiza dostępności czasowo-przestrzennej połączeń komunikacji miejskiej na wybranych przykładach. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17(4), 49–53.

Knoflacher, H. (2007). Success and failures in urban transport planning in Europe – Understanding the transport system. *Sadhana – Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 32(4). <https://doi.org/10.1007/s12046-007-0026-6>

Koenig, J.G. (1980). Indicators of urban accessibility: Theory and application. *Transportation*, 9. <https://doi.org/10.1007/BF00167128>

Kołoś, A., Fiedeń, Ł., Taczanowski, J., R. Parol, A., Gwosdz, K., Guzik, R., & Łodziński, J. (2023). Evolution of second-generation electromobility in public transport in Polish cities. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 26(1). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.23.002.17399>

- Kołoś, A., & Taczanowski, J. (2016). The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 54.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.006>
- Korczyński, K. (2019). Spatial accessibility to public transport in a medium sized city using the example of Sanok. *Transportation Overview – Przegląd Komunikacyjny*, 2019(4).
https://doi.org/10.35117/a_eng_19_04_03
- Kraft, S. (2016). Measuring and modelling the spatial accessibility of public transport stops in GIS. *Hungarian Geographical Bulletin*, 65(1).
<https://doi.org/10.15201/hungeobull.65.1.5>
- Kraśkiewicz, C., & Oleksiewicz, W. (2015). Tramwaj dwusystemowy w Karlsruhe. *Logistyka*, 4, 4255–4261.
- Kuczyk, M., Jędrzejewski, P., & Załuski, P. (2021). The concept of suspended urban rail vehicle. *Rail Vehicles*, 2.
<https://doi.org/10.53502/rail-139982>
- Kujala, R., Weckstrom, C., Darst, R. K., Mladenovic, M. N., & Saramaki, J. (2018). Data Descriptor: A collection of public transport network data sets for 25 cities. *Scientific Data*, 5.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.89>
- Lee, J., & Miller, H. J. (2018). Measuring the impacts of new public transit services on space-time accessibility: An analysis of transit system redesign and new bus rapid transit in Columbus, Ohio, USA. *Applied Geography*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.012>
- Le-Klaehn, D. T., Gerike, R., & Hall, C. M. (2014). Visitor users vs. non-users of public transport: The case of Munich, Germany. *Journal of Destination Marketing & Management*, 3(3).
<https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2013.12.005>
- Litman, T. (2008). *Evaluating Accessibility for Transportation Planning*. Victoria: Transport Policy Institute, 43 s.

- Luo, D., Cats, O., van Lint, H., & Currie, G. (2019). Integrating network science and public transport accessibility analysis for comparative assessment. *Journal of Transport Geography*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102505>
- Mądziel, M. (2016). Potrzeby transportowe w odniesieniu do systemów komunikacji miejskiej. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17(12), 1634–1636 s.
- Matulin, M., Mrvelj, Š., & Jelušić, N. (2012). Two-level Evaluation of Public Transport Performances. *Promet-Traffic & Transportation*, 23(5). <https://doi.org/10.7307/ptt.v23i5.151>
- Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T., & O'Sullivan, D. (2012). GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 20(1). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.10.001>
- Medvid', P., Gogola, M., & Kubaľák, S. (2020). Occupancy of Public Transport Vehicles in Slovakia. *Transportation Research Procedia*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.022>
- Meeder, M., Aebi, T., & Weidmann, U. (2017). The influence of slope on walking activity and the pedestrian modal share. *Transportation research procedia*, 27, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.095>
- Michniak, D. (2018). Narrow-gauge railways in Slovakia and their use for tourism purposes. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 21(1). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.18.001.9181>
- Miller, P., de Barros, A. G., Kattan, L., & Wirasinghe, S. C. (2016). Analyzing the sustainability performance of public transit. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.012>
- Mišanović, S. M., Žilvanović, Z. M., & Tica, S. M. (2015). Energy efficiency of different bus subsystems in Belgrade public transport. *Thermal Science*, 19(6). <https://doi.org/10.2298/TSCI151116193M>
- Mojžiš, V., Kyncl, J., & Drdla, P. (2003). *Kvalita dopravních a přepravních procesů*. Pardubice: Univerzita Pardubice-Dopravní fakulta Jana Pernera, 176 s. ISBN 80-86530-09-4

