

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**ANALÝZA DAT O POHYBU CYKLISTŮ VE
MĚSTĚ A JEJÍ INTEGRACE PŘI PLÁNOVÁNÍ
DOPRAVY VE MĚSTĚ BRNĚ**

Rigorózní práce

Mgr. Jiří Komínek

Olomouc 2025

Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Rigorózní práce se zabývá analýzou dat o pohybu cyklistů ve městě Brně a jejich integraci při plánování dopravy. Cílem práce je analyzovat a popsat dostupné datové sady mapující cyklistickou dopravu, sjednotit je do komplexní liniové sítě a demonstrovat jejich praktické využití. Práce využívá širokou škálu datových zdrojů včetně dopravních průzkumů, dat z bikesharingu, aplikace Strava, cyklistických detektorů a záznamů o nehodách a přestupcích. Metodologicky se opírá o geoinformační a statistické analýzy doplněné o moderní nástroje umělé inteligence. Výsledkem je integrace různorodých datových sad do jednotné sítě, která poskytuje komplexní informace pro prostorové plánování cyklistické infrastruktury. Práce také prezentuje případové studie využití těchto dat v praxi a formuluje doporučení pro optimalizaci sběru a využití dat o cyklistické dopravě v městském prostředí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Cyklistická doprava; městské plánování; prostorová analýza; GIS; Strava Metro

Počet stran práce: 145

Počet příloh: 17 (z toho 7 vázaných, 4 volné a 6 elektronických)

ANOTATION

This rigorous thesis focuses on analyzing cyclist movement data in the city of Brno and integrating it into transport planning. The aim of the work is to analyze and describe available datasets mapping cycling traffic, unify them into a comprehensive linear network, and demonstrate their practical use. The study utilizes a wide range of data sources including traffic surveys, bikesharing data, Strava application data, cycling detectors, and records of accidents and offenses. Methodologically, it relies on geoinformation and statistical analyses complemented by modern artificial intelligence tools. The result is an integration of diverse datasets into a unified network that provides comprehensive information for spatial planning of cycling infrastructure. The thesis also presents case studies of the practical application of this data and formulates recommendations for optimizing the collection and use of cycling data in urban environments.

KEYWORDS

Bicycle transportation; urban planning; spatial analysis; GIS; Strava Metro

Number of pages: 145

Number of appendixes: 17

Prohlašuji, že

- rigorózní práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

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

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

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

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

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

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

V Olomouci dne

Mgr. Jiří Komínek

Na tomto místě bych rád poděkoval především své rodině, která mi umožnila věnovat čas a energii tomuto tématu u kterého jsem během posledních dvou let strávil mnoho chvil. Dále bych chtěl poděkovat doc. RNDr. Jaroslavu Burianovi, Ph.D., za jeho čas a cenné připomínky při konzultacích, které pomohly směřovat práci k faktickým poznatkům. Také bych rád poděkoval RNDr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D., za jeho poznatky a připomínky v závěrečné fázi kompletace práce. V neposlední řadě děkuji Magistrátu města Brna, díky němuž jsem měl přístup k rozsáhlému portfolio datových sad a společnosti Strava za souhlas s využitím jejich dat v této práci.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
ÚVOD.....	8
1 CÍLE PRÁCE.....	9
2 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	10
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
3.1 Cyklistická doprava ve městech.....	13
3.2 Data o cyklistické dopravě v praxi	21
3.3 Sdílená kola-bikesharing.....	28
3.4 Data ze sdílených aplikací Strava	31
4 ZPRACOVÁNÍ DATOVÝCH SAD	36
4.1 Data OpenStreetMap.....	36
4.2 Dopravní průzkumy v prostředí Brna	42
4.3 Strava Metro	49
4.4 Data do práce na kole	57
4.5 Cyklistické detektory.....	66
4.6 Data Bikesharingu	80
4.7 Dopravní nehody s účastí cyklistů.....	91
4.8 Dopravní přestupky cyklistů	94
5 KOMPLEXNÍ DATOVÁ SADA.....	99
5.1 Sjednocení datových zdrojů.....	100
5.2 Výsledná datová sada.....	105
6 PŘÍPADOVÉ STUDIE VYUŽITÍ DAT	107
6.1 Senzory Telraam V1 a jejich využití	107
6.2 Využití dat Strava Metro.....	116
6.3 Využití dat bikesharingu	129
7 VÝSLEDKY.....	139
8 DISKUZE.....	142
9 ZÁVĚR.....	145
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
API	Application Programming Interface
BKOM	Brněnské komunikace a.s.
CSV	Comma Separated Values
DBSCAN	Density-based spatial clustering of applications with noise
DPNK	Do práce na kole
EPSG	European Petroleum Survey Group
GIS	Geografický informační systém
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
MMB	Magistrát města Brna
MPB	Městská policie Brno
ODbL	Open Database License
OSM	OpenStreetMap
PBF	Protocolbuffer Binary Format
PČR	Policie České republiky
PUMM	Plán udržitelné městské mobility
SHP	Shapefile
SLBD	Sčítání lidu, domů a bytů
SUMP	Sustainable Urban Mobility Plan
TP	Technické podmínky
YOLO	You Only Look Once

ÚVOD

Cyklistická doprava se v posledních letech stává stále diskutovanějším tématem jak mezi odbornou, tak laickou veřejností. Hraje klíčovou roli v plánování udržitelné městské mobility a ovlivňuje rozhodování urbanistů, dopravních inženýrů i dalších aktérů zapojených do rozvoje dopravní infrastruktury. Zejména v souvislosti se strategickými dokumenty jako je Plán udržitelné městské mobility, se téma cyklistické dopravy stává stále aktuálnější při rozvoji městské dopravy. Ačkoliv vypracování Plánu udržitelné městské mobility (SUMP) není legislativně povinné, jeho zpracování je často podmínkou pro čerpání evropských dotací na projekty spojené s mobilitou.

S rozvojem cyklistické dopravy však vyvstává otázka, jak tento způsob dopravy efektivně monitorovat, vyhodnocovat a využívat získaná data v praxi. Tradiční metodou sběru dat je terénní sčítání cyklistů, které má dlouhou historii a ověřenou spolehlivost. Moderní technologie však přinesly nové přístupy, jež umožňují sledovat pohyb cyklistů téměř v reálném čase. Mezi nejvýznamnější patří videodetekce a cyklodetektory, které dokážou rozpoznat a zaznamenat pohyb cyklistů, chodců či vozidel a data následně přenést k dalšímu zpracování. S rozvojem digitálních technologií se zároveň objevují nové zdroje dat, například sportovní zařízení s GPS modulem, která poskytují rozsáhlá data o pohybu uživatelů. Ačkoliv tato data pocházejí z relativně úzké skupiny aktivních cyklistů, jejich objem je značný – například aplikace Strava Metro zaznamenala v roce 2024 ve městě Brně více než 300 000 aktivit. Dalším cenným zdrojem jsou data z kampaně Do práce na kole, která probíhá v České republice od roku 2011.

Současná dostupnost dat o cyklistické dopravě je tedy rozsáhlá, avšak stále chybí systematické příklady dobré praxe, které by ukazovaly, jak efektivně kombinovat různé datové zdroje a využívat je při dopravním plánování. Právě tomuto tématu se věnuje tato práce.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem rigorózní práce je analyzovat a integrovat dostupné datové sady o pohybu cyklistů ve městě Brně s cílem efektivnějšího plánování cyklistické infrastruktury a dopravy. V první části práce budou identifikovány a analyzovány dostupné datové sady, které mapují cyklistickou dopravu v Brně. Hlavní důraz bude kladen na zhodnocení jejich výhod, nevýhod a vhodnosti pro konkrétní účely dopravního plánování. Součástí této části bude rovněž rešerše odborné literatury a zasazení tématu do širšího kontextu udržitelné městské mobility.

Ve druhé části práce budou analyzovaná data sjednocena do jedné komplexní liniové sítě, která umožní systematické zpracování informací o cyklistické dopravě na jednom místě. Integrace těchto datových zdrojů umožní vytvoření uceleného souboru informací, který bude využit pro prostorové analýzy a plánování. Pro analýzu a zpracování dat budou využity geografické informační systémy (GIS) a statistické metody včetně nástrojů umělé inteligence.

Třetí část práce se zaměří na demonstraci praktického využití integrovaných dat prostřednictvím případových studií. Tyto studie budou ilustrovat, jak lze data aplikovat při plánování dopravy a rozvoji cyklistické infrastruktury, například při identifikaci klíčových tras, hodnocení intenzity využití jednotlivých úseků nebo analýze bezpečnosti cyklistické dopravy.

Vedlejším cílem práce je formulace doporučení pro optimalizaci sběru a využití dat o cyklistické dopravě v městském prostředí, s důrazem na jejich praktickou aplikovatelnost nejen v Brně, ale i v dalších městech České republiky. Výsledky práce mohou sloužit jako podklad pro další výzkumy v oblasti městské mobility, dopravního plánování a prostorových analýz.

2 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Tato kapitola se zaměřuje na stručný přehled použitých dat a metod k jejich zpracování v závěru je uvedeno schéma postupu prací.

Použitá data

Pro zpracování této rigorózní práce byla využita široká škála datových sad viz Tab. 1, které tvořily základní pilíř celé analýzy, doplněné dalšími daty, z nichž byly formulovány klíčové závěry. Většina dat pocházela z interních zdrojů Magistrátu města Brna (MMB), konkrétně z oddělení koncepce a strategie rozvoje dopravy. Z důvodu citlivé povahy některých datových sad a jejich obchodní hodnoty nejsou tyto sady přiloženy v plném rozsahu v přílohách práce. Dvě datové sady, a to dopravní průzkumy realizované společností Brněnské komunikace (BKOM) je možné nalézt i jako otevřená data na webu data.brno.cz. Základní rámec pro sjednocení dat tvořila liniová síť OpenStreetMap (OSM), která byla zvolena díky své přímé vazbě na strukturu dat z aplikace Strava. Konkrétně se jednalo o síť OSM exportovanou z aplikace Strava Metro. Pro specifické síťové analýzy byla využita silniční síť od společnosti CEDA, která poskytuje data optimalizovaná pro tento typ analýz.

V rámci práce byly rovněž použity výsledky průzkumu dopravního chování obyvatel a sociologické průzkumy, které sloužily k doplnění kontextu a ověření závěrů vyplývajících z analyzovaných datových sad.

Tab. 1 Přehled použitých datových zdrojů (zdroj: vlastní zpracování)

Název	Zdroj	Rok	Veřejné
Strava data jízdy	Strava Metro	2020–2023	Ne
Dopravní průzkum: cyklisté	BKOM	2022	Ano
Dopravní průzkum: vozidla	BKOM	2023	Ano
Do práce na kole	Automat	2020–2023	Ne
Cyklistické detektory	MMB, VisionCraft, Partnerství	2020–2023	Ano
Bikesharing	nextbike, Rekola	2024	Ne
Dopravní nehody	PČR	2010–2023	Ano
Dopravní přestupky	MPB	2020–2022	ne

Použitý software

Veškeré činnosti spojené s geografickými informačními systémy probíhaly v softwaru ArcGIS Pro ve verzi 3.2. Pro automatizaci zpracování a stahování datových sad byl klíčový nástroj Jupyter Notebook, což je interaktivní webové prostředí pro psaní a spouštění kódu, zejména v jazyce Python. Využívá se pro analýzu dat, vizualizaci a sdílení výsledků. V tomto projektu sloužil Jupyter Notebook s Pythonem 3.11 (aktuální stabilní verze v roce 2023) k vytváření skriptů, které automatizovaly manipulaci s daty a bylo možné kontrolovat průběžné výpočty.

Pro statistické výpočty a vizualizaci dat v prostředí Jupyter Notebooku byly použity knihovny jako například NumPy, pandas a Matplotlib:

- **NumPy:** pro efektivní numerické výpočty s velkými datovými sadami
- **Pandas:** pro manipulaci a analýzu dat ve formátu tabulek
- **Matplotlib:** pro vytváření grafů a vizualizací dat

Grafická podoba map a dalších výstupů byla upravována v softwaru Affinity Designer ve verzi 1.4. Veškerý programový kód byl psán v prostředí Visual Studio Code ve verzi 1.95. Vizualizace a publikace výsledné datové sady byla provedena v nástroji ArcGIS Dashboard na platformě Esri.

Použitý hardware

Celá práce a všechny doprovodné výpočty byly prováděny na notebooku Lenovo IdeaPad Gaming 3 82SB00LACK s následujícími specifikacemi:

- Procesor: AMD Ryzen 5 7535HS (6 jader, 12 vláken, základní frekvence 3,3 GHz, max. frekvence 4,5 GHz)
- Grafická karta: NVIDIA GeForce RTX 4050 6GB
- Operační paměť: 16 GB DDR5
- Úložiště: 512 GB NVMe PCIe 4.0 SSD
- Displej: 15,6" IPS Full HD (1920 x 1080), 120 Hz

Tento notebook poskytl dostatečný výkon pro zpracování náročných úloh, včetně detekce objektů v obraze v kapitole 4.5.6.

Použité metody

Pro zpracování a analýzu dat byly aplikovány standardní geoinformatické a statistické metody, doplněné moderními nástroji umělé inteligence. Tyto přístupy umožnily detailní vyhodnocení prostorových a datových vztahů a efektivní práci s rozsáhlými datovými sadami. Klíčové postupy zahrnovaly:

1. GIS analýzy a síťové modelování

- Využití vlastních síťových datových sad pro síťové analýzy, zahrnující optimalizaci tras, modelování dostupnosti a analýzy nejkratší cesty.
- Prostorové dotazování a filtrace byly prováděny za použití více vrstev a jejich vzájemných prostorových vztahů, například identifikace průniků nebo analýza vzdáleností mezi jednotlivými objekty.

2. Statistické analýzy

- Popisná statistika byla využita k identifikaci základních charakteristik dat (např. průměr, medián, rozptyl).
- Korelační a regresní analýzy byly aplikovány pro odhalení závislosti a modelování vztahů mezi proměnnými.

3. Integrace datových sad

- Různé datové sady byly integrovány na základě definovaných kritérií jako jsou shodné atributy nebo prostorové klíče. Tento proces zahrnoval harmonizaci datových struktur a odstranění nesrovnalostí.

4. Využití umělé inteligence

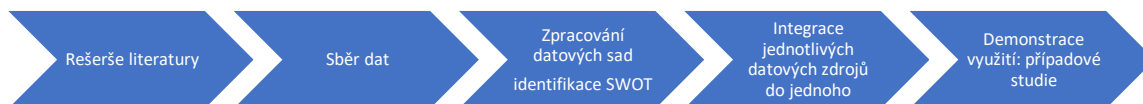
- Nástroje umělé inteligence, včetně velkých jazykových modelů jako ChatGPT, byly využity jak pro prvotní sumarizaci rozsáhlých textů ve zdrojích, tak pro optimalizaci a návrh skriptů v jazyce Python

Postup zpracování

Zpracování dat v rigorózní práci probíhalo v několika na sebe navazujících etapách viz Obr. 1, přičemž každá fáze byla realizována s důrazem na aplikaci vědeckých metod a analytických postupů. Nejprve byla provedena rešerše odborné literatury, která sloužila jako teoretický základ a umožnila identifikovat klíčové přístupy k řešení problematiky. Následoval sběr dat z různých dostupných zdrojů, při kterém byl kladen důraz na jejich validitu, přesnost a reprezentativnost pro vybranou oblast zájmu.

Další fáze zahrnovala podrobnou analýzu datových sad, při níž byly využity standardní geoinformační metody, včetně prostorových dotazů, analýz prostorových vztahů a síťových analýz. Klíčovým krokem byla také identifikace silných a slabých stránek dat pomocí SWOT analýzy, která poskytla komplexní pohled na možnosti a limity získaných datových zdrojů. Po detailním rozboru jednotlivých datových sad následovala demonstrace jejich praktického využití na třech rozsáhlejších případových studiích. Ty se zaměřily na vybrané oblasti městské mobility: analýzu cyklodetektorů, vyhodnocení provozu sdílených kol (dále uváděno jako bikesharing) a využití dat ze služby Strava pro identifikaci klíčových cyklistických tras. Tyto studie ukázaly možnosti propojení jednotlivých datových zdrojů a jejich aplikovatelnost v reálném plánování dopravní infrastruktury.

Na základě analytických výsledků byla formulována konkrétní doporučení pro optimalizaci využití dat a jejich praktickou aplikaci v plánování a rozvoji města. Závěrečná fáze se zaměřila na integraci jednotlivých datových zdrojů do jedné liniové sítě, čímž byla vytvořena datová sada pro prostorové plánování s důrazem na cyklistickou dopravu.



Obr. 1 Postup zpracování práce

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Doprava je jeden z hlavních pilířů města. Téměř každý obyvatel města se do dopravy nějakým způsobem zapojuje (pasivně-aktivně). Doprava je zásadní pro každodenní přesuny do práce, distribuci zboží a celkově ovlivňuje kvalitu života i vnímání městského prostředí. Se zvyšující se urbanizací a přesunem lidí do měst, dochází zejména k nárůstu automobilové dopravy a s tím i ekologická zátěž pro město a jeho obyvatele (Gelnar, 2019). Z toho důvodu je nutné klást stále větší důraz na trvale udržitelné druhy dopravy. Cyklistická doprava, jako jeden z druhů udržitelné dopravy pomáhá snížit dopravní zátěž ve městě a s tím i rostoucí zácpy, znečištění ovzduší a také může být levnější než jízda autem nebo veřejnou dopravou (Fishman, 2016).

Cyklistická doprava přináší také značné benefity z hlediska zdraví a každodenní dojíždění do práce může zlepšit fyzickou i psychickou kondici jedince. Díky vyšší intenzitě zátěže je cyklistika v rámci budování kondice prospěšnější než pěší chůze (Oja et al., 1998).

3.1 Cyklistická doprava ve městech

Lidé a města si uvědomují, že rozvoj cyklistické dopravy je velmi důležitý a v posledních letech je možné pozorovat stále větší důraz právě na tento druh dopravy, jako na jeden ze způsobů trvale udržitelných druhů dopravy. Čím kvalitnější je městská dopravní síť, tím rychleji může docházet k přemísťování lidí, zboží a obecně je vyšší kvalita života v takovém prostředí. Avšak zejména s rozvojem automobilové dopravy, může být dosaženo jisté meze a poté se kvalita života v dané lokalitě snižuje s přihlédnutím na rostoucí znečištění, kongesce a bezpečnost provozu (Gelnar, 2019).

Koncept udržitelné mobility není nová věc, v kontextu plánování se objevuje již několik desítek let. Replogie (1991) ve svém článku charakterizuje udržitelnost jako koncept, kdy udržitelná doprava zahrnuje různorodý mix dopravních režimů a rozumné využití půdy, které umožňuje šetrné využití energie a kapitálu, aniž by docházelo k ničení zdrojů, a zároveň uspokojuje potřeby mobility všech.

Zajímavý pohled na cyklistickou infrastrukturu ve městech nabízí žebříček Cyklorank (Šnobl, 2023), který na základě dat OpenStreetMap.org, nabízí porovnání měst prostřednictvím dostupné cyklistické infrastruktury. Na Obr. 2 je možné porovnat Prahu, Brno a Ostravu z hlediska rozložení cyklistické infrastruktury.



Obr. 2 Srovnání měst dle cykloopatření (zdroj: <https://mestemnakole.cz/>)

Cyklistická doprava ve městech může být vedena v silničním provozu spolu s ostatnímu účastníky nebo naopak zcela oddělena po samostatných cestách určených pouze pro pohyb cyklistů/cyklistů a pěších. Cyklisté jedoucí v infrastruktuře společně s vozidly mohou často využívat některých prvků, které zlepšují jejich pohyb a zajišťují vyšší bezpečnost. Jako jsou například:

- Cyklistické piktogramy
- Cyklistické pruhy (cyklopruhy) například ochranné, samostatné, oddělené
- Jednosměrky s povolenou jízdou cyklistů v protisměru (cykloobousměrky)
- Omezení rychlosti (zóny 30, zóny 20)
- Zákaz vjezdu motorovým vozidlům.

Nejvýše v hierarchii cyklistické infrastruktury ve městě stojí oddělená infrastruktura. Pro vyznačení oddělené cyklistické infrastruktury v ulicích je důležité, aby byl dostatečně široký uliční prostor. Vyznačuje se těmito prvky:

- Samostatné cyklostezky
- Stezky pro chodce a cyklisty (oddělené, nedělené)
- Chodník s povoleným vjezdem cyklistů.

Cyklistická doprava v České republice stejně jako v ostatních státech zažívá velký rozvoj a podle posledních průzkumů její zastoupení ve skladbě dopravy velkých měst jako je Praha nebo Brno stále více roste (Median 2021). Například v Brně se za posledních 10 let zvýšil podíl cyklistů z 1 % na 5 % (Švarc et al., 2022). Podobný trend rostoucí cyklistické dopravy je možné pozorovat i v ostatních městech České republiky (ČR) tak v Evropě (Aamaral, 2024).

Ke zjištění zastoupení podílu cyklistů v městech nejčastěji slouží sociologické průzkumy, kde jsou přímo dotazováni respondenti a je nutné tyto hodnoty brát pouze jako hrubý odhad celkového objemu cyklistů v provozu. V Brně jsou tyto průzkumy prováděny v časovém intervalu přibližně 4 let se stále stejnou metodikou, aby bylo zajištěno pokračování a možné srovnání výsledků jednotlivých průzkumů viz kapitola 3.2.2. Velmi obtížné je srovnávat města na základě jejich vlastních vyhotovených průzkumů, které mohou být vytvářeny rozdílnou metodikou a v různých časových řadách nebo nejsou vůbec dostupné.

Srovnání měst tak může být provedeno například dle celostátního průzkumu Sčítání lidí bytů a domů 2021 (Český statistický úřad, 2021). V Tab. 2 je možné najít 14 krajských

měst a jejich podíl cyklistické dopravy v rámci pravidelných cest do práce a do školy. Z tabulky je patrné, že zcela rozdílný podíl zaujímá cyklistická doprava ve městech jako jsou Hradec Králové, Pardubice, České Budějovice (10 %) dále pak v Olomouci nad 5 % a v ostatních městech se podíl drží do 5 %.

Cyklistická doprava tvoří největší podíl na skladbě dopravy ve městech Pardubice, Hradec Králové, České Budějovice. Tato města jsou pro rozvoj cyklistické dopravy vhodná především díky svým geografickým charakteristikám. Nenacházejí se zde velká stoupání a také je v nich rozvinuta cyklistická infrastruktura. Naopak na opačném konci žebříčku stojí města jako jsou Karlovy Vary, Jihlava, Ústí nad Labem. Například Pardubice, které dle SLBD mají téměř 12% zastoupení cyklistické dopravy dle vlastního průzkumu uvádějí 14 % (město Pardubice, 2018).

Tab. 2 Srovnání krajských měst a podíl cyklistické dopravy na cestách do práce a do školy (upraveno podle SLBD 2021)

Město	Vyjíždějící kolo [%]
Brno	2,1
České Budějovice	9,9
Hradec Králové	10,7
Jihlava	1,8
Karlovy Vary	1,0
Liberec	1,2
Olomouc	5,5
Ostrava	1,8
Pardubice	11,8
Plzeň	2,2
Praha	1,1
Ústí nad Labem	0,6
Zlín	2,3

Pro srovnání je důležité se zaměřit také na evropská města a jejich podíl cyklistické dopravy viz Tab. 3. Největší podíl, a to téměř 50 % má Kodaň, další město s více než 30 % je Amsterdam. Ostatní města mají již kolem 10 %. Kodaň a Amsterdam jsou známé svou rozsáhlou a kvalitní cyklistickou infrastrukturou. Tyto města mají dobře vybudované cyklostezky, které jsou často stavebně odděleny od silnic pro motorová vozidla, což zvyšuje bezpečnost a pohodlí cyklistů. Městské plánování v těchto městech klade důraz na podporu cyklistiky a veřejné dopravy. V Kodani je dlouhodobě podporována cyklistika v městském plánování, včetně speciálně vyčleněných cyklo pruhů pro rychlejší cyklisty. Také zde se zvyšujícím se podílem cyklistické dopravy klesá podíl zranění a nehod. Od roku 1995 se zde více než dvojnásobně zvýšil počet ujetých kilometrů na kole ale zároveň o více než 50 % snížil počet vážných zranění cyklistů (City of Copenhagen, 2025).

Tab. 3 Srovnání top 10 evropských měst z hlediska podílu cyklistické dopravy (zdroj: ECF.com)

Město	Vyjíždějící kolo [%]
Copenhagen	49
Amsterdam	35
Berlin	13
Ljubljana	13
Zagreb	10
Dublin	10
Stockholm	9
Vienna	7
Paris	5
Riga	4

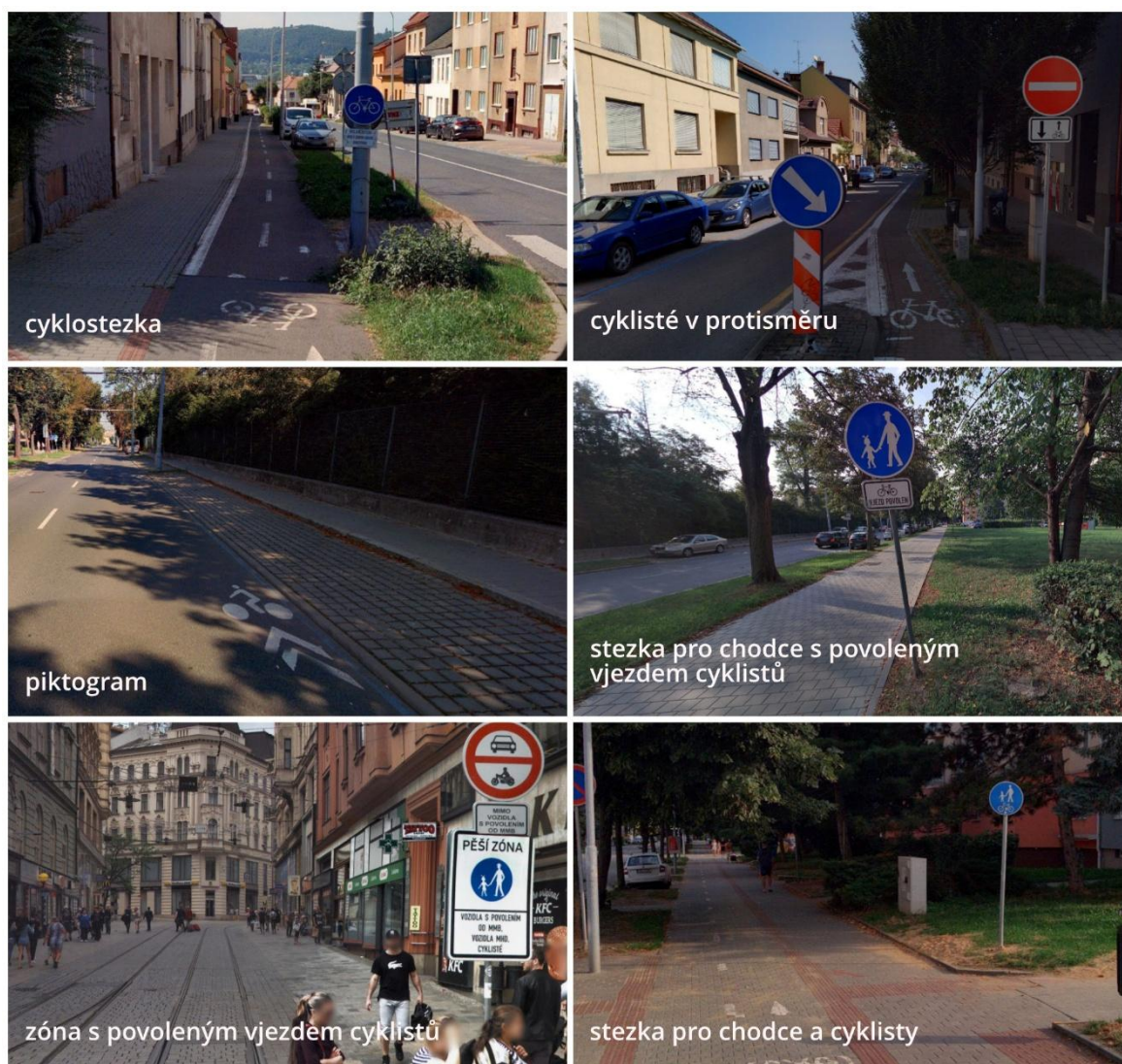
3.1.1 Brněnská cyklistická infrastruktura

Brno se v posledních letech intenzivně zaměřuje na rozvoj cyklistické infrastruktury, která má za cíl podporovat udržitelnou dopravu a zlepšit podmínky pro cyklisty. Město realizuje různé typy opatření, která zohledňují potřeby cyklistů v různých prostředích – od centra města až po okrajové části. Cyklistická infrastruktura v Brně zahrnuje několik typů opatření, která se liší svou funkcí i způsobem integrace do městského prostoru (Obr. 3, Obr. 4). Podle dostupných dat (viz Tab. 4) jsou jednotlivé typy opatření zastoupeny následujícím způsobem:

- **Cyklostezky/stezky pro chodce a cyklisty:** Oddělené cesty určené výhradně pro cyklisty, které poskytují bezpečný prostor mimo automobilovou dopravu.
- **Vjezd cyklistům povolen:** Umožňuje cyklistům pohyb v oblastech, kde je jinak omezený přístup motorových vozidel.
- **Vyhrazený jízdní pruh:** Pruh na silnici vyhrazený pouze pro cyklisty.
- **Cyklisté v protisměru:** Umožňuje jízdu cyklistů v jednosměrných ulicích opačným směrem.
- **Piktogram:** Značení na vozovce upozorňující na přítomnost cyklistů.
- **Ochranný pruh:** Pruh na silnici poskytující prostor pro cyklisty, do kterého má zakázán vjezd motorovým vozidlům.
- **Stezka pro chodce s povoleným vjezdem cyklistů:** Stezka sdílená s chodci nebo jinými účastníky provozu.

Tab. 4 Přehled délek cyklistických opatření v Brně v roce 2025 (zdroj: brnoinmotion.cz)

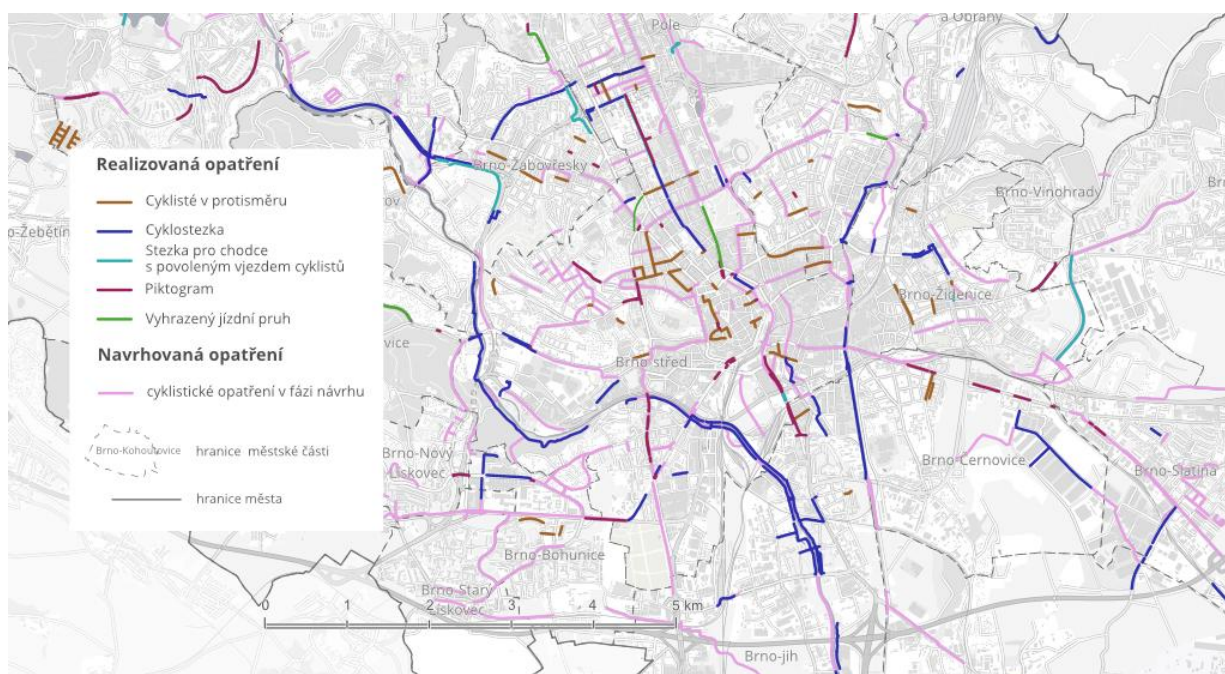
Typ opatření	Délka [km]	Podíl [%]
Cyklostezka	40	34,4
Vjezd cyklistům povolen	21	18,1
Vyhrazený jízdní pruh	17	14,7
Cyklisté v protisměru	15	13,2
Piktogram	13	11,1
Ochranný pruh	5	4,4
Stezka s povoleným vjezdem cyklistů	5	4,1



Obr. 3 Ukázka vybraných typů cyklistických opatření v Brně (upraveno mapy.cz Panorama)

Na Obr. 4 je znázorněno centrum města Brna a stav cyklistické infrastruktury v době psaní práce (leden 2025). Hlavní souvislé cyklistické opatření je vedeno ve formě cyklostezky (modře) podél řeky Svatky. Tato trasa propojuje městskou část Brno-Bystrc s jižní částí města až k soutoku s řekou Svitavou. V centrální části města a v dalších sdílených oblastech se často vyskytují opatření umožňující jízdu cyklistů v protisměru, realizovaná formou tzv. cykloobousměrek (hnědě).

Z mapy je patrné, že současná cyklistická infrastruktura postrádá propojení do jedné souvislé sítě, která by efektivně spojovala všechny části města a umožnila cyklistům plynulý a bezpečný pohyb napříč Brnem. Růžovou barvou jsou na mapě znázorněna navrhovaná cyklistická opatření. Tato opatření zatím nejsou detailně rozlišena podle typu, protože u mnoha z nich není dosud jasné, jaký konkrétní typ infrastruktury bude realizován – jedná se spíše o konceptuální návrhy. Podrobná mapa je k dispozici ve volné příloze 8.



Obr. 4 Cyklistická infrastruktura v centru města Brna (zdroj: vlastní zpracování)

3.1.2 Městské plánování

Plánování městské cyklistické infrastruktury je klíčovým faktorem pro podporu udržitelné mobility a zvyšování kvality života ve městech. V současné době se stále více měst zaměřuje na snižování emisí, zlepšování zdraví obyvatel a snahu o omezování automobilové dopravy. K dosažení těchto cílů jsou vytvářeny strategické dokumenty, které poskytují rámec pro rozvoj a integraci cyklistické dopravy do širšího dopravního systému. Mezi nejvýznamnější typy koncepčních dokumentů v této oblasti patří generel cyklistické dopravy (cyklogenerel) a Plán udržitelné městské mobility (SUMP) (Gelmar, 2019). Tyto dokumenty určují směr pro rozvoj infrastruktury, bezpečnosti a dalších opatření, jež mají za cíl podpořit využívání kol jako každodenního dopravního prostředku. Město Brno přijalo svůj cyklogenerel v roce 2010 a následně v roce 2018 schválilo SUMP, který rozšiřuje strategii města v oblasti udržitelné dopravy a integruje cyklistiku do širšího kontextu městské mobility. Od roku 2023 Brno vypracovává novou strategii rozvoje cyklistické dopravy, která nahradí cyklogenerel z roku 2010.

Plán udržitelné městské mobility

Jordová et al., (2015) definuje Plán udržitelné městské mobility (SUMP) jako strategický dokument určený k efektivnímu uspokojování potřeb mobility osob a firem v městech a jejich okolí. Jeho hlavním cílem je přispět ke zlepšení kvality života obyvatel tím, že se zajistí dostupnost dopravy, přičemž se minimalizují její negativní dopady na zdraví, společnost i životní prostředí. SUMP reflektuje principy integrace, participace a evaluace, což umožňuje systematické plánování, které bere v úvahu různé aspekty dopravy a jejich vzájemné vlivy. V současné době mají všechna města nad 40 000 obyvatel v České republice vypracovaný svůj SUMP (Akademie městské mobility, 2025).

Plán udržitelné městské mobility města Brna je komplexním strategickým dokumentem zaměřeným na všechny druhy městské dopravy, včetně automobilové, pěší, hromadné i cyklistické dopravy. Hlavním cílem tohoto plánu je zajistit udržitelný rozvoj dopravy a zlepšit kvalitu života obyvatel města Brna. Plán byl vypracován podle metodiky SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan) EU a vznikl pod vedením společnosti AF CITYPLAN s.r.o.

v roce 2014, přičemž do jeho tvorby byla aktivně zapojena veřejnost i městské části (Gelnar, 2019).

Dokument je rozdělen do dvou hlavních částí ve vztahu k cyklistické dopravě:

Analytická část – analyzuje stávající stav dopravy ve městě a identifikuje klíčové problémy, včetně propojení s cyklistickou infrastrukturou na regionální i nadregionální úrovni (např. EuroVelo). Analyzuje rovněž intenzitu cyklistické dopravy a problémy, jako je nehodovost cyklistů.

Návrhová část – obsahuje strategické cíle a opatření zaměřená na zlepšení dopravní situace. Hlavním cílem je zvýšení podílu cyklistů na dělbě přepravní práce na 6 % do roku 2030 a na 12 % do roku 2050.

Plán mobility Brna se zaměřuje z hlediska cyklistické dopravy také na:

- Dobudování páteřní sítě cyklostezek – vytvoření bezpečné a atraktivní infrastruktury
- Podporu multimodální dopravy – kombinace cyklistické a veřejné dopravy (B+G, B+R)
- Podpora dojížděky do práce na kole – cílem je zvýšit podíl udržitelných cest do zaměstnání
- Podpora systému bikesharingu – rozvoj sdílených kol
- Informační kampaně – osvěta a marketing na podporu cyklistické a pěší dopravy
- Implementace a financování
- Jednotlivé projekty a opatření jsou rozvrženy do etap až do roku 2030, Finanční pokrytí pro mnoho cílů zatím není explicitně stanoveno, avšak realizace plánovaných opatření je částečně vázána na možnost čerpání dotací z fondů EU

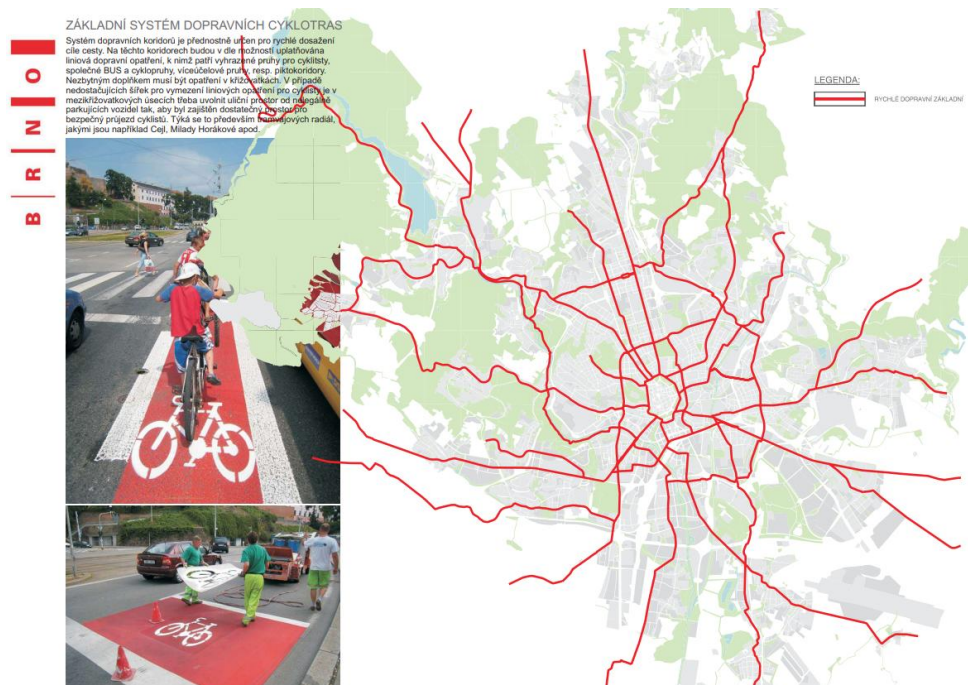
Generel cyklistické dopravy na území města Brna

Cyklogenerel je hlavním strategickým dokumentem města Brna pro rozvoj cyklistické dopravy. Tento dokument, vypracovaný externí firmou ADOS a schválený Radou města Brna v roce 2010, se zaměřuje výhradně na cyklistickou dopravu. Cílem Generelu je vytvořit bezpečnou, spojitou a dobře udržovanou síť cyklotras po celém městě a podpořit městskou cyklistiku jako plnohodnotný dopravní prostředek (Obr. 5). Generel analyzuje současné podmínky ve městě, jako jsou geografické a klimatické faktory, hustota osídlení, zdroje cíle dopravy, a současný stav cyklistické infrastruktury. Na základě těchto dat byl vytvořen model cyklistické dopravy, který pomáhá efektivně plánovat rozvoj cyklistické infrastruktury (Gelnar, 2019).

Mezi klíčové oblasti cyklogenerelu patří:

- Vytvoření spojitě sítě cyklotras, která umožní cyklistům plynulý pohyb po celém městě.
- Zajištění bezpečnosti cyklistů na komunikacích.
- Správa a údržba cyklotras, aby byly v dobrém technickém stavu.
- Zahrnutí "měkkých opatření", jako je možnost přepravy kol v MHD, vybudování parkovacích stání pro kola a zřízení systému půjčoven kol (bikesharing).

Strategie rozvoje cyklistické dopravy je propojena s dalšími dokumenty, jako je územní plán města a celostátní dopravní strategie. Generel klade důraz na spolupráci mezi městem a dalšími subjekty, aby byl rozvoj cyklistické infrastruktury co nejefektivnější. Brněnský cyklogenerel lze nalézt na webu <https://brno.cz/w/koncepcni-dokumenty>.



Obr. 5 Návrh základního systému dopravních cyklotras v Brně (převzato z Jebavý et al., 2010)

3.1.3 Cyklistická doprava a životní prostředí

Cyklistická doprava v prostředí města je považována za ekologický způsob dopravy. Podle Walsh et al. (2008), je jízda na kole mnohonásobně menším zdrojem CO₂ ve srovnání s automobilovou dopravou. Avšak při využití maximální kapacity prostředků veřejné dopravy (metra) se tyto rozdíly v přepočtu na jednoho pasažéra přibližují. Ve srovnání s plně obsazeným autem cyklista vyprodukuje až 8krát méně emisí CO₂ oproti osobě v automobilu. Dalším z hlavních polutantů z dopravy je i oxid dusičitý (NO₂). Cyklisté jsou vystaveni těmto emisím více než ostatní účastníci provozu, protože při jízdě intenzivně dýchají a tráví více času v blízkosti zdrojů znečištění. Podle MacNaughton et al. (2014) jsou cyklisté, kteří se pohybují bezprostředně v silničním prostoru více vystaveni těmto emisím než cyklisté, kteří se pohybují po oddělených cyklostezkách mimo hlavní dopravní prostor.

Dalším faktorem, který velmi ovlivňuje životní prostředí ve městech tak jsou emise hluku. V České republice se provádí hlukové mapování každých 5 let (Junek, 2023), kdy je možné vidět, jak jsou ulice zatíženy nadlimitním hlukem. Cyklisté nejsou významným producentem hluku, ale patří ke skupině účastníků dopravy, kteří jsou hluku nadměrně vystaveni (Monazzam et al., 2021).

3.1.4 Bezpečnost cyklistické dopravy

Cyklistická doprava ve městech se potýká s celou řadou problémů a omezení. Zejména z hlediska bezpečnosti jsou cyklisté často nuceni sdílet dopravní prostor s ostatními účastníky provozu (řidiči osobních aut, městská hromadná doprava, a další). V České republice řadu let funguje Vize 0. Jedná se o strategii, která má za cíl snížit počet dopravních nehod a zranění účastníků na 0 do roku 2050. Existuje však dílčí cíl, který hovoří o snížení počtu nehod a jejich následků v roce 2030 a to o 50 % oproti průměru za období 2017–2019. Celá strategie je naplňována pomocí klíčových bodů jako je budování a modernizace cyklistické infrastruktury, dopravní výchova nebo změna legislativy a technologické inovace. Dobrým příkladem z České republiky může být Zlínský kraj, kde se podařilo dosáhnout v roce 2019 historických minim v počtu usmrcených a těžce

zraněných osob díky systematickému plánování infrastruktury a preventivním kampaním (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2025).

Zahraničním příkladem dobré praxe snižování nehod cyklistů může být Nizozemsko, které dosáhlo výrazného snížení následků dopravních nehod cyklistů implementací několika klíčových opatření. Mezi hlavní patří oddělené cyklostezky, zklidňování dopravy a úpravy křižovatek, které zvyšují bezpečnost cyklistů tím, že je oddělují od rychle jedoucích motorových vozidel a snižují rychlost v místech, kde se setkávají s jinými účastníky provozu. Od 70. let došlo k poklesu počtu úmrtí cyklistů na jednu miliardu ujetých kilometrů z téměř 50 na přibližně 10, což představuje 80% snížení. V letech 1987 až 2013 se roční počet úmrtí cyklistů způsobených auty a dodávkami snížil z 171 na 86, zatímco úmrtí způsobená nákladními vozy a autobusy klesla z 59 na 27 (Schepers a Heinen, 2013). Klíčovým faktorem pro porovnání poklesu nehod a jízdy cyklistů jsou data. Následující kapitola se proto zaměřuje na dostupná data o cyklistické dopravě v praxi, která mohou být využita pro podobné účely v českém prostředí.

3.2 Data o cyklistické dopravě v praxi

Pohyb cyklistů ve městech je možné sledovat celou řadou způsobů. S postupující dobou a rozvojem digitálních technologií je v poslední době čím dál více využíváno nejrozličnějších automatických sčítačů a nových technologií. Romanillos et al. (2016) se v článku *Big Data and Cycling* věnuje zapojení celé řady tzv. Big dat, které dříve nebyly dostupné, jako jsou např. data ze sportovních aplikací díky GPS trackerům v telefonech, hodinkách a dalších zařízeních. Mezi nejznámější zdroje BIG dat o cyklistické dopravě v celosvětovém měřítku patří například Strava Metro. Primární zdroj dat pro města jsou však dodnes manuální průzkumy a sčítání cyklistů v ulicích.

Data o pohybu cyklistů jsou nejčastěji získávána a dostupná v prostředí českých měst se dají rozdělit na několik kategorií

Primární:

- Dopravní průzkumy-sčítání v ulicích
- Cyklistické detektory

Sekundární:

- Data z akce Do práce na kole
- Data z aplikace Strava Metro
- Data o jízdách Bikessharing

Doplňková:

- Cyklistické nehody
- Cyklistické přestupky
- Průzkumy dopravního chování

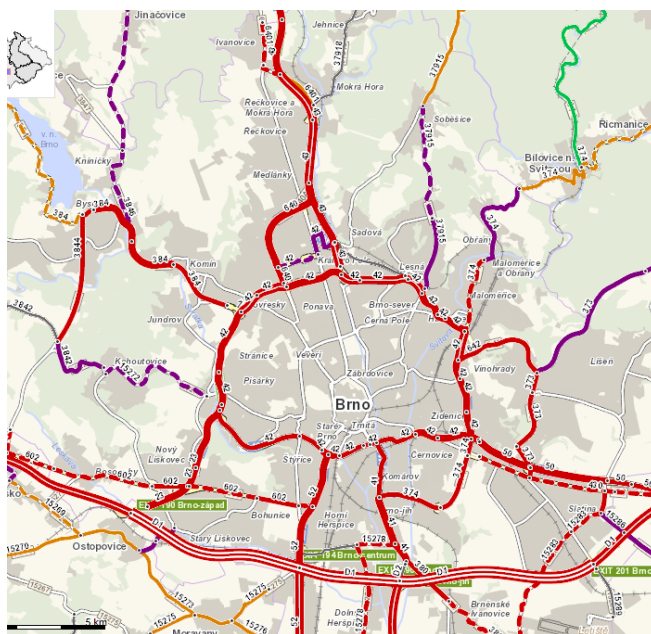
Každé skupina dat se vyznačuje svým specifickými vlastnostmi a řadou výhod či nevýhod které jsou rozebrány v následujících kapitolách. Dále se dají data o pohybu cyklistů rozdělit na to, zda pokrývají svým rozsahem vybraný úsek anebo oblast celého města. Typickým příkladem zdrojů, které jsou lokalizovány pouze bodově jsou cyklistické detektory, které měří pouze ve vybraných úsecích. Oproti tomu stojí druhá skupina dat, která jsou svým měřítkem lokalizována v rámci celého města jako jsou například záznamy z aplikace Strava, data o jízdách bikessharing nebo data celorepublikové květnové akce Do práce na kole (DPNK) viz kapitola 4.3.

3.2.1 Cyklistické dopravní průzkumy

Cyklistické dopravní průzkumy tvoří podmnožinu dopravních průzkumů. Podle Dordy, (s. a.) může být základní dělení dopravních průzkumů dle parametrů.