- Móścicka, A., Pokonieczny, K., Wilbik, A., & Wabinski, J. (2019). Transport accessibility of Warsaw: A case study. *Sustainability*, 11(19).
<https://doi.org/10.3390/su11195536>
- Novalés, M., Orro, A., & Bugarí, M. R. (2002). Tram-train: New public transport system. *Transportation Research Record*, 1793.
<https://doi.org/10.3141/1793-11>
- Nuhn, H., Hesse, M. (2006). *Verkehrsgeographie*. Paderborn: Ferdinand Schöningh, 379 s. ISBN 3-506-72964-0
- Olivková, I. (2007). Metody hodnocení městské hromadné dopravy. *Perner's Contacts*, 2(3), 1–6.
- Olszewski, P., & Krukowski, P. (2012). Quantitative assessment of public transport interchanges. *European Transport Conference*.
- Öztaşkın, D., & Levend, S. (2023). The Accessibility of Public Transportation Stops: Istanbul Case. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 301–318. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1299707>
- Papa, E., Carpentieri, G., & Guida, C. (2018). Measuring walking accessibility to public transport for the elderly: the case of Naples. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2.
<https://doi.org/10.6092/1970-9870/5766>
- Papa, G., Santo Zarnik, M., & Vukašinović, V. (2022). Electric-bus routes in hilly urban areas: Overview and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112555>
- Połom, M. (2018). Trends in the development of trolleybus transport in Poland at the end of the second decade of the 21st century. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 21(4).
<https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.18.023.10781>
- Połom, M. (2021a). E-revolution in post-communist country? A critical review of electric public transport development in Poland. *Energy Research and Social Science*, 80.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102227>

- Połom, M. (2021b). Technology development and spatial diffusion of auxiliary power sources in trolleybuses in european countries. *Energies*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/en14113040>
- Polzin, S. E., Pendyala, R. M., & Navari, S. (2002). Development of time-of-day-based transit accessibility analysis tool. *Transportation Research Record*, 1799. <https://doi.org/10.3141/1799-05>
- Pomykala, A. (2018). Effectiveness of urban transport modes. *MATEC Web of Conferences*, 180. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818003003>
- Predic, B., Rancic, D., Stojanovic, D., & Milosavljevic, A. (2007). Automatic Vehicle Location in public bus transportation system. *Proceeding of the 11Th Wseas International Conference on Computers: Computer Science and Technology*, Vol 4.
- Prommaharaj, P., Phithakkitnukoon, S., Demissie, M. G., Kattan, L., & Ratti, C. (2020). Visualizing public transit system operation with GTFS data: A case study of Calgary, Canada. *Heliyon*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03729>
- Puławska, S. (2014). Preliminary results of experiment concerning evaluation of Krakow public transport accessibility. *Logistyka*, 17(4), 3197–3206.
- Puławska, S., & Wiesław, S. (2011). Dostępność miejskich systemów transportu zbiorowego. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 6–11.
- Pyza, D., Buczkowska, M., & Ziembicki, M. (2019). Low-emission vehicles in public transport - selected aspects. *WUT Journal of Transportation Engineering*, 127. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.7291>
- Rodrigue, J.-P. (2024). *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 402 s. ISBN 9781032380407
- Rood, T., & Sprowls, S. (1998). *The local index of transit availability : an implementation manual*. Sacramento, CA: Local Government Commission. 35 s.

Roşu, L. I., & Blageanu, A. (2015). Evaluating issues and performance of a public transport network in a post-communist city using a quantitative spatial approach. *Urbani Izziv*, 26(2). <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-02-002>

Ryus, P. (2003). A Summary of TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System. *TCRP Research Results Digest*, 56(275).

Saghapour, T., Moridpour, S., & Thompson, R. G. (2016a). Modeling access to public transport in urban areas. *Journal of Advanced Transportation*, 50(8). <https://doi.org/10.1002/atr.1429>

Saghapour, T., Moridpour, S., & Thompson, R. G. (2016b). Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. *Journal of Transport Geography*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.019>

Salvo, G., Caruso, L., & Santoro, N. (2012). A methodology to improve a public transport system. *WIT Transactions on the Built Environment*, 128. <https://doi.org/10.2495/UT120201>

Sha Al Mamun, M., & Lownes, N. E. (2011). A composite index of public transit accessibility. *Journal of Public Transportation*, 14, (2). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.14.2.4>

Soczówka, A. (2013). Public transportation accessibility in the Katowice conurbation, Poland. *Environmental & Socio-economic Studies*, 1(4). <https://doi.org/10.1515/enviro-2015-0023>

Stepanov, P. (2019). Characteristics of construction and operation of trolleybus systems in the world. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 22(3). <https://doi.org/10.4467/2543859xpkg.19.018.11284>

Taczanowski, J., Kołós, A., Gwosdz, K., Domański, B., & Guzik, R. (2018). The development of low-emission public urban transport in Poland. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 41(41). <https://doi.org/10.2478/bog-2018-0027>