- Průzkum intenzit dopravních proudů
- Směrový průzkum
- Průzkum skladby dopravních proudů

Data o pohybu cyklistů na základě sčítání cyklistů v ulicích patří mezi nejrozšířenější způsob sběru dat. Často jsou data o pohybu cyklistů sčítání v rámci dopravních průzkumů intenzit motorové dopravy. Může se jednat o celostátní sčítání dopravy, které bylo v ČR prováděno v letech (2000, 2005, 2010, 2016, 2020) (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2022). Toto sčítání však pokrývá svým rozsahem jen silnice I. a II. tříd a vybrané silnice III. tříd a není tak vhodné pro sledování dat o pohybu cyklistů ve městech. Na příkladu Brna Obr. 6 je patrné, že v městském prostředí tyto komunikace tvoří páteří síť motorové dopravy a město jako celek není dostatečně pokryto těmito průzkumy. Cyklisté se ve městě pohybují jen velmi zřídka na komunikacích I. a II. tříd, a tak tyto průzkumy nejsou vhodné pro monitorování cyklistické dopravy. Z tohoto důvodu tak bývá přistoupeno k vyhotovení vlastních krátkodobých průzkumů dopravních intenzit. Pro metodické stanovení dopravních intenzit se využívá technických podmínek (TP) 189 (Ministerstvo dopravy ČR, 2018).



Obr. 6 Sčítané úseky v Brně v rámci celostátního sčítání dopravy (zdroj: <https://scitani.rsd.cz>)

V Brně probíhají dopravní průzkumy automobilové dopravy každý rok a sčítání cyklistů jednou za dva roky již od roku 2000, Průzkumy však nejsou prováděny podle TP189, ale upravenou vlastní metodikou. Blíže jsou dopravní průzkumy ve městě Brně popsány v kapitole 3.2.1. Jedná se o kombinaci kordonových a křižovatkových průzkumů a zahrnutí dalších technologií jako jsou cyklistické detektory, kamery a další.

Podle (TP 189) sčítání může být prováděno manuálně, pracovníky v ulicích nebo také pomocí automatizovaných detektorů různých technologií. Každý ze způsobů má své výhody i nevýhody a svým způsobem se hodí k různému využití. Manuální sčítání je vhodné především pro krátkodobé průzkumy výhodou může být rychlejší nasazení, i za cenu

zaškolení personálu. Chybovost může být především díky lidskému faktoru a menší času sčítání. Automatické sčítání je naopak vhodné pro dlouhodobější průzkumy v řádech několika dní nebo v průběhu celého roku. Vyžaduje nasazení správné technologií.

Dopravní průzkum sčítání cyklistů dle TP 189 (Ministerstvo dopravy ČR, 2018) má několik zásad a doporučení pro jeho provádění. Průzkumy cyklistické dopravy jsou velmi závislé na povětrnostních podmínkách a provádějí se obvykle podle několika bodů.

- **Časové rozpětí:** běžný pracovní den
- **Denní doba:** 7:00–11:00, 13:00–17:00 (ve větších městech 14:00–18:00)
- **Měsíce:** duben, květen, červen

Na rozdíl od průzkumu motorové dopravy, se z těchto dat již standardně nezpracovávají měsíční, či roční intenzity. Z vypočtené doby se dopočítá celková denní suma, podle režimu provozu úseku, na kterém byla data sbírána (viz Tab. 5) a následně se podle režimu započítá, jaký podíl na denní skladbě dopravy má daný úsek.

Výpočet denních intenzit probíhá podle rovnice:

$$I_d = I_m \cdot km, d \quad (1)$$

- **I_d :** denní intenzita cyklistické dopravy dne průzkumu [cyklisté/den]
- **I_m :** intenzita cyklistické dopravy za dobu průzkumu [cyklisté/doba průzkumu]
- **km, d :** přepočtový koeficient intenzity dopravy během doby průzkumu na denní intenzitu dopravy dne průzkumu (zohlednění denních variací intenzit dopravy)

Tab. 5 Charakteristika úseků dle režimu provozu (převzato z Ministerstvo dopravy ČR, 2018)

Charakter provozu	Popis
Dopravní	Jízda na kole je přepravou k cíli. Především každodenní přeprava do zaměstnání, do školy a za občanskou vybaveností včetně jízd uskutečněných systémy Bike and Ride a Bike and Go. Využití jízdního kola není tolik závislé na počasí.
Rekreačně turistický	Cílem je samotná jízda na kole. Doprava především za cíli mimo zastavěná území. Je závislá na příznivém počasí. Cyklisté jezdí jednotlivě, ale častěji ve skupinách, mnohdy i s malými dětmi.
Smíšený	Nelze určit převládající charakter dopravní nebo rekreačně turistický

Kromě samotného sčítání cyklistů v ulicích, kde jsou zjišťovány především kvantitativní data o faktickém pohybu cyklistů je vhodné celkový obraz doplnit i o kvalitativní data prostřednictvím průzkumů dopravního chování.

3.2.2 Průzkumy dopravního chování

Průzkumy dopravního chování představují další formu dat pro pochopení, jakým způsobem se lidé ve městě pohybují, a poskytují detailní informace o cyklistické dopravě. Tyto průzkumy se zaměřují na samotné složení jednotlivých způsobů dopravy tzv modal splitu.

Průzkumy dopravního chování slouží jako doplněk kvantitativních metod, například automatického sčítání, protože poskytují hlubší vhled do motivací a preferencí uživatelů. Díky těmto datům lze například:

- Identifikovat hlavní problémy respondentů, jako je nedostatečně rozvinutá infrastruktura.
- Zjistit motivaci pro využití kola, například zda slouží k dojíždění do práce, do školy, rekreačním účelům nebo nákupům.

Tyto informace jsou klíčové pro rozhodování, jako je například umístění nových cyklostezek, optimalizace cyklistických tras či zajištění lepších podmínek pro parkování kol. Historicky prvním celostátním průzkumem dopravního chování v České republice byl průzkum "Česko v pohybu", který probíhal v letech 2017-2019. Tento průzkum realizovalo Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., ve spolupráci s agenturou SC&C za podpory Ministerstva dopravy České republiky. Cílem bylo získat detailní data o dopravním chování obyvatel ČR, včetně informací o tom, odkud a kam cestují, jakými dopravními prostředky a za jakými účel. Jednou z klíčových otázek, kterou si tyto průzkumy kladou je jaké dopravní prostředky lidé využívají k dopravě. Na základě této otázky respondenti uvedli kolo jako hlavní dopravní prostředek ve 4,5 % případů (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2022). Tento poměr je přibližně stejný jako podíl cyklistů ve městě Brně, kde podle posledního průzkumu bylo v roce 2022 zastoupeno 5 % cyklistů v dopravě při pravidelných cestách do školy a do práce (Švarc et al., 2022).

Brno průzkumy dopravního chování (dělby přepravní práce) realizuje průměrně každé dva roky (2012, 2014, 2017, 2019, 2022). Dopravní průzkumy využívají i ostatní města, z nichž některá dávají výsledky k dispozici: Olomouc (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2021), Praha (Median, 2021) nebo Pardubice (město Pardubice, 2018). Limitací pro města a frekvenci realizace takovýchto je jejich vysoká finanční náročnost. Průzkum v rozsahu Brna stojí v rozmezí 200–300 000 Kč. Podle Kouřila et al. (2021) se průzkumy dopravního chování se obvykle realizují prostřednictvím:

1. **Dotazníkových šetření:** Respondenti odpovídají na otázky týkající se jejich cestovních zvyklostí, například odkud kam cestují, proč volí daný způsob dopravy a jaké mají zkušenosti s městskou infrastrukturou.
2. **Pozorování a rozhovorů:** Pozorovatelé mohou sbírat data přímo na místě a vést rozhovory s respondenty, aby získali informace o jejich potřebách a zkušenostech.

Výhody

- **Detailní informace:** Na rozdíl od čistě kvantitativních dat poskytují průzkumy kvalitativní vhled do preferencí a potřeb uživatelů.
- **Flexibilita:** Mohou být zaměřeny na specifické cílové skupiny, jako jsou například studenti, zaměstnanci nebo rekreační cyklisté.
- **Doplňková data:** Průzkumy obohacují automaticky sbíraná data o lidský faktor, jako je důvod volby dopravního prostředku nebo názory na infrastrukturu.

Nevýhody

- **Důraz na metodiku:** Pro zajištění konzistence a srovnání výsledků napříč průzkumy je důležité dodržovat stále stejnou metodiku sběru dat
- **Náklady:** Realizace průzkumů může být finančně i organizačně náročná, zejména pokud zahrnují rozsáhlý vzorek respondentů.
- **Časová omezení:** Průzkumy obvykle odrážejí chování v konkrétním časovém období, což může limitovat jejich využití pro dlouhodobé analýzy.

Kromě ručního sběru dat mohou být data sbírána dlouhodobě, a to pomocí automatických zařízení ke sčítání dopravy.

3.2.3 Způsoby automatického sběru dat

Automatické sčítače se dají dělit dle nejrůznějších parametrů. Dle Vsetečky et al. (2016) je možné detektory rozdělit na

- **Intrusivní** (zasahující do vozovky)
 - Indukční smyčky
 - Magnetické detektory
 - Piezoelektrické
- **Neintrusivní** (nezasahující do vozovky)
 - Videodetektory
 - Mikrovlnné radary
 - Infračervené detektory
 - Ultrazvukové detektory

Indukční smyčky

Indukční smyčky jsou kovová zařízení umístěná přímo do povrchu vozovky viz Obr. 7 a jsou propojena se sčítacím zařízením. V okamžiku průjezdu vozidla nebo jízdních kola je generován elektromagnetický proud a tím zaznamenáno vozidlo. Jedná se o nejběžnější typ detektoru, avšak jsou zatíženy celou řadou nevýhod, jako je například narušení povrchu vozovky. Mezi jejich výhody lze zařadit, nízkou cenu zařízení, dlouhodobě prověřenou technologii (Příbyl, 2020). Vsetečka et al. (2016) uvádí jejich problematickou detekci některých kol, zejména kol s rámem z uhlíkových vláken.



Obr. 7 Indukční smyčka se sčítacím zařízením (zdroj: [https:// kr-ustecky.cz](https://kr-ustecky.cz))

Infračervené a radarové detektory

Infračervené detektory mohou detekovat cyklisty na základě teplotního rozdílu mezi cyklistou a okolním prostředím. Tato technologie může být užitečná v místech, kde je vysoký počet cyklistů bez dalších účastníků provozu, zejména chodců. Sčítače jsou

používány v kombinaci s indukčními smyčkami pro monitoring všech pohybujících se účastníků na cyklostezkách (Partnerství, o. p. s., 2022).

Trubkové sčítače

Pneumatické trubkové sčítače jsou poměrně jednoduchá a levná zařízení pro sčítání cyklistů projíždějících přes daný bod viz Obr. 8. Fungují na principu stlačení vzduchu v trubce při přejezdu kola přes ni. Tento tlak vzduchu je pak zaznamenán a převeden pomocí výpočetní jednotky na počet cyklistů (Příbyl, 2020).

Výhody

- Snadná instalace
- Bez zásahu do vozovky
- Sčítá i těsně jedoucí cyklisty



Obr. 8 Trubkový sčítač na cyklostezce (zdroj: Metrocount.com)

V Česku tyto sčítače nejsou příliš rozšířené. Vzhledem k samotné technologii zařízení jsou viditelné a snadno přístupné pro širokou veřejnost. S tím však roste riziko vandalismu a poškození technologie.

Kamerové detektory

Detektory založené na rozpoznávání obrazu, jako jsou kamerové systémy, jsou v posledních letech stále více populární pro detekci cyklistů a vozidel (Fredianelli et al., 2022). Tyto systémy využívají kamery a sofistikovaný software pro analýzu obrazu k detekci a klasifikaci objektů. Dokážou rozeznat chodce, cyklisty, ale například i běžce. Mohou fungovat na principu jednoduché detekce a zaznamenávat počet projíždějících objektů, ale také na pokročilejší technologii záznamu trajektorií. Díky záznamu trajektorií se tak dají využít například na křižovatkách, kde je možné sledovat průjezdy cyklistů ve vybraných směrech. Tyto detektory jsou však finančně i rozměrově náročnější. Senzory jsou nejčastěji instalovány na klíčových komunikacích nebo cyklostezkách. Vzhledem k nepřetržitému provozu je nezbytné zajistit jejich napájení, které bývá obvykle připojeno k veřejnému osvětlení. Sloupy veřejného osvětlení současně slouží jako uchycení kamer, díky jejich dostatečné výšce a umožnění kvalitního přehledu nad vozovkou.

Výhody:

- Vysoká přesnost detekce různých objektů.
- Flexibilita ve funkcionalitě pro široké využití.
- Možnost integrace s dalšími systémy.

Nevýhody:

- Vysoké pořizovací a provozní náklady.
- Citlivost na povětrnostní podmínky.
- Potřeba dostatečného osvětlení pro správnou funkci v nočních/večerních hodinách.

Na trhu jsou k dostání i malé cyklistické detektory, které si mohou uživatelé nainstalovat v domácích podmínkách. Získaná data mohou následně sdílet prostřednictvím crowdsourcingu, což je metoda spolupráce, při níž jednotlivci přispívají svými výsledky k vytvoření rozsáhlého společného datasetu. V mapě na webu (<https://telraam.net/telraam>) je možné najít instalované zařízení, které rozpoznává kromě cyklistů i chodce či nákladní vozidla. Na Obr. 9 je zachycen detektor instalovaný na okně.

Cena těchto zařízení nepřekračuje jednotky tisíc Kč. Momirski a Berčič (2022) se ve své studii zaměřili na tyto zařízení při porovnání s tradičními senzory jako jsou např. indukční smyčky. I přes nepřesnosti, které mohou být způsobeny nejrůznějšími vlivy (špatná instalace, povětrnostní podmínky, dopravní situace), mohou být tyto senzory užitečné a podávat dobré výsledky vzhledem k své nízké ceně. Janež et al. (2022) zmiňují, že často mají tyto senzory problémy s klasifikací detekovaných objektů, zda se jedná o cyklistu nebo například shluk cyklistů klasifikují jako automobil.



Obr. 9 Uchycení senzoru Telraam v1 na okno (zdroj: <https://telraam.net/>)

Výše byly zmíněny základní způsoby získávání dat o cyklistické dopravě ve městě jako jsou dopravní průzkumy, nebo cyklistické detektory. Avšak ve městech často funguje forma sdílených kol (Bikesharing), kde využívání této služby uživateli může přinést další zdroj dat o pohybu cyklistů.

3.3 Sdílená kola-bikesharing

Bikesharing neboli sdílená kola, představuje moderní a udržitelnou formu dopravy, která se stává stále populárnější v evropských městech (European Environment Agency, 2024). V České republice se tato služba rozvíjí zejména v posledním desetiletí. Umožňuje obyvatelům i návštěvníkům měst rychlý a snadný přesun na kole mezi různými místy bez nutnosti vlastního kola.

Bikesharing navíc přináší cenná data o pohybu cyklistů po městě. Informace o trasách, tedy o jízdách mezi konkrétními body, umožňují lepší pochopení směřování cyklistických proudů. To může městům pomoci efektivně plánovat infrastrukturu a podporovat udržitelnou mobilitu.

3.3.1 Historie bikesharingu

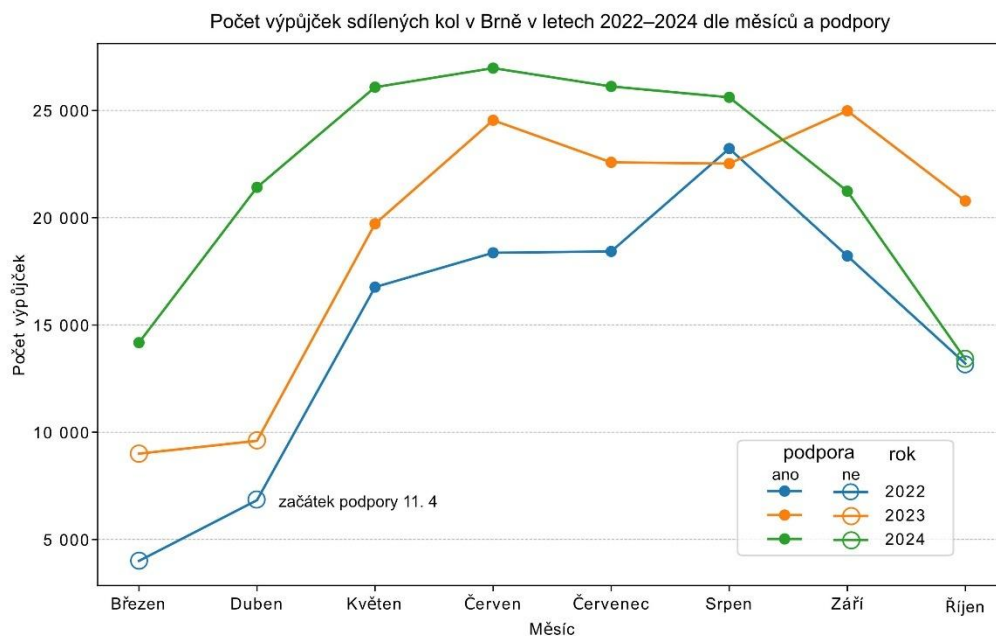
Historie sdílených kol-bikesharingu se začala psát v roce 1965 v Nizozemí. Počátky sdílených kol byly označovány za tzv 1. generaci bílých kol. V této generaci bylo půjčování zdarma a kola byla volně umístěna v prostoru města. Tento způsob však měl za následek časté krádeže a poškození kol. Druhá generace již fungovala na principu depozitu, kdy uživatel musel vložit peněžní prostředek, který mu byl po ukončení výpůjčky vrácen. Tyto systémy byly rozšiřovány především v 90. letech 20. století v rámci Evropy. V principu vracení pomocí depozitu však bylo nutné vybudovat síť stanic a kola tak musela být vracena na daná stanoviště. Poslední generace sdílených kol je už založena na moderních technologiích, identifikaci uživatele a bezkontaktních platbách (Shaheen et al., 2010). V České republice se Bikesharing poprvé objevil v roce 2005 pražské čtvrti Karlín, a to pod provozovatelem firmou Homeport s.r.o. pod značkou Yello (nakole.cz, 2005). Poté následovaly další firmy jako byly například Velonet, Ofo, nextbike, či Rekola (Mičian, 2017).

Systém bikesharingu se dělí na bezstanicový (tzv. free floating) a stanicový. Stanicový systém umožňuje půjčení a opětovné vrácení kola do vymezených stanovišť. Tato stanoviště jsou nejčastěji vymezena pomocí pevných stojanů. Bezstanicový systém naopak umožňuje uživateli vrátit kolo téměř bez omezení ve vymezené zóně (Cheng et al., 2020). Bezstanicový systém s sebou nese řadu nevýhod, zejména chaos v zaparkovaných kolech, která se objevují na chodnících a překáží tak v cestě (Hirsch et al., 2019). Tyto problémy se však vyskytují i u stanicového systému, kde ne všichni uživatelé vrátí kolo do stanice. Město Brno jako jedno z prvních měst v ČR zavedlo systém tržního řádu v roce 2022, kde nařízením vymezuje, na jakých místech mohou být sdílená kola a další prostředky sdílené mobility jako jsou koloběžky nabízeny (Zdopravy, 2022).

3.3.2 Bikesharing v českých městech

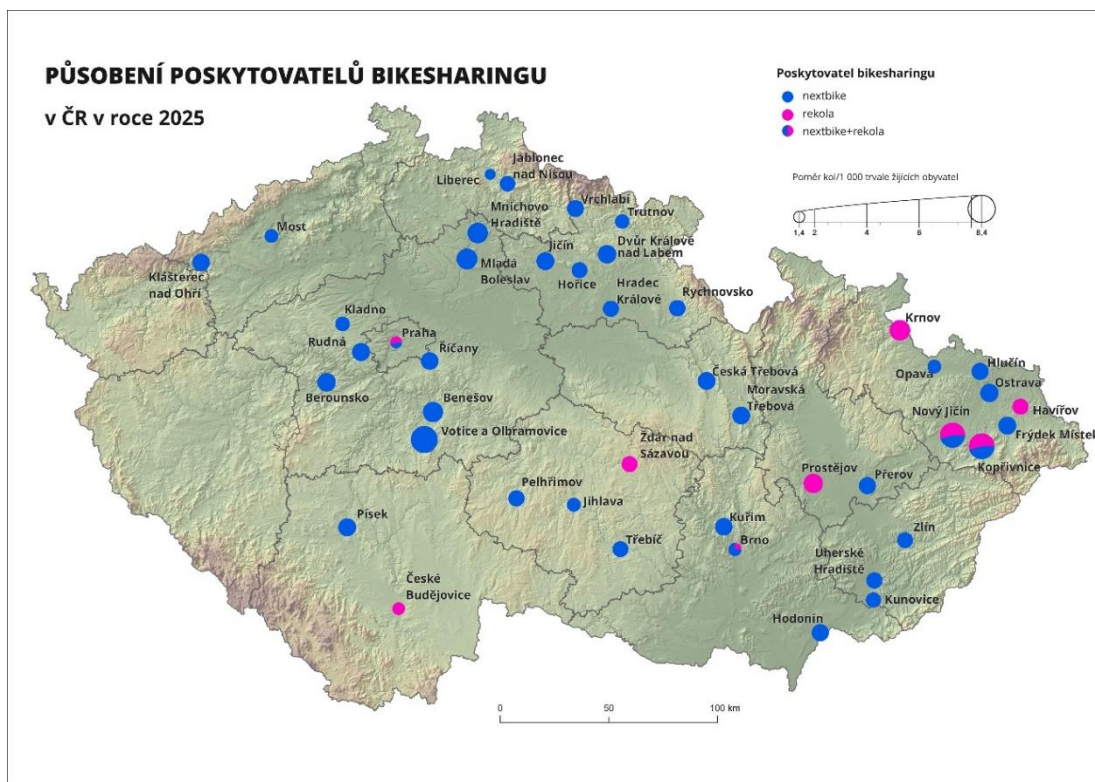
Systém bikesharingu v České republice lze označit jako kombinovaný. Provozovatelé obvykle nevyužívají vlastní stanice pro parkování kol, ale spoléhají na městskou infrastrukturu. Parkování probíhá u stojanů, ve virtuálních zónách nebo na jiných vymezených místech určených v aplikaci poskytovatele. Většina měst, ve kterých v roce 2024 bikesharing působil podporovala pohyb občanů pomocí dotovaných jízd. Ze svých rozpočtů vynakládala určité prostředky a po celý rok nebo část roku měli občané alespoň jednu jízdu zdarma. Většina měst jízdy v rámci bikesharingu podporuje systémem 1-2 jízdy v určitém časovém rozsahu za jeden den na uživatele. V některých městech je podpora vztažena na hlavní cyklistickou sezonu např. od dubna do listopadu (rekola, 2024; nextbikeczech, 2024). Podpora města se výrazně promítá do počtu realizovaných jízd v Brně. Jak ukazuje graf na Obr. 10, období, kdy je poskytována finanční podpora, vykazuje mnohem vyšší počet uskutečněných jízd ve srovnání s obdobími bez podpory. Na

příkladu měsíce března je patrný znatelný rozdíl oproti předcházejícím dvěma rokům. V roce 2024 došlo k nárůstu počtu jízd přibližně o 300 % oproti roku 2022 a o 100 % oproti roku 2023. Další výrazný rozdíl je vidět v říjnu, kde měsíc s podporou vykazuje o 50 % více jízd než předcházející roky bez podpory. Ačkoli na počty jízd může mít vliv i počasí, vliv městské podpory je zcela zřejmý. Finanční podpora tak představuje klíčový faktor pro zvýšení využívání bikesharingu ve městě.



Obr. 10 Výpůjčky sdílených kol dle let a podpory v Brně (zdroj: vlastní zpracování)

Na Obr. 11 je znázorněno rozložení poskytovatelů bikesharingu s přepočtem na 1000 trvale žijících obyvatel dle Českého statistického ústavu (ČSÚ) v roce 2024. Mezi města s největším zastoupením kol na obyvatele patří Prostějov, Mladá Boleslav, Nový Jičín, Votice a Olbramovice, kde je dosaženo téměř 8 kol/1000 obyvatel. Naopak na opačném konci jsou Pardubice, Liberec, Brno, Kladno, Praha, kde poměr nedosahuje ani 2 kol na 1000 trvale žijících obyvatel.



Obr. 11 Rozložení poskytovatelů bikesharingu v ČR k 1. 2. 2025 (zdroj: vlastní zpracování)

V některých městech působí provozovatelé bikesharingu nejen v daném místě ale i v sousední přilehlé obci. Jsou to města Votice a Olbramovice, Rychnovsko (Rychnov nad Kněžnou a Kvasiny), Nový Jičín a Kopřivnice a Berounsko (Beroun, Králův Dvůr, Hýskov, Tetín a Zdice). Ve všech těchto městských oblastech mohou uživatelé volně přejíždět a je tak podpořena meziměstská mobilita.

3.3.3 Využití dat bikesharingu

V minulosti již byla publikována celá řada odborných článků a studií, které se zabývaly analýzou pohybu sdílených kol ve městě. Loidl et al. (2019) se ve své práci zabývali analýzou dat bikesharingu a jejich optimalizací z pohledu rozmístění sítě stanic ve městě Salzburg. V případové studii kombinovali řadu dat pro analýzu jako bylo trvale žijící obyvatelstvo, vzdálenost adresních bodů od zastávek veřejné dopravy, online průzkum pro participaci občanů zjištění jejich preferencí na stanice bikesharingu. Kromě návrhu konkrétních stanovišť studie ukázala, že uživatelé v průzkumu upřednostňovali poměrně hustou síť stanic, a to s maximální vzdáleností přibližně 5 minut chůze mezi nimi.

Bieliński et al. (2019) provedli rozsáhlý výzkum bikesharingu v Polsku kde pomocí regresečního modelu zkoumali vliv faktorů na provoz bikesharingu v 38 polských městech. Mezi faktory, které přímo ovlivňují pozitivně počet jízd byly (počet obyvatel měst, délka cyklistické infrastruktury, míra turismu, počasí), faktory, které naopak neměly vliv byly např. průměrná mzda, délka zavedení systému). Významný byl také vztah mezi počtem stanic a počtem jízd/kolo. Uživatelé tak mají větší pohodlí pro vrácení/půjčení kola, a území je zasítované.

Mezi další práce které se zabývaly strukturou jednotlivých jízd je možné uvést například (Willberg et al., 2021), (Kou a Cai, 2019). Napříč studiemi se vyskytují společné rysy jednotlivých cest. Například rozložení během dne dosahuje dvou špiček, ranní a odpolední, kdy lidé cestují do práce/do školy, a poté z práce a ze školy. Kou a Cai, (2019) srovnávali

8 měst USA z pohledu bikesharingu, v této studii bylo zjištěno že délka jednotlivých jízd z pohledu času je průměrně kolem 10 minut, délka těchto jízd byla průměrně kolem 2,5 km. Potvrzuje se tak že Bikesharing je především systém krátkých vzdáleností.

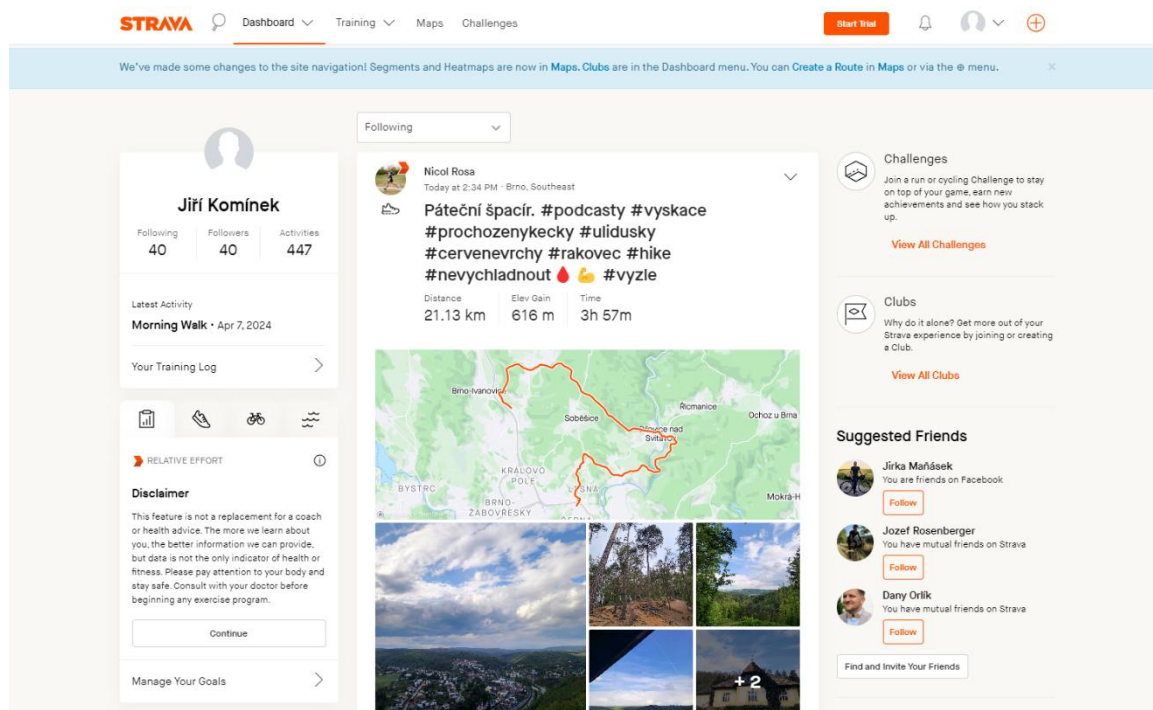
V ČR na téma bikesharingu byla publikována řada studentských prací, které se však věnovaly této problematice především z pohledu ekonomického, uživatelského, či udržitelné formy dopravy (Kubíková, 2021), (Podškubková, 2020), (Pavlovcová, 2019). Hric (2018) se ve své práci zabýval srovnáním několika krajských měst (Olomouc, Pardubice, Hradec Králové) nad daty společnosti Rekola. Ačkoli bikesharingová data poskytují cenné informace o sdílených kolech ve městě, zachycují pouze určitou část cyklistické dopravy. Pro širší pohled na pohyb cyklistů, včetně rekreační a sportovní jízdy, lze využít data ze specializovaných aplikací.

3.4 Data ze sdílených aplikací Strava

S rozvojem technologií stoupá i počet uživatelů kteří pro jízdu na kole a další sportovní aktivity používají nejrůznější měřicí zařízení a techniku. Fischer et al. (2022) ve své studii na dvou kanadských městech Vancouver a Victoria demonstrovali, jak se mezi lety 2019 a 2020 zvýšilo zastoupení uživatelů využívající aplikaci Strava a tím se zvýšila i korelace mezi těmito daty a daty naměřených tamními detektory.

Aplikace Strava je založena na principu crowdsourcingu, a to získání dat přímo od uživatelů aplikace. Na rozdíl od dat ze cyklistických detektorů nebo jiných lokálních zdrojů mají data ze stravy výhodu pokrytí velkého vzorku uživatelů. V případě zaměření na cyklistiku existuje velká řada aplikací pro záznam aktivit mezi neoblíbenější však patří aplikace Strava, která také jedna z mála nabízí i data pro další analýzy prostřednictvím aplikace Strava Metro (Lee a Sener, 2020).

Aplikace Strava není jen nástrojem pro zaznamenávání sportovních aktivit, ale zároveň funguje jako sociální sportovní síť s výrazným komunitním aspektem. Byla založena již v roce 2009 a od svého vzniku obsahuje prvky gamifikace, jako jsou například tituly „král“ nebo „královna“ konkrétního úseku pro uživatele s nejrychlejším časem. Strava funguje podobně jako sociální síť – každý uživatel má svou virtuální zeď (Obr. 12), kde může sdílet své aktivity s ostatními. Uživatelé se mohou navzájem sledovat, komentovat své výkony a vzájemně se motivovat (Strava, 2025).



Obr. 12 Ukázka prostředí aplikace Strava (zdroj: <https://www.strava.com>)

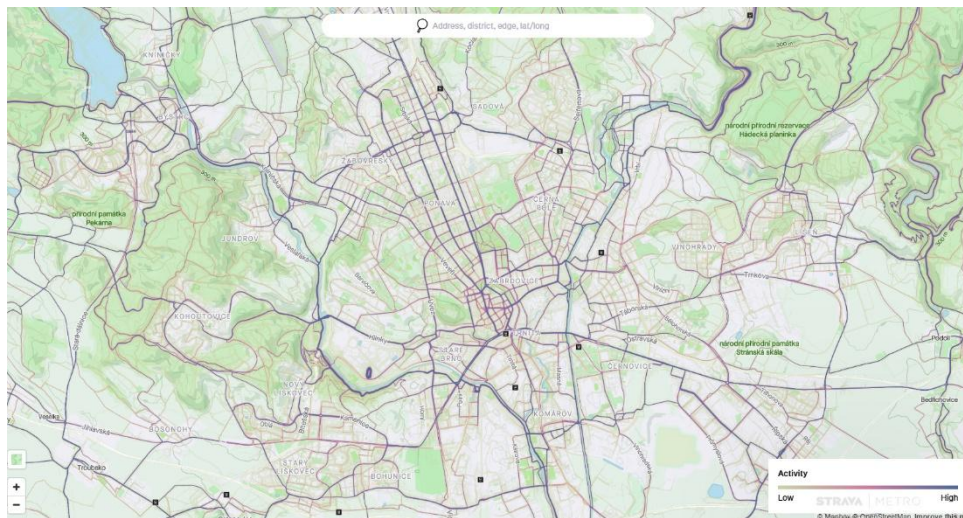
Používání aplikace je zdarma, avšak je možné zakoupit si premium účet, který přináší řadu výhod pro uživatele, například v lepší možnosti analýzy svých naměřených dat, Aplikace je také velmi populární díky možnosti synchronizovat širokou řadu zařízení a poskytuje tak dobré propojení mezi uživateli různých druhů zařízení, kteří ve většině případů používají vlastní aplikace. Vedle individuálního využití aplikace se zaznamenaná data uplatňují i ve větších analýzách cyklistické dopravy. Pokud uživatelé neodmítnou sdílení svých údajů, jsou tato data dále anonymizována a využívána v nástroji Strava Metro, který umožňuje městům, výzkumníkům i dopravním plánovačům lépe porozumět pohybu cyklistů (Strava, 2023a).

3.4.1 Strava Metro

V roce 2014 byla spuštěna aplikace Strava Metro. Která přinesla zcela nové možnosti a revoluci do sběru dat o pohybu cyklistů (Strava, 2023b). Strava Metro agreguje veřejná data od uživatelů (Strava, 2024c) a podává tyto informace v nové podobě několika formátů (úseků, agregovaných polygonů a dalších typů dat). Data jsou rozlišena například podle pohlaví, typu aktivity (pracovní/volnočasová) nebo věku uživatele. Strava Metro však není dostupná běžným uživatelům. Data jsou určena pro instituce a plánovače dopravy rozvojových opatření, kteří na základě těchto dat mnohou dělat lepší strategická rozhodnutí. V roce 2020 společnost Strava oznámila že uvolní tato data pro místní samosprávy a veřejné instituce zdarma. Pro možnost využívat tato data je nutné požádat o tzv Partnerství. Pro potvrzení přijetí do programu je nutné uzavřít smlouvu se společností Strava o bezplatném poskytování těchto dat (Strava, 2024a). Brno je členem programu od roku 2021.

Pro běžné uživatele je dostupná heatmapa v rozmezí celého světa. Pro zobrazení detailního přiblížení je nutné, aby byl uživatel zaregistrován do účtu Strava. Na webu <https://www.strava.com/maps/>, je možné prohlížet globální heatmapu v odstínech modré barvy. Každý uživatel může vidět globální trendy z pohledu počtu zaznamenaných aktivit.

Při pohledu na Obr. 13 je vidět oblast Brna, s viditelnými páteřními trasami podél řek Svitavy a Svatky. Velkou výhodou získaných dat z programu Strava Metro je jejich předzpracování pro dalších využití. V případě exportu GIS dat jsou jednotlivé údaje již agregovány a připojeny na liniovou síť založenou na OpenStreetMap (OSM).

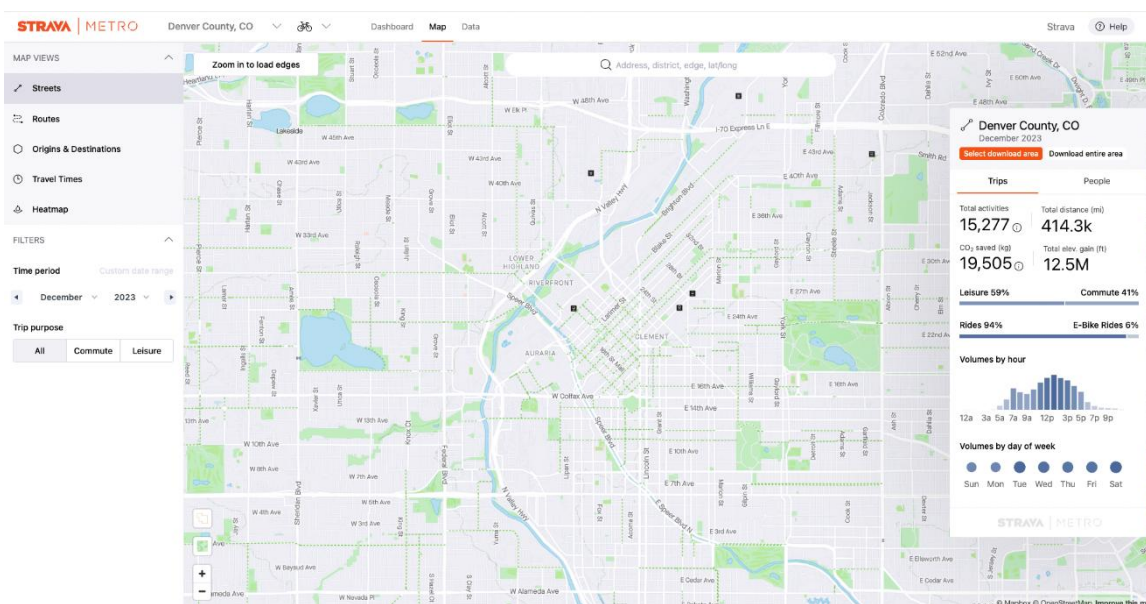


Obr. 13 Vizualizace dat Strava Metro (zdroj: Metro.strava.com)

Aplikace Strava Metro

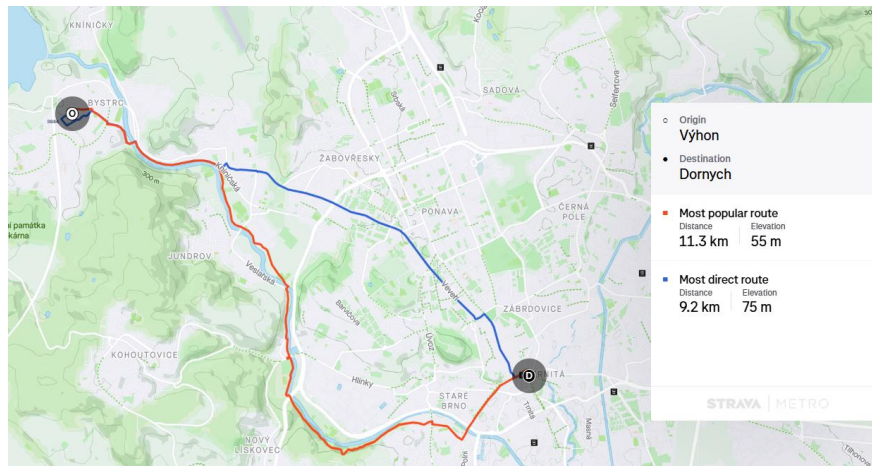
V případě že má uživatel možnost využívat data Strava Metro, tak nemusí vlastnit žádný specializovaný GIS software. Uživatelé mají k dispozici rozhraní interaktivního dashboardu s přehledem dat s několika možnostmi. Demo s ukázkovými daty lze nalézt na adrese <https://Metroview.strava.com/demo>. Rozhraní obsahuje tři záložky a to:

- **Dashboard:** který ukazuje základní přehled ukazatelů jako jsou celková čísla aktivit, uživatelů, ujeté vzdálenosti atd.
- **Map** (Obr. 14): Na této záložce má uživatel možnost zobrazovat jednotlivá data ve svém území které mu bylo zpřístupněno strava Metro. Nachází se zde 5 záložek.



Obr. 14 Prostředí aplikace v sekci map (zdroj: strava.com)

- **Streets:** Uživatel zde může přistupovat k jednotlivým úsekům silniční sítě a zkoumat jejich data – například složení typů jízdy nebo to, v jakých hodinách jsou dané úseky nejvíce využívány. K dispozici je také možnost exportu úseků do GIS formátu. Export lze nastavit s různou časovou granularitou, a to na úrovni hodin, dní, měsíců nebo celého roku.
- **Routes:** Záložka umožňuje hledat prostorové vzorce v datech, a to spojení počátku a cíle cesty. Je možné nastavit nejvíce oblíbenou cestu mezi dvěma body nebo naopak co nejkratší cestu a pozorovat rozdíl mezi těmito trasami viz Obr. 15. Obsahuje také volbu *custom route*, kde je možné zvolit váhu mezi *most popular* a *most direct*. Data o cestách není možné exportovat jako GIS data.



Obr. 15 Ukázka funkce Routes (zdroj: strava.com)

- **Origins a Destinations:** Ukazuje agregovaná data z pohledu cílů a cest. V tomto případě je území překryto sítí hexagonů (pravidelných šestiúhelníků) o hraně 833 m a ke každému z nich jsou spočítány cíle a počátky. Uživatel tak může zakliknout jakýkoliv hexagon a zobrazit si detaily top cílů k vybranému počátku. Jako jsou například délky a časy jízdy, kdy jízdy byly uskutečněny, či o jaký typ jízdy se jedná. Data jsou agregována z důvodu zachování anonymity. V případě že z jednoho hexagonu není dostatečný počet jízdy pro anonymizování dat, zobrazí se hláška o tom, že není dostatečný počet dat.
- **Data:** Na záložce data jsou dostupné navolené exporty ze záložky *Map* (Obr. 16). Jsou k dispozici ve dvou skupinách *Large exports* a *Small exports*. K dispozici je ke stažení archiv dat ve formátu zip, který obsahuje atributy ve formátu CSV a SHP soubor liniové sítě na kterou jsou data navázána. Strava Metro je navázána na síť Open street map pomocí identifikátoru úseku OSM.

Large Exports				
FILENAME	USER	DESCRIPTION	SIZE	CREATED ▾
all_edges_yearly_2022_ride	kominekjiri@brno.cz	Download contents: .shp + .csv (.zip) Area: Brno, Jihomoravský, Czech Republic Extent: Entire Area (All edges) Time frame: Yearly Time period: 2022 Activity types: Rides, E-Bike Rides Trip purpose: Commute + Leisure OSM basemap version: 230123	8.3 MB	2024-02-02 Download

Obr. 16 Záložka ke stažení dat (zdroj: strava.com)

3.4.2 Strava Metro a studie

Ačkoliv jsou data z programu Strava Metro pod přísnými licenčními podmínkami a nejsou volně šířitelná tak za dobu jejich existence nad nimi bylo publikováno několik odborných článků a studií. V prostředí ČR lze uvést práci Kapounkové (2016), která se ve své bakalářské práci zaměřovala na využití dat ze sportovních aplikací pro rozvoj města Olomouce. Na základě získaných dat od vzorku dobrovolníků demonstrovala nejvíce využívané cyklostezky, komunikace s doporučeními, kde například postavit nové opatření či identifikovala nebezpečná místa na dopravní infrastruktuře. Práce však naráží na příliš malý vzorek dat od pouhých 21 respondentů. Stejně tak v době psaní její práce byla dostupná pouze ukázková data Strava Metro zdarma a například data pro území Olomouce byla naceněna na 5000 \$ a jejich případné využití tak bylo velmi omezené. Fischer et al. (2020) hodnotili a srovnávali jízdy z aplikace Strava Metro, které byly označeny jako pracovní, s jízdami označenými jako rekreační. Studie probíhala na území města Victoria v Kanadě, které je srovnatelné s Brnem z hlediska počtu obyvatel (367 000 / 390 000) i podílu cyklistické dopravy na dělbě přepravní práce (modal splitu) – ve Victorii 6 %, v Brně 5 %. Autoři analyzovali data Strava Metro za období let 2016 a 2017. Pracovní jízdy se častěji vyskytovaly v okolí univerzit a v oblastech s cyklistickou infrastrukturou, zatímco rekreační jízdy byly koncentrovány v místech s vyšší hustotou obyvatel nebo v kopcovitém terénu. Podle autorů jsou pracovní jízdy vhodnějším indikátorem pro zachycení cyklistických trendů napříč populací a pohlavím.

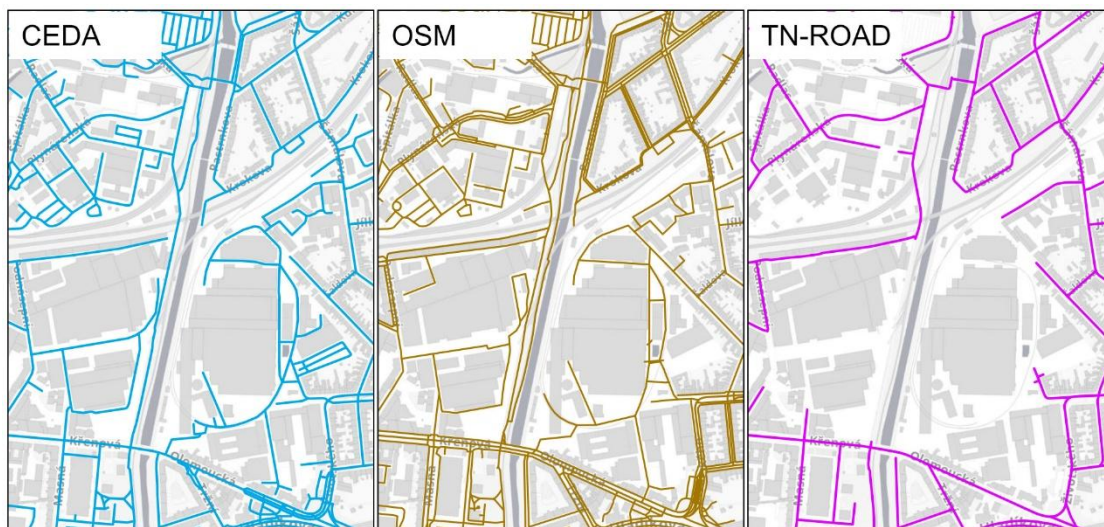
V článku Robinson et al. (2024) se zaměřili na využití dat těchto dat v městském plánování. Především poukázaly na výhody nevýhody těchto dat. Mezi výhody lze zařadit nulové náklady, široké pokrytí území, historická data. Naopak nevýhody spočívají např. v reprezentativnosti vzorku dat, kdy záznamy v aplikaci využívají spíše uživatelé sportovnějiho založení a ti mohou preferovat vybrané cesty ve městě.

4 ZPRACOVÁNÍ DATOVÝCH SAD

Jedním z hlavních cílů této práce je propojení všech dostupných dat o pohybu cyklistů do jedné souhrnné sady, která bude založena na liniové silniční síti. Proto před samotným zpracováním jednotlivých sad o pohybu cyklistů byla vybrána liniová síť, nad kterou bude probíhat výsledná integrace. Pro detailní analýzu městského prostředí jsou k dispozici dvě hlavní možnosti: komerční produkt StreetNet od společnosti CEDA a otevřená data z OpenStreetMap (OSM). Jako hlavní sada byla pro tuto práci zvolena liniová data OSM, a to z několika důvodů: široké rozšíření, nativní podpora ve vrstvách používaných cyklistickými aplikacemi (např. Strava) a snadná dostupnost. Alternativně lze pro analýzu městského prostředí využít také volně dostupnou datovou sadu TN-ROAD.

Datová sada TN ROAD (Transport Networks - Road) je součástí směrnice INSPIRE a poskytuje harmonizovaná data o silniční infrastruktuře v České republice. Data jsou založena na Základní bázi geografických dat ČR (ZABAGED®) a jsou kompatibilní s obdobnými daty v celé Evropě díky jednotné struktuře dle INSPIRE pravidel. Obsahují informace o typech komunikací, jejich geometrii a napojení na další dopravní sítě, což je užitečné pro urbanistické plánování, dopravní analýzy a integraci do GIS aplikací. Výhodou je volná dostupnost, pravidelná čtvrtletní aktualizace a kompatibilita s evropskými standardy (INSPIRE, 2023). Omezení ve vztahu k cyklistické dopravě spočívají v absenci podrobností o trasách, jako jsou cyklostezky, a méně časté aktualizaci oproti komunitním zdrojům, jako je OpenStreetMap. Z tohoto důvodu byla INSPIRE data vyřazena již v počáteční fázi analýzy a další práce se soustředila výhradně na sady OSM a CEDA StreetNet.

Na Obr. 17 je znázorněno srovnání výše zmíněných sad na oblasti kolem řeky Svitavy mezi ulicemi Křenová a Cejl. Největší rozdíl je v absenci cyklostezky podél Svratky u sady TN-ROAD. Rozdíl je patrný i mezi daty OSM a StreetNet kdy data OSM jsou podrobnější a zahrnují i například chodníky a další vedlejší sítě.