- Tahmasbi, B., & Haghshenas, H. (2019). Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.05.002>
- Tao, S., Rohde, D., & Corcoran, J. (2014). Examining the spatial-temporal dynamics of bus passenger travel behaviour using smart card data and the flow-comap. *Journal of Transport Geography*, 41.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.08.006>
- Težak, S., Sever, D., & Lep, M. (2016). Increasing the capacities of cable cars for use in public transport. *Journal of Public Transportation*, 19(1).
<https://doi.org/10.5038/2375-0901.19.1.1>
- Tica, S., Filipović, S., Živanović, P., & Bajčetić, S. (2011). Development of trolleybus passenger transport subsystems in terms of sustainable development and quality of life in cities. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 1313(4).
- Tiran, J., Mladenovič, L., & Koblar, S. (2015). Accessibility to public transport using the PTAL method: the case of Ljubljana. *Geodetski vestnik*, 59(04). <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.723-735>
- Topolnik, D., Pušić, M., & Zuko, R. (2005). Rail systems for public urban transport. *Promet-Traffic & Transportation*, 17(3).
- Topp, H. H. (1999). Innovations in tram and light rail systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 213(3).
<https://doi.org/10.1243/0954409991531092>
- Ušpalytė-Vitkūnienė, R., Šarkienė, E., & Žilionienė, D. (2020). Multi-criteria analysis of indicators of the public transport infrastructure. *Promet-Traffic & Transportation*, 32(1).
<https://doi.org/10.7307/PTTV3211.3175>
- Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 602 s. ISBN 978-0-471-75823-5

Wang, S., Sun, L., Rong, J., & Yang, Z. (2014). Transit traffic analysis zone delineating method based on Thiessen polygon. *Sustainability*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/su6041821>

Wołek, M., Szmelter-Jarosz, A., Koniak, M., & Golejewska, A. (2020). Transformation of trolleybus transport in Poland. Does in-motion charging (technology) matter? *Sustainability*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/su12229744>

Wong, J. (2013). Leveraging the general transit feed specification for efficient transit analysis. *Transportation Research Record*, 2338. <https://doi.org/10.3141/2338-02>

Yan-yan, C., Pan-yi, W., Jian-hui, L., Guo-chen, F., Xin, L., & Yi, G. (2016). An Evaluating Method of Public Transit Accessibility for Urban Areas Based on GIS. *Procedia Engineering*, 137, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.243>

Zavada, J., Zavada, J. B., & Miloš, K. (2010). Conditions for implementing trolleybuses in public urban transport. *Promet-Traffic & Transportation*, 22(6). <https://doi.org/10.7307/ptt.v22i6.212>

Zhu, X., Liu, S., & Yeow, M. C. (2006). Accessibility analysis for housing development in Singapore with GIS and multi-criteria analysis methods. *Applied GIS*, 2(2). <https://doi.org/10.2104/ag060013>

Żochowska, R., Kłos, M. J., Soczówka, P., & Pilch, M. (2022). Assessment of Accessibility of Public Transport by Using Temporal and Spatial Analysis. *Sustainability*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/su142316127>

Datové a ostatní typy zdrojů

Arriva. (2024). URL: <https://www.arriva.cz/cs/o-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/do-kladenskych-ulic-vyjel-nas-prvni-kloubovy-elektrobus-je-ve-zkusebnim-provozu-22038> (dostupné k 30. 4. 2024)

BIP-Miasto Kraków. (2019). URL: https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=105105 (dostupné k 30. 4. 2024)

CEUD. (1997). Center for Universal Design. The Principles Of Universal Design. Version 2.0 – 4/1/97, North Carolina State University. URL: <https://universaldesign.ie/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CityTransit Data. (2024). URL: <https://citytransit.uitp.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CORINE Land-Copernicus. (2022). URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> (dostupné k 30. 4. 2024)

CS-Dopravak. (2022). URL: <https://www.cs-dopravak.cz/aktualizovana-dopravni-strategie-mesta-kosice-pocita-s-masivnim-rozvojem-trolejbusove-dopravy/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CS-Dopravak. (2023). URL: <https://www.cs-dopravak.cz/most-ma-svuj-prvni-elektrobus-odkoupil-predvadeci-e-way/> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2023). Český statistický úřad. URL: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112023> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2024a). Veřejná databáze Českého statistického úřadu. URL: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=home> (dostupné k 30. 4. 2024)

CZSO. (2024b). Budovy s číslem domovním a vchody (statistické budovy) – bod. URL: <https://www.czso.cz/csu/rso/budovy-s-cislem-domovnim-vchody-bod> (dostupné k 30. 4. 2024)