Obr. 17 Srovnání sítí StreetNet, OSM, TN-ROAD (zdroj: vlastní zpracování)

4.1 Data OpenStreetMap

OpenStreetMap (OSM) je otevřená a editovatelná mapa světa, která poskytuje detailní geografická data již od roku 2004. Díky široké komunitě z celého světa obsahuje nejen silniční síť, ale také cyklostezky, pěší trasy, povrchy cest a další klíčové prvky včetně budov,

linek dopravy a další (OpenStreetMap, [s. a.]). Od roku 2012 jsou data šířená pod licenci Open Database License (ODbL) 1.0, která umožňuje volné využívání, úpravu a sdílení dat za podmínky, že jakékoli odvozené databáze budou rovněž zpřístupněny pod stejnou licenci. To zajišťuje, že data z OSM zůstávají otevřená a dostupná pro širokou veřejnost, včetně výzkumníků, městských plánovačů a vývojářů aplikací (OpenStreetMap, 2021).

Data OSM byla stažena z webu Geofabrik.de ve formátu Protocolbuffer Binary Format (PBF), který poskytuje větší rozsah atributů dat a je tak vhodnější pro detailnější využití na rozdíl od předpřipravených dat SHP (geofabrik, 2019). Formát PBF není možné nativně nainportovat do ArcGIS Pro, ale je nutné tato data nejprve upravit.

4.1.1 Příprava sítě

Data ve formátu PBF jsou dostupná ke stažení pro celé území ČR. Pro rychlejší zpracování je vhodné oříznutí na požadovanou oblast. K tomu lze využít nástroj *Osmconvert*, který je dostupný jako spustitelný soubor (.exe) ke stažení na wiki OpenStreetMap. Oříznutí dat je možné provést dvěma způsoby:

1. Bounding box – výběr na základě pravoúhlého rozsahu souřadnic.
2. Přesný tvar – použití polygonu ve formátu poly.

Příkaz pro oříznutí dat se zadává v příkazové řádce a lze jej přizpůsobit podle zvoleného způsobu oříznutí. Data Rigorózní práce byla oříznuta polygonem Jihomoravského kraje viz Obr. 18.

```
osmconvert osm_data.pbf -B=jmk.poly --out-pbf -o=osm_data_03.pbf
```

Obr. 18 Příkaz pro oříznutí PBF souboru (zdroj: vlastní zpracování)

Po oříznutí byla data převedena formátu kompatibilního s GIS softwarem. K tomu byla využita databáze PostgreSQL s rozšířením PostGIS. Import dat byl proveden prostřednictvím nástroje OSM2PGSQL. Před samotným importem je nutné nakonfigurovat XML soubor, který specifikuje, jak budou jednotlivé OSM tagy zpracovány a přiřazeny k atributům v databázových tabulkách. Použitý XML soubor je přiložen ve volné elektronické příloze 12. Pro zpracování výsledné liniové vrstvy byly vybrány specifické tagy důležité pro charakteristiku cyklistické infrastruktury viz Tab. 6.

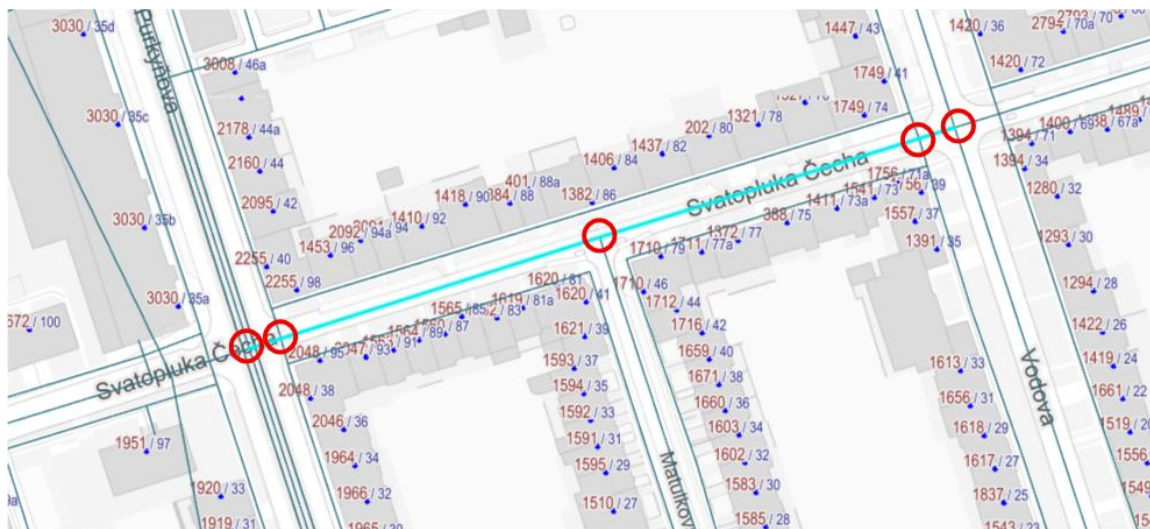
Tab. 6 Vybrané OSM tagy popisující cyklo infrastrukturu (zdroj: vlastní zpracování)

Tag	Popis	Hodnota
Highway	Určuje, o jaký typ komunikace se jedná (chodník, silnice, schody...)	footway, motorway, residential
Oneway	Určuje, zda se jedná o jednosměrku	Yes/no, -1, alternating
Oneway:bicycle	Určuje, zda se jedná o jednosměrku a je zde povolen vjezd cyklistům	Yes/no
Cycleway	Určuje přítomnost cyklistické infrastruktury na komunikaci	lane, track, separate, no
Cycleway:both	Cyklistické opatření	Lane...

Tag	Popis	Hodnota
Name	Název pojmenovaného úseku, název ulice	Tyršova, Valchařská...
cycleway:left(right)	Cyklistické opatření na straně silnice	Track, lane, separate, busway
cycleway:left(right):lane	Popisuje typ infrastruktury pro cyklisty	Exklusive, advisory, piktogram,doorzone
cycleway:left(right):oneway	Určuje, zda provoz cyklistů v protisměru je jednosměrný/obousměrný	Yes/no, 1, -1
Maxspeed	Maximální rychlost na dané komunikace	50 (km/h), 30 mph, none (bez omezení)
Surface	Popisuje povrch	Fine gravel, stone, asphalt

Po importu do databáze PostgreSQL je možné přímé propojení do software ArcGIS Pro a export do *feature class*. Z importovaných tabulek je nutné použít vrstvu *planet_osm_line*, která obsahuje všechny potřebné linie. Vrstva pojmenovaná jako *planet_osm_roads* obsahuje pouze vybrané úseky silniční sítě.

Vrstva však není vhodná pro použití k síťovým analýzám, jelikož nejsou její segmenty rozděleny v křižovatkových uzlech viz Obr. 19. Pomocí funkce *feature to line*, je možné rozdělit vrstvu na požadované segmenty končící křižovatkovým bodem.



Obr. 19 Liniová vrstva OSM bez rozdělení v uzlových bodech (zdroj: vlastní zpracování)

4.1.2 Validace sítě OSM

Díky původu dat sítě OSM je vhodné validovat její data oproti skutečnému stavu vedenému v pasportu MMB Odboru dopravy. Ne vždy mohou být informace zadávané širokou veřejností aktuální a správná. Pro porovnání s pasportem byly vybrány cykloobousměrky.

Výběr úseků označujících jízdu v protisměru byl nad daty OSM proveden pomocí kombinace tagů za použití SQL jazyka viz Obr. 20.

(oneway = 'yes' And cycleway IN ('opposite', 'opposite_lane', 'opposite_track')) Or oneway_bicycle = 'no'

Obr. 20 Výběr úseků s povolenou jízdou cyklistů v protisměru (zdroj: vlastní zpracování)

Byl nalezen jeden úsek dle dopravního značení, který nebyl v datech OSM zaznamenán. V době analýzy dat byl tento úsek starý pouze několik dní. Bylo také zjištěno několik úseků viz

Tab. 7, které byly v datech OSM nesprávně označeny jako povolené pro jízdu cyklistů v protisměru. Tato nepřesnost poukazuje na to, že ačkoli OSM poskytuje rozsáhlý soubor dat, ne vždy jsou tato data aktuální a přesná.

Tab. 7 Vybrané chybné zařazené úseky jednosměrných komunikací

Název úseku	OSM tag	Dopravní značení	Poznámka	Chyba
Rybářská	Cycleway: Opposite track	ne	Chybně zadaný úsek uživatelem	Přebytečný
Tř. Kpt. Jaroše	Oneway_bicycle=no	ne	Nesprávné použití atributu oneway_bicycle	Přebytečný
Lazaretní	Cycleway: opposite	ne	Změna dopravního značení v roce 2022	Přebytečný
Hrázní	Null	ano	Změna dopravního značení	Chybí

4.1.3 Porovnání sítě OSM a CEDA StreetNet

Výše byly popsány některé znaky a výhody sítě OSM. Pro srovnání byla použita síť OSM z května 2024 a data CEDA StreetNet verze 2206.

StreetNet

Datová sada StreetNet je komerční produkt od firmy CEDA, který je vhodný pro síťové a navigační analýzy. Struktura této sady se dělí na základní síť CEDA StreetNet a nadstavbové části (CEDA Nav) (Ceda, 2024). Z hlediska použití pro podrobnější analýzy cyklistické dopravy však tato data nejsou příliš vhodná, neboť neobsahují některé parametry dostupné u dat OSM, zejména specifikaci druhu cyklistické infrastruktury viz Tab. 8. Taktéž v datech nejsou chodníky či vedlejší cesty kudy cyklisté projíždí nebo mohou projíždět. Největší výhodou datové sady StreetNet je její topologie a možnost provádět síťové analýzy.

Významný rozdíl mezi oběma produkty je také ve způsobu licencování a finanční náročnosti na pořízení. Cena za data StreetNet se může pohybovat v řádech desítek tisíc korun v závislosti na rozsahu území, zatímco data OSM jsou k dispozici zdarma.

Tab. 8 Srovnání StreetNet a OSM z hlediska cyklistické infrastruktury

Cykloopatření	StreetNet	OSM
Cyklostezky, stezky pro chodce a cyklisty	Ano	Ano
Cyklopruhy	Ne	Ano
Piktogramový koridor	Ne	Ano
Cykloobousměrky	Ano (součást nadstavby NAV)	Ano
Cyklotrasy	Ne	Ano

Výběr a práce s daty Streetnet je snadná díky jasně definovaným atributům uvedeným v jednotné dokumentaci. Tyto atributy přesně určují typ komunikace či cyklistického opatření, což usnadňuje jejich interpretaci a využití. Významnou výhodou oproti OSM je jednotná tvorba dat v rámci jedné organizace. To znamená, že při jejich sběru a aktualizaci je dodržována jednotná metodika, což minimalizuje roztržitost a zajišťuje vyšší konzistenci dat.

Práce s OSM je složitější, protože identifikace cyklistických opatření vyžaduje kombinaci několika tagů, jejichž interpretace se může lišit podle geografické lokality a místních zvyklostí (Davidovic et al., 2016). Pro území Brna je možné použít následující kombinace tagů viz Tab. 9, pro identifikaci jednotlivých druhů cyklistických opatření. Taktéž bylo zjištěno, že není jednoznačně možné odlišit druhy cyklistických opatření. Úseky rozdílného typu jsou značeny stejnou kombinací tagů, ačkoliv se jedná o cyklostezku pouze pro cyklisty a cyklostezku smíšenou pro pěší a cyklisty. Také bylo zjištěno několik úseků se značením, které neodpovídá skutečnosti z důvodu zastarání informací a neaktuálnosti na straně uživatelů OSM, tak chybného značení dat OSM oproti skutečnosti.

Pomocí jazyka Arcade byl na základě kombinací atributů vypočítán atribut typ opatření, který rozřadil jednotlivé úseky podle cyklistických opatření. Výpočet atributů cyklistických opatření je přiložen ve volné elektronické příloze 12.

Tab. 9 Zjednodušená kombinace tagů pro cyklo infrastrukturu

Typ	Tagy
Chodník s povoleným vjezdem cyklistů	Highway: footway, bicycle: designated, yes
Cyklopruh	Cycleway=lane, cycleway=shared_line, cycleway=share_busway
Cyklopiktogram	Cycleway=pictogram, cycleway_right/left== pictogram
Cyklostezka	Highway=cycleway,
Stezka pro pěší s povoleným vjezdem cyklistů	Highway=footway, bicycle=designated, bicycle=yes,

Obě datové sady mají svá specifika a přinášejí řadu výhod i nevýhod. Mezi hlavní výhody sady Streetnet patří možnost využití pro síťové analýzy, jednotné značení a konzistentní struktura dat, která je výsledkem práce jedné společnosti. Data silniční sítě jsou vedena osou komunikace, což zajišťuje jejich jednotnost a usnadňuje jejich použití pro analýzy

trasování. Hlavními nevýhodami jsou vysoká cena a licenční omezení těchto dat. Navíc atributy popisující cyklistická opatření jsou omezené a zahrnují pouze cyklostezky a stezky pro chodce a cyklisty. V sadě Streetnet se také objevují chyby a nesoulady se skutečným stavem, například chybně zařazené úseky a neaktuálnost některých dat.

4.1.4 Problémy a omezení sítě OSM

Data OSM se vyznačují především svou otevřeností a širokou uživatelskou komunitou, která je schopná rychle reagovat na změny v terénu a udržovat data aktuální. Tato datová sada nabízí bohatou základnu informací o cyklistických opatřeních, jako jsou cyklopiktogramy, vyhrazené pruhy a cykloobousměrky. Nevýhodou je však široká a různorodá uživatelská komunita, což může vést k nekonzistentnosti v popisu úseků. Sada také není vhodná a připravená pro provádění síťových analýz bez předchozí přípravy dat. Byly identifikovány chyby, jako jsou neaktuální nebo špatně značené úseky a celá řada nesprávně označených úseků.

V případě že uživatel chce vyfiltrovat vybrané úseky silniční sítě např. pro potřeby mapování cyklistické dopravy naráží na nekonzistentnost značení, protože prostřednictvím stejné kombinace tagů může dostat různé výsledky. Po filtraci úseků vhodných pro tak v síti mohou vznikat nedokonalosti, díry a liniová síť tak není spojená. Data jsou tak obtížně použitelná pro potřeby síťových analýz.

4.1.5 SWOT analýza

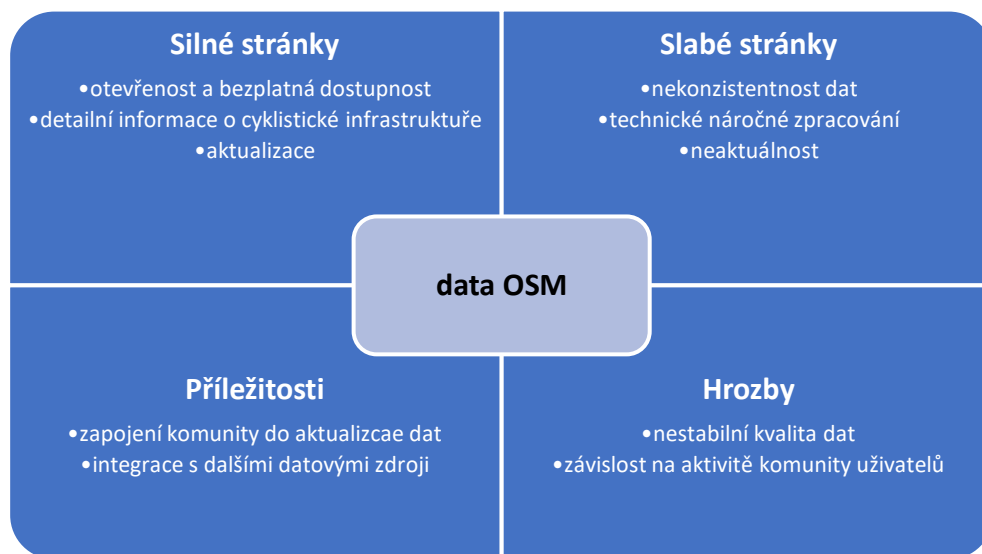
SWOT analýza (Obr. 21) datové sady OSM ukazuje, že tato data představují cenný zdroj informací pro analýzu cyklistické dopravy ve městě Brně. Mezi **silné stránky** patří především otevřenost a snadná dostupnost dat, což umožňuje jejich bezplatné využití pro široké spektrum analýz a projektů. Významným přínosem je také rozsáhlá komunita uživatelů, kteří data pravidelně aktualizují a reagují na změny v terénu. Datová sada OSM obsahuje detailní informace o cyklistické infrastruktuře, včetně cyklopruhů, cyklostezek, cykloobousměrek, piktoqramových koridorů, povrchů komunikací a rychlostních omezení. Výhodou je také kompatibilita s dalšími datovými sadami, například s daty z aplikace Strava Metro, což usnadňuje integraci různých datových zdrojů.

Na druhou stranu existují i **slabé stránky**. Data OSM vznikají na základě dobrovolnické práce uživatelů, což vede k určité nekonzistentnosti a nejednotnosti v označování prvků. Některé úseky mohou být chybně označené nebo zastaralé. Další nevýhodou je fakt, že data nejsou přímo připravena pro síťové analýzy a vyžadují předzpracování (například rozdělení linií v uzlových bodech). Aktuálnost dat lze zařadit mezi slabé i silné stránky v závislosti na uživatelské komunitě v dané lokalitě. V některých místech mohou být data velmi aktuální v jiné naopak několik let neaktualizovaná.

Z hlediska **příležitostí** se nabízí možnost integrace dat OSM s dalšími datovými zdroji města Brna, jako jsou data z aplikací typu Strava Metro nebo bikesharingu. Taková integrace umožní komplexnější pohled na cyklistickou dopravu a lepší plánování infrastruktury. Další příležitostí je aktivní zapojení komunity do aktualizace a validace dat prostřednictvím cílených kampaní a spolupráce s veřejností.

Existují i **hrozby** spojené s využíváním dat OSM. Hlavní riziko spočívá v nestabilitě kvality dat způsobené dobrovolnickým charakterem sběru informací. Data mohou být zastaralá nebo obsahovat chyby, které ovlivní výsledky analýz. Další hrozbou je technologická náročnost zpracování těchto dat, která vyžaduje pokročilé technické znalosti a specializovaný software (např. PostgreSQL/PostGIS). Závislost na aktivitě komunity představuje další riziko – snížení aktivity uživatelů může vést ke zhoršení kvality

a aktuálnosti dat. Celkově lze konstatovat, že data OSM jsou vhodným zdrojem podkladové sítě pro analýzu cyklistické dopravy v Brně díky své otevřenosti, dostupnosti a bohatému obsahu atributů. Pro jejich efektivní využití je však nezbytné provést validaci a předzpracování dat tak, aby byla zajištěna jejich dostatečná přesnost a konzistence.



Obr. 21 SWOT analýza dat OSM (zdroj: vlastní zpracování)

4.2 Dopravní průzkumy v prostředí Brna

Dopravní průzkumy intenzit dopravních proudů tvoří nedílný základ, ze kterého vychází většina měst ČR, pokud chce dostat přehled o dopravní situaci. Na rozdíl od celostátních dopravních průzkumů jsou více podrobné a jelikož si je každé město organizuje po své linii, není jejich metodika zcela jednotná. Jak již bylo popsáno v kapitole 3.2.1, průzkumy by se měly vyhotovovat podle zásad na základě TP 189. V Brně se cyklistické dopravní průzkumy realizují každé dva roky, a to od roku 2010. Sčítání probíhá ve všední den a ve vybraných úsecích také o víkendu. Zaměřuje se na širší centrum města a páteřní cyklotrasy v hlavních směrech Komárov–Bystrc a Komárov–Obřany.

4.2.1 Zdroj dat

BKOM rozděluje úseky pro sčítání cyklistické dopravy na tři oblasti viz Tab. 10, a to na trasu páteřní cyklotrasy Komárov–Bystrc, druhou páteřní cyklotrasu Komárov–Obřany a poslední úseky, které se nachází v centru města.

Tab. 10 Sčítací oblasti cyklistických průzkumů BKOM (zdroj: vlastní zpracování)

Oblast	Všední den		Víkend		Počet křižovatek
	Datum	Čas [hod.]	Datum	Čas [hod.]	
Komárov–Obřany	14. 6. 2022	7.–11., 14.–20.	12. 6. 2022	13.–20.	10
Komárov–Bystrc	14. 6. 2022	7.–11., 14.–20.	12. 6. 2022	13.–20.	17
Střed města	14. 6. 2022	7.–11., 14.–20.	12. 6. 2022	13.–20.	32

Sčítání bylo prováděno pro všední den a na vybraných úsecích i o víkendu. Podle dokumentace BKOM proběhlo sčítání ve všední den 18. 6. 2022 v časových intervalech 7:00–11:00 a 14:00–20:00. Celkově tak bylo sčítáno 10 hodin, což převyšuje standardní doporučení TP 189, které stanovuje 4+4 hodinové úseky. Díky širšímu časovému rozmezí bylo zaznamenáno téměř 75 % denní intenzity dopravy podle přepočtového histogramu denních objemů dopravy Obr. 22.

Víkendové sčítání proběhlo v neděli 12. 6. 2022 mezi 13:00 a 20:00. Na základě hodinových variací byla nasčítaná data vynásobena koeficientem pro vypočtení denních intenzit dopravy podle následujícího vztahu.

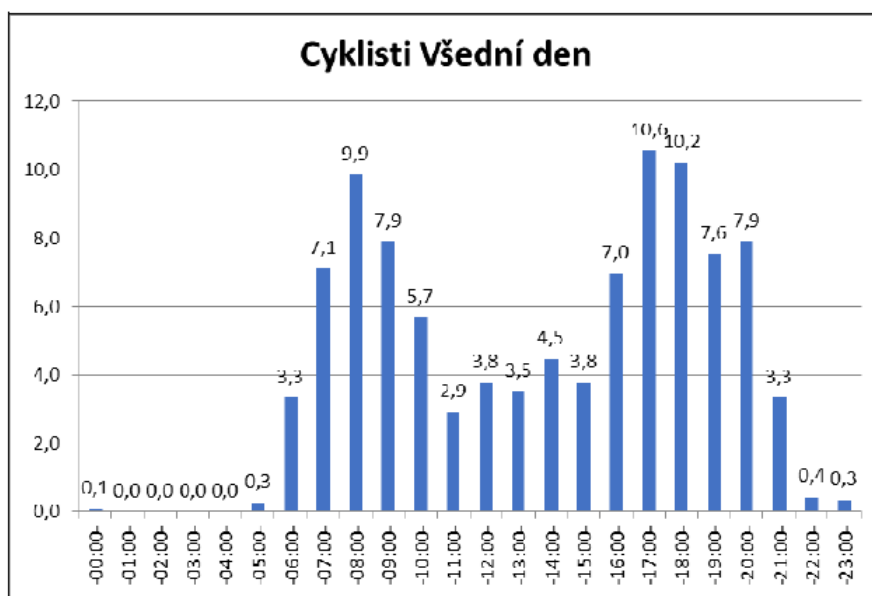
$$I_d = l_m \cdot k_{m,d} \quad (2)$$

- I_d = denní intenzita dopravy dne průzkumu [voz./den]
- l_m = intenzita dopravy za dobu průzkumu [voz./doba průzkumu]
- $k_{m,d}$ = přepočtový koeficient intenzity dopravy za dobu průzkumu na denní intenzitu dopravy dne průzkumu (zohlednění denních variací intenzit dopravy)

$$k_{m,d} = \frac{100\%}{\sum p_t^d} \quad (3)$$

- $\sum p_t^d$ = je součet podílů hodinových intenzit dopravy za dobu průzkumu na denní intenzitě dopravy [%]

Hodinové objemy intenzity cyklistické dopravy byly stanoveny na základě dat z cyklistických detektorů v období 2020 a dalších dopravních průzkumů. Z důvodu nízké hustoty sčítacích bodů se do výpočtu cyklistické dopravy přidávají i body které se nesčítají speciálně kvůli cyklistické dopravě, ale jsou sčítány každoročně v rámci sčítání automobilové dopravy (Havránek, 2024).



Obr. 22 Hodinové variace cyklistické dopravy (zdroj: BKOM)

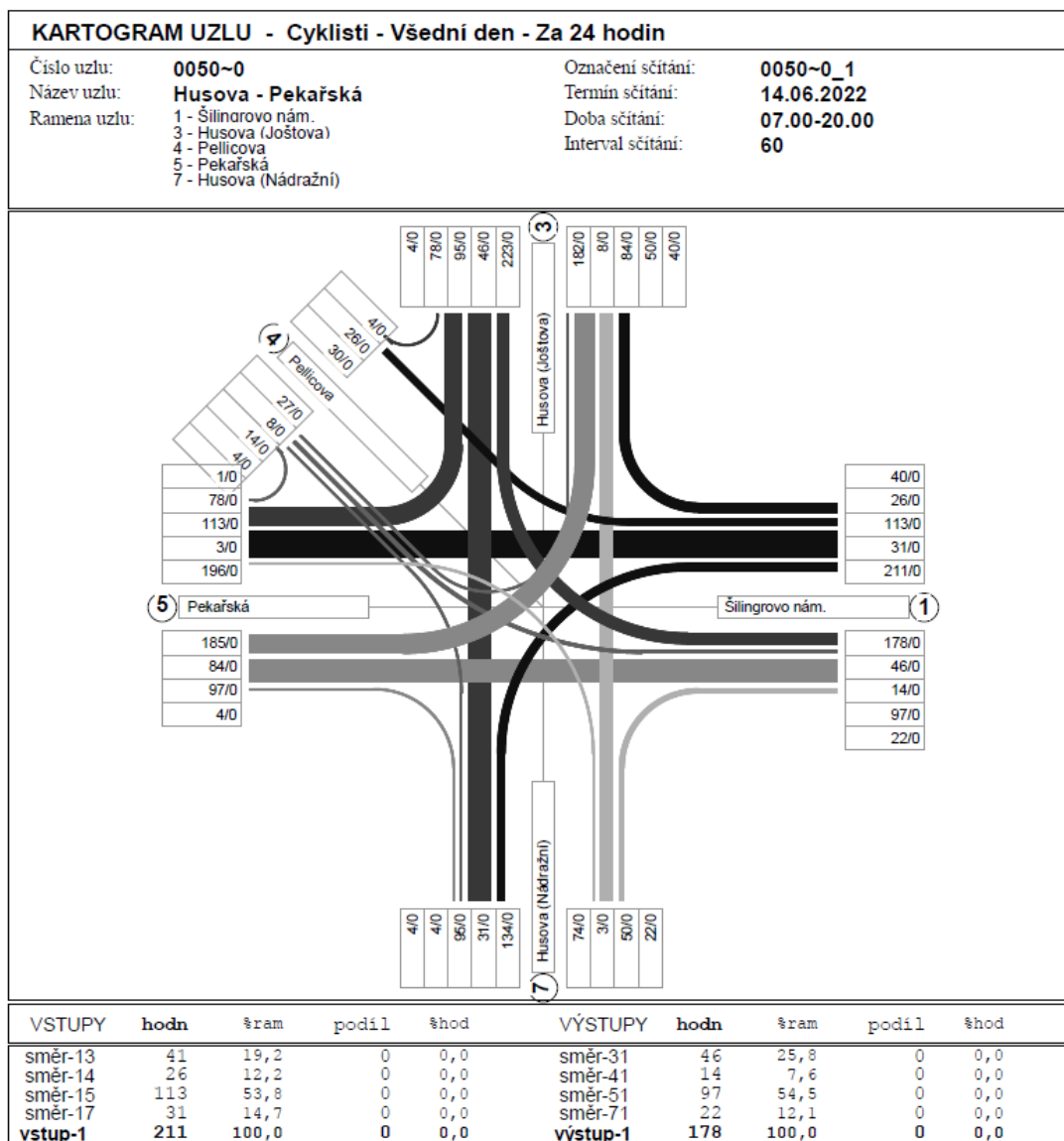
Sčítání bylo prováděno pracovníky, kteří na místě zapisovali jednotlivé průjezdy do papírových formulářů. Pro rok 2024 byla do průzkumu zapojena také videotechnika (Obr. 23) kdy byly na vybraných místech instalovány kamery. Pořízené videozáznamy byly následně manuálně vyhodnoceny. Tento postup umožnil efektivnější využití lidských zdrojů a zároveň nabídl možnost pozastavení záznamu při analýze složitějších dopravních situací (Havránek, 2024).



Obr. 23 Kamera v ochranném krytu připevněna na sloupu veřejného osvětlení (zdroj: BKOM)

4.2.2 Analýza dat

Primárním výstupem ze sčítání cyklistů jsou křižovatkové kartogramy zachycující pohyb cyklistů ve všech větvích křižovatky viz Obr. 24. Díky tomu je možné podrobněji analyzovat cyklistickou dopravu až na velikosti dopravních proudů v křižovatkách. Následně je hodnota průjezdů cyklistů přiřazena na liniovou síť do dalšího křižovatkového uzlu.

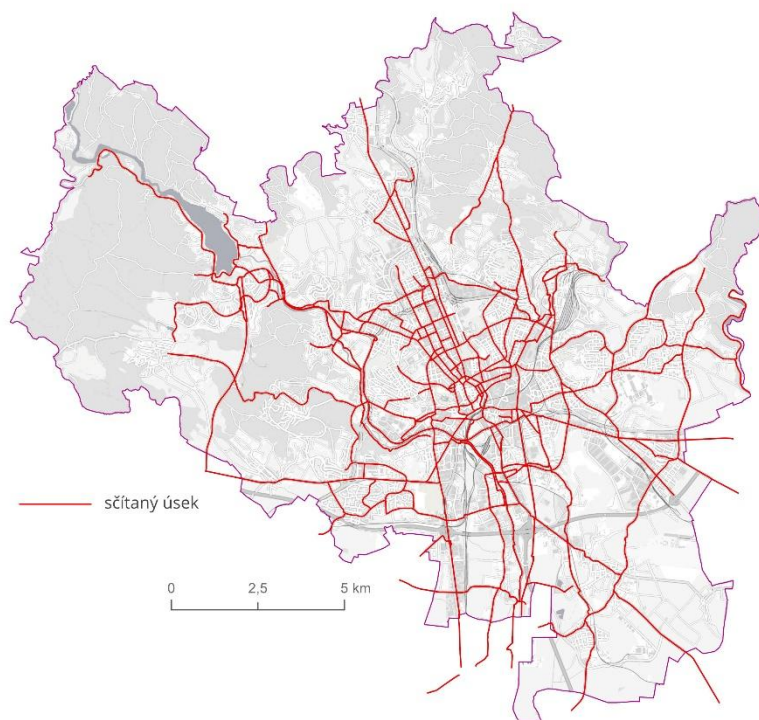


Obr. 24 Křižovatkový kartogram průjezdů cyklistů v roce 2022 (zdroj: BKOM 2022)

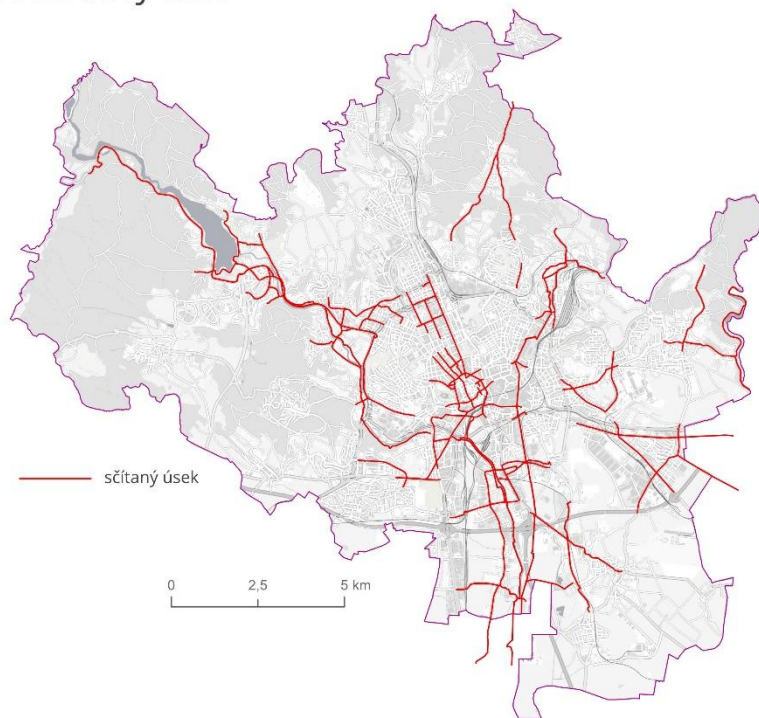
K tomu, aby bylo možné tato data zachytit nad mapovým podkladem a zobrazit ve standardních GIS software, byla k uzlovým bodům vytvořena liniová síť, která však není kompatibilní s jiným typem sítě jako je například síť OSM nebo StreetNet.

Celá síť je rozdělena do 508 úseků s proměnlivou délkou mezi 120 m a 950 m. Kdy některé úseky zahrnují dlouhé mezi křižovatkově úseky, a naopak některé zejména v centru města jsou velmi krátké. Měření ve všední den probíhalo na všech 508 úsecích, přičemž na 257 z nich byla zaznamenána také víkendová data viz Obr. 25. Víkendové měření na některých místech vykazuje specifické charakteristiky, například samostatně sčítané úseky, které nenavazují na další monitorované segmenty. Tyto nespojitosti mohou ovlivnit následnou analýzu a interpretaci dopravních toků během víkendových dnů.

Všední den



Víkendový den

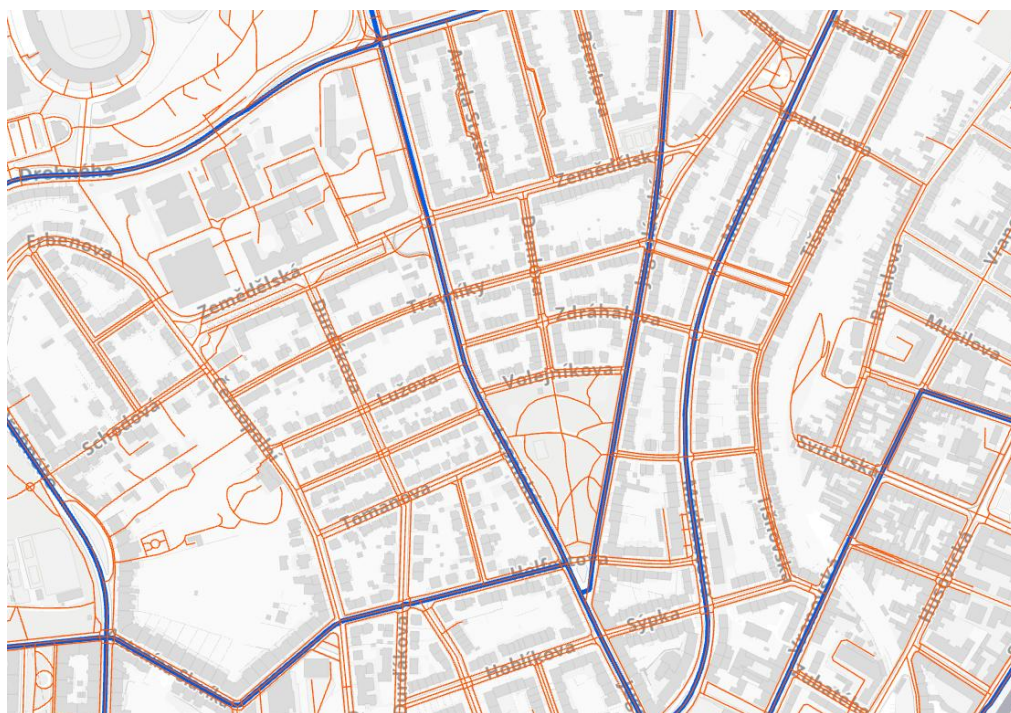


Obr. 25 Úseky sčítání cyklistů BKOM (zdroj: vlastní zpracování)

4.2.3 Omezení datové sady

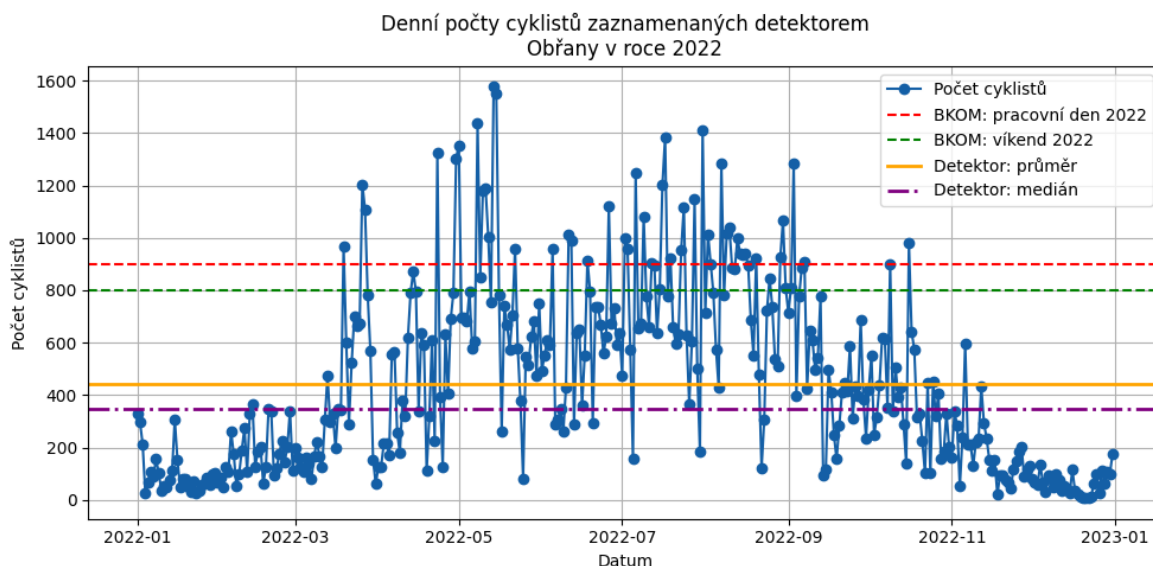
Cyklistické průzkumy BKOM se opakují každé dva roky, což umožňuje podrobně sledovat stav cyklistické dopravy. Výhodou těchto průzkumů je konzistentnost datové sady, která je vytvářena na základě interní metodiky BKOM. Díky časté aktualizaci mohou tato data sloužit jako vstup do dopravních modelů, které rovněž spravuje firma BKOM.

Mezi nevýhody patří především vysoké náklady spojené s průzkumem, které se pohybují kolem 500 000 Kč ročně. Dále průzkumy neposkytují dostatečnou podrobnost na některých typech úseků, zejména ve srovnání s daty z aplikace Strava Metro. BKOM shromažďuje data pro celé úseky v obou směrech dohromady a méně frekventované cesty jsou zcela vynechány viz Obr. 26. Také zde chybí rozlišení dle denní doby, kdy data jsou agregována pouze na celý den. Pro detailní analýzy tato data nejsou dostatečná, nicméně pro zachycení celkového trendu jsou velmi užitečná a zachycují téměř všechny důležité cyklistické komunikace.



Obr. 26 Srovnání datových sad BKOM (modrá) a Strava Metro (oranžová) (zdroj: vlastní zpracování)

Další nevýhodou je, že výsledné hodnoty nemusí být vypovídající pro všechny úseky. Výpočet denních intenzit je založen pouze na jednom přepočtovém koeficientu, který nezohledňuje typ komunikace – zda se jedná o pracovní či rekreační úsek. Další omezení průzkumu je jeho provádění pouze v jeden den v roce. Cyklistické průzkumy se provádějí nejčastěji v měsících květnu či červnu kdy je intenzita cyklistů nejvyšší. Výsledná hodnota průzkumu tak často nemusí odpovídat průměrné hodnotě cyklistů na daném úseku, ale spíše zachycuje nejvyšší dosažené intenzity v průběhu roku. Na Obr. 27 je znázorněn průběh intenzit cyklistů dle cyklodetektoru Obřany a hodnota dle průzkumu BKOM v pracovní den a o víkendu.



Obr. 27 Průběh intenzit na cyklostezce Obrány a počet dle sčítání BKOM (zdroj: vlastní zpracování)

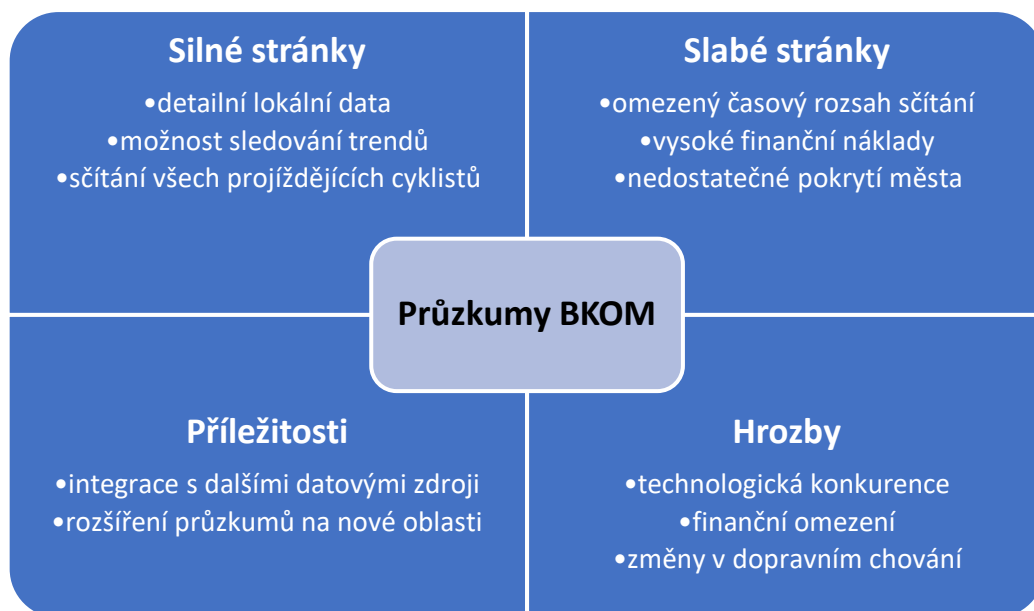
4.2.4 SWOT analýza

Dopravní průzkumy BKOM hrají historicky zásadní roli při plánování cyklistické infrastruktury v Brně, přičemž jejich hlavní **silnou stránkou** je schopnost poskytovat detailní lokální data, která umožňují sledovat trendy a analyzovat pohyb cyklistů. Tato data jsou využívána jako podklad pro strategické dokumenty, jako je Generel cyklistické dopravy, a pomáhají identifikovat klíčové trasy i problematické úseky. Pravidelné sčítání každé dva roky zajišťuje konzistenci dat a možnost dlouhodobého sledování vývoje dopravy.

Na druhou stranu, **slabé stránky** zahrnují omezený časový rozsah měření pouze jeden den v roce, který může být do značné míry zkreslen aktuální situací. Vysoké finanční náklady na průzkumy představují další problém, který omezuje jejich rozšíření na celé město. Nedostatečné pokrytí některých oblastí, zejména méně frekventovaných tras, pak komplikuje získání komplexního obrazu o dopravních proudech. Stejně tak v datech chybí rozlišení intenzity dle směru dopravy a není tak možné zachytit provoz v jednosměrných komunikacích s provozem cyklistů v protisměru.

Příležitosti zahrnují možnost integrace dat z průzkumů s moderními technologiemi, jako jsou aplikace Strava nebo automatizované detektory. Tato kombinace by mohla zvýšit přesnost a rozsah dat. Rozšíření průzkumů na nové oblasti, například okrajové části města, by mohlo přinést nové poznatky o dopravním chování a podpořit plánování infrastruktury i mimo hlavní trasy.

Nicméně existují významné **hrozby**, které mohou ohrozit dlouhodobé sčítání. Finanční omezení by mohlo vést k redukci frekvence průzkumů nebo dokonce k jejich ukončení, což by znamenalo ztrátu kontinuity a nemožnost sledovat dlouhodobé trendy. Technologická konkurence v podobě automatizovaných systémů sběru dat může nahradit tradiční manuální metody. Interpretace naměřených hodnot může představovat hrozbu zejména ve souvislosti s výkladem, že hodnota je průměrná pro běžný den, kdy zejména mimo období (květen–září) mohou být intenzity cyklistů často nižší.



Obr. 28 SWOT analýza dat průzkumů BKOM (zdroj: vlastní zpracování)

4.3 Strava Metro

Aplikace Strava přináší platformu, jak sdílet a zaznamenávat svá data ze sportovních aktivit. Díky tomu je k dispozici velké množství dat, která se dají zpracovat a využít v rámci územního plánování a analýzy pohybu po městě. Data zaznamenávána prostřednictvím sportovních aplikací, poskytují vzorek ze skupiny lidí, kteří jsou mladší a sportovněji založení a nemusí být ve všech ohledech zcela vypovídající (Garber et al., 2019). Svým širokým pokrytím a velkou komunitní základnou se jedná o data zcela unikátní.

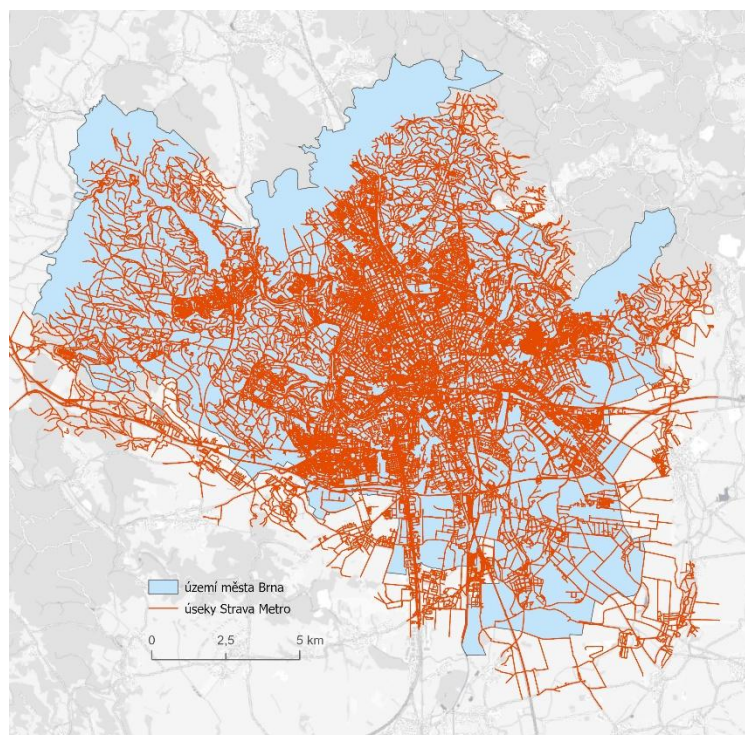
4.3.1 Zdroj dat

Data byla stažena z aplikace Strava Metro ve formě archivačních balíčků formátu ZIP. Pro účely práce byla exportována data za celé území města. Pro stažení dat bylo nejprve nutné zvolit, zda se jedná o vybraný segment nebo všechna dostupná data v dané oblasti. Dále bylo třeba vybrat úroveň časové podrobnosti. Každé časové nastavení však omezuje maximální rozsah dat, která lze stáhnout. Při ročním nastavení lze stáhnout celý rok v jednom kroku, zatímco při hodinové podrobnosti je možné stáhnout data pouze za jeden měsíc. Uživatel se standardním účtem může stahovat vždy pouze jeden dataset, přičemž každý export trvá určitý čas. Například příprava ročních dat ke stažení může zabrat i několik hodin.

Po stažení jsou data zabalena v komprimovaném formátu ZIP, který obsahuje následující soubory:

- Liniovou síť ve formátu SHP v souřadnicovém systému EPSG 4326.
- Atributovou tabulku s daty ve formátu CSV.
- Textový soubor s popisem verze liniové sítě OSM.

Pro území města Brna data zahrnují přibližně 80 000 úseků. Roční průměry pro celé území města Brna mají velikost přibližně 9 MB. Data jsou vyfiltrována oříznuta rámečkem s přibližným tvarem hranic Brna, ale je zde znatelný posun. V jižní části přesahují stažená data hranice města, zatímco v severní části naopak některé segmenty chybí viz Obr. 29.



Obr. 29 Hranice Brna a úseky dat Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Podkladová liniová síť

Liniová síť využívaná v rámci Strava Metro vychází z OSM. Strava Metro v určitých intervalech (zpravidla jednou ročně) stahuje novější verze této sítě a následně je zpracovává tak, aby umožnily trasování pohybu. Každá aktualizace znamená změnu úseků a jejich identifikátorů. Kvůli tomu není možné přímo spojit dříve stažená data s novějšími verzemi sítě, protože všechny ID úseků se mění. Pro srovnání historických a aktuálních dat je nutné znovu stáhnout odpovídající dataset, aby odpovídal verzi podkladu. Díky tomu se v datech Strava Metro vždy odráží nejnovější změny v infrastruktuře, jako jsou nové cyklostezky, pěší trasy nebo úpravy silniční sítě (Strava, 2024b).

Díky těmto aktualizacím a novému rozdělení sítě na úseky Strava Metro je prakticky nemožné zpětné párování a je nutné provést exporty dat pro analýzy znovu nad novou sítí OSM. Pro srovnání byly vybrány úseky ročních dat za rok 2023. Stažená data nad podkladovou vrstvou OSM ve verzi 230123 obsahovala 94 106 úseků oproti tomu data nad novější podkladovou vrstvou 240115 obsahovala 101 659 úseků. V novějších datech bylo identifikováno 82 035 identických úseků z pohledu geometrie s úseky nad staršími daty a také zde byl jasně patrný posun v geometrii průběhu linií. Na Obr. 30 je zachycen detail uliční sítě na křižovatce ulic Botanická/Zahradníková. Většina úseků má stejnou geometrii odpovídající modré linii novější sítě. V křižovatce je vidět posun a obě sítě na sebe nedoléhají.



Obr. 30 Srovnání průběhu linií verze Strava basemap 230123 a 240115 (zdroj: vlastní zpracování)

4.3.2 Analýza dat

Data úseků obsahují řadu atributů viz Tab. 11, které specifikují jejich vlastnosti. Klíčovým rozdělením je typ jízdy – rekreační nebo pracovní. Toto rozlišení však není vždy jednoznačné. Uživatel může aktivitu sám označit, nebo je jízda klasifikována automaticky algoritmem Stravy (Strava, 2020). V roce 2024 bylo na území Brna zaznamenáno 150 tisíc rekreačních a 136 tisíc pracovních jízd, což představuje poměr 52 % ku 47 % z celkového počtu jízd. Tento téměř vyrovnaný podíl mezi rekreačními a pracovními jízdami naznačuje, že cyklistická doprava v Brně slouží jak pro volnočasové aktivity, tak i jako praktický dopravní prostředek. Jednotlivé atributy ročních dat jsou blíže popsány ve vázané příloze 1.

Tab. 11 Atributy specifikující jednotlivé jízdy a jejich výskyt dle časového filtru

Atribut	Hodnoty	Podrobnost dat
Kategorie jízdy	Pracovní/rekreační	R, M, D, H
Pohlaví	Muž/žena	R, M, D, H
Věkové kategorie	18-34; 35-54; 55-64; 65+	R, M, D, H
Typ jízdy	Klasická jízda/elektrokolo	R, M, D, H
Denní doba	morning_count (5-10); midday_count – (10-15); evening_count: (3-20); overnight_count: (20-5)	R, M, D

R: Roční průměr, M: měsíční průměr, D: denní průměr, H: hodinový průměr

Anonymizace dat

Data jsou anonymizována na nejmenší číslo 5 zaznamenaných průjezdů v daném časovém okně. Pokud by v úseku projíždělo méně jak 5 záznamů, ve stažených datech se toto číslo neobjeví a pro zobrazení dat je nutné zvolit jiné časové okno (Strava, 2022). Rozdíl je patrný zejména při využití hodinových dat viz Tab. 12. Kdy například na úseku edgeUID 187140091 bylo zaznamenáno v červnu 2024 1005 průjezdů. Při stažení denních dat byl výsledný součet průjezdů 995 (99 % všech záznamů) a došlo tak k malému zaokrouhlení, protože byl dosažen dostatečný počet dat k tomu, aby bylo chráněno soukromí uživatelů.

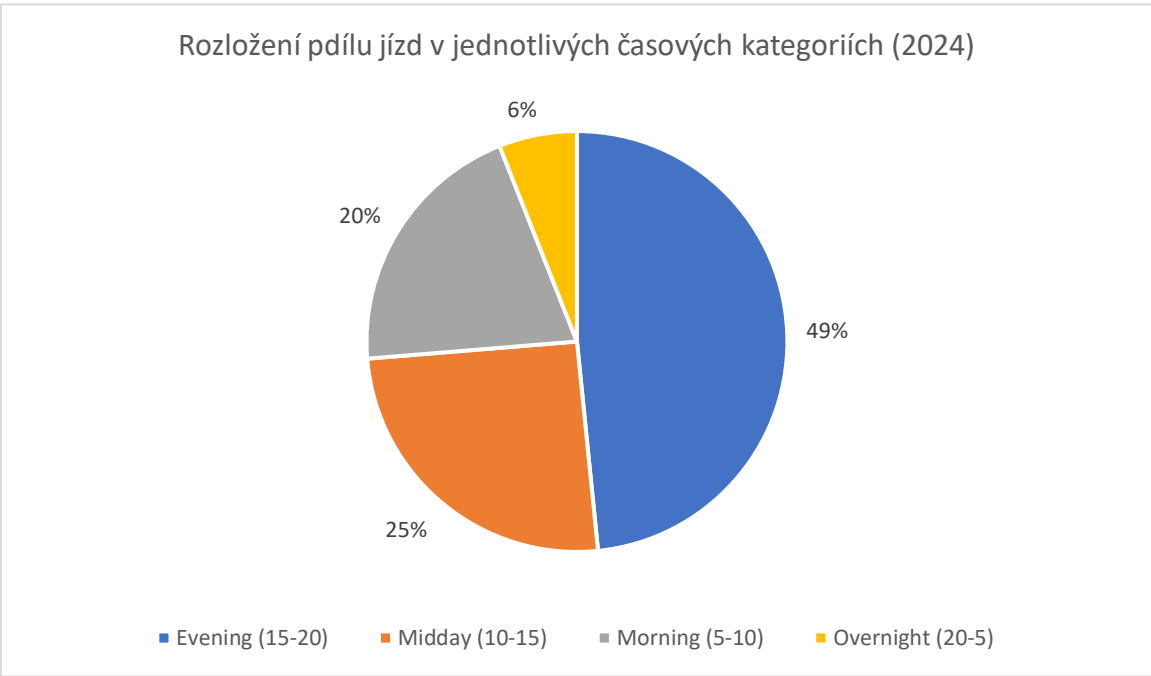
V případě hodinových dat je patrné, že v některých hodinách záznamy nejsou, z důvodu malého počtu průjezdů a výsledný hodinový součet na tomto úseku za stejné časové období tak činí pouze 445 (44,3 % všech měsíčních záznamů).

Tab. 12 Přehled jízdy edgeUID 187140091 (zdroj: vlastní zpracování)

Časové období	Typ dat	Počet průjezdů	Podíl měsíčních záznamů [%]
Červen 2024	Měsíční data	1005	100
Červen 2024	Denní data	995	99
Červen 2024	Hodinová data	445	44

Další rozdělení může být například podle typu kola, zda se jedná o elektrokolo. Na datech o počtu elektrokol je vidět nárůst oproti roku 2020 a to přibližně o jedno % na dnešní 2 % podílu elektrických kol v zaznamenaných aktivitách. V datech je patrné i genderové rozdělení, kdy je možné vybrat jízdy dle pohlaví uživatele a jeho přibližného věku rozděleného do věkových kategorií.

Na Obr. 31 je znázorněno rozložení jízdy podle časových úseků během dne. Největší podíl záznamů, téměř 50 %, připadá na dobu mezi 15. a 20. hodinou, přičemž celkem 94 % všech záznamů se nachází v časovém rozmezí od 5. do 20. hodiny. Tento podíl je v souladu s hodnotami uvedenými v TP 189, podle které období mezi 20. a 5. hodinou ránní tvoří pouze 6,3 % celkového denního cyklistického proudu.



Obr. 31 Rozložení jízdy dle denní doby (zdroj: upraveno dle strava.com)

GIS data a jejich struktura

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.4, data je možné analyzovat v dashboardu na platformě Strava Metro, případně je možné stáhnout vybraná data jako SHP soubory liniové sítě s přidruženou tabulkou atributů. Data jsou založena na liniové síti dat OSM, kde každý úsek dat Strava se váže k úseku na síti OSM. Aktualizace této podkladové sítě probíhá přibližně 1 ročně, kde se prováže ID segmentu Strava Metro s ID segmentu OSM. Jak bylo

zmíněno v kapitole 4.1, tak síť OSM a její úseky nejsou rozděleny uzlovými body v křižovatkách, proto Strava používá své ID úseků v relaci 1:m, kdy se jedno ID úseku OSM váže k několika úsekům s ID Strava Metro viz Obr. 32.



Obr. 32 Struktura úseků Strava Metro a OSM (zdroj: vlastní zpracování)

Vyšší úroveň detailu a dělení na menší segmenty oproti síti OSM umožňuje lepší analýzu. Pomocí identifikátorů OSM lze k těmto úsekům přiřadit dodatečné informace o síti, jako je například dostupnost cyklistické infrastruktury, typ povrchu, rychlostní omezení a další atributy, což přispívá k lepší informovanosti a efektivnějšímu plánování dopravy. Jízdy jsou přiřazeny celé OSM síti, bez ohledu na to, zda se jedná o chodník, cyklostezku, vozovku, tramvajovou trať apod. Je tak možné předpokládat že přiřazení dat na cestní síť může být v některých místech problematická. Struktura sítě v městském prostředí je zobrazena na Obr. 33 s rozlišením úseků podle atributu *highway* ze sítě OSM.



Obr. 33 Úseky Strava Metro dle atributu highway (zdroj: vlastní zpracování)

Jednotlivé záznamy nahrané do aplikace jsou označovány jako *activities*. Jedna aktivita tak představuje jednu vyjížďku na kole. V rámci těchto aktivit může cyklista projet úsekem několikrát. Například v případě vyjetí jednou ulicí, se může touto ulicí opět vracet. Ve struktuře dat bude započítána jedna aktivita, ale ta může zastřešovat několik *trips*, které značí průjezd úsekem v jakémkoliv směru. Pokud tedy během jedné vyjížďky cyklista projede vybraným úsekem třikrát, Strava zaznamená jednu aktivitu, ale v daném úseku 3 *trips*. V exportovaných GIS datech jsou přítomny pouze *trips*.

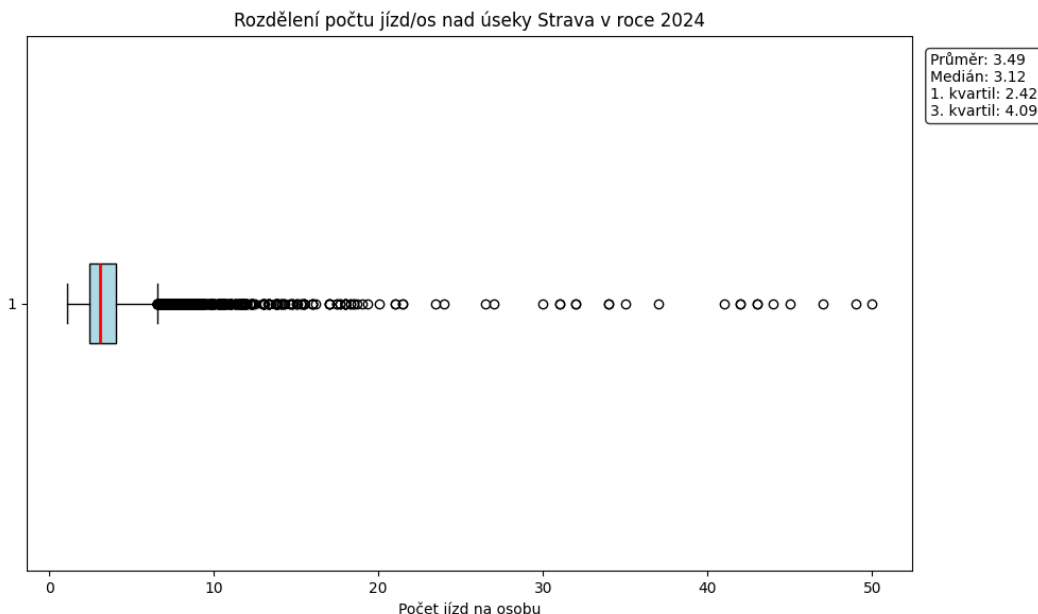
4.3.3 Data a jejich relevance

Při analýze dat o cyklistických jízdách je důležité sledovat nejen celkový počet jízd (*trips count*), ale i počet unikátních uživatelů (*people count*). Vzhledem k tomu, že data představují pouze výběrový vzorek cyklistů, může poměr těchto dvou hodnot napovědět, zda jsou některé úseky potenciálně nadhodnocené či podhodnocené z hlediska reprezentativnosti vůči celé cyklistické populaci.

Pokud bylo v určitém úseku zaznamenáno 500 jízd, ale tyto jízdy vykonalo jen 100 různých cyklistů, může to naznačovat pravidelné využití tohoto úseku menší skupinou, např. při dojíždění do zaměstnání. Naopak pokud stejný počet jízd vykázalo 400 různých cyklistů, jedná se spíše o úsek s širokým využitím napříč populací a s vyšší celkovou intenzitou provozu. Tento rozdíl je zásadní pro správnou interpretaci dat, protože vysoký počet jízd menší skupiny cyklistů nemusí znamenat, že je úsek populární v širší komunitě.

Pro zhodnocení byly vyfiltrovány úseky v roce 2024, které zaznamenaly více než 150 jízd ve směru vpřed, aby bylo zajištěno dostatečné množství dat. Z grafu na Obr. 34 je patrné, že průměr a medián počtu jízd na osobu v úseku se pohybují kolem hodnoty 3, což naznačuje poměrně malý rozptyl. Směrem nahoru se však objevují odlehlé hodnoty, které dosahují až 50 jízd na osobu na úsek. Tyto odlehlé úseky si zaslouží větší pozornost,

protože mohou indikovat specifické oblasti, kde častěji jezdí malá skupina cyklistů. Při bližším pohledu se často jedná o krátké úseky nacházející se v okolí obytných domů.



Obr. 34 Poměr jízd/osoba v roce 2024 ve směru vpřed (zdroj: vlastní zpracování)

4.3.4 OD matice

Kromě výše popsaných dat jednotlivých jízd vázaných na silniční síť je možné pracovat také s daty maticového typu, která umožňují sledovat počátky a cíle cest. Strava tato data agreguje do struktury hexagonů, které lze stáhnout ve formátu SHP. V prostředí dashboardu lze následně analyzovat nejčastější cíle cest z vybraného počátečního hexagonu nebo naopak identifikovat nejčastější počátky cest vedoucích do určitého cílového hexagonu, což umožňuje sledovat směrovost pohybu cyklistů.

Na Obr. 35 jsou znázorněny hexagony ve vztahu počátků a cílů cest. Oranžovou barvou jsou vyznačeny hexagony reprezentující výchozí body, zatímco modrým orámováním je označen hexagon představující lokalitu s kancelářským komplexem, reprezentující cílový hexagon. Data jsou filtrována tak, aby zahrnovala pouze pracovní cesty uskutečněné ve všední dny, což umožňuje detailněji analyzovat dojížděku do zaměstnání.

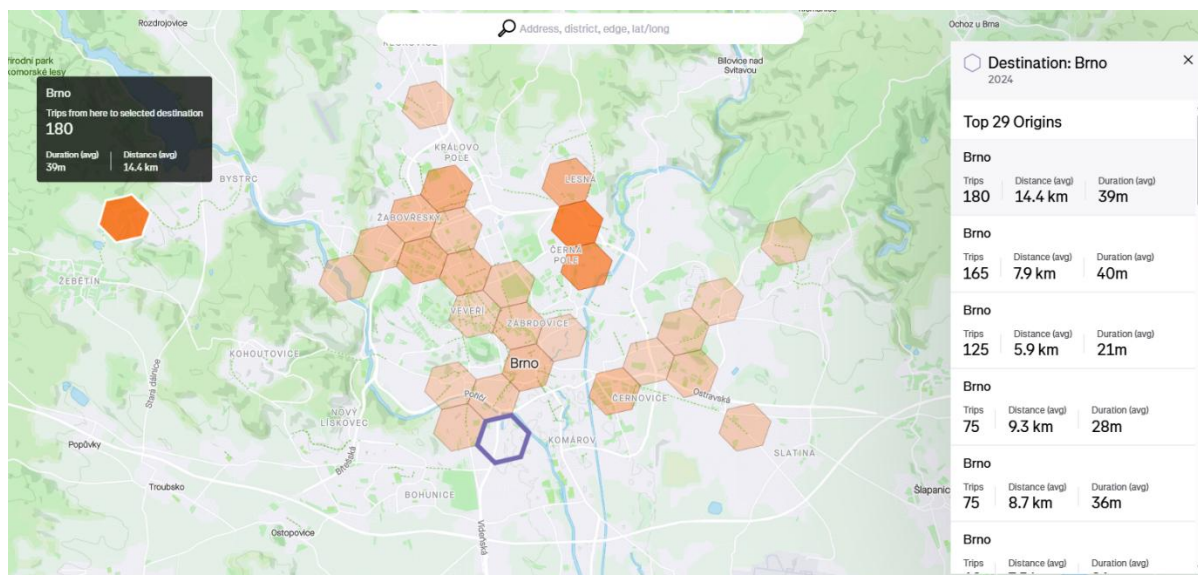
Analýza ukázala významný rozdíl mezi dvěma nejčastějšími oblastmi původu cest – sídlištěm Kamechy a lokalitou Brno-Lesná (Štefánikova čtvrť). Přestože průměrná délka jízdy z obou oblastí činí přibližně 40 minut, vzdálenost mezi počátečním a cílovým bodem se výrazně liší:

- Kamechy → kancelářský komplex: 7,9 km
- Brno-Lesná (Štefánikova čtvrť) → kancelářský komplex: 14,3 km

Tento rozdíl může být způsoben kvalitou cyklistické infrastruktury. Cyklisté ze sídliště Kamechy mají k dispozici téměř souvislou oddělenou cyklostezku bez výraznějších přerušení, která vede až do cílové oblasti. Oproti tomu cyklisté ze Štefánikovy čtvrti musí projíždět městským provozem a překonávat řadu bariér, jako jsou křižovatky a další dopravní omezení, což může vést k prodloužení času trasy a snížení komfortu jízdy.

Po stažení GIS dat jsou jednotlivé hexagony opatřeny pouze informací o počtu startů a ukončení jízd. V době psaní této práce (leden 2025) tak není možné v GIS prostředí přímo

pracovat se vztahem mezi konkrétními počátečními a cílovými hexagony a tak je nutné využít online dashboard.



Obr. 35 Hexagony dle počtu počátečních jízdy v roce 2024 (zdroj: strava.Metro.com)

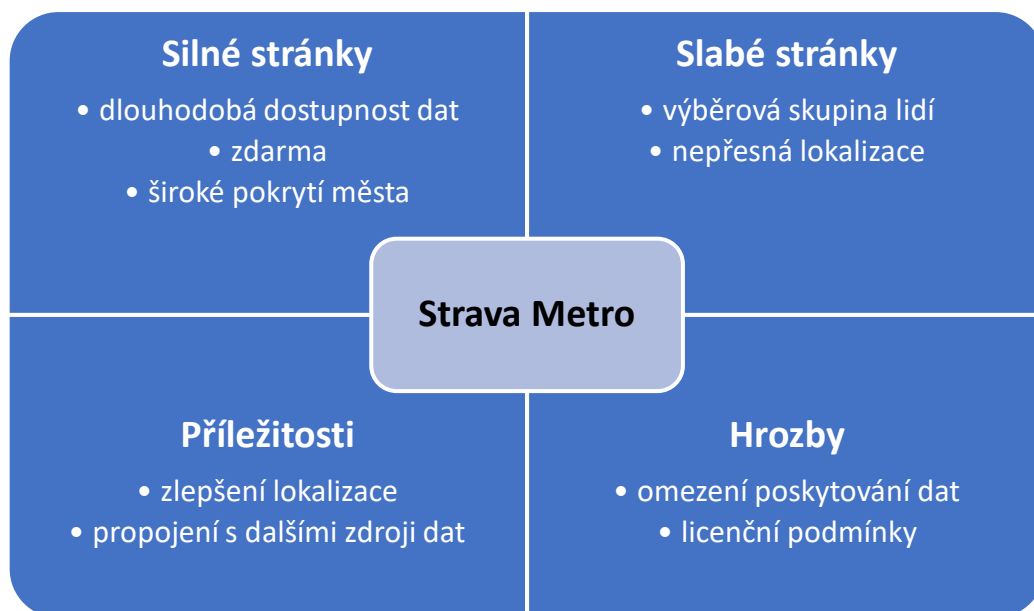
4.3.5 SWOT analýza

Strava Metro představuje cenný zdroj informací pro analýzu cyklistické dopravy a plánování infrastruktury ve městech. Silnou stránkou těchto dat je jejich dostupnost zdarma, dlouhodobá dostupnost v rámci několika let a široké pokrytí města, které zahrnuje i vedlejší ulice, kde neprobíhá manuální sčítání cyklistů. Díky tomu lze získat komplexní přehled o pohybu cyklistů i v méně frekventovaných oblastech. Další výhodou je detailní struktura záznamů zahrnující rychlost, počet osob, časové údaje, což umožňuje vytvářet i pokročilé analýzy.

Na druhou stranu, **slabé stránky** zahrnují selektivitu vzorku, kdy data reprezentují především sportovně orientované cyklisty, nikoli běžné komunitní uživatele. Lokalizační nepřesnosti způsobené omezením GPS signálu v zástavbě nebo chybným zaznamenáním trasy uživatelem mohou ovlivnit kvalitu analýz. Nehomogenní pokrytí městských oblastí může zkreslit celkový obraz o využití cyklistické infrastruktury – některé oblasti jsou pokryty nerovnoměrně kvůli rozdílným v aktivitě uživatelů.

Mezi **příležitostmi** patří integrace těchto dat s dalšími datovými zdroji, jako jsou údaje o nehodovosti nebo manuální sčítání dopravy. Využití prediktivních modelů k simulaci dopadů plánovaných stavebních úprav na provoz cyklistů může významně zlepšit proces plánování dopravy.

Nicméně existují i **hrozby**, které mohou ovlivnit využitelnost těchto dat. Omezení dostupnosti dat kvůli změnám licenční politiky Strava Metro nebo komerčnímu využití dat představuje riziko pro dlouhodobé plánování. Právní nejistota ohledně ochrany soukromí při práci s pohybovými daty jednotlivců může komplikovat využití těchto informací.

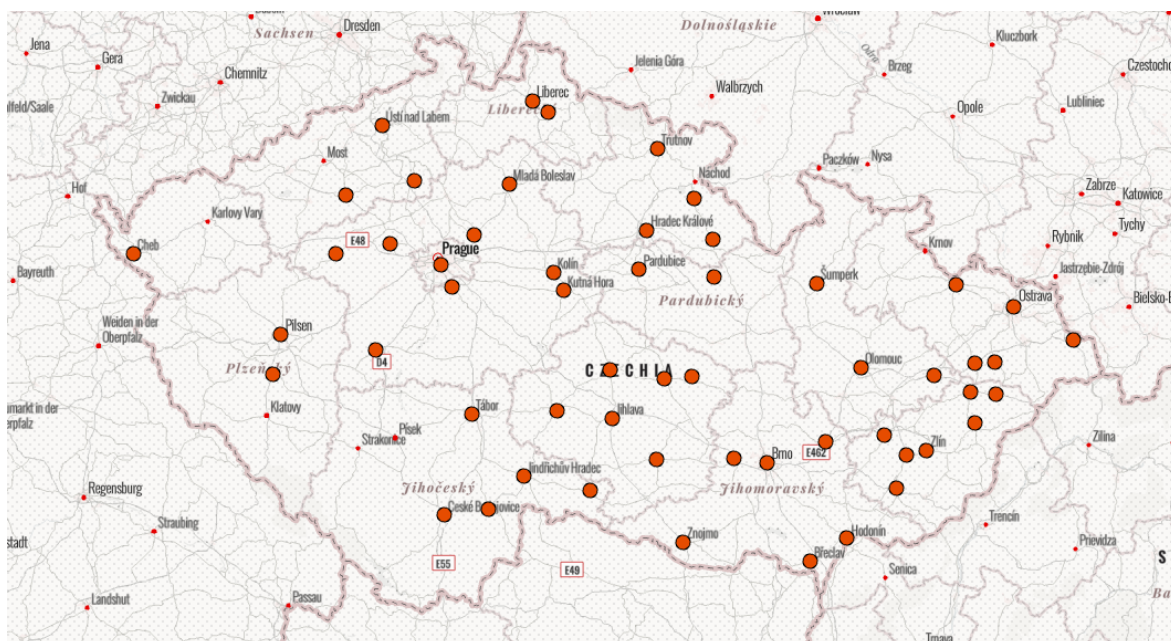


Obr. 36 SWOT analýza cyklistické přestupky (zdroj: vlastní zpracování)

4.4 Data do práce na kole

Data z akce Do práce na kole (DPNK) poskytují cenné informace o pohybu cyklistů, založené primárně na sběru sportovních dat. Tato každoroční květnová akce umožňuje účastníkům zaznamenávat své jízdy prostřednictvím sportovních aplikací, jako je například výše uvedená aplikace Strava.

Jízdy by měly odpovídat tzv. pracovnímu typu, tedy cestám do a z práce, avšak způsob zápisu dat závisí na jednotlivých účastnících. V roce 2024 se do akce zapojilo 54 měst a obcí z celé České republiky, přičemž jejich rozmístění bylo poměrně rovnoměrné (Automat, 2024).



Obr. 37 Města zapojená do Akce do práce na kole v roce 2024 (upraveno podle <https://dopracenakole.cz/>)

4.4.1 Zdroj dat

Data použitá v této práci představují jízdy zapsané v rámci výzvy DPNK, včetně prostorové složky souřadnic průběhu tras. Uživatelé, kteří se akce účastní, nemusí vždy zapisovat jízdy podle konkrétní trasy, stačí, pokud uvedou délku cesty. Tato data tvoří významnou část všech záznamů. Podíl jízdy, které obsahují prostorovou složku (například GPX nebo GPS soubor), se ve městě Brně pohybuje přibližně kolem 25 %. Zbytek dat tvoří manuální záznamy délky trasy, které ovšem neposkytují žádnou prostorovou informaci (Hulínová, 2024).

Pro sběr a analýzu dat z aplikace Strava, která je jedním z hlavních nástrojů pro zaznamenávání cyklistických aktivit, spolek používá API této platformy. Pomocí API Strava stahují všechny jízdy, které obsahují v popisu hashtagy #dpnktam nebo #zpet. Tato metoda umožňuje získat relevantní data, která jsou přímo spojena s výzvou Do práce na kole. Podíl zápisů cest prostřednictvím synchronizace sportovních aplikací a nahráváním GPX souborů se v jednotlivých městech pohybuje mezi 0 a 41 % (Hulínová, 2024). Cena za data z kampaně pohybuje v řádech nižších desítek tisíc Kč za každý ročník. Brněnská data byla zakoupena v roce 2023 a obsahovala jízdy z předchozích ročníků DPNK od roku 2020, Formát distribuce dat zde představuje SHP s atributy:

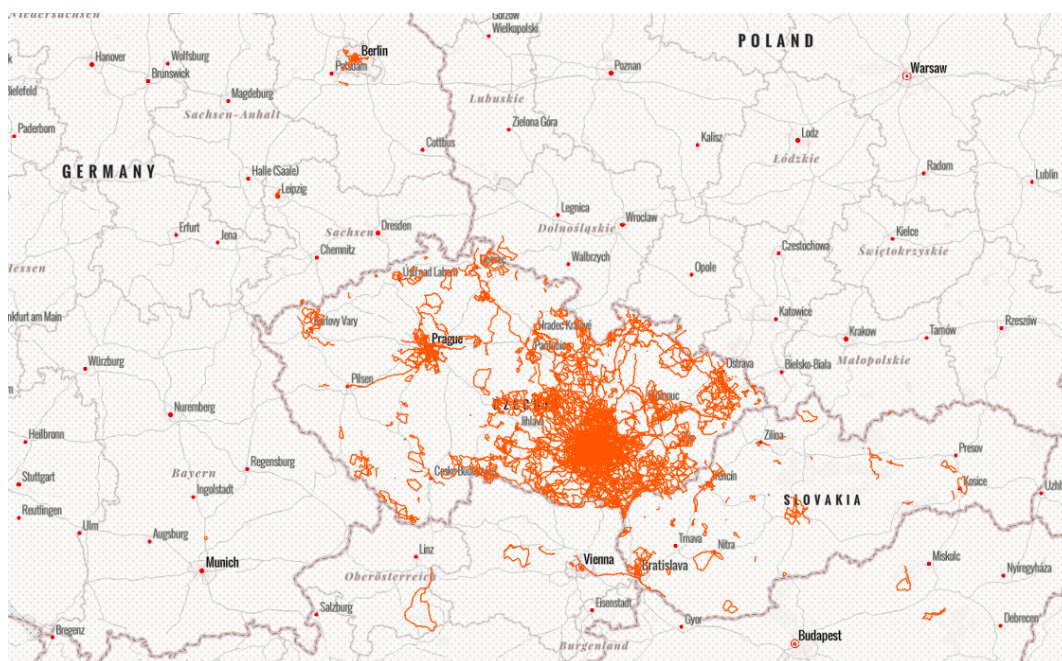
- ID: id jízdy
- CAMPAIGN: označení roku
- Age group: věková skupina
- Sex: pohlaví uživatele
- Commute_mo (typ přepravy)
- Typy: bicycle, by foot, by_other wehicle, no work, telecommute
- CITY: město

Data jsou za všechny uživatele, kteří se registrovali pod městem Brnem. V datech chybí označení ID uživatele a není tak možné odhalit kolik unikátních uživatelů zaregistrovalo svoji jízdu. Některé jízdy jsou rozděleny na části a je nutné je před dalším zpracováním spojit pomocí funkce *dissolve*. Klíčový parametr pro rozlišení jízdy dle typu je atribut *Commute_mo*, který označuje způsob přepravy. Většinu jízdy zastupuje právě způsob *Bicycle* (kolo) následován *By foot* (pěší) chůzí viz Tab. 13. Celkově se jednalo přibližně o 90 000 záznamů v období 2020–2023.

Tab. 13 Rozložení všech aktivit DPNK dle let v Brně (zdroj: vlastní zpracování)

Typ	Ročník			
	2020	2021	2022	2023
Bicycle	12 360	19 171	15 277	12 260
By foot	4 532	11 818	5 706	5 261
ostatní	524	690	298	395

Při bližším pohledu na data je patrné, že se jízdy vyskytovaly téměř po celé České republice, ale také v zahraničí Obr. 38. Uživatelé výzvy mohli zadávat jízdy i mimo Brno. Záznamy se tak vyskytovaly v sousedních státech ale i například v Itálii, Chorvatsku, Španělsku a dalších státech. Podíl jízdy, které se kompletně nacházely mimo Českou republiku tvořilo přibližně 1,5 % všech záznamů. Po oříznutí na záznamy, které se alespoň dotýkají částí hranic Brna zůstalo v datasetu 70 000 aktivit včetně chůze.



Obr. 38 Rozložení jízd DPNK (Brno) 2020–2023 (zdroj: vlastní zpracování)

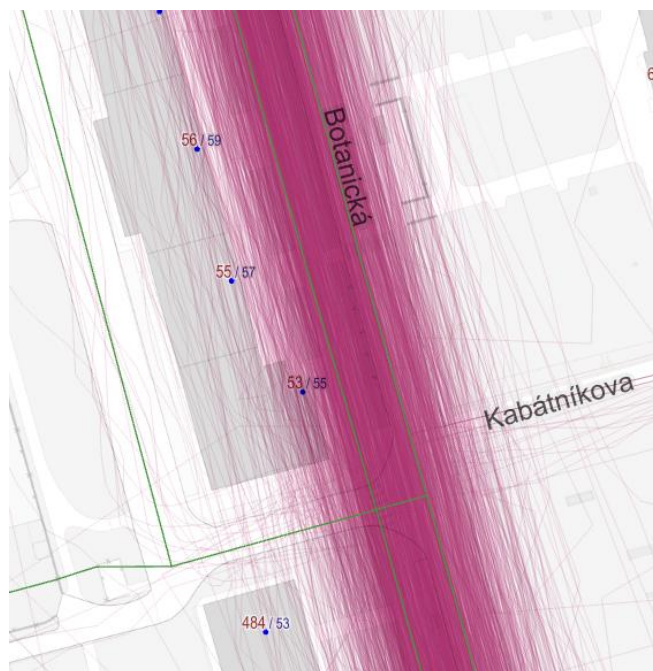
Rozložení výsledných dat cyklistické přepravy podle jednotlivých let viz Tab. 14. Každý rok bylo ve městě Brně zaznamenáno mezi 11–19 tisíci záznamy. Tento rozsah ukazuje na mírnou variabilitu v počtu záznamů mezi jednotlivými lety, což může být ovlivněno různými faktory, jako jsou změny v infrastruktuře, sezónní výkyvy nebo vývoj v oblasti cyklistické dopravy.

Tab. 14 Rozložení jízd na kole z akce DPNK dotýkajících se hranice Brna dle let (zdroj: vlastní zpracování)

Rok	Počet záznamů	Počet uživatelů*
2020	10 292	–
2021	15 461	–
2022	12 980	–
2023	10 642	–

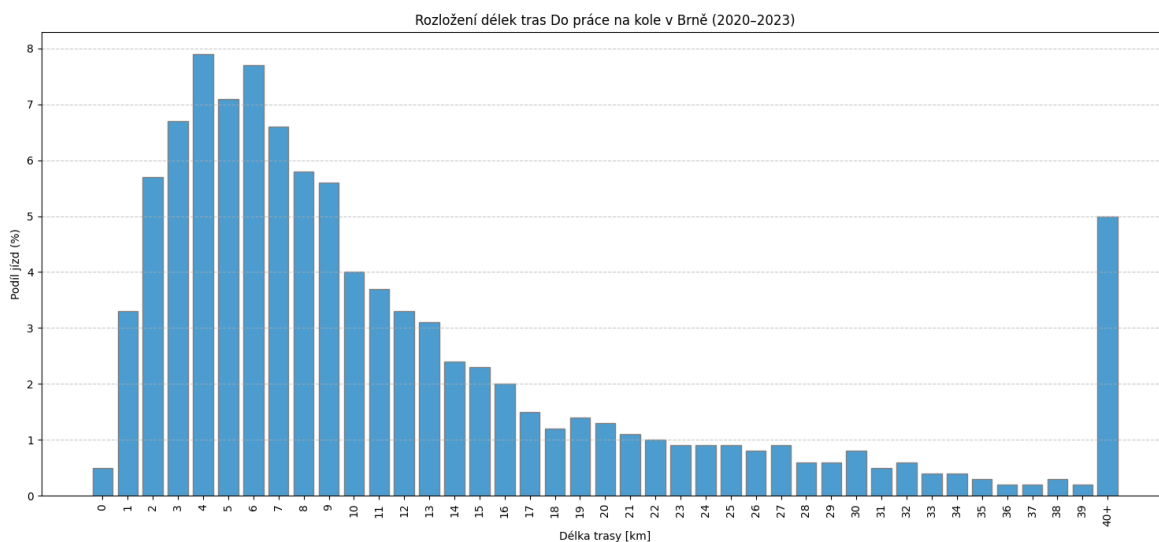
* počet uživatelů nezjištěn

Data jednotlivých jízd nejsou přiřazena k silniční síti, a svým průběhem ne zcela kopírují silniční síť. Některé úseky jsou i zcela chybně vedeny přes bloky budov apod. Vzhledem k nepřesnosti polohy jednotlivých jízd, je problematické přesné přiřazení jízd ke konkrétním úsekům. Na Obr. 39 je zachycen průběh linek podél ulice Botanická, kde vedle sebe paralelně vedou silnice s piktogramovým koridorem a smíšená stezka pro chodce a cyklisty.



Obr. 39 Průběh linií sítě DPNK (zdroj: vlastní zpracování)

Přibližně 10 % jízdy v souboru bylo rozděleno na několik úseků, avšak pomocí atributu ID a funkce *dissolve* bylo možné tyto záznamy sloučit. Po zobrazení délky jízdy viz Obr. 40 je patrné, že téměř 10 % jízdy bylo delších než 30 km, a nepředstavovaly tak jízdy typické pro pracovní charakter. Záznamy byly porovnány z hlediska vzdálenosti mezi startem a cílem jednotlivých jízdy a 10 % jízdy bylo označeno za okružní (přímá vzdálenost mezi startem a cílem byla menší než 500 m).

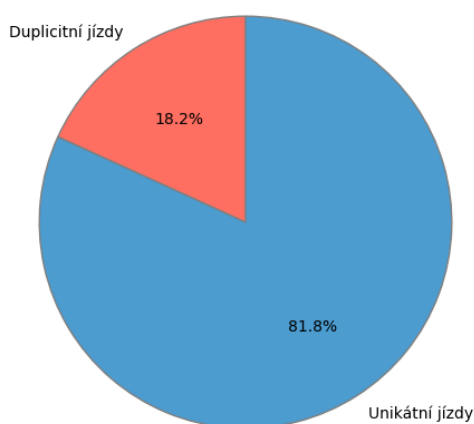


Obr. 40 Rozložení délky jízdy DPNK (2020–2023) (zdroj: vlastní zpracování)

Dalším analyzovaným parametrem byla lokalizace počátečního a koncového bodu jízdy z hlediska jejich umístění na území města Brna. Z provedené analýzy vyplývá, že téměř 80 % všech jízdy má alespoň jeden z těchto bodů (start či cíl) na území města Brna. Zbývajících 20 % jízdy probíhá mezi lokalitami mimo samotné město, avšak, jak již bylo zmíněno výše, i tyto záznamy alespoň částečně zasahují do brněnského území.

Na počátku této kapitoly bylo uvedeno, že k dostupné datové sadě neexistují odpovídající metadata, přičemž způsob zadávání jízd se může lišit. Jízdy jsou evidovány buď prostřednictvím synchronizace se sportovní aplikací, nebo mohou být zadány manuálně, a to i opakovaně stejná trasa jedním uživatelem. Provedená analýza se proto zaměřila také na identifikaci záznamů, které mají stejný průběh trasy viz Obr. 41. K tomu byla využita délka trasy v metrech, přičemž byla zohledněna s přesností na pět desetinných míst. Tato hodnota byla použita jako jedinečný identifikátor záznamů. Téměř 20 % záznamů bylo duplicitních, byly zadávány opakovaně. Tento fakt může snížit vypovídající hodnotu záznamů z akce DPNK.

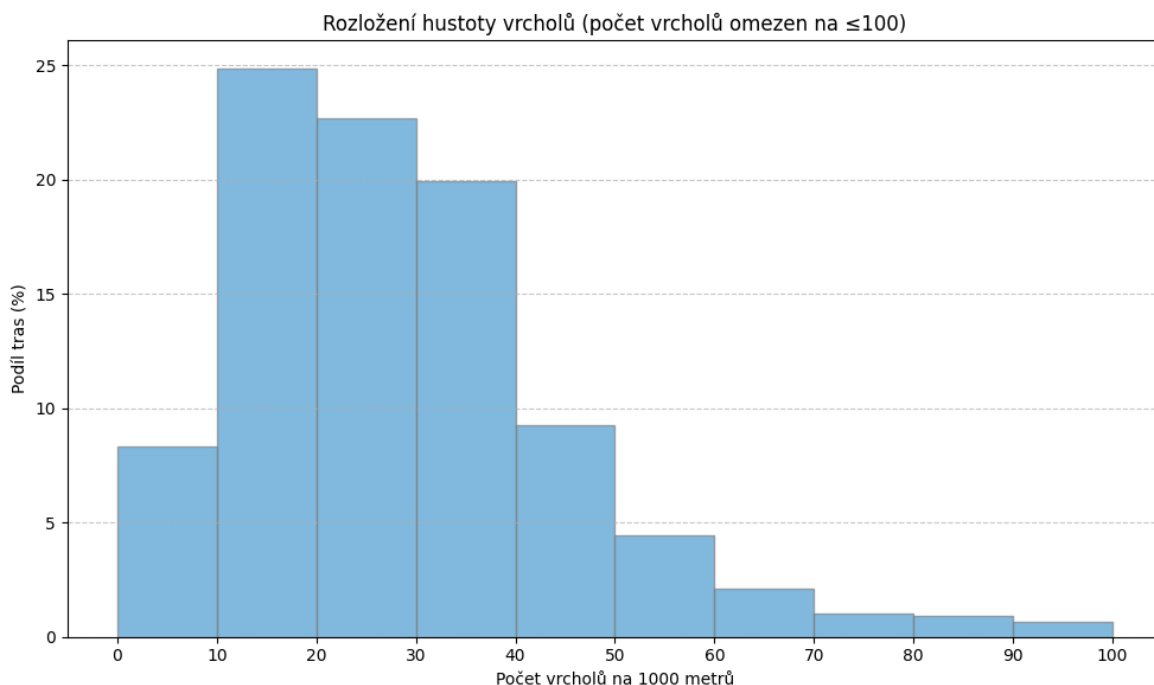
Podíl duplicitních jízd Do práce na kole v Brně (2020–2023)



Obr. 41 Podíl záznamů se stejnou trasou (zdroj: vlastní zpracování)

Trasy byly porovnány z hlediska počtu lomových bodů. Nízký počet lomových bodů může naznačovat, že trasa byla zapsána ručně nebo že původní data byla generalizována. Standardní GPS zařízení ukládají body v pravidelných intervalech, například každou sekundu. Pro úsporu baterie však některé přístroje využívají hybridní přístup, kdy na základě rychlosti pohybu mění frekvenci ukládání bodů. Tento přístup umožňuje optimalizaci mezi přesností záznamu a výdrží baterie zařízení.

Autor práce provedl stažení 4 GPX tras aktivit jízdy na kole ze svého účtu v aplikaci Strava Metro zaznamenaných pomocí hodinek Garmin Forerunner 245, a následně byly porovnány hodnoty průměrného počtu lomových bodů na kilometr trasy s výsledkem 44 bodů na 1 km. Z Obr. 42 je patrné, že v datech DPNK převažuje podíl tras (75 %) s méně než 40 lomovými body na 1000 metrů. Nízký počet vrcholů může naznačovat nepřesný průběh trasy, například v důsledku ručního zakreslení. Tyto záznamy tak mohou do přesnějších dat vnášet určitou míru nejistoty.

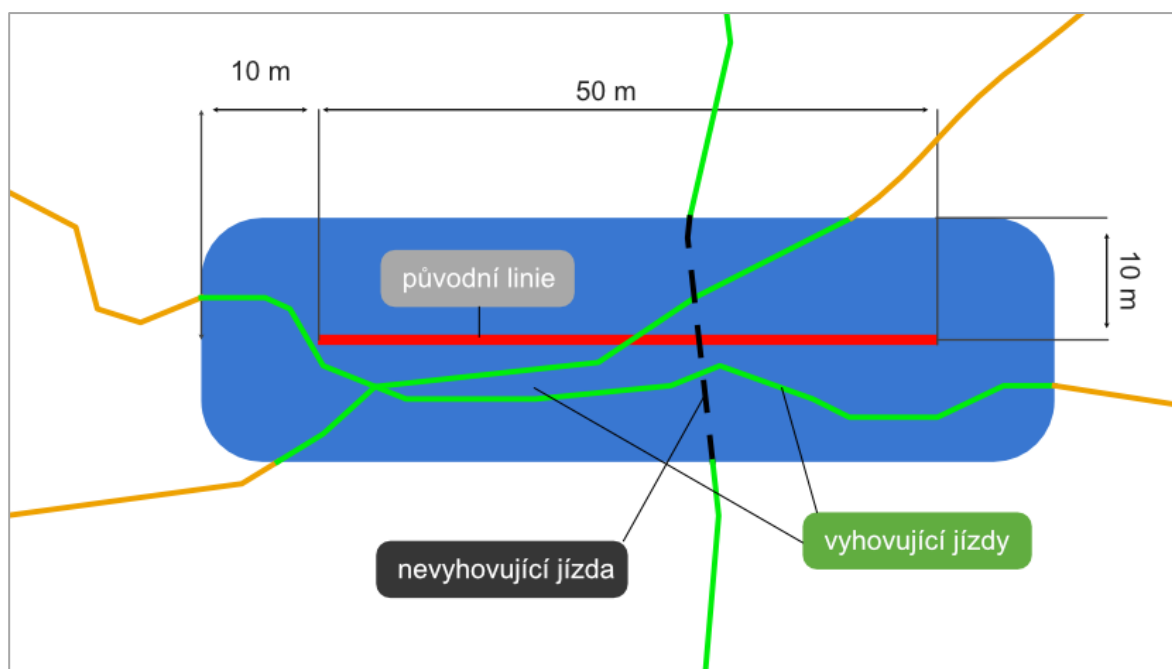


Obr. 42 Frekvence počtu vrcholů na 1000 m trasy (zdroj: vlastní zpracování)

4.4.2 Přiřazení jízdy k úsekům OSM

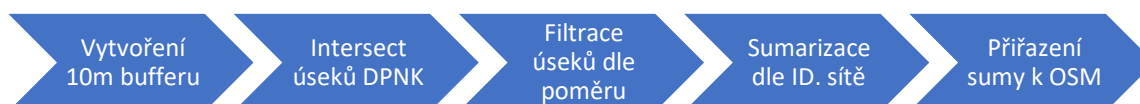
Po vyfiltrování jízdy je nutné jednotlivé jízdy přiřadit k úsekům sítě Strava Metro. Z důvodu nepřesnosti a odstranění úseků vedoucí mimo linii, byla data o jízdách přiřazena k síti pomocí bufferů vytvořených na osami komunikací. Šířka obalové zóny (bufferu) byla zvolena 10 m. Pro redukci dat a zjednodušení celého procesu je možné vybrat pouze úseky, které jsou vhodné dle OSM tagů pro jízdu na kole. Jelikož při bližším prozkoumání průběhů linií bylo zjištěno, že mnohé linie vedou přes chodníky nebo další cesty, kde dle tagů by tyto úseky nebyly zahrnuty, byla pro tuto analýzu použita téměř celá síť města Brna kromě silnic první třídy a dálnic. Vzhledem k nepřesnosti záznamů jednotlivých cest, je nutné brát tento výsledek jako orientační.

Po vytvoření bufferu byla použita funkce *pairwise intersect*, která jednotlivé linie rozdělila na úseky podle hranic bufferů. Následně byly vypočteny podíly linie, která se nachází v bufferu, aby se zabránilo započtení linií, které úsek pouze křížují nebo mají nějaký nepravidelný průběh viz Obr. 43. Pro tento účel byly vybrány linie, které svojí délkou spadají do intervalu 70–130 % délky linie + vzdálenost bufferu. V případě krátkých úseků (<15 m), kde je poměr mezi delší stranou a stranou vytvořenou bufferem velmi malý, byla použita další podmínka. Rozdíl mezi azimutem linie bufferu a připojované linie musí být menší než 40 ° aby se eliminoval jízdy, které buffer pouze křížují a díky jejich délce by nešlo vyhodnotit, zda má být úsek správně přiřazen.



Obr. 43 Přiřazení linie dat DPNK k úseku (zdroj: vlastní zpracování)

Finální krok zahrnoval sumarizaci počtu linií dat DPNK pro daný úsek OSM a přiřazení této sumy k úseku. Celý skript a vytvořený nástroj pro automatizaci procesu je přiložen ve volné příloze 15.



Obr. 44 Proces přiřazení úseků dat DPNK (zdroj: vlastní zpracování)

4.4.3 Validace dat DPNK

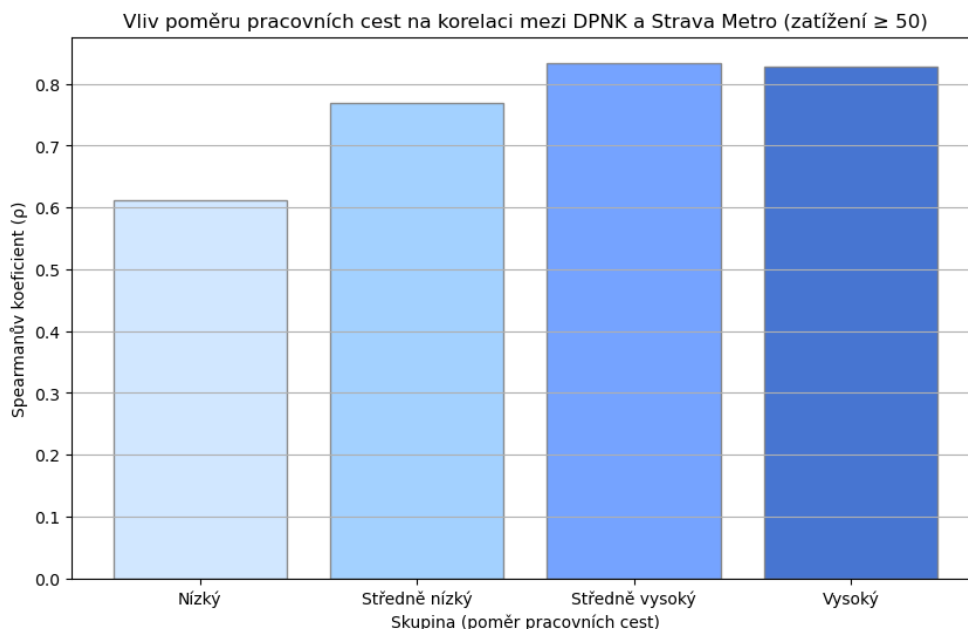
Data DPNK byla propojena s daty ze systému Strava Metro za účelem porovnání hodnot zatížení a počtu cest na jednotlivých úsecích dopravní sítě. Pro každý úsek byly zahrnuty květnové údaje z let 2020, 2021, 2022 a 2023. Následně byly analyzovány vztahy mezi hodnotami zatížení (DPNK) a počtem cest (Strava Metro) pomocí Spearmanova korelačního koeficientu, přičemž byly zohledněny pouze ty úseky, kde se vyskytovaly hodnoty z obou zdrojů. Spearmanův korelační koeficient byl zvolen, protože data nevykazovala normální rozdělení (pravostranná šikmost). Tato metoda je navíc robustní vůči odlehlým hodnotám, které byly v datech přítomny. Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu (ρ) ukazují na silný pozitivní vztah mezi zatížením (DPNK) a počtem cest (Strava Metro) viz Tab. 15. Nejvyšší korelace byla zaznamenána v roce 2021 ($\rho=0,747$), V roce 2023 došlo k mírnému poklesu korelace ($\rho=0,716$), což může naznačovat možné změny v chování uživatelů nebo metodice sběru dat.