Datacube. (2023). Štatistický úrad. URL:
https://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/vbd_dem/om7101mr/v_om7101mr_00_00_00_sk (dostupné k 30. 4. 2024)

Data-UITP. (2024.). The International Association of Public Transport. URL: <https://www.uitp.org/data/> (dostupné k 30. 4. 2024)

DPMLJ. (2024). Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce n. N., a. s. URL: <https://www.dpmlj.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

DSZO. (2024). Dopravní společnost Zlín-Otrokovice, s. r. o. URL: <https://www.dszo.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

EMTA. (2024). European Metropolitan Transport Authorities. URL: <https://www.emta.com/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Fotobus. (2024). URL: <https://fotobus.msk.ru/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GISCO-LAU. (2024). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/statistical-units/local-administrative-units> (dostupné k 30. 4. 2024)

GISCO-NUTS. (2024). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/statistical-units/territorial-units-statistics> (dostupné k 30. 4. 2024)

GTFS. (2024). General Transit Feed Specification. URL: <https://gtfs.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GTFS.pro (2024). URL: <https://gtfs.pro/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GUS. (2020). Główny Urząd Statystyczny. URL: <https://krakow.stat.gov.pl/> (dostupné k 30. 4. 2024)

GUS. (2023). URL: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2023-roku,7,20.html> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDOL. (2024). Integrovaný dopravní systém Libereckého kraje. URL: <https://www.iidol.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDSJMK. (2024). Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje. URL: <https://www.idsjmk.cz/index> (dostupné k 30. 4. 2024)

IDZK. (2024). Integrovaný dopravní systém Zlínského kraje. URL: <https://www.idzk.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

IMHD Bratislava. (2024). URL: <https://imhd.sk/ba/cestovne-poriadky> (dostupné k 30. 4. 2024)

IMHD Košice. (2024). URL: <https://imhd.sk/ke/cestovne-poriadky> (dostupné k 30. 4. 2024)

KSH. (2023). Központi Statisztikai Hivatal. URL: https://www.ksh.hu/apps/hntr.main?p_lang=HU (dostupné k 30.4.2024)

MDČR. (2020). Ministerstvo dopravy České republiky. URL: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-aktualizovany-Narodni-akcni-plan-c> (dostupné k 30. 4. 2024)

MKuran. (2024). URL: <https://mkuran.pl/gtfs/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Mobility Data. (2020). General Transit Feed Specification. URL: <https://gtfs.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

MPK Poznań. (2023). Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu. URL: <https://www.mpk.poznan.pl/strefa-biznes/raporty-roczne/> (dostupné k 30. 4. 2024)

MVKZRT. (2021). Miskolc Városi Közlekedési Zrt. URL: <https://www.mvkzrt.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)

ODIS. (2024). Integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje. URL: <https://www.kodis.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)

OpenTopography. (2024). URL: <https://opentopography.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

OSM. (2024). OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)

- PMDP. (2024). Plzeňské městské dopravní podniky. URL: <https://www.pmdp.cz/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- RDPT. (2023). Ročenka dopravy, pošt a telekomunikací. URL: <https://slovak.statistics.sk/wps/portal/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- SYDOS. (2023). Systém dopravních statistik Ministerstva dopravy ČR. URL: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2022.pdf (dostupné k 30. 4. 2024)
- SZKT. (2021). Szegedi Közlekedési Társaság. URL: <https://szkt.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- Transitfeeds. (2021). URL: <https://transitfeeds.com/l/61-hungary> (dostupné k 30. 4. 2024)
- Transphoto. (2024). URL: <https://transphoto.org/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- Tüke Busz. (2021). URL: <http://www.tukebusz.hu/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- Urban Atlas Land-Copernicus. (2022). URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas/urban-atlas-2018> (dostupné k 30. 4. 2024)
- Zákon č. 266/1994 Sb. (Zákon o dráhách)
- Zákon č. 513/2009 Z. z. (Zákon o dráhach a o zmene a doplnení niektorých zákonov)
- Zdopravy. (2023). URL: <https://zdopravy.cz/tendr-na-nove-elektrobusesy-pro-frydek-mistek-vyhral-sor-doda-12-vozidel-186457/> (dostupné k 30. 4. 2024)
- ZTM Poznań. (2024). Zarząd Transportu Miejskiego. URL: <https://www.ztm.poznan.pl/> (dostupné k 30. 4. 2024)

Výše uvedený seznam zdrojů (literárních, datových a ostatních) zahrnuje všechny zdroje použité v disertační práci (nejen selekci pro autoreferát).