Tab. 15 Statistické ověření dat DPNK s daty Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Rok	Spearman. ρ	Počet pozorování	Průměr (DPNK)	Medián (DPNK)	Průměr (Strava)	Medián (Strava)
2020	0,710	23 623	211	44	240	75
2021	0,747	24 931	310	59	268	75
2022	0,736	24 295	294	57	300	90
2023	0,716	23 137	247	45	328	95

Data vykazovala výraznou pravostrannou šikmost, to znamená, že většina úseků má nízké hodnoty zatížení i počtu cest, zatímco několik málo úseků vykazuje extrémně vysoké hodnoty (např. maximální zatížení DPNK v roce 2020 dosáhlo 7 402, což je více než třicetnásobek průměru). Medián tak lépe reprezentuje typické hodnoty než průměr. Vysoká korelace potvrzuje validitu propojení dat DPNK a Strava Metro, protože obě datové sady zachycují podobné vzorce mobility na úrovni úseků dopravní sítě.

Analýza vlivu poměru pracovních cest získaném z dat Strava Metro ukázala, že vyšší podíl pracovních cest v úseku zvyšuje sílu korelace mezi zatížením DPNK a počtem cest Strava Metro. Data byla rozdělena do čtyř kategorií podle kvartilů hodnot poměru pracovních cest: nízký, středně nízký, středně vysoký a vysoký podíl pracovních cest viz Obr. 45. Nejslabší korelace pozorována ve skupině s nízkým podílem pracovních cest, zatímco nejsilnější korelace byla ve skupině s vysokým podílem pracovních cest. Tento trend potvrzuje předpoklad charakteru celé akce s názvem „Do práce na kole“, která by měla motivovat, aby uživatelé zaznamenávali především jízdy směřující do práce/z práce.

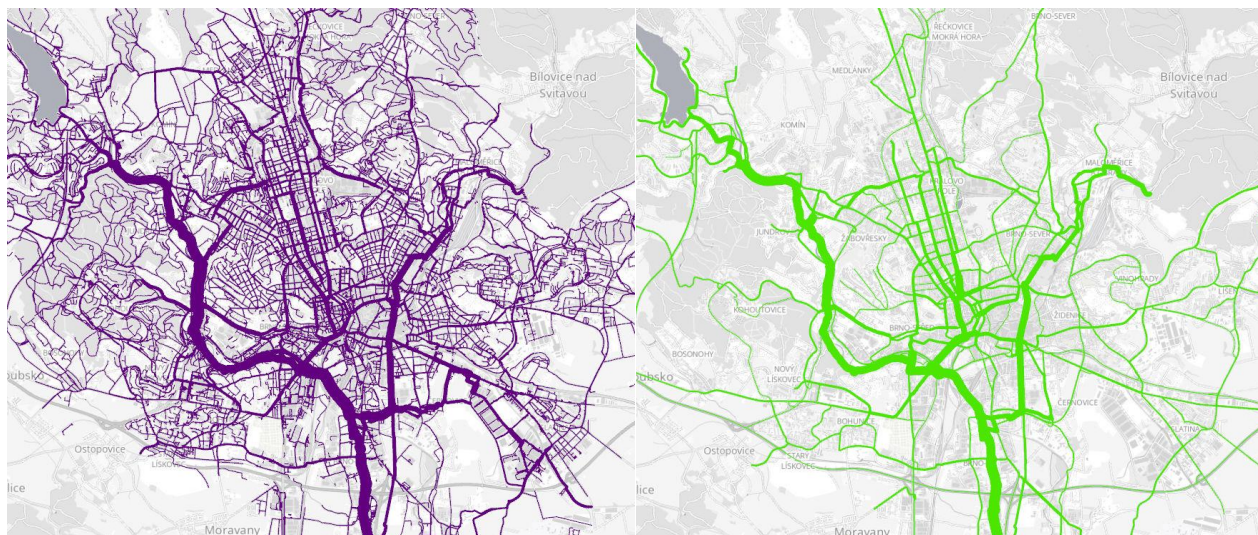


Obr. 45 Vliv poměru pracovních cest na korelaci mezi DPNK a Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Na levém grafu v Obr. 46 jsou intenzity cyklistů zobrazeny nad daty DPNK (znázorněných fialovou barvou), zatímco pravý graf zachycuje intenzity cyklistů získané ze sčítání provedeného BKOM v roce 2022. Již na první pohled je patrný rozdíl v prostorovém pokrytí, kdy data DPNK zahrnují podstatně větší část území města ve srovnání s daty

BKOM, která se zaměřují pouze na vybrané páteřní komunikace. Tento rozdíl lze nicméně považovat za méně významný, protože se týká převážně okrajových nebo méně frekventovaných úseků s nižší relevancí pro hodnocení dopravní zátěže.

Přes rozdíly v rozsahu pokrytí **vykazují oba datové zdroje shodné trendy**, především v zachycení hlavních proudů cyklistické dopravy. Výrazné intenzity jsou zaznamenány podél cyklostezek vedených podél řek a na páteřních komunikacích v centru města, jako jsou například Kounicova, Veverí, Palackého třída a další významné dopravní koridory. Nejvýraznější rozdíl v zachycení intenzit byl identifikován v oblasti ulice Černovická. Tento rozdíl lze pravděpodobně přičíst odlišné metodice sčítání, kdy BKOM zde neprováděl dopravní průzkum.



Obr. 46 Srovnání jízd DPNK (fialová) a BKOM (zelená) (zdroj: vlastní zpracování)

4.4.4 Výhody a nevýhody

Mezi hlavní výhody využití těchto dat patří především jejich nízká cena, která činila v roce 2023 13 000 Kč pro celé území města Brna. Ve srovnání s dopravním průzkumem BKOM, jehož náklady dosahují 500 000 Kč, představuje tato částka pouhých 7 %. Data poměrně přesně zachycují hlavní cyklistické trendy, což umožňuje identifikovat nejvytíženější komunikace. Vzhledem k tomu, že záznamy pocházejí pouze z květnové akce, nelze je však použít pro odhad denních průjezdů. V rámci této akce v roce 2023 bylo pro území města Brna zaznamenáno přibližně 10 000 záznamů. Pro srovnání, datová sada Strava Metro v květnu 2023 obsahuje 41 000 aktivit, což představuje výrazně větší objem dat. Jelikož většina dat s prostorovou složkou pochází ze synchronizace s aplikací Strava, není při dostupnosti dat Strava Metro nutné pracovat i s těmito daty.

Závěrem lze říci, že pro města, která nemají k dispozici data Strava Metro a chtějí získat komplexní přehled o vytíženosti komunikací v celém městě, je tato datová sada vhodným řešením, a to zejména díky finančně dostupným nákladům na její pořízení, které se pohybují v řádu nižších desítek tisíc korun. Otázkou však zůstává, jak vypovídající mohou tato data být v menších městech, kde se do akce Do práce na kole zapojuje méně účastníků. Spolehlivost dat je totiž závislá na množství záznamů, přičemž nižší počet cyklistů může vést ke zkreslení výsledků, pokud se data opírají o úzkou skupinu lidí, která pravidelně využívá své oblíbené trasy.

4.4.5 SWOT analýza

Data z akce Do práce na kole představují cenný zdroj informací o pohybu cyklistů, především díky své finanční dostupnosti a schopnosti zachytit hlavní trendy v cyklistické dopravě. **Silnou stránkou** těchto dat je nízká cena a zaměření na pracovní cesty, což umožňuje identifikovat nejvytíženější trasy ve městech z pohledu pracovní dojížděky. Na druhou stranu, **slabou stránkou** je omezená časová platnost, protože data pocházejí pouze z května, což neumožňuje celoroční analýzu nebo alespoň analýzu zatížení v méně zatížených měsících. Reprezentativnost dat navíc závisí na počtu účastníků v jednotlivých městech – v obcích s nízkou účastí mohou být výsledky zkreslené. **Příležitosti** zahrnují možnost propojení těchto dat s jinými zdroji, jako jsou aplikace Strava nebo bikesharingové systémy, a jejich využití pro propagaci udržitelné dopravy. Mezi **hrozby** patří riziko nízké účasti v některých lokalitách, což může ovlivnit spolehlivost dat, a omezená použitelnost mimo pracovní cesty. Přesto tato data představují vhodné řešení pro města bez přístupu k jiným zdrojům a mohou být efektivním nástrojem pro plánování cyklistické infrastruktury.



Obr. 47 SWOT analýza dat DPNK (zdroj: vlastní zpracování)

4.5 Cyklistické detektory

V Brně je dostupná síť stacionárních detektorů které pomáhají měřit provoz cyklistů na páteřních komunikacích a strategických místech. První zařízení byla instalována již na konci roku 2019 a další přibývala v následujících letech. V současnosti město využívá data ze čtyř různých typů senzorů, které pracují na odlišných technologických principech a nabízejí různé úrovně přesnosti a způsobu detekce. Přehled těchto senzorů a jejich technických parametrů je uveden v Tab. 16.

4.5.1 Přehled infrastruktury

Největší podíl cyklodetektorů, tvoří síť pod správnou BKOM a to celkem 18 jednotek. V době psaní této práce (leden 2025) však většina těchto zařízení nebyla v provozu a nacházela se ve fázi reklamace. Tato síť představuje nejrozsáhlejší senzorový systém pro monitoring cyklistické dopravy na území města, přičemž kromě cyklistů dokáže detekovat i pohyb

chodců. Detektory fungují na principu video detekce, která umožňuje rozpoznání cyklistů přímo z obrazu.

Další cyklodetektory jsou tvořeny kamerovými systémy od společnosti VisionCraft a v současné době jsou v provozu, avšak data nejsou veřejně dostupná. Vedle těchto senzorů Brno disponuje dvěma senzory první generace od společnosti Telraam. Z nichž v minulosti byl jeden instalován a jeho provoz je podrobněji popsán v kapitole 6.1. Posledním typem senzoru jen senzor založený na principu indukční smyček umístěný na páteřní cyklostezce v jižním okraji města při obci Přízřenice.

Rozmístění detektorů je znázorněno na Obr. 48, včetně pentlogramu intenzit cyklistické dopravy. Tyto detektory se nacházejí především na páteřních cyklotrasách, kudy projíždí největší počet cyklistů. Mezi nejvýznamnější úseky patří trasa od Brněnské přehrady směrem na jih, která je součástí mezinárodní cyklotrasy EuroVelo 4.

Tab. 16 Infrastruktura cyklistických detektorů v Brně (zdroj: vlastní zpracování)

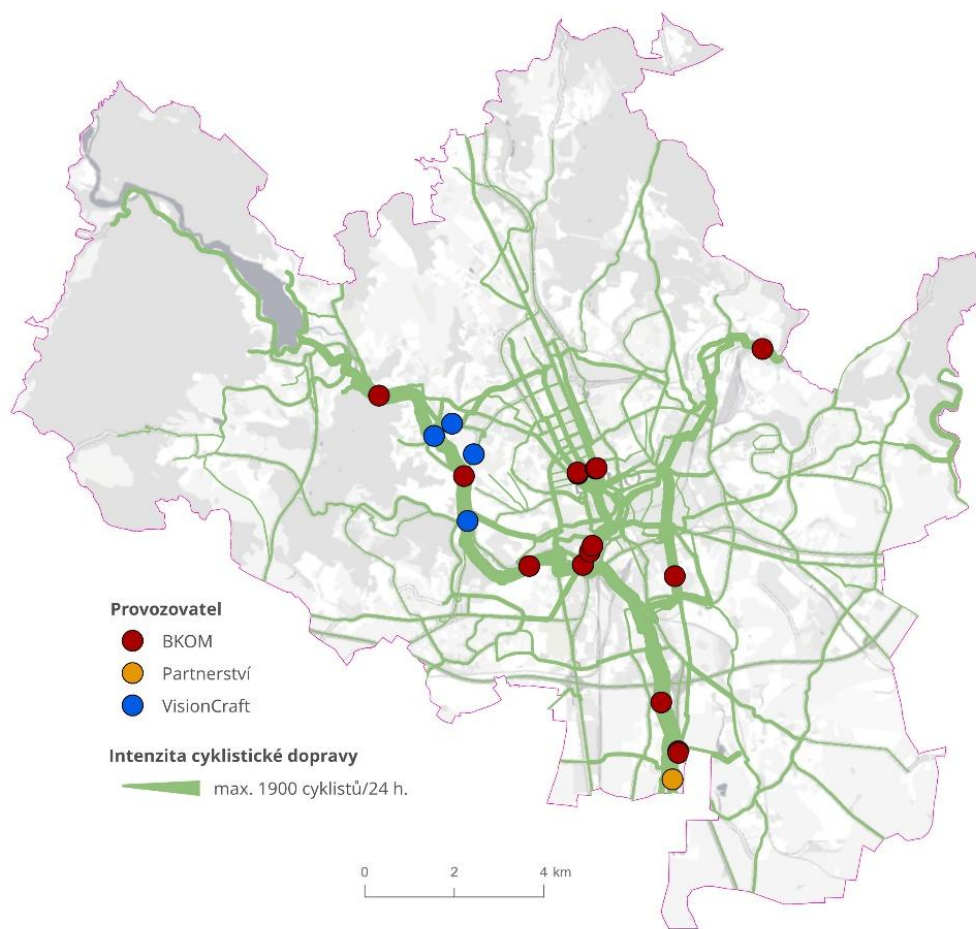
Typ	Počet	Cena	Veličina	Časové rozlišení	API	Opendata	Napájení
BKOM	18	-	C; CH	hodina	Ano	Ano	*kombinace
VisionCraft	4	18 000 Kč/měsíc/ks	C; CH	vlastní	Ne	Ne	pouliční osvětlení
Telraam V1	2	4000 Kč/ks	C; CH	hodina	Ano	Ne	domácí zásuvka
Partnerství	1	-	C; CH	hodina	Ne	Částečně	-

* kombinace napájení ze sítě trolejového vedení, pouličního osvětlení

- cena není známá

C-cyklisté, CH-chodci

Všechny detektory jsou schopné zaznamenávat jak cyklisty, tak chodce. Kromě senzorů VisionCraft všechny poskytují agregovaná data po hodinových intervalech. U senzorů VisionCraft je možné zvolit libovolný časový interval. Důležitou vlastností detektorů je možnost poskytování dat pomocí API. Tuto možnost nabízejí senzory Telraam a BKOM, ostatní senzory využívají k prezentaci například interaktivní dashboard nebo web. Otevřená data jsou poskytována ze senzorů BKOM na webu data.brno.cz a částečně i detektor Partnerství, který nabízí přehled výsledků měření na svém webu. Z hlediska napájení jsou senzory BKOM většinou napájeny z veřejného osvětlení a částečně z trolejového vedení. Senzor Telraam V1 je napájen z běžné domácí zásuvky a u senzoru Partnerství nebylo zjištěno, jakým způsobem je napájen.



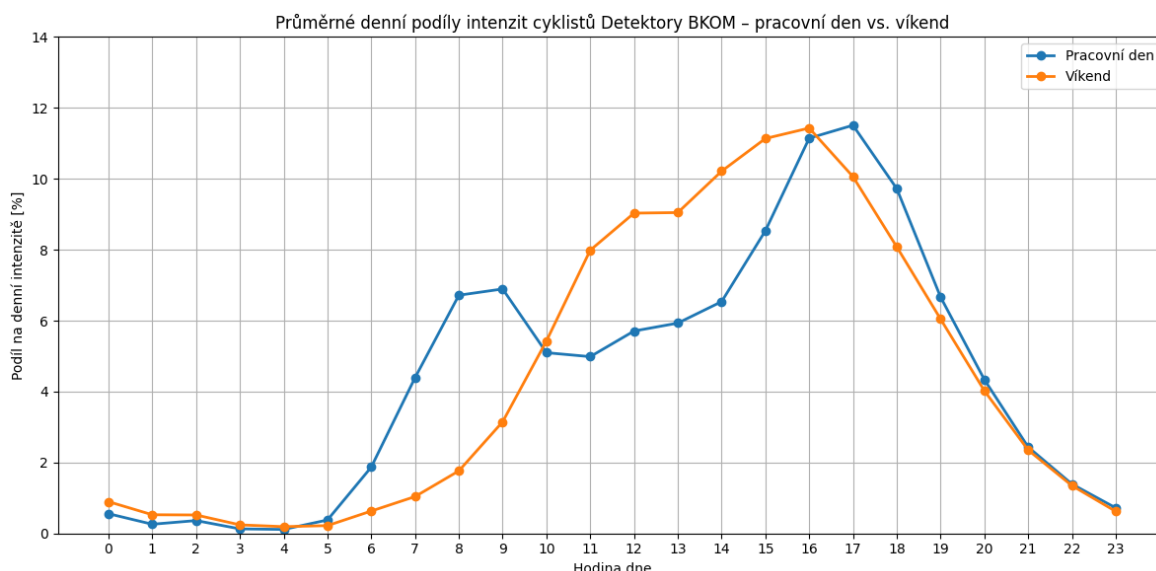
Obr. 48 Rozmístění cyklodetektorů v Brně (zdroj: vlastní zpracování)

4.5.2 Senzory BKOM

Jak bylo zmíněno v předcházející kapitole, největší síť zaujímají cyklistické detektory od společnosti BKOM, které však v době psaní práce (leden 2025) prochází reklamačním řízením. Přehled výsledků dostupných měření všech detektorů je zobrazen v tabulce ve vázané příloze 6.

Některé detektory vykazovaly nízkou spolehlivost, která byla hodnocena na základě podílu dní, během nichž detektor zaznamenal údaje, a dní, kdy dosáhl kompletního počtu měření za 24 hodin. Tento podíl byl často velmi nízký, což může naznačovat nedostatečnou funkčnost zařízení. Dále byla zaznamenána vysoká četnost měření s nulovými hodnotami, které pravděpodobně nepředstavují validní záznamy a mohou indikovat chybnou detekci nebo poruchu přístroje. K ověření validity detektorů byly použity statistické výpočty korelací vůči datům ze systému Strava Metro, jak je uvedeno v kapitole 6.2.5.

Díky nepřetržitému měření cyklistických detektorů po celých 24 hodin představují tyto zařízení unikátní možnost, jak dlouhodobě zachytit denní rytmus cyklistické dopravy. Na Obr. 49 je znázorněn podíl hodinových intenzit z celkového denního zatížení nad daty všech cyklistických detektorů BKOM. Z grafu je patrná ranní špička v pracovní den kolem 7. a 8. hodiny. Odpoledne dochází k výraznému růstu intenzity až do vrcholu kolem 16. a 17. hodiny. Oproti tomu víkendové maximum je pouze jedno, posunuté více do večerních hodin, konkrétně kolem 18. hodiny, přičemž ranní špička zde chybí. Data jsou za všechny detektory za celou dobu jejich provozu.



Obr. 49 Průměrný podíl cyklistů na denní skladbě dopravy detektory BKOM (zdroj: vlastní zpracování)

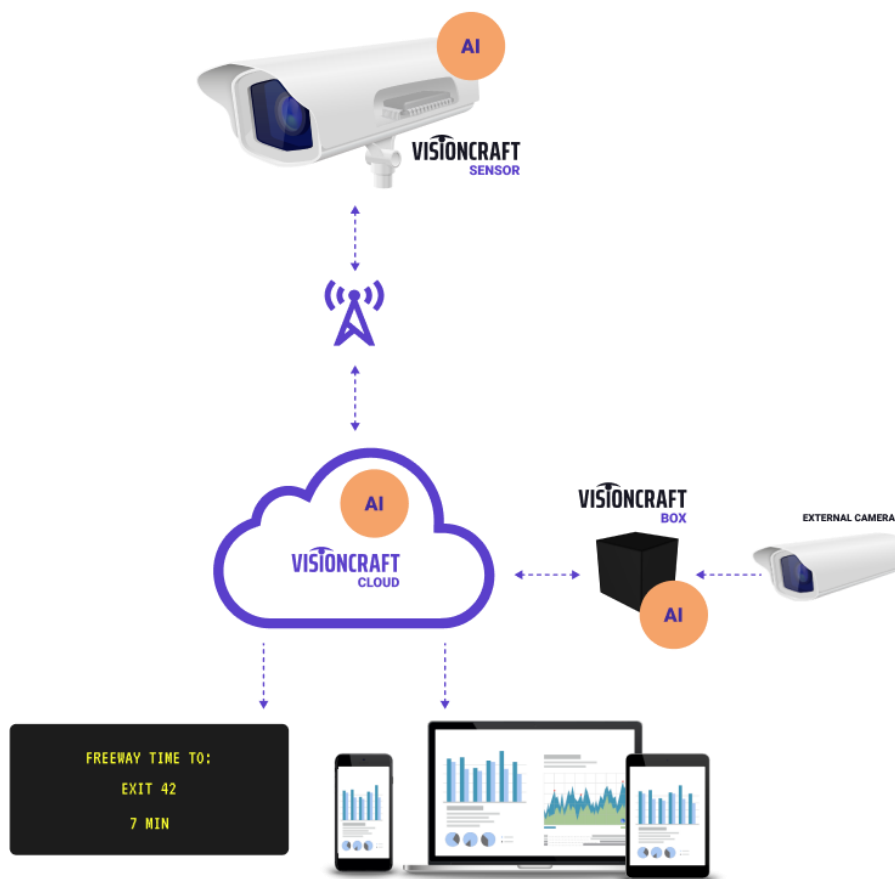
Detektory společnosti BKOM pracují na jednoduchém principu zaznamenávání průjezdu či průchodu osoby, s možností rozlišení směru pohybu. Tyto detektory však nejsou schopné sledovat pohybující se objekt, což znamená, že nedokáží spočítat průjezdy jednotlivými rameny křižovatky. Pro takové analýzy je nutné využít pokročilejší technologie, jako jsou senzory VisionCraft.

4.5.3 Senzory VisionCraft

Senzory od společnosti VisionCraft oproti běžnému senzoru dokáží sledovat pohybující se objekt a vyhodnocují celou jeho trajektorii v definovaném rozsahu. Díky tomu je jejich použití vhodné zejména na křižovatkách, kde je tak možné řešit i směrovost cyklistů a jejich odbočování.

Technologie

Senzory jsou zpravidla dodávány jako komplexní řešení skládající se z kamery a software. Kamera zachytí trajektorii a pohyb objektu a následně probíhá vyhodnocení a klasifikace pohybu. Je také možné použít již stávající kamerový systém a pouze k němu přidat externí modul pro zpracování videozáznamu. Schéma fungování systému je zachyceno na Obr. 50. Senzory jsou umísťovány nejčastěji na sloupy veřejného osvětlení, zejména pro zajištění napájení a správnou polohu kamery v dostatečné výšce pro snímání scény.



Obr. 50 Schéma systému VisionCraft (zdroj: <https://www.visioncraft.ai>)

Výhoda senzorů sledujících trajektorii pohybů je široká škála možných uplatnění. V Praze tento senzor byl instalován v nehodovém úseku, kde docházelo k nehodám při vjíždění do protisměru. Díky těmto senzorům bylo možné přesně identifikovat procento vozidel vjíždějících do protisměru na křižovatce a specifikovat míru rizikových situací (Procházka, 2024).

Data generovaná senzory nejsou dostupná jako otevřená data ani prostřednictvím API, které by umožnilo přímý přístup k výstupům. K dispozici je pouze interaktivní dashboard (viz Obr. 51) zobrazující data ze senzorů s 15minutovým zpožděním. Senzory jako jediné mají možnost filtrovat data v libovolném okamžiku a nenabízejí pouze hodinové agregace. Možnost filtrovat data pro libovolný časový úsek je velmi vhodná například pro terénní sčítání.



Obr. 51 Rozhraní sestavy k senzoru VisionCraft (zdroj: portal.visioncraft.cz)

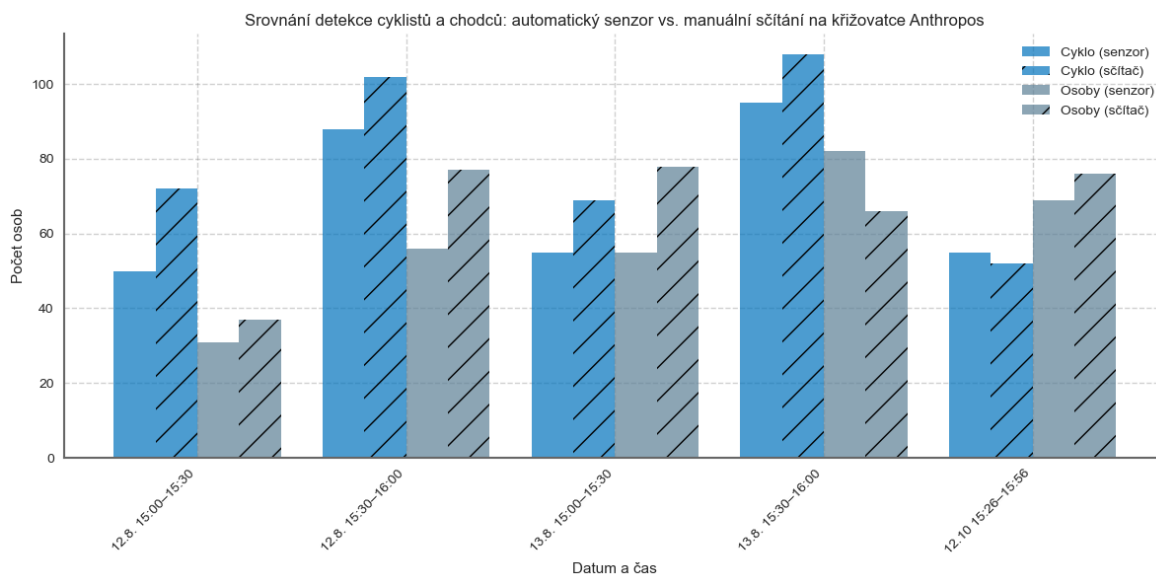
Validace dat

Senzory jsou umístěny na 4 lokalitách: u pavilonu Anthropos, na lávce přes ul. Žabovřeská, na křižovatce Veslařská/Jundrov a při ulici Sochorova. Každá z těchto lokalit se vyznačuje zcela rozdílnou polohou a charakteristikou dopravní situace. Lokalita Anthropos byla vybrána pro testování zejména pro ověření, zda bude možné rozlišit směry pohybu cyklistů a chodců. Křižovatka u Anthroposu je svým rozvržením velmi složitá viz Obr. 52, a kamera zabírá křižovatku se 4 větvemi. Nejčastější směr je však Anthropos→Brno, případně Brno→Anthropos.



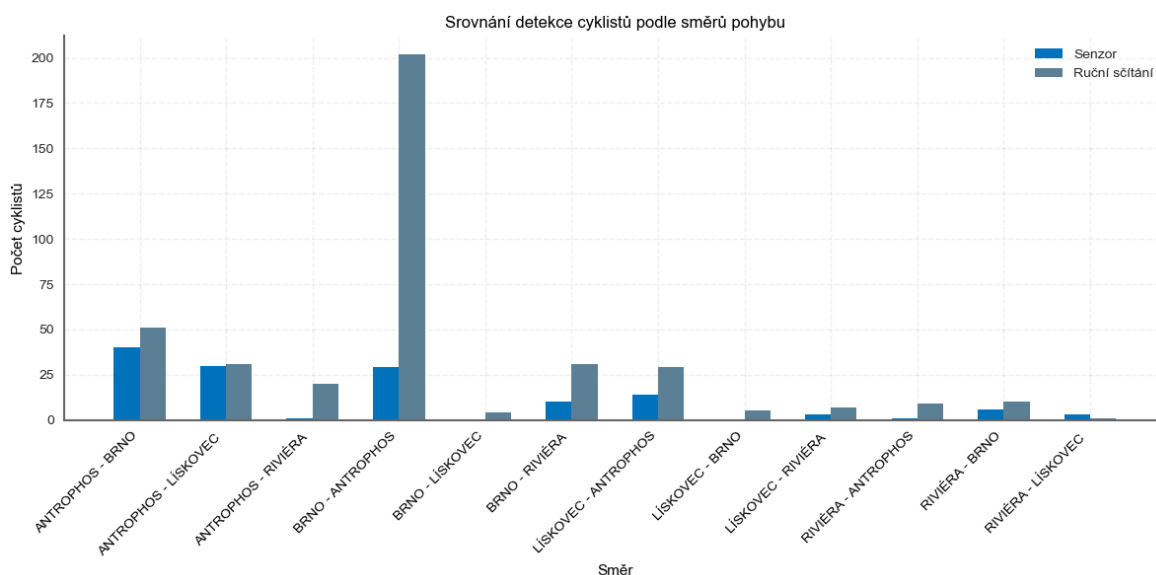
Obr. 52 Křižovatka Anthropos (zdroj: vlastní zpracování, mapy.cz)

Ověření lokality Anthropos bylo realizováno ručním sčítáním autorem práce na místě. V rámci tohoto procesu byl pořízen videozáznam a jednotlivé průjezdy byly zaznamenávány do sčítacího archu. Sčítání probíhalo v 30minutových intervalech a zahrnovalo jak cyklisty, tak chodce. Výhodou kontrolního sčítání byla možnost volby libovolného časového intervalu, což umožňovalo okamžitě po příchodu na místo zaznamenávat data. Na základě grafu (viz Obr. 53) je patrné, že ruční sčítání zaznamenalo ve většině případů vyšší počet osob ve srovnání s daty ze senzorů. Obě datové řady však vykazují shodný trend, což potvrzuje jejich vzájemnou konzistenci.



Obr. 53 srovnání záznamů senzoru a ručního sčítání (zdroj: vlastní zpracování)

Hlavní benefit tohoto typu senzoru však spočívá v možnosti detekce trajektorii pohybujících se objektů a záznamu průjezdů křižovatkou. Jak ukazuje Obr. 54, celkový součet všech měření vykazuje vyšší počet cyklistů ve všech směrech oproti hodnotám zaznamenaným senzorem. Absolutní rozdíly však byly poměrně malé a senzor byl schopen jednotlivé směry rozlišovat. Největší nepřesnosti byly zaznamenány ve směru Brno → Anthropos, kde cyklisté projížděli přímo proti kameře, což mohlo ovlivnit správnost detekce.



Obr. 54 Vizualizace absolutního rozdílu ručního sčítání a dat ze senzoru (zdroj: vlastní zpracování)

Monitoring trajektorií

Jak bylo uvedeno výše, detektory jsou schopny monitorovat trajektorie pohybujících se objektů. Nejde tedy pouze o samotný pohyb cyklistů v prostoru křižovatek, ale také o sledování rizikových situací. Příkladem může být senzor umístěný při ulici Sochorova (viz Obr. 55), který zaznamenává počet osob překonávajících čtyřproudou komunikaci a jejich

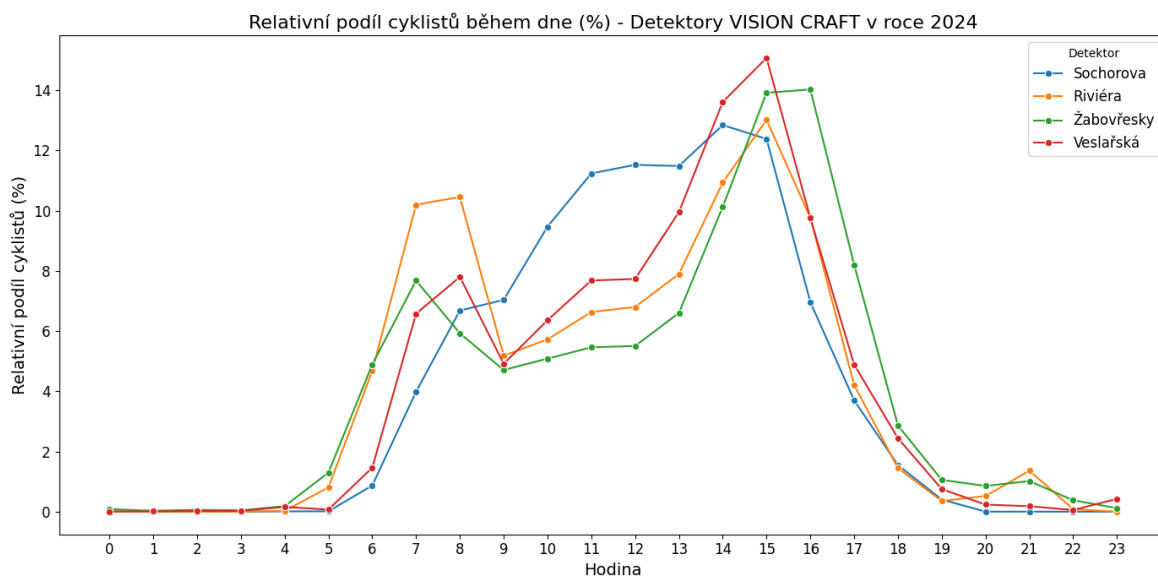
další směřování, zejména směrem na přilehlou cyklostezku. Od zahájení měření (29. 8. 2024) tento detektor zaznamenal více než 400 případů přechodu přes komunikaci. Z toho přibližně 80 % osob pokračovalo ve směru na cyklostezku. Na protější straně se nachází zahrádkářská osada a nejbližší legální přechod je vzdálen přibližně 500 metrů, což může vést k častému překračování vozovky mimo vyhrazená místa. Z dopravního hlediska je proto možné v budoucnu zvážit realizaci opatření, která by omezila nelegální přecházení. Mezi možná řešení patří například úprava skladby silniční zeleně nebo instalace pevných zábran, jako bariéry pro přecházení.



Obr. 55 Pohled kamery senzoru Sochorova (zdroj: visioncarft.cz)

Omezení

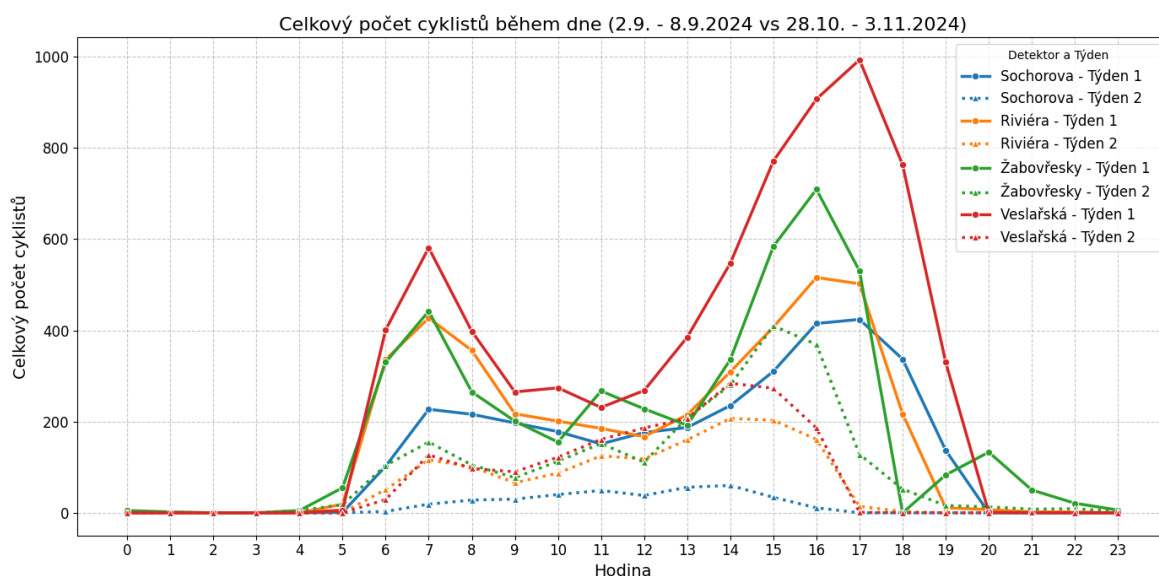
Poskytnutá data vykazovala několik zjištění. Největší omezení těchto detektorů představuje způsob jejich napájení z pouličního osvětlení, kdy se během nočního provozu detektor nabíjí a během dne je jeho provoz zajištěn napájením na baterii. Z tohoto důvodu senzory poskytovaly data jen v omezeném rozsahu, který byl limitován výdrží baterie. Na Obr. 56 je znázorněn graf s hodinovými podíly intenzit doprav všech detektorů v roce 2024, který svým průběhem odpovídá obvyklým zjištěním denního rytmu cyklistů, a to první ranní špičkou, kolem 8. hodiny a večerním vrcholem mezi 16. a 17. hodinou.



Obr. 56 Podíl cyklistů na denní skladbě dopravy dle detektorů VisionCraft (zdroj: vlastní zpracování)

Na Obr. 57 je znázorněn graf, který zobrazuje relativní podíl cyklistů během dne ve dvou různých týdnech s odlišnými světelnými podmínkami. První zářijový týden se vyznačuje delší dobou slunečního svitu ve srovnání s prvním listopadovým týdnem. Detektory VisionCraft nejsou vybaveny přísvitem, což znamená, že jejich schopnost měření závisí na dostupnosti okolního osvětlení. Pokud detektor nesnímá prostor přímo osvětlený pouličním osvětlením, jeho schopnost počítat cyklisty je výrazně omezena.

Jediným detektorem, který monitoruje prostor přímo osvětlený pouličním osvětlením, je detektor umístěný na lávce přes ulici Žabovřeská (znázorněn zelenou linií v grafu). Ostatní detektory (Sochorova, Riviéra a Veslařská) vykazují problémy se světelnými podmínkami, což se projevuje poklesem naměřených hodnot v prvním týdnu kolem 19. a 20. hodiny. Tento pokles může být způsoben nejen zhoršením světelných podmínek, ale také vyčerpáním energie baterií detektorů. Ve druhém týdnu (listopadový týden) je patrný posun měřených hodnot směrem k dřívějším hodinám. Kolem 17. hodiny již většina detektorů není schopna měřit cyklisty z důvodu nedostatku světla (Procházka, 2025). Tento fakt potvrzuje závislost přesnosti měření na světelných podmínkách, což představuje významné omezení při použití těchto zařízení v období s kratší dobou denního světla.



Obr. 57 Rozdíl v počtu cyklistů detektory VisionCraft (zdroj: vlastní zpracování)

Doporučení

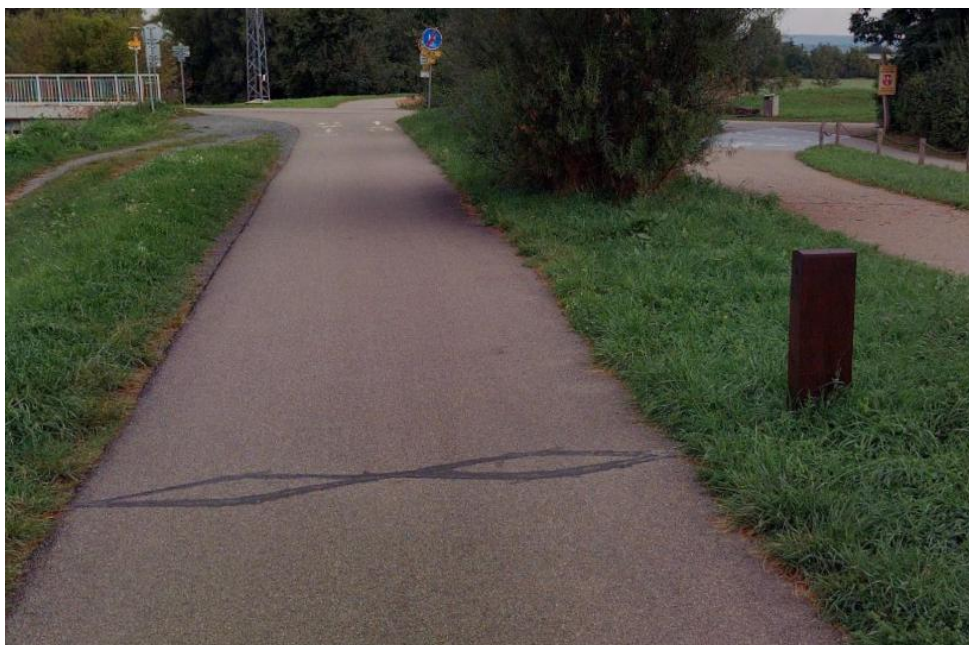
Senzor VisionCraft je vhodný pro základní sčítání všech druhů dopravy, včetně analýzy rychlosti pohybujících se objektů. Mezi hlavní nevýhody tohoto zařízení patří složitost instalace a nutnost napájení elektrickým proudem, které je klíčové pro zajištění nepřetržitého provozu senzoru. Dalším klíčovým předpokladem pro fungování je zajištění světelných podmínek pro efektivní snímání objektů. Senzory jsou nejčastěji umísťovány na lampy nebo stožáry a napájeny ze sítě veřejného osvětlení. Ačkoliv jsou senzory instalovány na sloupech veřejného osvětlení, většina z nich (s výjimkou detektoru Žabovřeská) monitoruje oblasti mimo přímé osvětlení lamp. Tato skutečnost zásadně ovlivňuje jejich schopnost měřit za zhoršených světelných podmínek.

Výhodou tohoto řešení je možnost využití celého zařízení jako službu. Senzor tak může být během dvou měsíců umístěn na několik různých stanovišť a pokrýt tak vybrané úseky pro sčítání. Cena takovéto služby byla v době psaní této práce (leden 2025) 18 000 Kč včetně DPH. V provedených kontrolních sčítání se senzor ukázal jako poměrně spolehlivý, ačkoliv cyklisty v přímém směru proti kameře na lokalitě Anthropos měl problémy zachytit. Tento problém by mohla vyřešit jiná instalace a pohled kamery z odlišného úhlu.

4.5.4 Senzor nadace Partnerství

V Brně byl v době psaní této práce v provozu jediný senzor provozovaný obecně prospěšnou společností (o.p.s.) Nadace Partnerství, dále označovaný jako senzor Přízřenice. Tento senzor využívá technologii indukční smyčky, která je viditelná na povrchu cyklostezky (Obr. 58). Indukční smyčka detekuje průjezdy cyklistů na základě změn elektromagnetického pole, což zajišťuje vysokou přesnost měření počtu průjezdů.

Detektor je umístěn na jednom z nejfrekventovanějších úseků v Brně z hlediska cyklistické dopravy, konkrétně na cyklostezce Eurovelo 5 za obchodním centrem Olympia. Data jsou prezentována ve formě interaktivních grafů na webových stránkách Nadace Partnerství. Blíže informace je možné zobrazit přímo na webu merenina.vstevnosti.cz. Pro účely této práce autor získal přehled denních dat naměřených detektorem ve formátu CSV od o.p.s. Partnerství. Díky tomu bylo možné data porovnat s datovou vrstvou Strava Metro. Podrobnější analýza je uvedena v kapitole 6.2.5.



Obr. 58 Lokalizace senzoru Přížřenice (zdroj: panorama Mapy.cz)

4.5.5 Senzory Telraam

Senzory Telraam představují jednoduchá zařízení určená k domácímu měření dopravy založenému na rozpoznávání objektů v obrazu. Brno aktuálně disponuje dvěma senzory první generace, které byly testovány a podrobně popsány v kapitole 6.5. V době psaní této práce (leden 2025) ani jeden z těchto detektorů nebyl v provozu. Na základě testování senzorů první generace město Brno plánuje pořízení modernějších senzorů druhé generace, které budou schopny detekovat cyklisty. Data z těchto zařízení je možné zobrazit pomocí grafů případně prostřednictvím interaktivního dashboardu viz Obr. 59 ve formátu XLSX s hodinovými daty.



Obr. 59 Dashboard senzoru Telraam (zdroj: telraam.net)

4.5.6 Detekce cyklistů z vlastního videozáznamu

Alternativní způsob získávání dat o pohybu cyklistů může představovat detekce z pořízeného videozáznamu. Tento přístup využívá algoritmy pro detekci objektů, které jsou schopny v reálném čase identifikovat nejrůznější objekty napříč prostředími. Jedním z volně dostupných algoritmů je například YOLO (You Only Look Once).

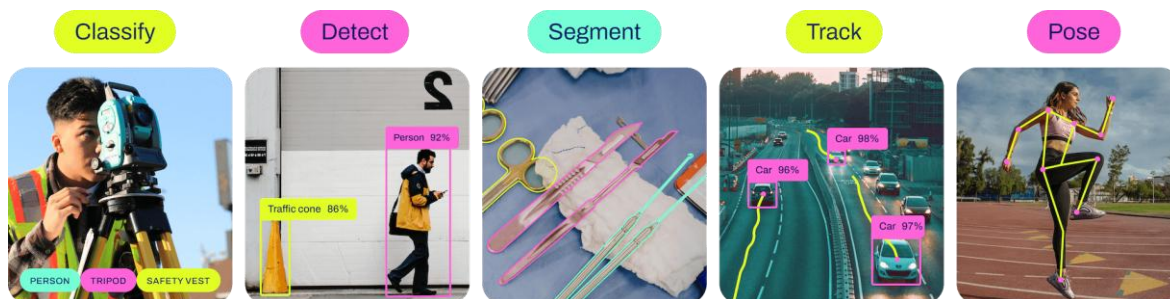
YOLOv8 je model vyvinutý společností Ultralytics, který je šířen jako open source kód pod licencí AGPL 3-0,

Verze, YOLOv8, byla úspěšně použita ve výzkumu zaměřeném na detekci cyklistů v městském prostředí (Narkhede a Chopade, 2024). Algoritmus dokáže analyzovat videozáznamy a na základě tréninku na rozsáhlých datech spolehlivě identifikovat cyklisty i v náročných dopravních podmínkách.

Výzkumy ukazují postupné zlepšování přesnosti detekce cyklistů napříč různými verzemi YOLO:

- YOLOv5 dosahoval přesnosti detekce cyklistů nad 91 % (Yuwei Xiang a Qianxiao Fei, 2022).
- YOLOv8 s implementací BiFormer mechanismu dosahuje ještě lepších výsledků oproti v5 při detekci v městských podmínkách (Narkhede a Chopade, 2024).

Jeho hlavní výhodou je schopnost detekovat objekty v reálném čase, což z něj činí vhodný nástroj pro aplikace, jako jsou asistenční systémy pro řidiče, monitorování dopravy nebo analýzy bezpečnosti v městském prostoru. Kromě samotné detekce je YOLO schopné provádět klasifikaci a sledování pohybujících se objektů, jak je znázorněno na Obr. 60.



Obr. 60 Možnosti modelu YOLO V8 zdroj (ultralytics.com)

Pro ověření a testování této detekce byl použit model YOLOv8, který představuje jednovrstvou neuronovou síť vhodnou pro 2D detekce. Tento model je volně dostupný ke stažení na <https://github.com/ultralytics/assets/releases/tag/v8.2.0>. Pro detekci cyklistů byl autorem práce pořízen videozáznam za pomoci mobilního telefonu, který byl sestříhán se zaměřením na průjezdy cyklistů. Kamera byla umístěna kolmo k silnici z důvodu pořízení co nejlepšího záznamu viz Obr. 61.

Samotné video bylo zpracováno pomocí jazyku Python za využití specializovaných knihoven. Celý skript je dostupný včetně vstupního a výstupního videa ve volné elektronické příloze 14. Skript využívá model YOLOv8 pro detekci cyklistů ve videozáznamu a SORT algoritmus pro jejich sledování napříč snímky. Hlavním cílem je spočítat počet cyklistů, kteří projdou definovanou vertikální čarou a jejím okolím. Detekce cyklistů se provádí na základě předem definovaného prahu spolehlivosti (>60) pro rozpoznávání objektu cyklisty. Díky sledování objektů je tak možná zabránit duplicitnímu započtení cyklisty. Výsledné video s anotacemi a počtem cyklistů je následně uloženo. Skript tak

poskytuje řešení pro sledování a počítání objektů v reálném čase na základě videozáznamů. Ve videozáznamu se pomocí algoritmu podařilo identifikovat všechny projíždějící cyklisty.



Obr. 61 Detekce cyklistů z pořízeného videozáznamu

Využití a limity

Analýza pořízeného videozáznamu může sloužit jako alternativní metoda ke sběru dopravních dat, zejména v doplňkových úsecích nebo pro menší obce. Tento přístup umožňuje jednoduchý sběr dat pouze pořízením vhodného videozáznamu situace, který lze následně analyzovat z hlediska různých dopravních módů. Model YOLO dokáže rozpoznat širokou škálu kategorií objektů, jako jsou osobní automobily, cyklisté, nákladní automobily, motocykly, chodci a další (Roboflow, Inc, 2025). Nevýhoda byla dlouhá doba výpočtu a nárok na výpočetní výkon. Analyzovaná videosekvence o délce 68 s trvala vytvořit 280 s na hardwaru popsáném v kapitole 2. Tento způsob detekce přináší také svá omezení, a to zejména s důrazem na kvalitní podmínky video záznamu. V případě, že by cyklista projíždějící sledovaným prostorem byl zakryt jiným vozidlem, daný průjezd by nemusel být zaznamenán. Model také nemusí rozpoznat cyklistu či špatně určit jiný druh dopravy, pokud daný objekt není zcela standardní a vybočuje z řady snímků na kterých byl model natrénován. V ukázkovém videu byl takto přiřazen člověk na koloběžce. Potenciál takového zpracování dat by byl, kdyby byla zapojena komunita občanů, kteří by na vybraných místech pořizovali videozáznamy situace v uličním prostoru, které by byly následně vyhodnoceny z centrálního místa. Díky tomu, že tento model umožňuje výpočet v reálném čase, mohl by se na tomto algoritmu postavit samostatný cyklistický detektor, či propojit stávající dopravní kameru s vyhodnocením nad tímto algoritmem.

Další možné využití algoritmu by mohlo představovat monitorování počtu zaparkovaných kol na frekventovaném místě na příkladu hlavního nádraží. V případě že by bylo možné získat snímek z kamery která by mířila do sledovaného prostoru, tak by bylo možné vyhodnocovat počet zaparkovaných kol v čase. Na základě takového vyhodnocení poté například optimalizovat kapacitu odkládacích míst pro cyklisty, kdy by bylo možné zjistit, zda dochází pravidelně k překročení kapacity stojanového místa. Při tomto způsobu vyhodnocení je klíčový faktor ceny, který zde hraje velkou roli, jelikož se jedná o algoritmus, který je šířen zdarma. S tím se však váže nutnost personálního zajištění či dalších jiných doprovodných nákladů, které nejsou přímo vyčíslitelné.

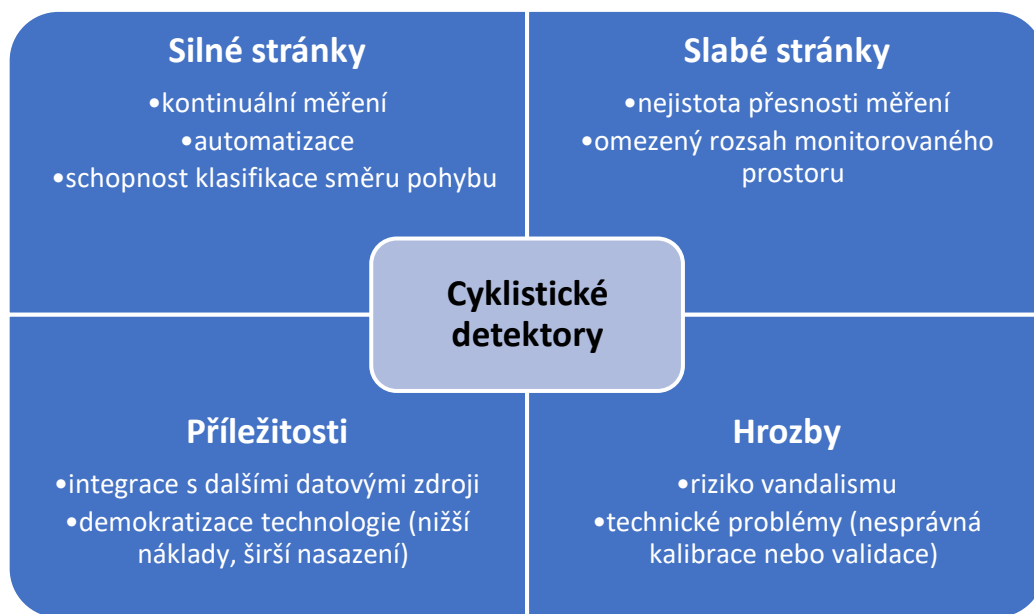
4.5.7 SWOT analýza

Cyklistické detektory představují moderní zařízení, která mají nezastupitelné místo ve sledování cyklistické dopravy ve městech. Jejich největší **silnou stránkou** je schopnost kontinuálního měření, díky čemuž lze oproti tradičnímu dopravnímu sčítání získat dlouhodobé časové řady dat. Další silnou stránkou je automatizace – senzory pracují nezávisle na dalších vlivech a po instalaci neustále odesílají data. Některé moderní senzory dokonce umožňují sledovat pohybující se objekty a klasifikovat křižovatkové směry, což přesahuje pouhé zaznamenání průjezdu cyklisty jedním místem.

Na druhou stranu mají detektory i **slabé stránky**. Přesnost měření není vždy zcela spolehlivá, a proto je nutné každý detektor brát s určitou mírou nejistoty. Omezený rozsah měření znamená, že detektor monitoruje pouze konkrétní místo v prostoru, což vyžaduje vytvoření celé sítě detektorů pro komplexní obraz cyklistické dopravy.

Příležitosti spočívají v integraci dat z dalších zdrojů, jako jsou meteorologické údaje (teplota, srážky, délka slunečního svitu) či data z aplikací typu Strava, což umožňuje validaci a získání celkového obrazu o cyklistické situaci. Další příležitostí je demokratizace technologie – s technologickým pokrokem budou detektory cenově dostupnější a jejich nasazení bude možné rozšířit.

Hrozby zahrnují riziko vandalizmu, který může poškodit senzory, což se již projevilo v brněnské síti detektorů. Dalším rizikem jsou technické problémy – pokud senzor není správně nastaven nebo validován, může dlouhodobě poskytovat zkreslená data.



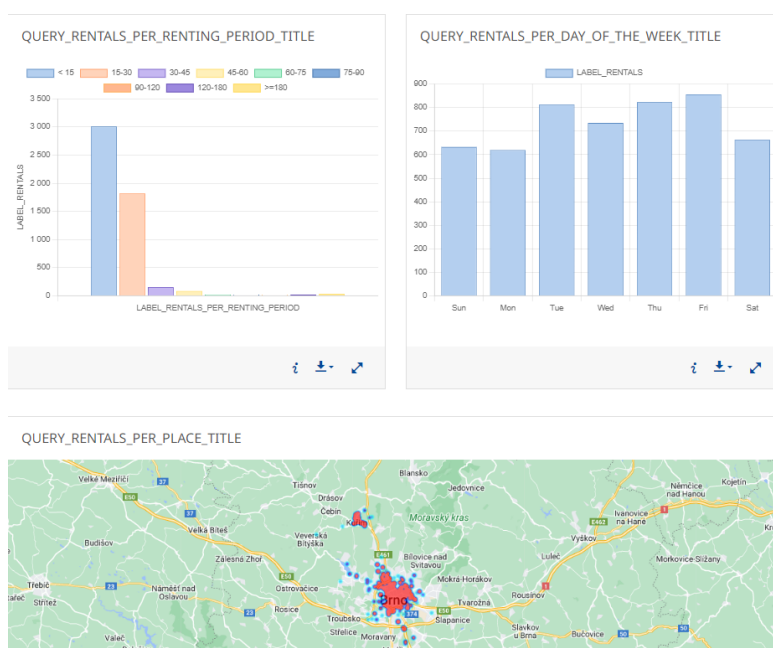
Obr. 62 SWOT analýza Cyklistických detektorů (zdroj: vlastní zpracování)

4.6 Data Bikesharingu

Bikesharing je jako jeden ze způsobů jakým se lidé po městě mohou pohybovat na kole a z hlediska města je velmi důležitý, protože může tvořit další způsob veřejné dopravy. Jak bylo zmíněno v kapitole 3.3.2, v řadě měst je již systém sdílených kol zaveden a je tak možné tato data získávat a dále zpracovávat pro potřeby rozvoje dopravy.

V Brně v době psaní práce působili dva poskytovatelé bikesharingu (nextbike, Rekola). Od obou poskytovatelů byly díky finanční podpoře služby městem k dispozici měsíční výkazy uskutečněných jízd v tabulkové formě a náhled na „živá“ data prostřednictvím online dashboardů (Obr. 63). Pomocí těchto aplikací bylo možné nahlížet na data kdykoliv a získat tak základní přehled o jízdách během dne.

Data obsažená v dashboardech zobrazují pouze výběr výsledků jako jsou nejčastější stanice z pohledu vrácení či výpůjčky, způsob, jakým si uživatel dané kolo půjčuje apod. V době psaní práce dashboardy neumožňovaly stažení surových dat, které by byly vhodné pro další analýzy. Pro tento účel byly dostávaná data od obou poskytovatelů ve formě měsíčních výkazů.



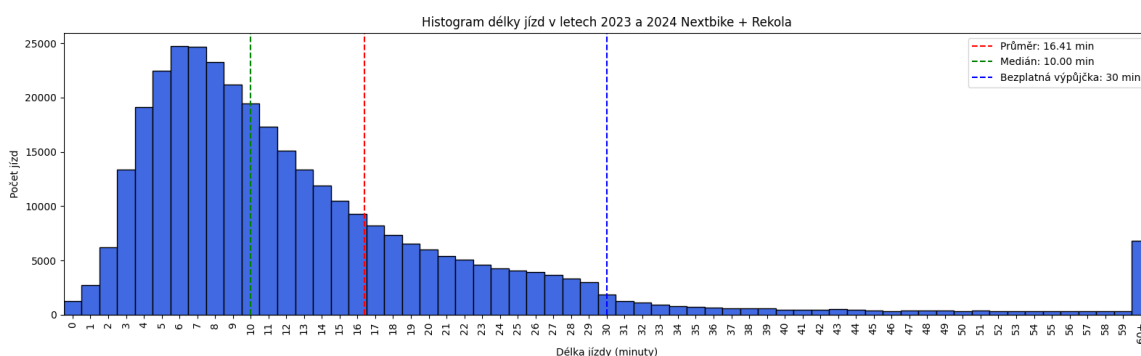
Obr. 63 Ukázka dashboardu nextbike (zdroj: nextbike.com)

4.6.1 API Nextbike

Oba poskytovatelé bikesharingu mají dostupné online aplikace zobrazující polohu svých kol a také vlastní API. Pro účely této práce měl autor k dispozici dostupné pouze API od společnosti nextbike, které je volně dostupné pro všechna města, ve kterých nextbike působí. Dokumentace k API je dostupná na webu <https://api.nextbike.net/api/doc.php>. Data o stavu stanic jsou aktualizována v minutových intervalech (nextbike, 2016).

Autor práce měl k dispozici pro testovací účely i API společnosti Rekola. Tato data byla v téměř totožné struktuře, jako jsou data společnosti nextbike, avšak za přísných licenčních podmínek (Toman, 2024), které znemožňovaly data dále uchovávat a zpracovávat. Mohly tak sloužit pouze k zobrazení stavu kole ve stanicích. Z tohoto důvodu nebylo API společnosti Rekola v práci použito.

Data ze systému nextbike byla stahována ve dvou časových intervalech, a to každých 10 minut a každé 2 minuty. Skript, pomocí kterého je možné stahovat data je přiložen ve volné elektronické příloze 13. Podrobně se analýzou a zpracováním dat nextbike API zabývá (Radzimski a Dzięcielski, 2021). Ze stažených záznamů je například možné sledovat režim na stanicích, případně zjišťovat jednotlivé jízdy porovnáním lokalizací ID kol a umístěním ve stanici. Avšak zde je nutné počítat s tzv. *rebalancingem*, tedy rozvážením kol provozovateli během dne, které napomáhá jejich prostorové distribuci v závislosti na typu stanice, její kapacitě a dalších faktorech. Dalším faktorem je nastavení frekvence ukládání záznamů pro zachycení jízdy se správnou délkou. Na Obr. 16 je znázorněno rozložení jízdy dle délky trvání v letech 2023 a 2024. Pro zachycení podrobných záznamů o počtu kol ve stanici by bylo vhodné nastavit interval ukládání alespoň 5 min (cca 20 % jízdy je kratších než 5 min). S tím souvisí nárůst nároků paměť při uložení do databáze.



Obr. 64 Rozložení délky jízdy dle délky jízdy v letech 2023 a 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

V době psaní práce (leden 2025) probíhá ukládání v intervalu 2 min a data jsou tak využívána především k monitoringu stavu stanic a pro práci se záznamy uskutečněných jízdy jsou využívána data od provozovatelů. Bližší informace o využití dat jsou představeny v kapitole 6.3.

Technické nároky

Stahování a přístup k datům z API nextbike vyžaduje technické znalosti a prostředí pro běh skriptu, který data stahuje a zpracovává. V prostředí MMB je k tomuto účelu využíváno řešení ArcGIS Enterprise s běžícím notebook serverem, ve kterém je každé dvě minuty spouštěn skript stahující data. Alternativně je možné data stahovat a zpracovávat pomocí mini počítače Raspberry Pi, který je pro tento účel také vhodný (Komínek, 2024).

Struktura dat

Data poskytovaná prostřednictvím API jsou strukturována ve formátu JSON, který je vhodný pro přenos a zpracování strukturovaných dat díky své hierarchické povaze. Tento formát umožňuje snadnou práci s daty na různých úrovních podrobnosti:

- **Úroveň země (Country Level):** Obsahuje informace o celém systému v rámci jedné země, včetně metadat, kontaktních údajů a základních statistik.
- **Úroveň města (City Level):** Poskytuje podrobnosti o jednotlivých městech, jako je počet stanic, počet dostupných kol, typy kol a geografické hranice.
- **Úroveň stanice (Place Level):** Detailní informace o konkrétních stanicích, včetně počtu dostupných kol, jejich typů a technických parametrů unikátních ID všech kol.
- **Úroveň kola (Bike Level):** Informace o každém jednotlivém kole, jeho typ, stavu uzamčení, ID a další.

Popis jednotlivých atributů nextbike API je dostupný ve vázané příloze 2.

4.6.2 Uskutečněné jízdy

Přehled o uskutečněných jízdách byl získán formou měsíčního výpisu od obou provozovatelů. Data byla předkládána v požadovaném formátu objednavatele města Brna ve struktuře viz Tab. 17. Oba poskytovatelé sdíleli téměř totožná data s podobnou strukturou ve formátu CSV. Největší rozdíl byl v odlišném formátu, kdy data nextbike obsahovala souřadnice a názvy stanic vrácení či ukončení výpůjčky. Naproti tomu data Rekola do roku 2024 obsahovala pouze souřadnice počátku/konce jízdy, avšak tyto hodnoty nebyly agregovány podle cílové/počáteční stanice, a tudíž měly značný rozptyl kolem stanic v prostoru viz kapitola 4.6.3. V roce 2024 již byl tento rozdíl odstraněn a oba poskytovatelé dodávali data ve sjednocené struktuře. Ukázka dat je přiložena ve volné elektronické příloze 13.

Tab. 17 Porovnání atributů data jízdy do roku 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Provozovatel	Datum a čas jízdy	Souřadnice jízdy	ID uživatele	Čas jízdy	Registrace uživatele	Stanice jízdy
Rekola	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne
nextbike	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano

- Datum a čas jízdy: Datum a čas počátečního a koncového bodu jízdy
- Souřadnice jízdy: Počáteční a koncové souřadnice jízdy
- ID uživatele: Identifikátor uživatele
- Čas jízdy: Doba trvání jízdy v sekundách
- Registrace uživatele: datum registrace uživatele u provozovatele
- Stanice jízdy: Název počáteční a koncové stanice

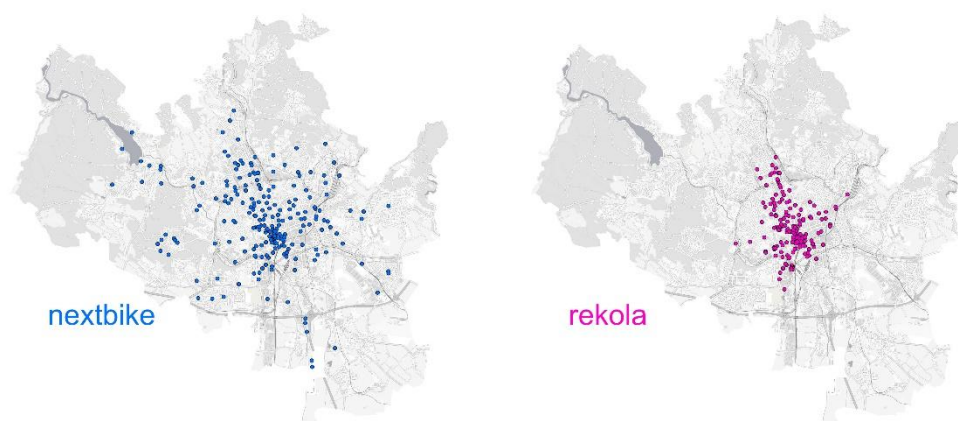
Z dat poskytnutých oběma provozovateli bylo patrné, že mají kvalitní a konzistentní strukturu a prakticky neobsahují nevalidní záznamy. Nebylo proto nutné provádět filtraci záznamů například s ohledem na servisní operace s koly ze strany provozovatelů nebo na jízdy uskutečněné mimo území města Brna – jak tomu bylo například v práci Hrice (2018).

4.6.3 Zpracování dat v GIS prostředí

Po prvním prozkoumání datových zdrojů bylo přistoupeno k jejich analýze a zpracování v software ArcGIS Pro. Zejména šlo o vizuální kontrolu bodů v okolí stanovišť. Pomocí funkce *point from coordinates* byly vytvořeny dvě vrstvy představující seznam stanic. Rozvržení stanic v prostoru bylo u obou poskytovatelů rozdílné. Nextbike má stanoviště rozmístěné i do okrajových oblastí oproti společnosti Rekola, která se soustředí především na centrum města viz Obr. 65. Rozdíl mezi oběma poskytovateli byl k 1. 3. 2024 57 stanovišť. Pro stanovení, jak dobře oba poskytovatelé pokrývají území města byl použit koeficient dostupnosti podle rovnice:

$$K_d = \frac{O_{500}}{O_t} \quad (4)$$

- K_d : koeficient dostupnosti
- O_{500} : počet trvale žijících obyvatel do 500 m od stanice,
- O_t : celkový počet trvale žijících obyvatel.



Obr. 65 Porovnání rozložení stanic nextbike a Rekola k březnu 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Pro výpočet koeficientu byla použita vrstva trvale žijícího obyvatelstva podle Registru obyvatel na adresní body (data.brno, 2024) platná k 1. 1. 2024. Dále byla použita komunikační síť z datové sady Streetnet, Nad touto sítí byl vytvořen síťový dataset a byla provedena analýza dostupnosti (*service area*) s prahovými hodnotami 300 m a 500 m. Díky tomuto přehledu tak byla identifikována slabá místa v infrastruktuře, s potenciálem k rozšíření služby k širšímu množství občanů. Ačkoliv má Nextbike zhruba o 30 % více stanic než Rekola, pokrývá o 100 % více trvale žijícího obyvatelstva, zejména díky strategickému rozmístění stanic v oblastech s hustou zástavbou velkých sídlišť. Vzhledem k tomu, že stanice Rekola se nacházejí převážně v místech již obsluhovaných stanicemi nextbike, nedochází při jejich započtení k významnému rozšíření celkového prostorového pokrytí služby bikesharingu (Tab. 18).

Tab. 18 Pokrytí území stanovišti Bikesharing k 1. 3. 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

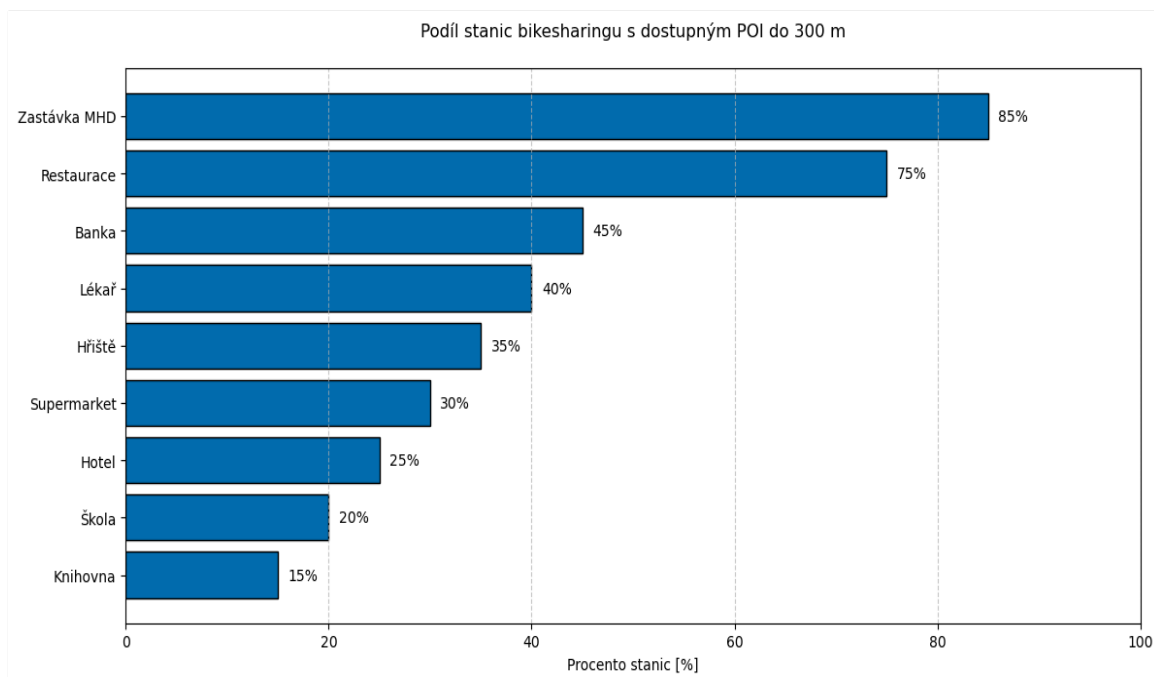
Poskytovatel	Počet stanic	Počet stanic dle územních jednotek*		Trvale žijící obyvatelstvo		Koeficient dostupnosti
		M.Č.	K. Ú.	< 300 m	< 500 m	
Rekola	170	7/28	14/48	73 360	102 596	0,256
nextbike	227	22/28	36/48	149 650	255 077	0,637
Oba poskytovatelé	397	22/28	36/48	156 456	256 460	0,640

* MČ: městská část, K.Ú.: katastrální území

Charakteristika stanic

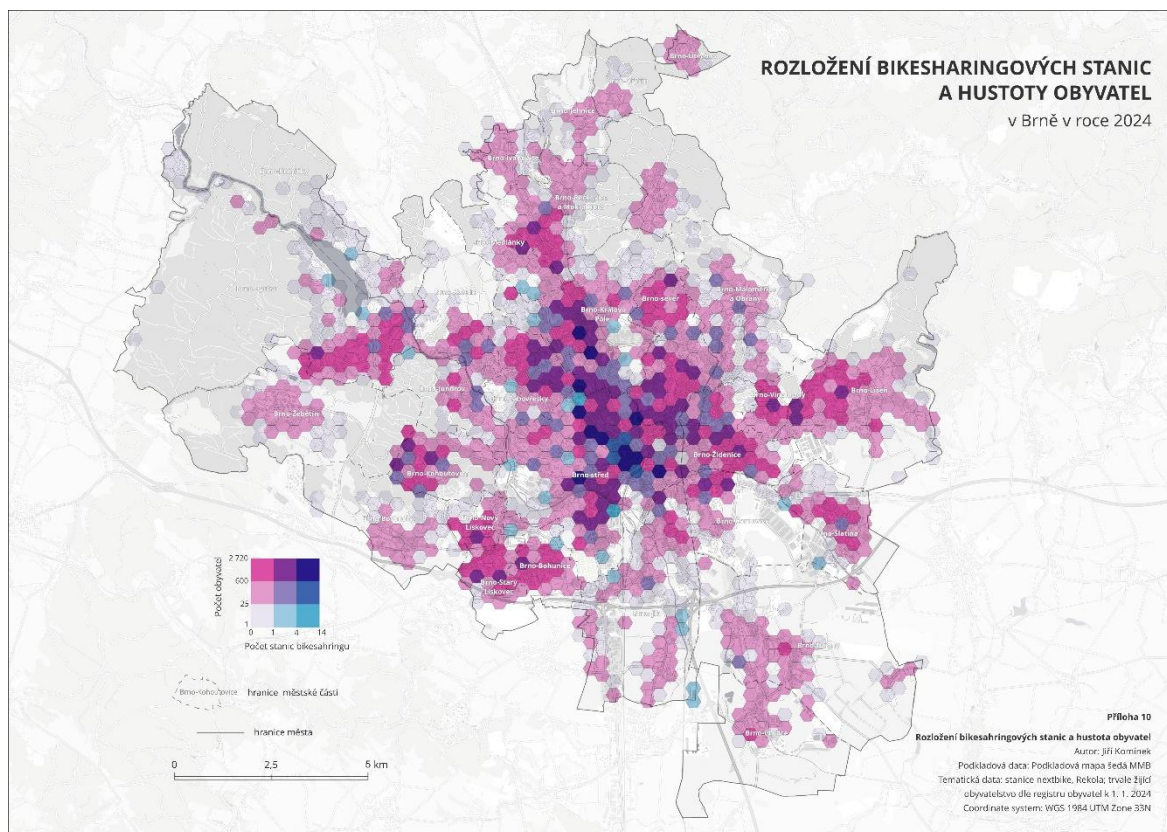
Zaměřením se na stanice bikesharingu lze získat celkový pohled nejen na to, jak daleko mají občané stanice od svého bydliště, ale také na to, jak jsou stanice rozmístěny v prostoru. Velmi častým kritériem pro umístění stanice bikesharingu jsou zastávky veřejné dopravy, restaurace nebo například hustota zalidnění (Bahadori et al., 2021). K analýze byla použita vrstva bodů zájmů z dat OSM. Na Obr. 66 je vidět jaké nejčastější typy bodů zájmů leží do 300 m od stanice bikesharingu. Body zájmů představují například

obchody, restaurační zařízení, knihovny, zastávky veřejné dopravy, školy, banky, a lékaře, hotel. Lze tak vyčíst, že 85 % všech stanic bikesharingu má ve své blízkosti zastávku MHD. Tento fakt je velmi důležitý při plánování dopravy a umožnění přestupu na jiné druhy dopravy.



Obr. 66 Vybrané body zájmu do 300 m od stanice (zdroj: vlastní zpracování)

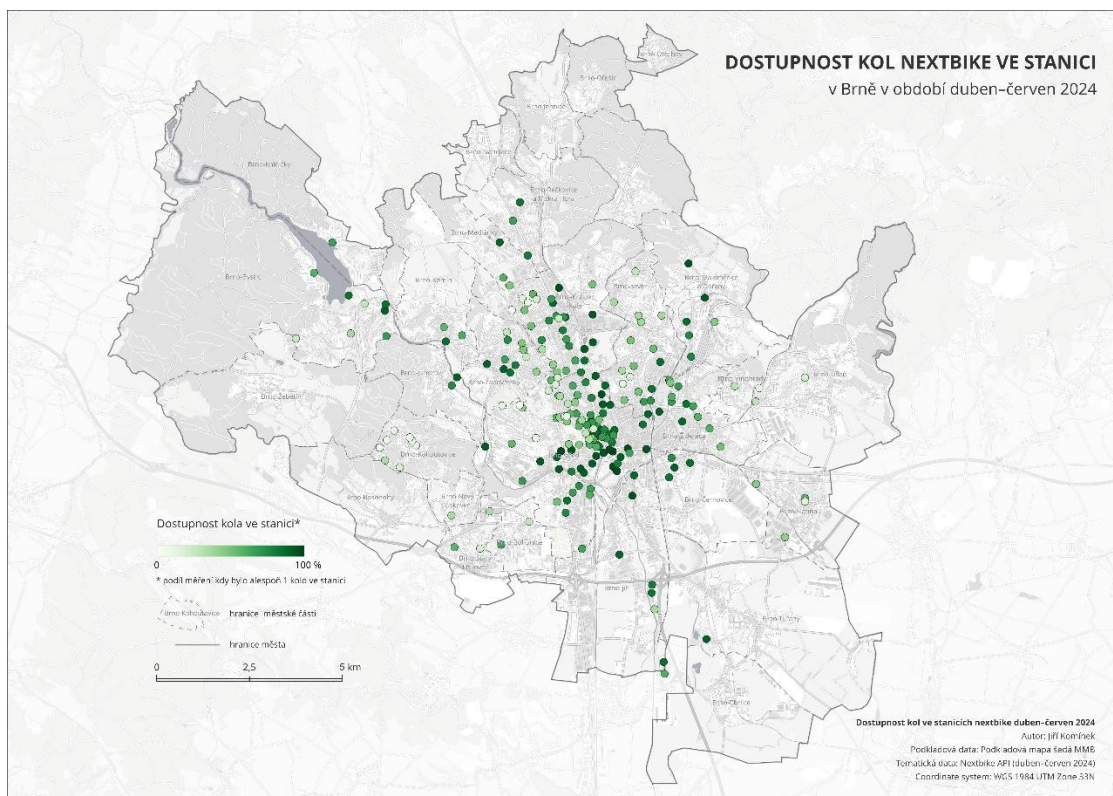
Na Obr. 67 je znázorněno rozložení stanic a trvale žijícího obyvatelstva na území města Brna. Především centrum města je dostatečně pokryto stojany. Jsou patrné oblasti, kde je husté zalidnění, a naopak chybí stanice bikesharingu např. sídliště Vinohrady, Žebětín, Bystrc, Lískovec a Bohunice. Mapa v plném rozlišení je přiložena ve volné příloze 10.



Obr. 67 Saturace obyvatelstva stanicemi bikesharingu (zdroj: vlastní zpracování)

Přítomnost stanice v hustě obydlené oblasti sama o sobě nezaručuje dostupnost sdílených kol jako dopravního prostředku. Klíčová je především skutečná přítomnost kola ve stanici, aby mohlo být využito k dopravě viz Obr. 68. Na rozdíl od analýzy počtu stanic a hustoty obyvatel odhaluje tato analýza rozdíly v procentuální dostupnosti kol ve stanicích. Výrazně se zde projevují oblasti širšího centra města Brna, směrem na Královo Pole a další okrajové části, které sice disponují vysokým počtem stanic bikesharingu, ale dostupnost kol ve stanicích zůstává relativně nízká.

Zvláštní situace nastává v oblasti Kohoutovic, která se nachází na kopci. Většina uživatelů zde využívá sdílená kola především pro jízdu směrem dolů, což znamená, že většina jízd začíná v Kohoutovicích a končí v níže položených, rovinatějších částech města. Naopak jízdy, které by začínaly mimo Kohoutovice a končily zde, jsou méně časté. Tento nerovnoměrný tok ovlivňuje distribuci kol a jejich návratnost, a proto je v této lokalitě nutná pravidelná redistribuce kol ze strany provozovatelů bikesharingu. Tento jev potvrzují i zahraniční studie, které ukazují, že bikesharing je nejvíce využíván v rovinatých částech měst a že uživatelé preferují jízdu z kopce před jízdou do kopce (Kim et al., 2020).

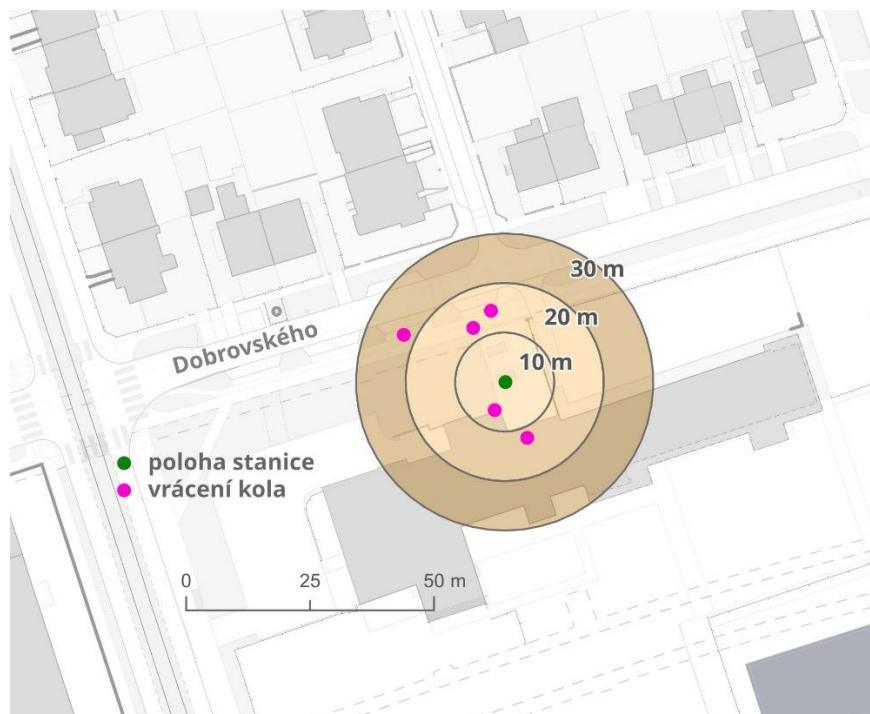


Obr. 68 Dostupnost kola ve stanicích nextbike srpen–září 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Data jízdy

Po načtení bodů do software ArcGIS Pro byl vidět patrný rozdíl mezi strukturou dat obou poskytovatelů. Data od firmy nextbike měla souřadnici agregovanou k souřadnici stanice vrácení/počátku včetně identifikátoru počáteční/koncové stanice. Záznamy společnosti Rekola do roku 2024 obsahovaly pouze počáteční a koncové souřadnic bez agregace ke stanici. Nebylo tak možné určit, zda daný záznam skutečně končil/začínal u dané stanice viz Obr. 69. Data jsou zatížena chybou souřadnice GPS zejména v městském prostředí mezi budovami může být problém vícecestné šíření signálu, kdy se signál může odrazet od okolních budov a GPS přijímač přijímá jak samotný signál z družice, tak odražený signál. Důsledkem toho může být polohová nepřesnost (Rapant, 2002).

Uživatelé mohou kola vracet pouze do stanic k tomu určených. Vždy záleží na nastavení konkrétního poskytovatele a samotné aplikace, zda a v jaké míře dovolí uživateli odložit kolo. Od roku 2024 byly záznamy Rekola opatřeny souřadnicí agregovanou k poloze stanice.



Obr. 69 Rozptyl bodů vrácení kol Rekola (2023) stanice Dobrák (zdroj: vlastní zpracování)

Délky jednotlivých jízd

Z hlediska plánování a evaluace bikesharingu z pohledu města je důležité vědět, jak dlouhé jsou jednotlivé vyjíždky. Zda se jedná o krátké cesty tzv. *Poslední míle*, nebo naopak jsou jízdy jsou velmi dlouhé a uživatelé tak využívají sdílená kola k volnočasovým aktivitám. Studie ukazují, že velký podíl jízd bikesharingu je právě charakterem cesty první/poslední míle (Ma et al., 2020).

V datech však nejsou potřebné informace pro přesné určení délek jednotlivých jízd, jelikož data obsahují pouze počáteční a koncový bod. Pro odhad bylo přistoupeno k výpočtu nejkratší cesty mezi startem a cílem jednotlivých cest pomocí síťové analýzy. Pro účely síťové analýzy byla použita vrstva Streetnet. Před samotnou analýzou bylo nutné nastavit restriktce v síťovém datasetu, na jakých úsecích se nemohli cyklisté pohybovat (dálnice, silnice pro motorová vozidla, schody, pasáž, chodník jen pro chodce).

restricted = False

If [FW] = 1 Or [FW] = 2 Or [FW] = 7 Or [FW] = 20 Or [FW] = 15 Or [FW] = 21 Then

restricted = True

End If

Obr. 70 Parametr restriktce zakázaných úseků (zdroj: vlastní zpracování)

Pro výpočet délky jednotlivých úseků byla použita funkce *Route* ze skupiny síťových analýz. Pro vstup do této funkce bylo nutné upravit datový model do následující struktury.

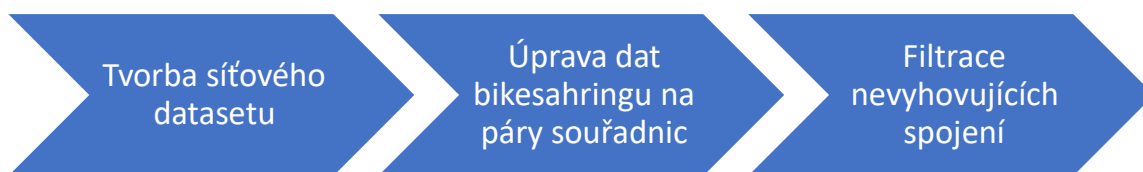
- Id_bod | poc_bod1 | id_paru1
- Id_bod2 | konc_bod1 | id_paru1
- Id_bod3 | poc_bod2 | id_paru2
- Id_bod4 | konc_bod2 | id_paru2

V této struktuře byly body naimportovány do vrstvy *STOPS* následně byl atribut ID, který představoval id_paru namapován na pole *RouteName* v tabulce *Stops*. Počty bodů a spojení jsou uvedeny v Tab. 19.

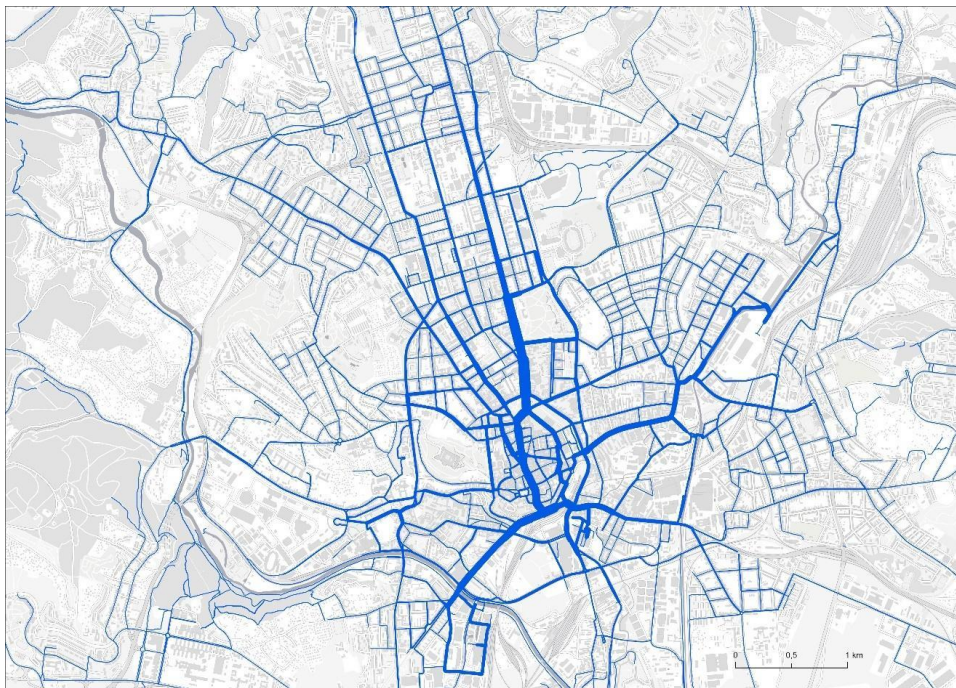
Tab. 19 Počet prvků v síťové analýze 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Typ	Počet
Počet jízd	160 024
Nevyhovující spojení	35 526
Výsledné spojnice	124 498

Výsledné cesty byly dále odfiltrovány na základě vypočtené průměrné rychlosti. Pokud byla průměrná rychlost <5 km/h nebo naopak větší než 25 km/h byly tyto jízdy odstraněny z důvodu pravděpodobně jiné skutečné trasy, chybně vypočítané trasy pomocí síťové analýzy nebo jiné chyby. Po filtraci těchto záznamů byly počty průjezdů připojeny na podkladovou síť cest Streetnet a zobrazeny do podoby pentlogramu, zobrazující intenzitu cest na úsecích sítě. Na Obr. 72 jsou vidět přibližné hlavní proudy vedoucí přes centrum města Brna. Celý postup procesu tvorby síťového diagramu je zobrazen na Obr. 71.



Obr. 71 Proces analýzy délky cest bikesahringu (zdroj: vlastní zpracování)

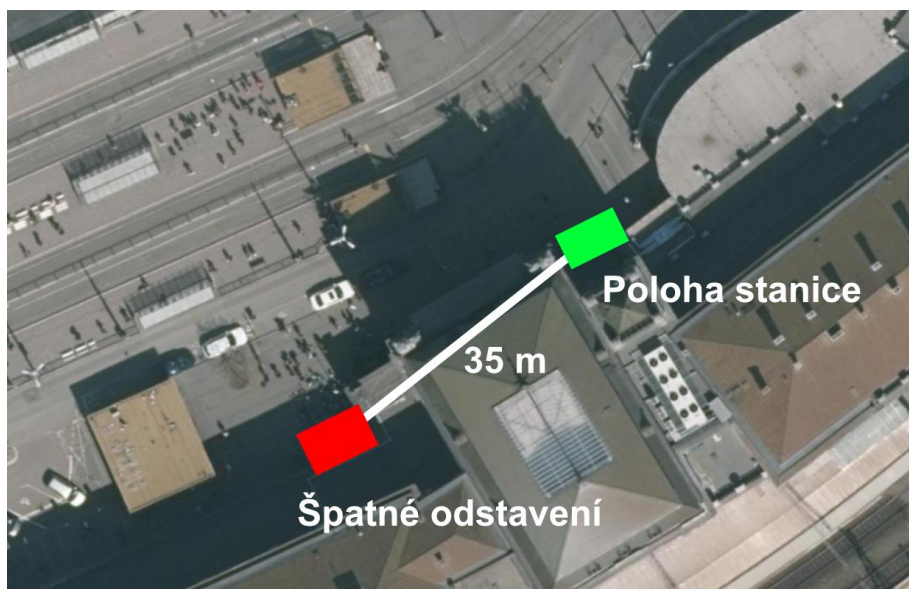


Obr. 72 Pentlogram cest bikesharingu 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

4.6.4 Problémy datové sady

Data záznamů jízd bikesharingu nevykazují závažné problémy ve struktuře dat, avšak existují určité nedostatky, především v přesnosti určení polohy kola pomocí GPS a správném přiřazení místa ukončení/startu ke stanici. V městském prostředí může být viditelnost na oblohu omezená, což může mít za následek potíže s lokalizací satelitů a přesností měření. Dochází zde také k chybám způsobeným odrazivostí signálu od zástavby. K dalším problémům může docházet v důsledku chybného přiřazení jízd aplikací provozovatele. V Brně například docházelo na několika místech k opakovanému ukončování jízd mimo místo stanovené aplikací, avšak tyto jízdy byly nesprávně vyhodnoceny jako korektní a přiřazeny k nedaleké stanici.

Takové chyby nelze odhalit jinak než terénním průzkumem, který prokázal nesrovnalosti mezi údaji v aplikaci a skutečností na místě. Konkrétní příklad problematického místa představuje prostor před Brněnským hlavním nádražím. Na Obr. 72 je zelenou barvou znázorněna poloha stanice, která je v aplikaci nextbike. Červeně je zobrazeno místo, kde jsou také odkládána kola, ale aplikace tato kola nezaznamená jako chybné odložení, a přiřadí je ke stanici, přestože mezi oběma lokalitami existuje vzdálenost přesahující 30 m vzdušnou čarou.



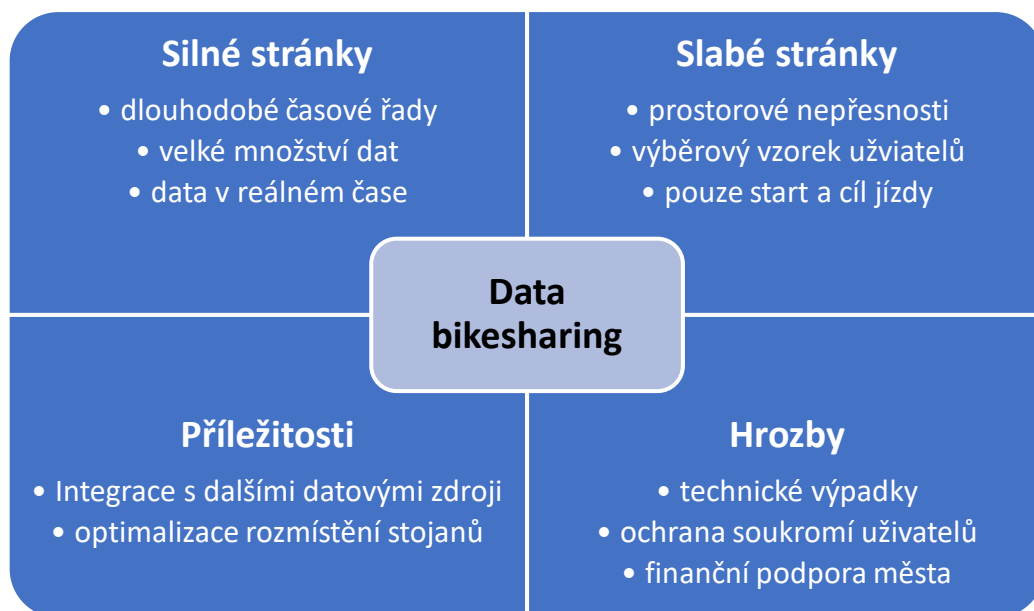
Obr. 73 Chybné určení polohy nextbike (zdroj: vlastní zpracování)

Z rozhovoru se zástupcem společnosti Rekola vyplynulo, že proces zaměřování polohy jejich kol probíhá ve dvou fázích. První fáze, nazývaná hrubé měření, je sice nepřesná, ale umožňuje rychlou a okamžitou reakci systému na vrácení kola. V této fázi je poloha uživatele i kola hrubě lokalizována s odhadovanou přesností na několik desítek metrů. Následuje druhá fáze, přesné měření, která se zaměřuje na detailní a přesné určení polohy kola. Tato fáze může trvat déle, ale zajišťuje vyšší přesnost lokalizace. Pokud dochází k nesrovnalostem mezi oběma fázemi, spouští se proces ověření s uživatelem, který zahrnuje udělení pokuty a výzvu k přeparkování kola do tří hodin s cílem minimalizovat sankce (Toman, 2023).

Ani jeden z provozovatelů nezveřejňuje data o svém provozu jako otevřená data, protože se jedná o jejich vlastní obchodní údaje. Nejlepší způsob, jak se k těmto datům dostat, spočívá v nastavení smlouvy mezi městem jako dotujícím subjektem a jednotlivými provozovateli.

4.6.5 SWOT analýza

Data bikesharingu poskytují cenné informace pro analýzu městské cyklistické dopravy Obr. 74. Mezi **silné** stránky patří především dlouhodobé časové řady dat, které umožňují sledovat vývoj v čase, velké množství shromážděných záznamů a dostupnost dat v reálném čase, což zajišťuje aktuálnost informací. **Slabiny** dat spočívají v prostorovém omezení, kdy známe pouze počáteční a koncový bod jízdy, nikoliv přesnou trasu. Další nevýhodou je výběrový vzorek uživatelů, který nemusí reprezentovat celou cyklistickou populaci. **Příležitosti** se otevírají zejména v možnosti integrace s dalšími datovými zdroji města a optimalizaci rozmístění stojanů na základě analýzy využití. Mezi hlavní **hrozby** patří technické výpadky systému, které mohou narušit kontinuitu sběru dat, nutnost zajištění ochrany soukromí uživatelů a závislost na finanční podpoře města pro udržení provozu systému bikesharingu a sběru dat.



Obr. 74 SWOT analýza data bikesharingu (zdroj: vlastní zpracování)

4.7 Dopravní nehody s účastí cyklistů

Data o cyklistických nehodách nepředstavují primární zdroj dat o pohybu cyklistů. Pomáhají však jako doplňková sada například identifikovat kritická místa z pohledu bezpečnosti cyklistické dopravy. Blíže se tímto tématem zabýval například Sova (2018) ve své diplomové práci, který identifikoval problematické úseky na území města Olomouce.

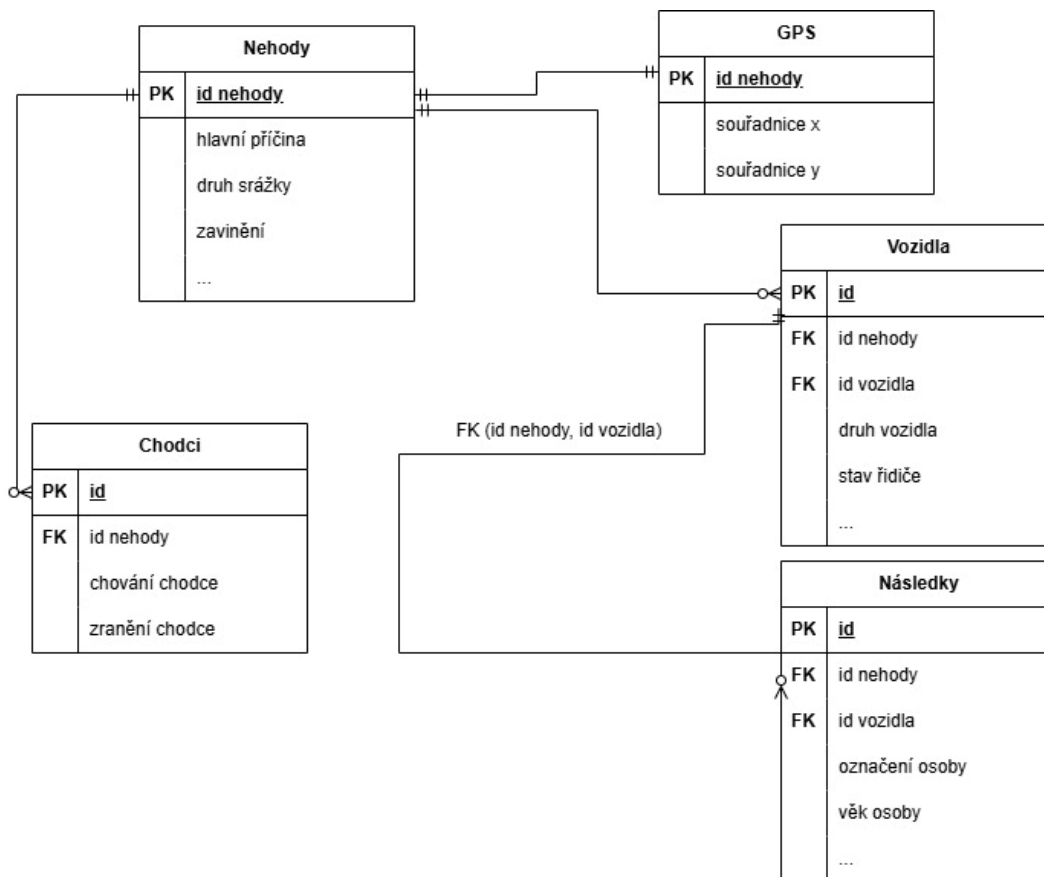
4.7.1 Zdroj dat

Data o dopravních nehodách cyklistů pochází z databáze PČR (Policie České republiky) a jsou dostupná jako otevřená data na webu <https://policie.gov.cz/> od roku 2007, buď za každý měsíc, nebo jako souhrn celého roku. Zpracovatelná data jsou však k dispozici až od roku 2016 ve formátu CSV. Před rokem 2016 jsou data dostupná pouze jako roční souhrny ve formátu PDF. V roce 2023 došlo ke změně struktury publikovaných dat, kdy před tímto rokem byly zveřejňovány agregované údaje, které neposkytovaly podrobnosti až na jednotlivé zúčastněné osoby. Data byla zveřejňována ve formě jedné souhrnné tabulky, kde jeden řádek představoval celkové základní údaje o nehodě a k němu byla připojena tabulka s údaji o chodcích. Autor práce měl k dispozici neagregovaná data přímo od PČR.

Od roku 2023 je databáze nehod rozdělena do struktury jednotlivých tabulek, které detailně popisují aspekty dopravních nehody a jsou mezi sebou provázány pomocí vazebních atributů viz Obr. 75. Základní tabulku tvoří *GPS*, kde je uvedena lokalizace nehody pomocí souřadnic v souřadnicovém systému EPSG 5514. K této tabulce se váže tabulka *Chodci*, která popisuje blíže detaily nehod vztahující se k chodcům a také tabulka *Nehody*, která souhrnně popisuje parametry celé nehody. Pro bližší detail je nutné připojit tabulku *Následky* a *Vozidla*, které se váží pomocí atributu ID nehody a ID vozidla a popisují následky, detaily jednotlivých vozidel a osob ve vozidlech. Data jsou tak vedena až do podrobnosti jednotlivých osob zúčastněných při nehodách. Samotné tabulky je vhodné nahrát od databázového systému a následně pomocí jazyka SQL vybrat nehody dle příslušných parametrů.

Samotná otevřená data a jejich struktura není dobře popsána. V tabulkách jsou přítomné atributy, které se nenacházejí v přiloženém číselníku. Autor práce měl k dispozici

číselník přímo od PČR, avšak běžný uživatel tento soubor nemá. Není tak pro uživatele možné například vyfiltrovat data podle okresu/kraje jejich lokalizace.



Obr. 75 Struktura databáze nehod PČR (zdroj: vlastní zpracování)

4.7.2 Analýza dat

Nově jsou od roku 2023 v evidenci PČR zahrnuty také nehody na koloběžkách. To umožňuje identifikovat nehody elektrických koloběžek, které tvoří stále větší podíl městské dopravy. V roce 2022 bylo zjištěno, že u 18 000 záznamů došlo k prohození souřadnic X a Y, což vedlo k nesprávné lokalizaci nehod. K lednu 2025, tedy v době psaní této práce, jsou na webu PČR stále zveřejňována data s tímto pochybením. Dalším zjištěným problémem je nesprávné časové razítko. Přibližně 23 % záznamů obsahuje chybnou hodnotu času 25:60, což naznačuje, že čas nebyl správně zaznamenán.

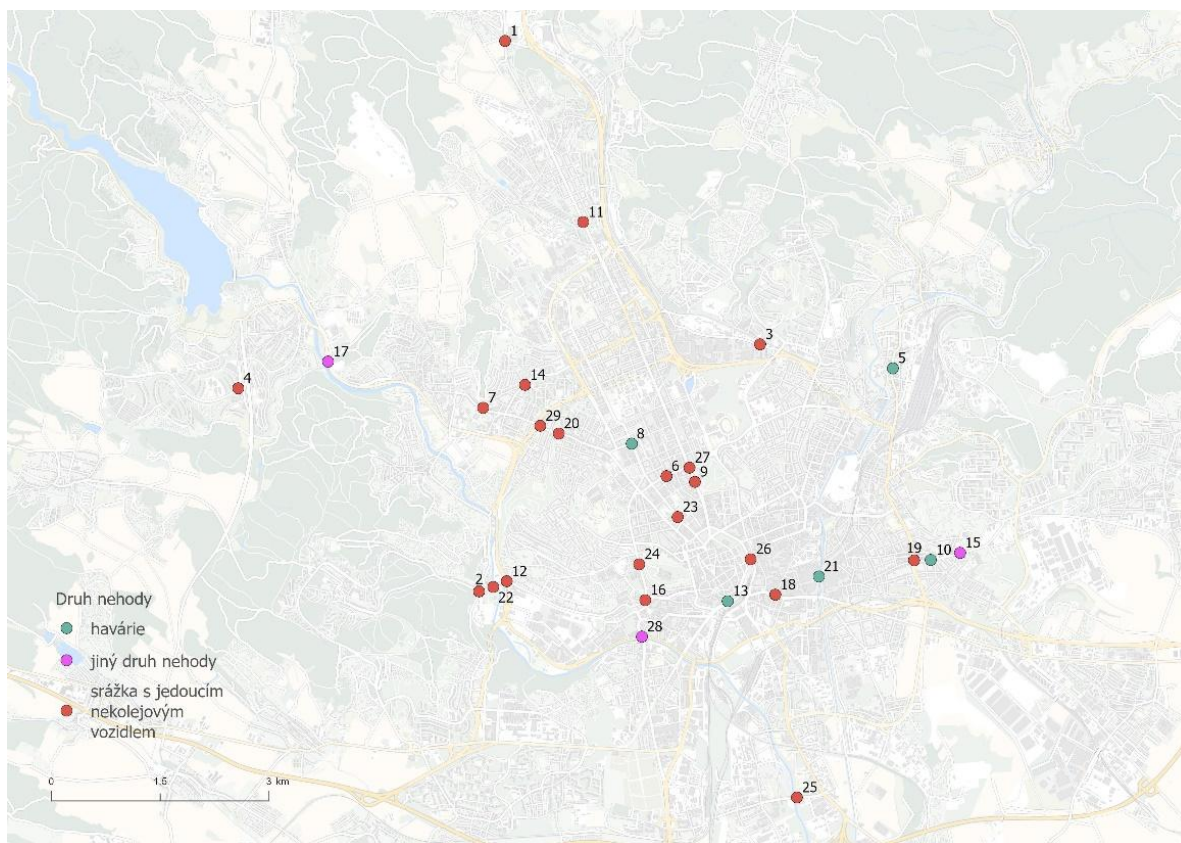
Pro zpracování byla použita data za období 2010–2023, která jsou dostupná na webu data.brno.cz. Cílem bylo identifikovat nehodová místa cyklistů a charakterizovat jejich rysy. Mimo zastavěné území města se nabízí použití metody KDE+ (Bíl et al., 2019), která je založena na funkci *Kernel Density* a umožňuje pokročilou analýzu prostorových dat. Metoda nabízí Toolbox pro software na platformě Esri, což usnadňuje její implementaci. Je však primárně určena pro analýzu mezi křižovatkových úseků v extravilánu, a proto není vhodná pro detailní analýzu v městském prostředí, kde jsou prostorové procesy ovlivněny složitějšími faktory.

Pro identifikaci shluků dopravních nehod byla testována metoda HDBSCAN, která je vhodná pro data s proměnlivou hustotou a dokáže automaticky přizpůsobit velikost shluků na základě lokálních vlastností dat (McInnes et al., 2016). Při testování s různým parametrem nastavení vzdálenosti bodů se však ukázalo, že generuje příliš rozsáhlé

a nejednoznačné shluky, což vedlo ke ztrátě detailní informace o konkrétních rizikových místech. Z tohoto důvodu byla nakonec použita metoda DBSCAN, která umožňuje explicitní nastavení maximální vzdálenosti mezi body ve shluku a minimálního počtu prvků ve shluku.

Cílem analýzy bylo identifikovat shluky nehod pouze na základě prostorové informace, nikoliv na základě dalších atributů. Metoda DBSCAN byla zvolena zejména z důvodu její schopnosti detekovat shluky různých tvarů a velikostí, přičemž nevyžaduje předem definovaný počet shluků. Parametry algoritmu byly nastaveny na maximální vzdálenost mezi body 40 m a minimální velikost shluku 5 prvků.

Po identifikaci shluků byly sumarizovány jejich charakteristiky s cílem identifikovat klíčové faktory dopravních nehod v jednotlivých lokalitách. Na Obr. 76 jsou zobrazeny shluky rozlišené podle nejčastějšího typu srážky. Tento přístup umožňuje identifikovat kritická místa a doplnit je o další kontextové informace. Například shluk 21, nacházející se na páteřní cyklistické trase EV9, se vyznačuje zvýšeným výskytem nehod cyklistů. V této oblasti dochází ke křížení několika železničních vleček a v minulosti zde byl nebezpečný povrch, který byl v roce 2023 opraven. Z hlediska bezpečnosti by bylo vhodné toto místo doplnit vodorovným dopravním značením upozorňujícím na zvýšené riziko havárie.



Obr. 76 Klasifikace shluků dle nejčastějšího druhu nehody (zdroj: vlastní zpracování)

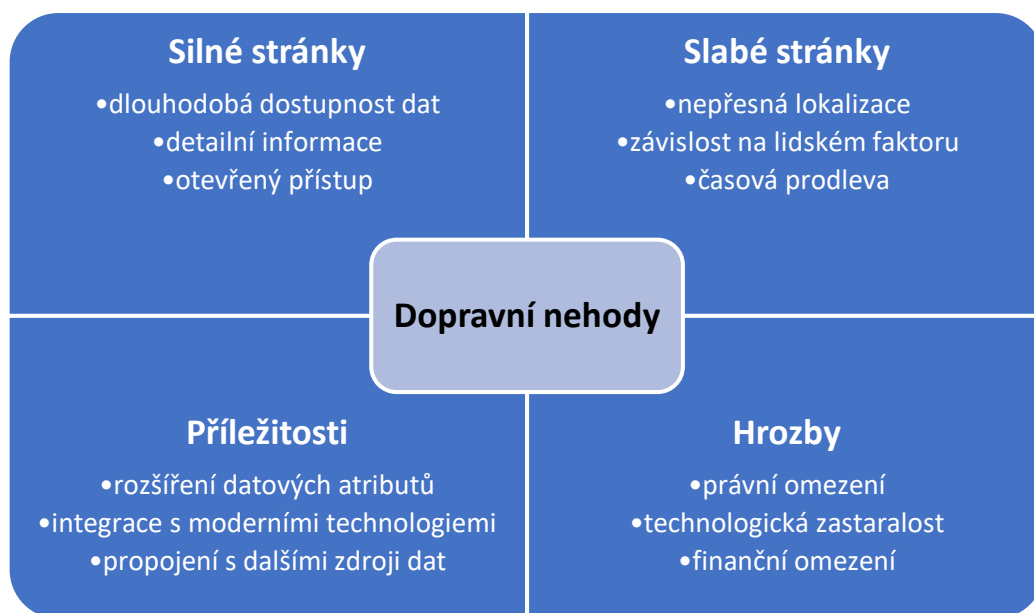
4.7.3 Omezení datové sady

Data nehod vykazovala některé nepřesnosti zejména co se týká GPS polohy jednotlivých nehod. Kde bylo zjištěno, že faktické místo nehody může být až několik desítek metrů od zaznamenané polohy. Např. se v datech vyskytují záznamy uprostřed řeky či obytné zástavby. Některé souřadnice v dodaných datech měly prohozené souřadnice X a Y a bylo

třeba tato data upravit. V datech se vyskytují záznamy s časovou složkou, která je definována časem 25:60, Časové analýzy tak mohou narážet na problém velkého množství záznamů s nevalidním časem.

4.7.4 SWOT analýza

Data o dopravních nehodách cyklistů poskytují cenné informace pro analýzu bezpečnosti a plánování infrastruktury. **Silné stránky** těchto dat zahrnují jejich dlouhodobou dostupnost, detailní informace o lokalizaci, příčinách a následcích nehod a otevřený přístup, který umožňuje snadné využití pro výzkum i praxi. Tyto vlastnosti činí data klíčovým nástrojem pro identifikaci rizikových míst a návrh cílených opatření. Na druhou stranu, **slabé stránky** spočívají v nepřesné lokalizaci některých nehod, což omezuje prostorovou analýzu, a v časové prodlevě při zveřejňování dat. Závislost na lidském faktoru při sběru a kategorizaci informací může navíc ovlivnit jejich kvalitu a spolehlivost. **Příležitosti** zahrnují využití pokročilých technologií, jako jsou GIS nástroje nebo automatizované systémy, které mohou zvýšit přesnost lokalizace a rozšířit analytické možnosti. Propojení dat s dalšími zdroji by mohlo poskytnout komplexnější obraz o pohybu cyklistů. Taktéž by mohl být celý systém publikace dat PČR více přehledný s jasně definovanými atributy a popisem. Nicméně existují i **hrozby**, jako jsou finanční omezení, která mohou ovlivnit správu a aktualizaci dat. Právní překážky nebo změny v legislativě by mohly ztížit přístup k těmto informacím. Technologická zastaralost sběru dat pak může snížit jejich relevanci pro současné potřeby. Pro efektivní využití těchto dat je klíčové zajistit jejich přesnost, pravidelnou aktualizaci a propojení s praktickými opatřeními ve městském plánování



Obr. 77 SWOT analýza dat dopravních nehod cyklistů (zdroj: vlastní zpracování)

4.8 Dopravní přestupky cyklistů

Data o dopravních přestupcích cyklistů nepředstavují přímě vyjádření toho, kde a s jakou intenzitou se cyklisté pohybují po městě, ale jsou vyjádřením míst, kde může být jejich pohyb problematický a v rozporu s právními předpisy.

4.8.1 Zdroj dat

Data o přestupcích cyklistů pochází z databáze Městské policie Brno (MPB). Tato data byla poskytnuta na vyžádání a obsahovala záznamy o zachycených přestupcích cyklistů. Sada však nebyla opatřena geografickými souřadnicemi, což vyžadovalo lokalizaci pomocí geokódování na základě adresního místa uvedeného v protokolech strážníků viz Obr. 78. Taktéž se jednalo o všechny druhy dopravních přestupků nejen se zaměřením na cyklisty.

datum	ulice	paragraf	blíží vymezení
31.12.2022 23:29	Brno, Zvonarka	§ 7 odst. 1 písm. c) zákona č. 361/2000 Sb., o držení telefonního přístroje	
31.12.2022 22:59	Brno, Cejl 85	§ 4 písm. c) zákona č. 361/2000 Sb., o pr B29	
31.12.2022 22:58	Brno, Cejl 85	§ 4 písm. c) zákona č. 361/2000 Sb., o pr B29	
31.12.2022 22:57	Brno, Cejl 85	§ 4 písm. c) zákona č. 361/2000 Sb., o pr B29	
31.12.2022 22:55	Brno, Cejl 85	§ 53 odst. 2 zákona č. 361/2000 Sb., o pr chodník §53 - jiní účastníci provozu na chodníku nebo stezce	

Obr. 78 Ukázka struktury dat dopravních přestupků

Z důvodu rozsahu datové sady, která zahrnovala více než 100 000 jednotlivých přestupků, by použití geokódovací služby v prostředí ArcGIS Pro bylo velmi náročné na spotřebu kreditů. Proto byl vytvořen vlastní adresní lokátor. Ten byl sestaven z volně dostupných adresních bodů poskytovaných Českým statistickým úřadem, což umožnilo efektivní a nákladově nenáročné geokódování obdržených přestupků.

Problémem této datové sady byla její nejednotnost napříč daty podle jednotlivých let. V některých letech byly přestupky přímo rozděleny do kategorií, zatímco v jiných letech byly definovány pouze zněním paragrafu. Pro analýzu byla zvolena data z období 2020–2022, která byla konzistentní a obsahovala definici přestupku dle příslušného paragrafu. K datům tak bylo nutné přiřadit bližší vymezení přestupku. Z této sady bylo vybráno 1 741 záznamů týkajících se přestupků cyklistů.

Pro účely této práce byly dále analyzovány přestupky, které měly přímý prostorový vztah k dopravní infrastruktuře. Byly vybrány dvě klíčové kategorie:

- Cyklista na chodníku
- Cyklista v zákazu vjezdu na jednosměrné komunikaci

Data dvou vybraných kategorií tak tvořila 1 278 záznamů. Ne všechna data byla lokalizována s přesností na adresní bod. Celkem 110 záznamů bylo přiřazeno pouze k ulici, přičemž lokalizační bod odpovídal jejímu středu. Přesná lokalizace na úroveň adresního místa byla možná u 1 168 přestupků.

4.8.2 Analýza dat

Lokalizovaná data přestupků cyklistů byla zpracována v mapovém prostředí a následně použita k identifikaci míst, kde se cyklisté často pohybují v protisměru. Největší koncentrace těchto přestupků byla zaznamenána na ulicích Bulharská, Červinkova a Běhounská (Tab. 20). Tyto lokality tak představují potenciální úseky, kde by mohlo být zvaženo zavedení cyklistických opatření, například formou povolení vjezdu cyklistů v protisměru, což by mohlo zvýšit bezpečnost a plynulost dopravy. Data byla srovnána s daty aplikace Strava Metro. Ve všech úsecích byl přítomné velké procento jízdy v protisměru.

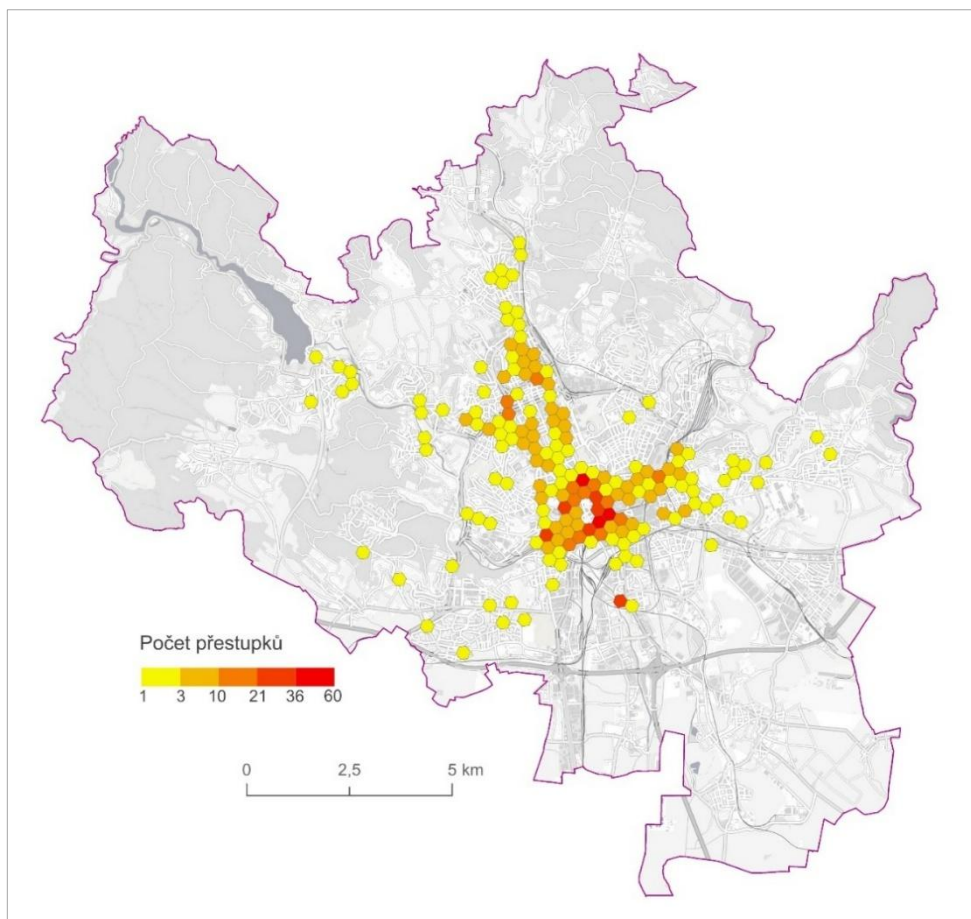
Tab. 20 Počet přestupků cyklista v protisměru na vybraných ulicích (zdroj: vlastní zpracování)

Ulice	Počet přestupků	Podíl jízd v protisměru [2022] %
Bulharská	25	65
Běhounská	133	56
Červinkova	14	58

Druhým analyzovaným přestupkem byla jízda cyklistů po chodníku. Nejčastěji k němu docházelo na ulici Lidická (53 přestupků), konkrétně v úseku mezi ulicí Koliště a Lužáneckým parkem. Tento úsek je charakteristický hustým automobilovým provozem, dosahujícím až 20 000 vozidel/24 hodin. Až do roku 2024 zde chyběla cyklistická infrastruktura, která by cyklistům umožňovala bezpečný průjezd. V roce 2024 byl v této lokalitě zřízen cyklistický ochranný pruh, jehož cílem je zlepšit podmínky pro cyklisty a zvýšit jejich bezpečnost. V následujících letech bude třeba sledovat, zda tento zásah povede ke snížení počtu přestupků v dané oblasti.

4.8.3 Omezení datové sady

Největším omezením dat o přestupcích je nerovnoměrnost činnosti strážníků MPB a zaznamenávání přestupků. Přestupky jsou logicky častěji evidovány na místech s větší přítomností strážníků, což se týká především centra města viz Obr. 79. Dalším problémem je nejednotné zapisování druhů přestupků a častá absence úplných souřadnic. V některých případech strážníci uvedli pouze název ulice bez přesné adresy, což může vést k prostorovým nepřesnostem v analýze, kdy není například na dlouhé ulici možné přesně lokalizovat přestupek a data je tak nutné odstranit.



Obr. 79 Rozložení přestupků cyklista na chodníku v letech 2020–2022 (zdroj vlastní zpracování)

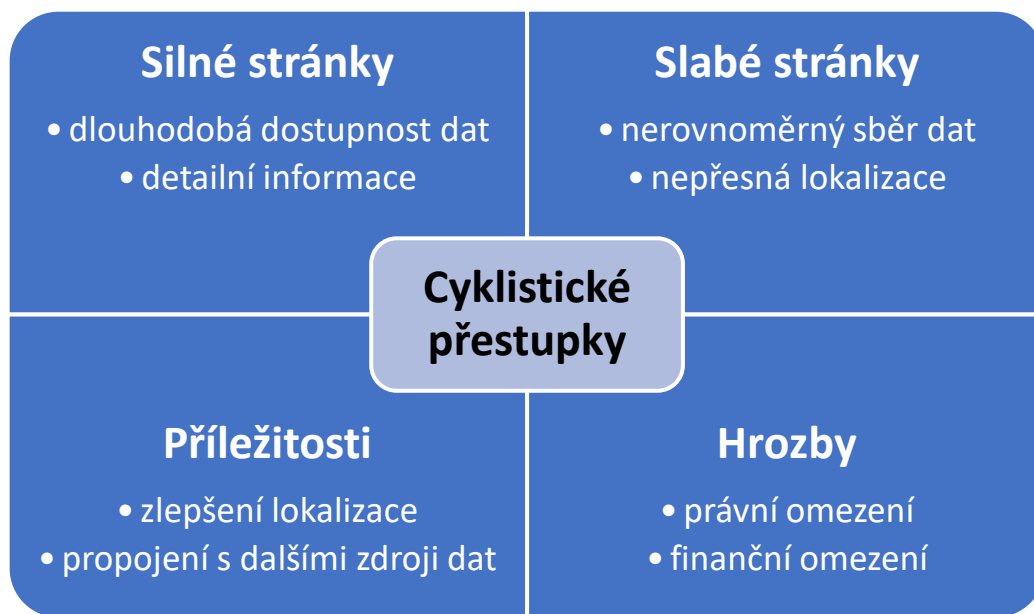
4.8.4 SWOT analýza

Data o cyklistických přestupcích představují důležitý zdroj informací pro analýzu chování cyklistů a identifikaci problémových míst ve městě. **Silnou stránkou** těchto dat je jejich detailní struktura, která zahrnuje typy přestupků, jejich četnost a lokalizaci. To umožňuje prostorovou analýzu a návrh cílených opatření, jako je legalizace jízdy v protisměru nebo budování ochranných pruhů. Další výhodou je pravidelná aktualizace dat, která umožňuje sledovat efektivitu zavedených změn v infrastruktuře.

Na druhou stranu, **slabé stránky** zahrnují nepřesnosti v lokalizaci některých přestupků, kdy jsou zaznamenány pouze na úrovni ulice bez přesných souřadnic. Nerovnoměrnost sběru dat, způsobená vyšší přítomností strážníků v určitých oblastech, může zkreslit celkový obraz o problematických úsecích. Nejednotnost datové sady v některých letech navíc komplikuje dlouhodobé analýzy.

Příležitosti spočívají v propojení těchto dat s dalšími zdroji, jako jsou sportovní aplikace (např. Strava) nebo bikesharingové systémy, což by mohlo poskytnout komplexnější vhled do pohybu cyklistů. Zlepšení lokalizace pomocí pokročilých nástrojů, jako je geokódování nebo GIS, by mohlo zvýšit přesnost prostorových analýz a usnadnit plánování infrastruktury. Data mohou být také využita k podpoře strategického plánování a zlepšení bezpečnosti cyklistů. Nicméně existují i **hrozby**, které mohou ovlivnit využitelnost těchto dat. Finanční omezení mohou snížit kvalitu sběru a aktualizace dat, což by mohlo omezit jejich praktické využití. Závislost na lidském faktoru při sběru

a interpretaci dat představuje riziko chybovosti. Právní omezení nebo změny v legislativě by navíc mohly zkomplikovat přístup k těmto informacím nebo jejich využití pro plánování infrastruktury. Celkově data o cyklistických přestupcích poskytují cenné podklady pro analýzu a plánování městské mobility. Je však nutné zaměřit se na zlepšení přesnosti lokalizace, metodiky sběru a propojení s dalšími zdroji informací, aby byla jejich využitelnost maximálně efektivní.



Obr. 80 SWOT analýza cyklistické přestupky (zdroj: vlastní zpracování)

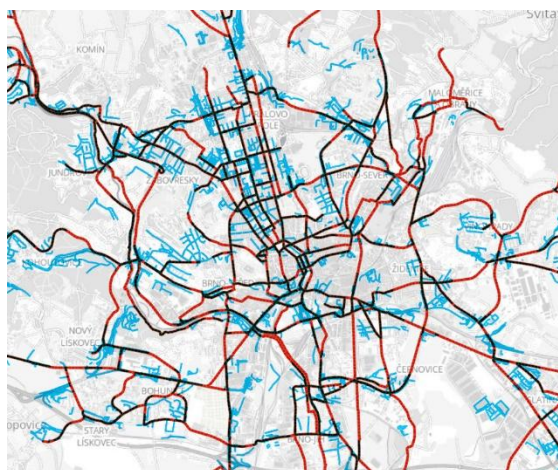
5 KOMPLEXNÍ DATOVÁ SADA

Jedním z cílů rigorózní práce byla analýza všech datových zdrojů vytvoření jedné datové sady, která bude nadále sloužit městu Brnu jako podklad pro komplexní plánování cyklistické dopravy. Tato sada zahrnuje relevantní datové zdroje, které byly popsány v předchozích kapitolách, ale také další data související s cyklistickou dopravou, která jsou vhodná pro plánování dopravy viz Tab. 21. Jak bylo popsáno výše, jako základ pro vytvoření datové sady byl vybrán podklad sítě OSM rozdělený dle Strava Metro. Zejména díky tomu, že na podkladu OSM stojí data aplikace Strava, která představují dle autora práce nejkvalitnější dostupný datový podklad cyklistické dopravy pro městské plánování.

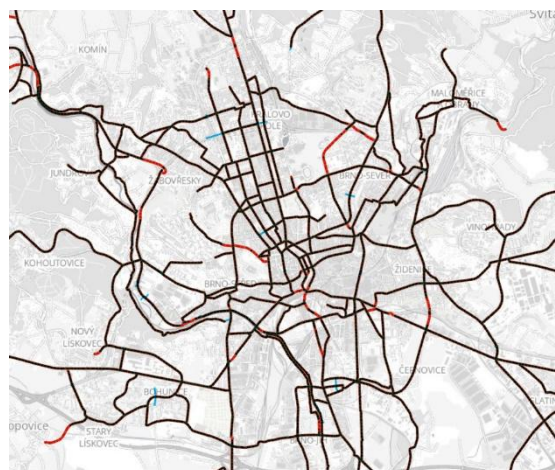
Problému sjednocení obdobných datových sad na území města Brna se důkladně věnuje diplomová práce Eliáše, (2023), který se zaměřil na propojení několika liniových datových sad (Data do práce na kole, Strava a průzkum dopravy BKOM) a jedné bodové sady (cyklistické detektory) na síť OpenStreetMap (OSM). Tento přístup byl zvolen i proto, že aplikace Strava používá OSM jako podkladovou síť a OSM obsahuje mnoho doprovodných atributů, které ostatní liniové sítě nemají, jako například šířku komunikace, počet jízdních pruhů nebo povrch.

Eliáš, (2023) ve své práci *Model intenzit cyklistické dopravy v Brně* identifikoval několik metod propojení dat a zvolil algoritmus, který kombinuje přístupy k porovnávání geometrie polylinií a bodů. Tento algoritmus využívá zaokrouhlení souřadnic k převodu pseudo-spojitého prostoru na diskrétní, což umožňuje efektivní vyhledávání shod mezi různými uličními sítěmi. Hodnocení podobnosti ulic probíhá na základě úhlů, procenta překrytí bounding boxů a analýzy jejich úhlopříček, což zajišťuje vysokou přesnost a odolnost při přiřazování dat z různých zdrojů. Popsaný přístup zjednodušuje proces integrace dat a usnadňuje rozšiřování modelu o další datové sady, což je zásadní pro analýzu cyklistické dopravy v Brně. Při hodnocení algoritmu během testování na malém vzorku 21 vybraných bodů se Eliáš dostal k úspěšnosti 76,19 % pro dataset Do práce na kole a 80,95 % pro data průzkumů dopravy společnosti BKOM, přičemž 100% shody nebylo dosaženo. Problémy vznikly zejména kvůli rozdílům ve struktuře dat, kdy OSM definuje ulice jako dlouhé linie, zatímco jiné datasety je rozdělují na menší segmenty. Tento rozdíl způsobil nesprávné přiřazování, zejména u chodníků, které jsou souvislé a blízko silnic. I když výsledky ukázaly limity algoritmu, poskytly důležitý základ pro jeho další vylepšení, například zavedení kritérií pro blízkost a paralelnost linií.

Pro srovnání celkové úspěšnosti přiřazení úseků průzkumu BKOM byla získána výsledná síť přímo od Eliáše (Eliáš, 2025), kterou autor práce porovnal s metodou vlastního přiřazení viz kapitola 5.1.1 Z obrázku Obr. 81 je patrné, že přístup Eliáše mnoho úseků vynechal, a naopak celou řadu úseků identifikoval a připojil k nim ID z průzkumu BKOM, aniž by tyto úseky byly skutečně relevantní. Výsledná datová sada z této práce tak dosahuje lepších výsledků propojení sítě BKOM a dat OSM Strava Metro.



Obr. 81 Porovnání BKOM-Eliáš. (Modrá: úseky přiřazené chybně, černá správně přiřazené úseky, červená chybějící úseky).



Obr. 82 Porovnání BKOM-Komínek (Modrá: úseky přiřazené chybně, černá správně přiřazené úseky, červená chybějící úseky).

5.1 Sjednocení datových zdrojů

Při sjednocování různých datových zdrojů bylo identifikováno několik problémů. Prvním problémem je nesourodost datových podkladů a s tím související nutnost některá data generalizovat nebo naopak sloučit do příliš podrobného měřítka.

Tab. 21 Porovnání parametrů datových sad pro sjednocení (zdroj: vlastní zpracování)

Datová sada	Typ	Prostorové vymezení	Časové rozlišení	Směrnost	Souřadnicový systém
Strava Metro	Linie	Síť OSM	2019–2024	Ano	WGS 84
Dopravní průzkum BKOM (cyklo)	Linie/body	Vlastní liniová síť BKOM	2010–2023	Ne	S-JTSK
Dopravní nehody	Body	GPS souřadnice	2010–2023	Částečně	S-JTSK
Dopravní přestupky	Body	Adresní místo/GPS souřadnice	2020–2022	Ne	-
Dopravní průzkum BKOM (vozidla)	Linie/body	Vlastní liniová síť BKOM	2010–2023	Ne	S-JTSK

Z celého procesu byla vyňata data o jízdách DPNK z důvodu jejich obsažení v datech Strava Metro. Dále nebyly připojovány úseky cyklistických opatření MMB. Tato síť je nakreslena „od ruky“ v prostoru města a její připojení by bylo značně problematické. Cyklistické opatření na linii tak bylo vypočteno na základě OSM tagů. Před sjednocením

byla nejprve definována základní síť, která nebyla tvořena přímo daty OSM, ale úseky vyexportovanými z aplikace Strava Metro. Toto řešení bylo zvoleno kvůli zachování prostorových úseků s informacemi o intenzitě pohybu. Pokud by byla jako základní síť použita síť OSM, bylo by nutné data Strava Metro agregovat podle jednotlivých úseků, jelikož data Strava mají několik úseků v rámci jednoho úseku OSM viz kapitola 4.3.2.

Důležitým parametrem pro výsledný model byl sklon úseků. Pro jeho výpočet byly staženy jednotlivé soubory LAS digitálního modelu 5. generace (DMR 5G). Jelikož se jednalo o velké zájmové území bylo nutné proces stahování automatizovat prostřednictvím stahovací služby ATOM ČÚZK. Skript pro stažení jednotlivých LAS souborů dle vybraných mapových listů je uveden ve volné příloze 17.

5.1.1 Liniová síť BKOM

Největší problém nastal při kombinaci liniových sad k hlavní sadě Strava Metro. Pro výběr liniové sítě byly k datům Strava přiřazeny atributy ze sítě OSM. Díky tomu mohly být vyfiltrovány pouze úseky, kde je možné vézt cyklistickou dopravu pro prevenci přiřazení k nesprávným liniím a zrychlení celého procesu. Filtrovaná datová sada tvořila přibližně 48 000 úseků. Stejným způsobem popsaným níže byly připojeny obě liniové sítě BKOM.

Proces přiřazení

Přiřazení liniové sítě BKOM k síti Strava Metro představuje specifický problém, protože neexistuje žádný společný identifikátor mezi oběma sadami dat. BKOM zahrnuje dvě oddělené sítě – jednu určenou pro sčítání cyklistické dopravy a druhou pro sčítání automobilové dopravy. Tyto sítě jsou však zcela nezávislé a neexistuje mezi nimi žádný vazební atribut.

Celý proces propojení byl realizován pomocí vlastního toolboxu v programu ArcGIS Pro napsaného pomocí jazyka Python (viz volná příloha 17). Schéma procesu přiřazení linií je znázorněno ve vázané příloze 5. Tento přístup lze zobecnit jako modelový příklad, jak propojit jakoukoliv liniovou síť, která nemá žádný identifikátor, ale lze ji přiřadit na základě prostorového vztahu. Po samotném přiřazení následovala manuální kontrola a oprava špatně přiřazených či nepřiřazených úseků, ale především spočívala ve vyplnění atributů obousměrnosti, aby bylo zajištěno rozdělení hodnoty průzkumu BKOM v místech, kde je jen jedna linie průzkumu BKOM ale jsou zde vedeny ve skutečnosti dvě linie.



Obr. 83 Schéma přiřazení úseků sítě BKOM na základní síť OSM (zdroj: vlastní zpracování)

1. Přiřazení dat o úseku z OSM pomocí atributu `osm_id`

Každému úseku v analyzované síti byl přiřazen odpovídající úsek z OSM na základě atributu `osm_id`.

2. Filtrace na úseky, které jsou možné pro pohyb cyklistů

Byla provedena filtrace linií v síti OSM tak, aby byly zahrnuty pouze ty úseky, které umožňují pohyb cyklistů (například komunikace, chodníky s povoleným vjezdem cyklistů apod.) Díky této filtraci bylo možné lépe přiřadit úseky k síti OSM a eliminovat nerelevantní prvky, jako jsou pěší zóny nebo jiné komunikace nepřístupné pro cyklisty. Stejně tak v síti

pentlogramu BKOM byly vybrány jen úseky, které obsahovaly data o pohybu cyklistů/vozidel.

3. Rozdělení sítě BKOM i Strava po zvolených úsecích

Obě analyzované sítě (pentlogram BKOM a Strava Metro) byly rozděleny na menší úseky podle předem zvoleného intervalu. Toto rozdělení umožnilo přesnější přiřazení jednotlivých úseků mezi sítěmi a zajistilo konzistenci při následném porovnávání.

4. Výpočet azimutu linií

V rámci analýzy bylo nutné vypočítat azimut pro jednotlivé úseky linií, a to jak pro linii Strava Metro, tak pro linii pentlogramu BKOM. Výpočet azimutu byl klíčový zejména z důvodu filtrování úseků, které neodpovídají požadovanému směru. Při přiřazování úseků na základě prostorové blízkosti se mohly připojit i úseky, které byly na sebe kolmé nebo jinak nesouvisející. Porovnáním azimutů mezi liniemi bylo možné tyto úseky odfiltrovat a tím výrazně zvýšit přesnost přiřazení. Aby bylo zabráněno vlivu směrovosti linie na hodnotu azimutu, byl azimut vypočítán podle vztahu

$$Azimut = \left(90 - \arctan \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) * \frac{180}{\pi} \right) \bmod 360 \quad (5)$$

Aby však bylo zajištěno, že rovnoběžné linie, které jsou orientovány opačně (například jedna linie jde z bodu A do bodu B a druhá z bodu B do bodu A), měly stejný azimut, byla provedena úprava. Pokud je vypočtený azimut větší než 180°, hodnota byla snížena o 180°, jak ukazuje následující podmínka:

$$Azimut = Azimut - 180 \quad (6)$$

5. Připojení nejbližší linie

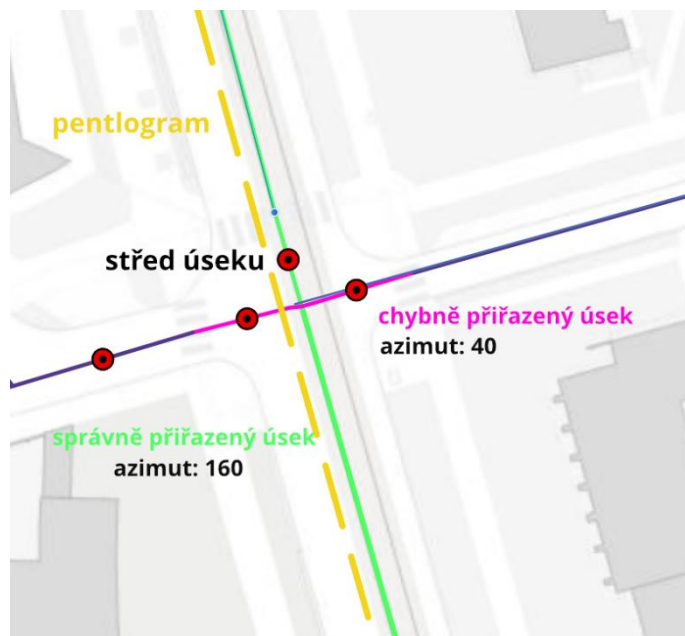
Pro vyhledání nejbližší vhodné linie byl vytvořen bod ve středu každého úseku a poté pomocí funkce *Spatial join* s parametrem 17 m byla vyhledána nejbližší úsek z vrstvy pentlogramu BKOM. Následně byly informace úseku pentlogramu BKOM přeneseny zpět na rozdělenou linii.

6. Výpočet sklonu a rozdílu azimutů

Po připojení všech dat z linie pentlogramu byl spočítán atribut sklon úseku, a to pomocí extrakce hodnot vstupního rastru funkcí *Add Surface Information* a následně pomocí vzorce

$$Sklon = \frac{Abs(Z_1 - Z_2)}{s} * 100 \quad (7)$$

- Z_1, Z_2 : hodnoty nadmořské výšky počátečního a koncového bodu linie v [m n.m.]
- s : délka úseku linie v [m]



Obr. 84 Schéma přiřazení úseku pentlogramu k síti Strava (zdroj: vlastní zpracování)

Rozdíl azimutů

Rozdíl azimutů mezi úseky sítě Strava a pentlogramu BKOM byl vypočítán na základě následující rovnice:

$$\Delta_{\alpha} = \min(|\alpha_1 - \alpha_2|, 180 - |\alpha_1 - \alpha_2|) \quad (8)$$

- Δ_{α} : rozdíl úhlů
- α_1 : azimut úseku sítě Strava (v stupních)
- α_2 : azimut odpovídajícího úseku pentlogramu BKOM (v stupních)

Vzorec zohledňuje kruhovou povahu azimutů, kde maximální možný rozdíl mezi dvěma směry je 180° . Výpočet automaticky vybere menší z obou možných úhlů mezi liniemi. Pokud některý z azimutů chyběl (hodnota None), rozdíl nebyl počítán, aby se předešlo chybným výpočtům. Tento parametr slouží k identifikaci odchylek průběhu mezi oběma sítěmi a pomáhá odhalit nesprávně přiřazené segmenty viz Obr. 84.

Ruční kontrola a oprava dat

Po přiřazení úseků následovala roční kontrola dat a oprava chybných úseků. Především však bylo nutné označit úseky, ve kterých musí být hodnoty z pentlogramu BKOM rozděleny, jelikož ve skutečnosti zde vedou dva úseky sítě Strava Metro, ale pentlogram byl v daném místě vytvořen pouze jako jedna linie. Pro tento účel byl v rámci skriptu vypočítán atribut obousměrnosti na základě tagů OSM.

Typickým příkladem je ulice Nové Sady, která je v rámci Strava Metro tvořena dvěma samostatnými liniemi, zatímco síť BKOM (zelená linie) zde obsahuje pouze jeden úsek situován při jedné straně ulice s celkovým počtem jízdy viz Obr. 85. V těchto případech byl počet jízdy rozdělen na polovinu pro každý úsek.



Obr. 85 Srovnání sítě BKOM a Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Vypočítané azimuty sloužily během kontroly pro odstranění nevhodně spojených úseků, především krátkých propojení vedlejších ulic viz Obr. 86. Pro výběr těchto úseků bylo zvoleno kritérium rozdílu azimutů > 25 .



Obr. 86 Chybně propojené úseky na základě rozdílu azimutů (zdroj: vlastní zpracování)

Problémy při spojení

Zejména data Dopravního průzkumu BKOM jsou v některých místech málo podrobná. Pro zachování stejného rozlišení zejména s ohledem na směrovost nejsou dostupná potřebná data. Další problém v datové sadě BKOM je ve struktuře sítě, která je na některých místech redukována a neobsahuje všechny úseky v daném místě a v některých částech například chybí zcela z důvodu absence měření. Při zpracování dat se navíc ukázalo, že liniová síť BKOM je v určitých oblastech vedena nepřesně. V takových případech cyklisté daným

úsekem ve skutečnosti vůbec neprojíždějí – buď kvůli fyzickým bariérám v terénu, nebo proto, že se jedná o úseky na rychlostní víceproudé komunikaci, která není pro cyklisty přístupná. Tyto chybně zakreslené segmenty však tvoří pouze malý podíl z celkového počtu úseků v síti.

5.1.2 Přiřazení bodových dat cyklistických nehod a přestupků

Cyklistické nehody jsou vymezeny především souřadnicí (která je v mnohých případech velmi nepřesná). Ke zpřesnění polohy je možné použít atribut, a to situování nehody na komunikaci, která může zpřesnit, zda se jednalo o nehodu na cyklostezce či vícečetné komunikaci. K nehodám bylo připojena síť Strava Metro pomocí funkce *Spatial join* parametrů nejbližšího úseku ve vzdálenosti 17 m a následně byly agregovány hodnoty atributů na celý úsek sítě (počet zranění, hlavní příčina nehody, počet).

Stejným způsobem bylo přistoupeno ke zpracování dat cyklistických přestupků. K těmto bodům bylo přiřazeno nejprve ID sítě a následně byly hodnoty agregovány (počet přestupků, nejčastější druh přestupku).

5.1.3 Data Strava Metro

Jak bylo zmíněno výše, síť Strava Metro byla použita jako základní liniová síť pro další spojení, a tak již obsahovala *edgeUID* označující konkrétní úseky sítě Strava a spojení tak probíhalo pomocí tohoto atributu.

Pro obohacení dat byly využity roční průměry (2023, 2024) i denní data (2024), což umožnilo detailnější analýzu rozdílů mezi pracovními dny a víkendy nebo mezi jednotlivými dny v týdnu. Použité atributy lze rozdělit do několika kategorií:

- **Statistiky cest:** Celkový počet cest, počet cest ve směru vpřed a vzad (pro roky 2023 a 2024).
- **Rychlostní charakteristiky:** Průměrné rychlosti (vpřed, vzad, celkové) pro roky 2023 a 2024.
- **Účel cest:** Podíly pracovních a volnočasových cest včetně jejich celkových součtů.
- **Časové rozložení:** Počty cest v různých částech dne (ráno, dopoledne, večer, noc) pro roky 2023 a 2024.
- **Denní a týdenní rozložení:** Podíly cest podle dnů v týdnu (pondělí až neděle) a podle pracovních dnů či víkendů.

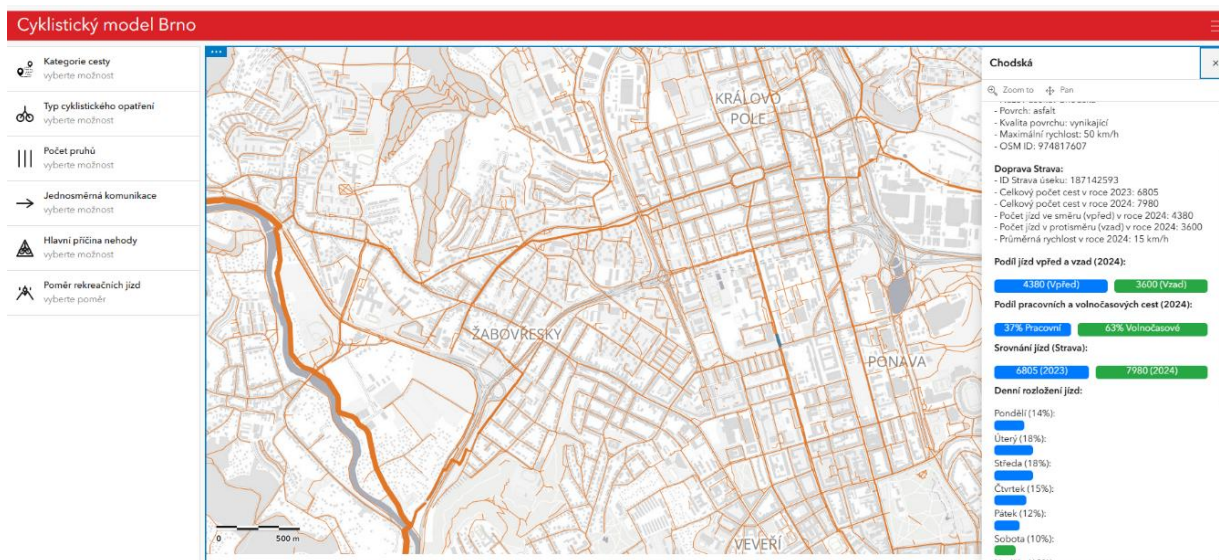
5.2 Výsledná datová sada

Pro sjednocení všech atributů, úpravu sloupců či nahrazení anglických výrazů byl vytvořen skript prostřednictvím Jupyter notebooks, který umožňoval kontrolovat jednotlivé kroky procesu a je přiložen ve volné příloze 17. Výsledná liniová síť včetně popisu atributů je přiložena ve volné elektronické příloze 17.

Díky zachování všech klíčových identifikátorů, a to jak ID úseků pentlogramu BKOM, tak Edge UID Strava Metro, je možné data potenciálně snadno rozšiřovat a aktualizovat. Každoroční aktualizace spočívá nejen v připojení dalších datových sloupců, například s novými metrikami nebo analytickými ukazateli, ale také v doplňování nových informací do stávající struktury. Prostřednictvím OSM ID lze efektivně aktualizovat samotné prvky a popisy sítě, například reflektovat nově realizovaná cykloopatření, změny v infrastruktuře nebo další úpravy v dopravní síti. Tento přístup umožňuje udržet data aktuální v budoucnu. V době psaní práce (leden 2025) Strava každoročně aktualizuje svoji podkladovou síť na nová ID úseků viz 4.3.2 a je tak nutné celý proces spustit znovu.

Po sjednocení všech datových sad k síti OSM byly výsledky vizualizovány online pro potřebu pracovníků MMB. Vzhledem k velikosti dat a počtu více než 20 000 úseků se nenabízí mnoho prostředí kde tato data publikovat online s požadovanou rychlostí odezvy a funkcionalitou. Pro vizualizaci byla použita platforma Esri s aplikací ArcGIS Dashboards. Jak uvádí Néték, (2020), ArcGIS Online je velmi silný nástroj, který využívá celého ekosystému společnosti Esri a umožňuje velmi pokročilé vizualizace dat. Díky využití ArcGIS Dashboards je tak možné tuto aplikaci dále obohatit například o prvky grafů či jiných ukazatelů pro potřeby prostorového plánování.

Pro zobrazení v aplikaci ArcGIS Dashboards bylo nejprve nakonfigurováno vyskakovací (pop-up) okno v aplikaci ArcGIS Map Viewer. Pomocí jazyka Arcade bylo vytvořeny pokročilé vizualizace s grafy, které jsou ve standardních možnostech aplikace MapViewer omezené. Kód pro nastavení vyskakovacího okna je přiložen ve volné elektronické příloze 17. Ve výsledném dashboardu je použito několik komponent. Hlavní prvek tvoří mapa, která využívá šedou podkladovou mapu brněnského stylu pro zvýraznění tematického obsahu. V levém panelu jsou použity ovládací prvky-filtry, pomocí kterých je možné blíže pracovat s jednotlivými úseky. V první části pak po kliknutí na úsek jsou zobrazeny veškeré dostupné informace k danému úseku. Odkaz na výsledný dashboard se nachází ve volné elektronické příloze 17.



Obr. 87 Ukázka výsledného dashboardu v prostředí ArcGIS Dashboards (zdroj: vlastní zpracování)

6 PŘÍPADOVÉ STUDIE VYUŽITÍ DAT

Pro analýzu cyklistické mobility byly využity tři doplňující se metody: senzory Telraam, data z bikesharingu a aplikace Strava. Každá z nich nabízí specifické výhody a jejich kombinace umožňuje komplexní pohled na dopravu ve městech ČR. Senzory Telraam: Cenově dostupné a snadno instalovatelné řešení vhodné i pro menší obce. Novější generace (S2) již dokáže rozlišit více kategorií účastníků provozu a zvyšuje přesnost měření Bikesharing: Data o výpůjčkách kol poskytují přehled o vytíženosti stanic a tras. Například v Brně pomohla optimalizovat ve spolupráci s provozovateli rozmístění kol.

Strava: Nejrozsáhlejší zdroj cyklistických dat na světě. Heatmapy a detailní analýzy umožňují identifikaci hlavních tras i sezónních trendů, což podporuje plánování bezpečnější infrastruktury. Kombinací těchto zdrojů dat vzniká silný nástroj pro datově podložené rozhodování v oblasti cyklistické infrastruktury a udržitelné mobility.

6.1 Senzory Telraam V1 a jejich využití

Cílem této studie je prokázat a demonstrovat možnosti levného detektoru, který lze snadno instalovat a provozovat s minimálními nároky na obsluhu. Díky těmto vlastnostem by se senzory Telraam mohly stát efektivním nástrojem pro široké rozšíření sčítání cyklistů a dalších účastníků dopravy. Příkladem největší integrace v prostředí České a Slovenské republiky je město Ružomberok (telraam, 2025b), které má v době psaní práce (leden 2025) aktivních 16 zařízení. Dle specifikace výrobce (telraam, 2025a) jsou dále popsány technické parametry a požadavky senzoru.

Instalace a umístění senzoru

Pro správné fungování senzoru je klíčová jeho přesná instalace. Zařízení se umísťuje z vnitřní strany okna, protože není určeno pro venkovní použití. Zvolená pozice by měla umožňovat přímý a nerušený výhled na sledovanou komunikaci. Optimální vzdálenost od silnice by neměla překročit 15 metrů. Kalibrace zahrnuje nastavení oblasti zájmu a výšky kamery tak, aby bylo možné co nejpresněji zaznamenat pohyb dopravy.

Zpracování a analýza dat

Senzor Telraam V1 využívá počítačové vidění (OpenCV) k detekci objektů pohybujících se po sledované trase. Kamera zaznamenává obraz s nízkým rozlišením a software následně analyzuje pohyb objektů v reálném čase. Klíčové kroky při zpracování dat zahrnují:

- Identifikaci a sledování objektů (např. chodci, cyklisté, motorová vozidla)
- Ukládání parametrů objektů, jako jsou poloha, velikost nebo trajektorie, v pravidelných intervalech
- Odesílání agregovaných (hodinových) dat na servery Telraam, kde dochází ke klasifikaci podle typu dopravy a směru pohybu

Omezení první generace senzorů

Senzory Telraam V1 mají několik známých omezení. Především vyžadují denní světlo pro správné měření, protože nejsou vybaveny přísvitkem a záznam v nočních hodinách není možný. Upevnění na okno pomocí oboustranné pásky může být náchylné k uvolnění vlivem teplotních změn. Dále je nezbytné stabilní připojení k Wi-Fi síti s podporou pásma 2,4 GHz.

Typy rozpoznávaných objektů

Zařízení dokáže detekovat následující kategorie účastníků dopravy:

- Chodci
- Cyklisté a motocyklisté
- Vozidla
 - Osobní
 - Nákladní

Pilotní testování senzoru

Senzor Telraam byl poprvé instalován dne 18. 5. 2022 na lokalitě Husova 5. Umístění senzoru nebylo zcela optimální, neboť vzdálenost kamery od sledované komunikace činila 13 metrů, což se sice nacházelo v rámci doporučeného rozsahu (max. 15 m), avšak mohlo negativně ovlivnit přesnost detekce objektů. Výhled na vozovku navíc částečně zakrývalo zábradlí, což mohlo vést k dalším zkreslením v měřených datech. Po instalaci na první lokalitě se objevovalo časté uvolňování senzoru každý týden bylo nutné jeho opětovné připevnění. Po měsíci provozu, 21. června 2022, byl senzor přemístěn na lokalitu Husova 3, kde byly podmínky pro chod senzoru příznivější. Nicméně i zde docházelo k problémům, zejména s častým uvolňováním upevnění senzoru z okna.

Podle záznamů senzoru (Tab. 22) dosáhla přesnost měření u kategorie chodců a vozidel přibližně 50 % oproti manuálnímu sčítání, zatímco u jednostopých vozidel byla zaznamenána přijatelná přesnost 93 %. Při opakovaném měření však došlo k výraznému zhoršení – chybovost u některých kategorií překročila 186 % (zejména u jednostopých vozidel).

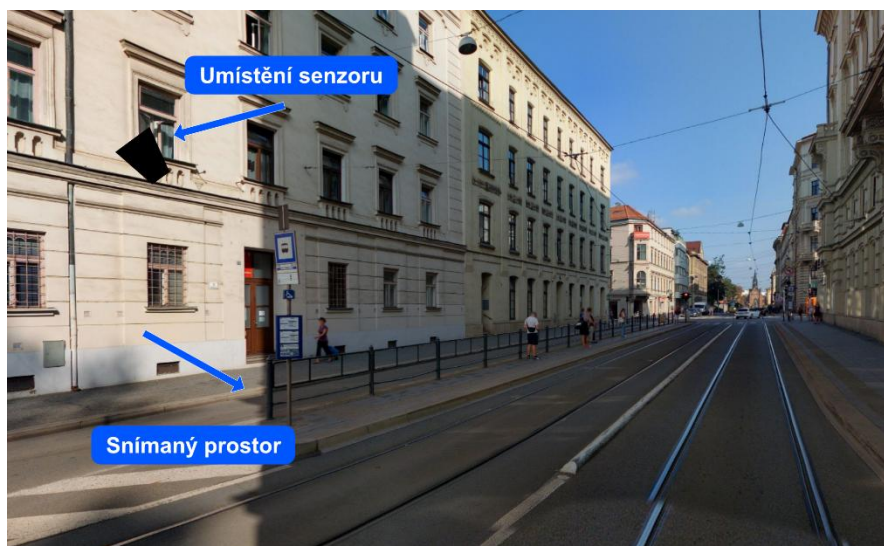
Hlavní faktory ovlivňující nesprávné výsledky zahrnovaly:

- **Nevhodná instalace senzoru** pod výrazným úhlem vůči ose komunikace, což způsobilo deformaci zorného pole
- **Vizuální překážky** (vegetace, sloupky) částečně blokující výhled kamery
- **Nedostatečné odstínění optiky** od přímého slunečního světla a odlesků od vozovky

Problematické podmínky jsou vizualizovány na Obr. 88, který dokumentuje technické nedostatky při instalaci. Vzhledem k těmto zjištěním bylo rozhodnuto o ukončení testovacího provozu senzoru na této lokalitě.

Tab. 22 Kontrolní sčítání 15.7. 2022 Husova 3 (zdroj: vlastní zpracování)

	15. 7. 2022 12:00–13:00			15. 7. 2022 14:00–15:00		
Typ	Telraam	Sčítač	Rozdíl [%]	Telraam	Sčítač	Chyba %
Chodci	44	92	47,82	63	19	30,16
Vozidla	353	851	41,80	422	896	47,01
Motocykly + kola	29	31	93,54	69	37	186,49



Obr. 88 Umístění senzoru Husova 5 (zdroj: panorama mapy.cz)

6.1.1 Testování lokalita Valchařská

Lokalita na ulici Valchařská byla zvolena primárně z důvodu možné instalaci díky bydliště autora, ale také z důvodu uzavření části ulice Karlova a přesunutí objízdných tras na tuto ulici. Senzor byl na tuto lokalitu nainstalován a spuštěn 14. 6. 2024. Lokalita se nachází téměř v dokonalých podmínkách dle specifikace výrobce. Pohled senzoru na ulici Valchařská viz Obr. 89.



Obr. 89 Pohled senzoru v lokalitě Valchařská (zdroj: autor)

V technické specifikaci senzoru je uvedena nutná doba kalibrace 7–21 dní od instalace. Ověření dat senzoru proběhlo poprvé 16. 6. 2024 za ideálních světelných podmínek. Testování probíhalo za pomoci souběžného hodinového videozáznamu a následného vyhodnocení a nasčítání projíždějících vozidel. Již při první testování bylo zjištěno špatné rozpoznání jednotlivých druhů dopravy, a to zejména klasifikace vozidel a také téměř nulové rozpoznání pohybujících se chodců. Výsledky z testování je možné nalézt v Tab. 23. První měření proběhlo v době nutné pro kalibraci. Další měření proběhly až po uplynutí

doby kalibrace. Všechny měřicí hodiny byly za jasného až polojasného počasí bez dopravních anomálií v podobě nehod či jiných situací. Například pokud by se v době měření vyskytla dopravní zácpa a vozidla by se v poli kamery zdržovala déle, mohlo by to zkreslit výsledky senzoru. Stejně tak za zhoršených světelných podmínek, pokud je málo světla obvykle v ranních a večerních hodinách mohou být výsledky horší, případně je vhodné také kameru zastínit, aby nebyl obraz zatížen odlesky.

Tab. 23 První měření senzoru Telraam, lokalita Valchařská (zdroj: vlastní zpracování)

	16. 6. 2024 18:00–19:00			6. 7. 2024 14:00–15:00		
Typ	Telraam	Sčítač	Podíl nasčítaných dat [%]	Telraam	Sčítač	Podíl nasčítaných dat [%]
Chodci	7	33	471	0	20	-
Vozidla	744	740	99	432	458	106
Motocykly + kola	22	41	186	44	27	61

Zpracování dat

Data ze senzoru je možné prohlížet v připraveném dashboardu nebo jsou k dispozici na webu <https://telraam.net/telraam>, kde se nachází veškerá zařízení v provozu. Z připraveného dashboardu je možné po přihlášení exportovat data v hodinových intervalech ve formátu XLSX, anebo také vygenerovat API klíč, díky kterému je možné data zobrazit ve vlastní webové aplikaci či integrovat do dalších platforem.

Data je také možné stáhnout ve formátu XLSX v hodinových intervalech. V těchto souborech je několik sloupců, které označují směr, odkud a kam daný druh vozidla jede, ale také hlavně parametr *Uptime*, který značí kvalitu dat. *Uptime* je klíčový atribut v exportovaných datech, který udává procento času, během kterého byl senzor aktivní a funkční. Tento údaj je zásadní pro hodnocení kvality a spolehlivosti naměřených dat. V ideálních podmínkách má Telraam senzor *uptime* až 80 %. To znamená, že senzor je aktivní a provádí měření po 80 % času, zatímco zbývajících 20 % je věnováno kalibraci, sledování objektů a přenosu dat (telraam, 2022). Nízký *uptime* může výrazně ovlivnit přesnost měření, protože v době nečinnosti senzoru nejsou zaznamenávány žádní uživatelé silnic. Při nízkém *uptime* je tedy nutné korigovat naměřená data, aby odrážela skutečný provoz, který by byl zaznamenán při 100% *uptime*. Nasčítaná data senzorem jsou tak následně vynásobena tímto korekčním faktorem. Korekční faktor (X_k) je vypočítán dle následujícího vztahu:

$$X_k = \frac{1}{uptime} \quad (9)$$

Výsledná hodnota dat je spočítána podle následující rovnice:

$$vysledek = X_k * objects \quad (10)$$

Například při 80% *uptime* je korekční faktor 1,25, ale při 50 % je to již 2. Za předpokladu že dopravní situace je ve sledované hodině konstantní bez výraznějších změn lze očekávat korektní výsledky, v případě že v období, kdy senzor nezaznamenával data došlo k výraznějším změnám, bude tato skutečnost mít vliv na výslednou přesnost. Data, která

jsou stahována pomocí dashbaordu a exportována do tabulkového formátu XLSX jsou již zprocesována a vynásobena tímto faktorem (Support telraam, 2024).

6.1.2 Validace naměřených výsledků

Pro ověření přesnosti měření senzoru Telraam bylo realizováno jedenáct hodinových kontrolních měření, během kterých byly zaznamenávány průjezdy automobilů, jednostopých vozidel a pohyb chodců. Měření probíhalo bez rozlišování směru pohybu, přičemž výsledky byly porovnány s daty naměřenými senzorem. Záznamy těchto sčítání jsou přiloženy ve volné elektronické příloze 14.

Automobilová doprava

Výsledky validace prokázaly spolehlivost senzoru při detekci automobilů. Na základě jedenácti měření byla zjištěna silná korelace (Spearman $\rho = 0,85$, $p < 0,001$) mezi automatickým a manuálním sčítáním. Průměrný rozdíl mezi měřeními činil -13,6 vozidel, přičemž směrodatná odchylka byla 77,9 vozidel. Relativní směrodatná odchylka, která udává míru variability v poměru k průměru, byla 12,4 %. Tyto výsledky podporují využití senzoru pro monitoring automobilové dopravy, přičemž relativní směrodatná odchylka naznačuje, že senzory pro automobily mají relativně stabilní výsledky v rámci měření.

Jednostopá vozidla

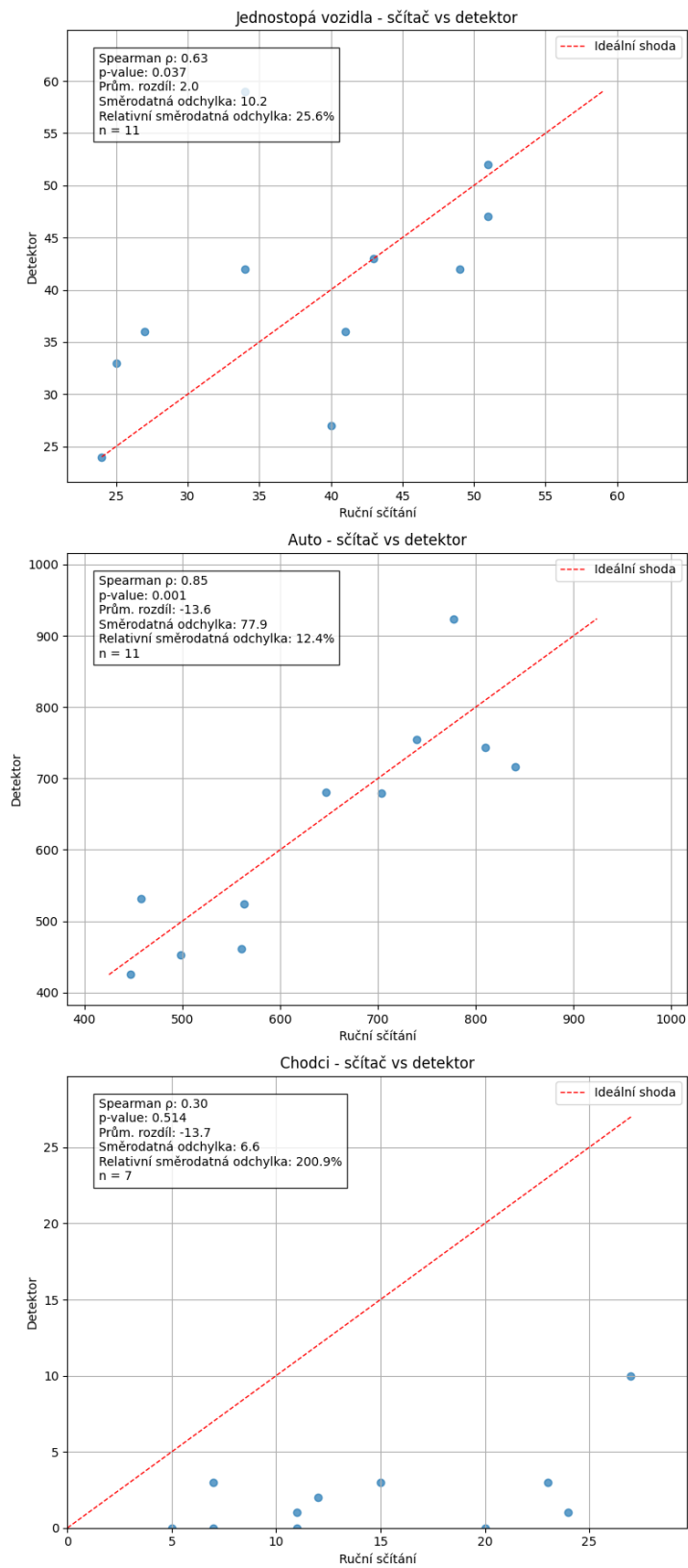
V případě jednostopých vozidel dosáhl senzor dobrých výsledků. Na základě jedenácti měření byla zjištěna silná korelace (Spearman $\rho = 0,63$, $p = 0,001$) mezi automatickým a manuálním sčítáním. Průměrný absolutní rozdíl mezi měřeními činil 2 vozidla, což je relativně malý rozdíl. Směrodatná odchylka byla 10,4 vozidla a relativní směrodatná odchylka dosáhla hodnoty 25,6 %. I když je korelace poměrně silná, relativní směrodatná odchylka ukazuje, že výsledky jsou stále poměrně variabilní. Pro zvýšení robustnosti těchto závěrů by bylo vhodné provést dodatečná měření s větším vzorkem dat, což by mohlo vést k přesnějšímu hodnocení.

Chodci

Měření pohybu chodců se ukázalo jako nejvíce problematické. Z celkových jedenácti měření bylo pro vyhodnocení použito pouze sedm, protože ve čtyřech případech senzor nezaznamenal žádný pohyb chodců (nulové hodnoty), což by ovlivnilo výsledky korelační analýzy. Na základě sedmi měření byla zjištěna slabá korelace (Spearman $\rho = 0,30$, $p = 0,514$) mezi automatickým a manuálním sčítáním. Průměrný rozdíl mezi měřeními činil -13,7 chodců, přičemž směrodatná odchylka byla 6,6 chodců. Relativní směrodatná odchylka dosáhla 200,9 %, což naznačuje vysokou variabilitu a nespolehlivost měření. Tyto výsledky ukazují, že současná verze senzoru na daném umístění není vhodná pro monitoring chodců.

Závěrečné hodnocení

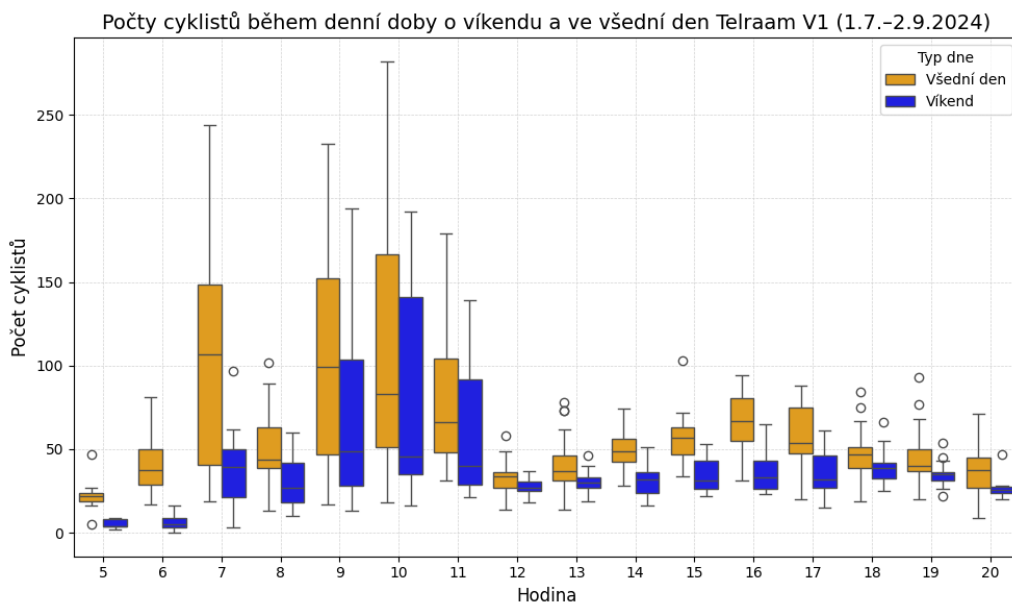
Na základě provedené validace lze konstatovat, že senzor Telraam představuje spolehlivý nástroj pro monitoring automobilové dopravy a s určitými omezeními i pro sledování jednostopých vozidel. Pro měření intenzity pěší dopravy však testování neprokázalo uspokojivé výsledky a bylo by třeba hledat alternativní řešení nebo otestovat novější verzi senzoru. Výsledky ve formě Scatter plotu jsou zobrazeny na Obr. 90



Obr. 90 Scatter plot měření senzoru Telraam (zdroj: vlastní zpracování)

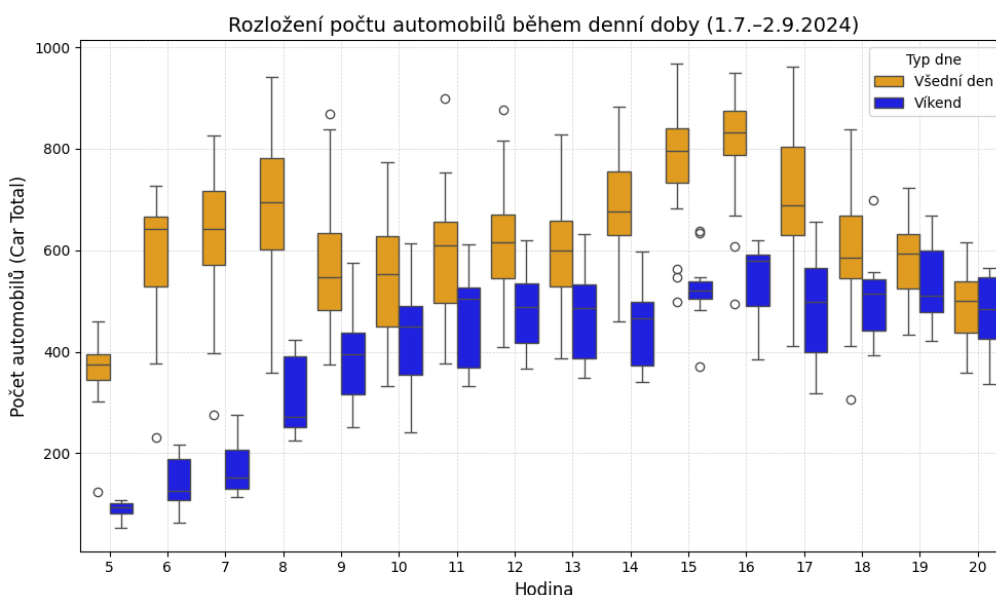
Validace celkových dat

V předchozí kapitole byla provedena validace měření senzoru pomocí 11 kontrolních sčítání, která prokázala silnou korelaci v kategoriích motorových a jednostopých vozidel. Při analýze exportovaných dat však bylo patrné nestandardní rozložení během denní doby, jak ukazuje Obr. 91. Výrazné rozptyly v dopoledních hodinách naznačují možné chyby měření. Kontrolní sčítání byla prováděna pouze v odpoledních hodinách (13:00–20:00), což omezuje možnost ověření dopoledních výsledků.



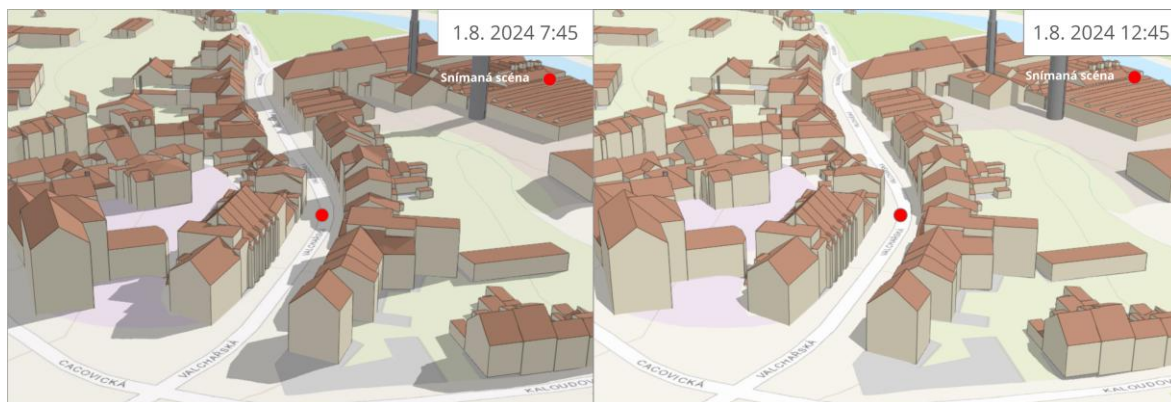
Obr. 91 Krabicové grafy počtů jednostopých vozidel Telraam V1 během dne (zdroj: vlastní zpracování)

Pro porovnání byla analyzována data o počtu automobilů viz Obr. 92, Tato data nevykazovala obdobné problémy, naopak odpovídala očekávaným trendům – ranní špička ve všední dny a pozvolný nárůst intenzity dopravy o víkendech. Tento průběh koresponduje s obecně platnými závěry pro denní průběh automobilové dopravy.



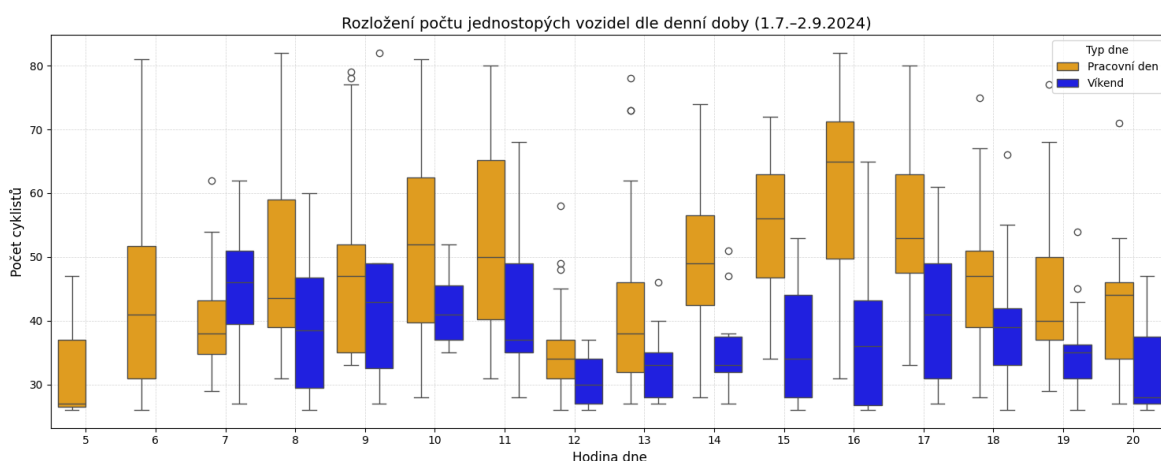
Obr. 92 Krabicové grafy počtů automobilů dle Telraam V1 během dne (zdroj: vlastní zpracování)

Vysoké rozptyly u jednostopých vozidel v dopoledních hodinách mohou být důsledkem systematické chyby měření, například vlivem světelných podmínek nebo odlesků na kameře. Dopoledne je snímáný prostor osvětlen sluncem pod nízkým úhlem, což vytváří dlouhé stíny směrem od kamery viz Obr. 93. Pro simulaci těchto podmínek byla využita aplikace Kanceláře architekta města Brna (KAM), která umožňuje modelovat osvětlení a stíny budov pomocí 3D modelu s podrobností LOD 2.



Obr. 93 Osvětlení snímáné scény během dopoledne (upraveno: <https://webmaps.kambrno.cz/3d-model>)

Pro ověření a zpřesnění analýzy bylo přistoupeno k odstranění odlehlých hodnot pomocí percentilového ořezání v rozsahu 0,15 a 0,85. Tento přístup eliminuje extrémní hodnoty, které by mohly zkreslit výsledky, a umožňuje lépe interpretovat denní rozložení počtu jednostopých vozidel. Na grafu viz Obr. 94 je patrné, že po odstranění odlehlých hodnot došlo ke zlepšení čitelnosti dat. Rozptyl dat se snížil, což umožňuje jasnější porovnání mezi pracovními dny a víkendy. I po aplikaci odstranění odlehlých hodnot jsou však data nestandardně rozložena na denní křivce a pro ověření výsledků by bylo třeba dalších měření, zejména dopoledních sčítání.



Obr. 94 Rozložení denních intenzit dle hodiny po odstranění odlehlých hodnot (zdroj: vlastní zpracování)

Aplikace výsledků

Data ze senzoru Telraam lze využít v prostorovém plánování dopravy především tam, kde chybí systematické sčítání dopravních proudů. Poskytují základní přehled o dopravní situaci v lokalitách bez měřicích bodů a mohou zpřesnit stávající síť sčítacích míst, čímž umožňují lepší analýzu dopravní vytiženosti. Díky hodinovému rozlišení je možné sledovat rozdíly v intenzitě dopravy mezi pracovními dny a víkendy, což pomáhá při návrhu dopravních opatření, například optimalizaci řízení křižovatek nebo plánování cyklistické infrastruktury. V lokalitě Valchařská byla analyzována dopravní intenzita jednostopých vozidel. Výsledky ukázaly, že celkové měření během dne může být problematické a zejména dopolední hodiny v kategorii jednostopých vozidel byly charakteristické vysokým rozptylem oproti odpoledním hodinám. Senzor není vybaven přísvitom a je schopný pracovat je za dostatečně silných světlených podmínek. V grafu je tak patrný propad ve večerních hodinách, kdy kolem 10. hodiny již senzor nebyl schopný poskytovat data.

Největší výhodou senzoru Telraam je rychlá a snadná instalace s minimálními finančními náklady oproti větším a technicky složitějším sčítacím zařízením. To umožňuje rozšíření sítě měřicích bodů i v menších obcích nebo rozpočtově omezených projektech. Klíčovou výzvou však zůstává správná instalace senzoru v domácích podmínkách. Z tohoto důvodu je důležité věnovat výběru instalačního místa pečlivou pozornost.

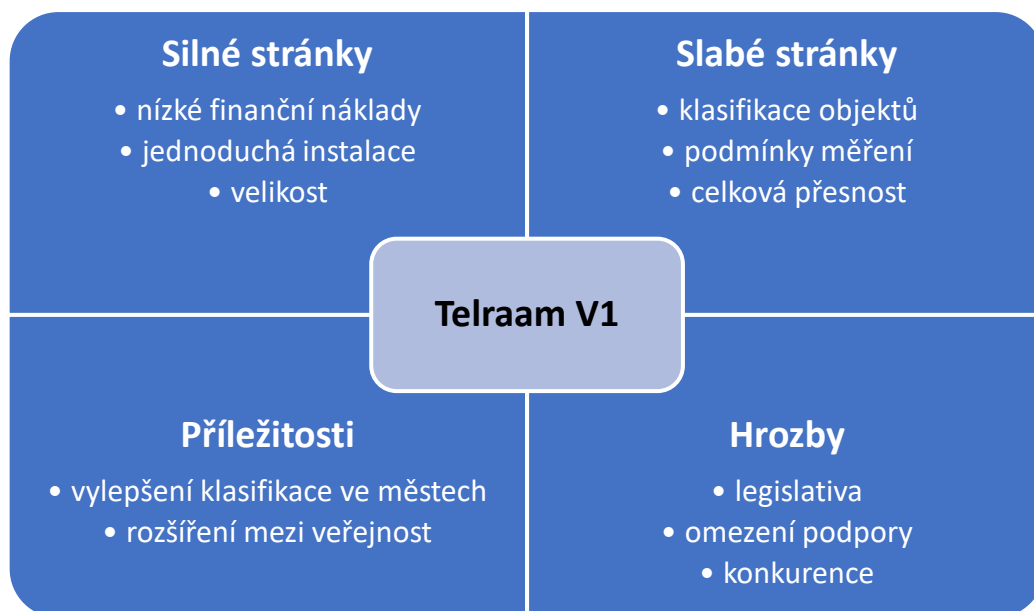
SWOT analýza

Senzory Telraam představují cenný nástroj pro analýzu dopravních proudů ve městech. Mezi jejich **silné stránky** patří nízké pořizovací náklady a snadná instalace, což umožňuje široké nasazení i v menších obcích. Senzory jsou schopny detekovat různé typy účastníků provozu, přičemž vykazují vysokou spolehlivost zejména při detekci automobilů. Poskytování dat v hodinovém rozlišení umožňuje detailní analýzu dopravních vzorců. Komunitní aspekt zapojující občany do sběru dat je další výhodou.

Slabé stránky zahrnují omezenou přesnost při detekci chodců a neschopnost rozlišit mezi cyklisty a motocyklisty u první generace senzorů. Závislost na denním světle pro správné měření a potřeba stabilního Wi-Fi připojení představují další omezení. Problémy s upevněním senzoru, které se mohou vyskytnout vlivem teplotních změn, také ovlivňují spolehlivost měření.

Příležitosti spočívají v rozšíření sítě měřicích bodů v menších obcích a rozpočtově omezených projektech. Data ze senzorů lze využít pro optimalizaci dopravních opatření a plánování infrastruktury. Integrace s jinými zdroji dat nabízí potenciál pro komplexnější analýzu dopravní situace. Vývoj nové generace senzorů (S2) s lepšími detekčními schopnostmi představuje další možnost zlepšení.

Mezi hrozby patří riziko nepřesných měření při nevhodné instalaci nebo špatných světelných podmínkách. Možné technické problémy mohou ovlivnit dlouhodobou spolehlivost senzorů. Potenciální právní a etické otázky týkající se soukromí při sběru dopravních dat představují další výzvu. Konkurence ze strany jiných, technologicky pokročilejších řešení pro monitoring dopravy a závislost na jednom dodavateli technologie jsou dalšími faktory, které je třeba zvážit při implementaci tohoto řešení.



Obr. 95 SWOT analýza senzoru Telaraam (zdroj: vlastní zpracování)

6.2 Využití dat Strava Metro

Data z aplikace Strava představují jeden z nejlepších zdrojů, který lze v současné době pro analýzu pohybu cyklistů využít. Zejména díky své komplexitě je nezastupitelný a v současné době neexistuje žádná podobná sada. Nabízí se hned několik možných aplikací v městském prostředí, v této části jsou dále popsány

- Identifikace jízd v protisměru
- Zhodnocení realizovaných opatření
- Rychlost cyklistů ve městě
- Identifikace pracovních/rekreačních tras

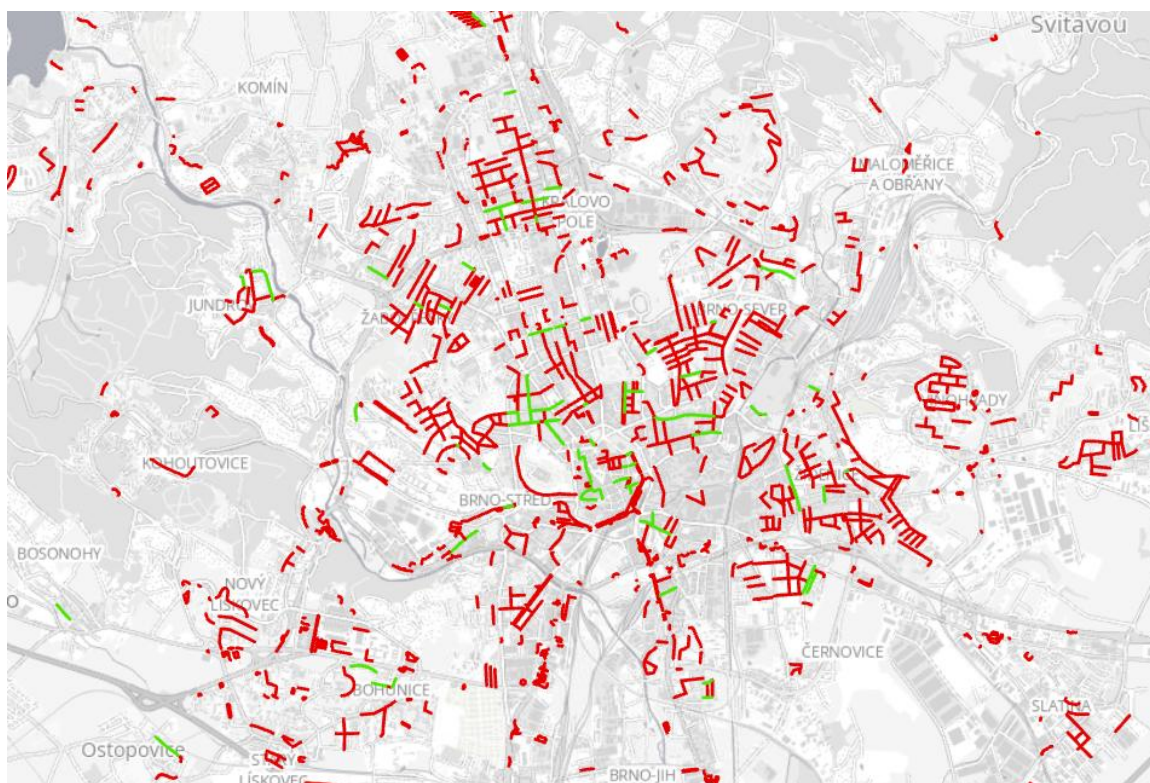
Jak bylo popsáno v kapitole 3.4 data jsou založena na síti OSM a je tak možné samotné úseky obohatit o celou řadu další informací jako je například maximální rychlost, směrovost úseku či typ cyklistického opatření. Skvělým příkladem využití je monitoring provozu na jednosměrných komunikacích, které jsou často nižšího dopravního významu a obvykle na nich nejsou instalovány cyklo detektory ani zde neprobíhá standardní dopravní průzkum, který by pohyb cyklistů zachytil.

6.2.1 Jednosměrné úseky

Pro tento účel je možné vyexportovat data na podrobnost jednotlivých ulic v různých časových řadách. K základní definici průjezdů jednosměrnými úseky postačí stáhnout sumu dat za celý rok. Jak bylo popsáno v kapitole 3.1, tak samotná OSM síť je zatížena celou řadou chyb, která vznikají na někdy ne zcela aktuálních datech či chybně zadaných. K vybrání jednosměrných úseků bylo přistoupeno pomocí výběru úseků na základě tagů pomocí jazyka SQL:

```
oneway = 'yes' And highway NOT IN ('primary', 'primary_link', 'motorway_link', 'motorway', 'trunk', 'trunk_link', 'footway', 'cycleway', 'construction', 'bridleway', 'path', 'pedestrian', 'steps', 'secondary', 'secondary_link', 'service')
```

Při výběru byly odfiltrovány úseky na víceproudých komunikacích vyšších tříd, které jsou sice formálně označeny jako jednosměrné, avšak neodpovídají charakteru běžných jednosměrných ulic s jednosměrným provozem po celé šířce vozovky. Takto vybraným úsekům již byl jednoduše spočítán podíl jízd v protisměru oproti celkovému počtu jízd v daném úseku. Díky dalším OSM tagům tak vznikla síť jednosměrných ulic, které mají cyklistické opatření a které jsou pouze jednosměrné. Výběr však není dokonalý a do výběru jednosměrných ulic spadnou i příklady takových které nejsou jednosměrné, ale jsou pouze součástí víceproudé komunikace. Pro prvotní analýzu je množné zobrazit jednosměrné úseky podle podíl cyklistů jedoucích v protisměru například $>30\%$ a dále také počtem průjezdů s více než 200 záznamy, z důvodu dostatečné relevantnosti datového vzorku. Náhled dat viz Obr. 96, zelenou barvou jsou označeny úseky s povolenou jízdou cyklisty v protisměru, červeně pak jednosměrné úseky bez povolení jízdy cyklistů v protisměru.



Obr. 96 Vybrané jednosměrné úseky rozlišené dle přítomnosti opatření cyklistů v protisměru (zdroj: vlastní zpracování)

Na základě takto vybraných dat je možné identifikovat úseky, kde dochází k častější jízdě cyklistů v protisměru, kdy tento způsob jízdy není legální. Je tak možné identifikované úseky zapojit do koncepčního plánování dopravy a daný úsek pro jízdy cyklistů v protisměru zlegalizovat. Nejvíce problematické úseky na území města Brna je možné nalézt v Tab. 24.

Tab. 24 Vybrané ulice s vysokým počtem jízd v protisměru 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Název ulice	Počet jízd	Jízdy ve směru	Jízdy v protisměru
Colova	375	160	215
Čichnova	615	310	305
Janáčkovo nám.	380	55	325

Díky této analýze byly identifikovány i ulice, které jsou v pořádku z právního hlediska, pouze v daném místě byla změna dopravní situace. Příkladem je ulice Novotného, kde byl v roce 2023 zaznamenán podíl jízd cyklistů v protisměru až 90 %. Tento jev však nebyl způsoben nedodržováním pravidel, ale dočasnou změnou organizace dopravy – v průběhu celého roku zde probíhala rekonstrukce a směr provozu byl proto otočen.

6.2.2 Analýza zrealizovaného opatření

Díky datům, která jsou aktualizována každý měsíc je možné sledovat vývoj na zrealizovaném opatření. Zda se na nově otevřené stezce zvýšil počet cyklistů, či zda zlegalizování jízdy v protisměru mělo smysl a efekt. Dále je popsán příklad realizace jízdy po chodníku při ulici Kníničská.

Legalizace chodníku podél ulice Kníničská

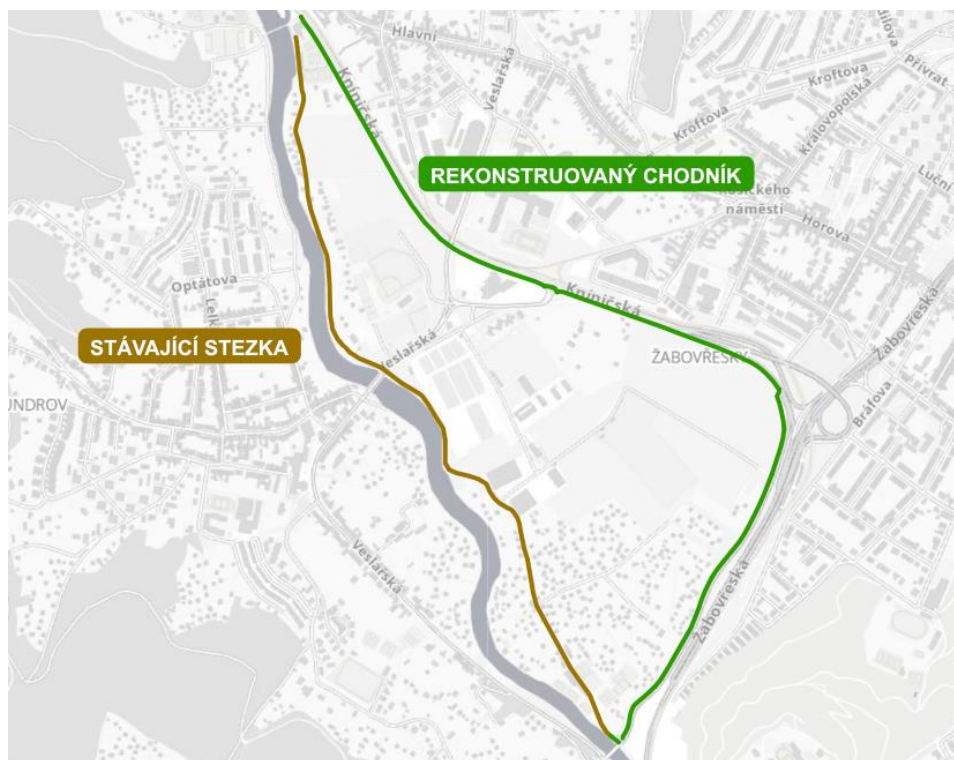
Při ulici Kníničská byl v roce 2020 rekonstruován chodník do podoby viz Obr. 97. Tento chodník je svojí polohou výhodný, kdy kopíruje hlavní tah kolem frekventované ulice Kníničská směr centrum. Svojí šířkou je dostatečný pro smíšených provoz cyklistů i pěších a byl tak vhodným úsekem pro realizaci smíšené stezky pro chodce a cyklisty.



Obr. 97 Chodník při ulici Kníničská v roce 2022 (zdroj: mapy.cz)

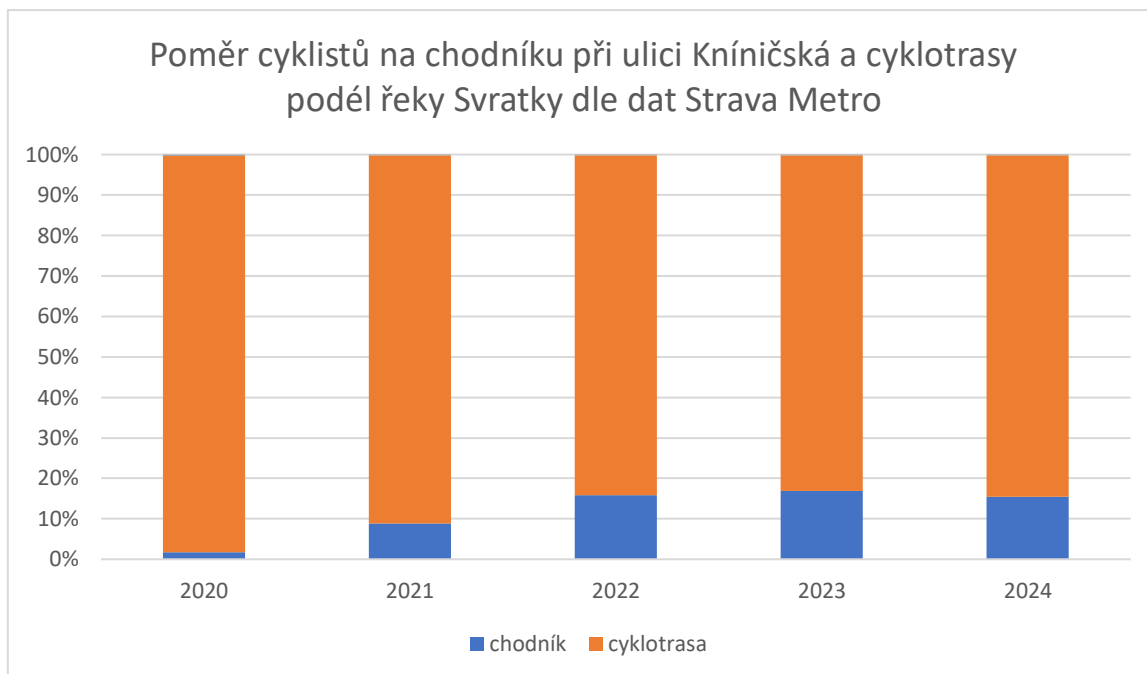
Provoz v daném místě probíhá především po stávající páteřní cyklotrase, která kopíruje tok řeky Svratky, na které denně dle sčítání BKOM projede až 1600 cyklistů. Oproti trase po chodníku podél ulice Kníničská, na které dle sčítání BKOM v roce 2022 průměrně projelo pouze okolo 400 cyklistů za 24 hodin. Průběh obou cyklistických tras je zobrazen

na Obr. 98. Kdy trasa po rekonstruovaném chodníku je o 500 m delší oproti stávající trase, ale bez hustého provozu cyklistů a pěších.



Obr. 98 Průběh cyklostezky a trasa rekonstruovaného chodníku (zdroj: vlastní zpracování)

K legalizaci chodníku a osazení značkami C09 smíšená stezka pro pěší a cyklisty došlo v roce 2022. Pro sledování takovýchto změn v provozu je vhodná datová sada Strava, která poměrně dobře zachycuje trendy v dopravě. Z grafu na Obr. 99 je patrný trend, který se projevil na jízdě cyklistů po zrekonstruovaném chodníku. V roce 2020 podíl cyklistů na chodníku byl pouze 2 % z celkového součtu jízd na chodníku a cyklotrase. V roce 2021 po rekonstrukci již tento podíl dosahoval téměř 10 %. V roce 2022 však došlo k legalizaci, což vedlo k výraznému nárůstu počtu cyklistů na trase podél ulice Žabovřeská. V letech 2023 a 2024 už byl růst podílu cyklistů meziročně jen v jednotkách procent, přičemž hodnoty za rok 2024 zůstaly přibližně na úrovni roku 2023.



Obr. 99 Poměr cyklistů na porovnávaných úsecích dle dat Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

6.2.3 Rychlost cyklistů ve městě

Z analýzy získaných dat z aplikace Strava Metro vyplývá, že rozložení průměrných rychlostí cyklistů je především ovlivněno sklonem trasy. Tento vzorec chování ukazuje, kde se cyklisté pohybují rychleji a kde naopak pomaleji, což může být důležité pro plánování cyklistické infrastruktury ve městě. Identifikace úseků, kde cyklisté zpomalují, mohou ukázat nejen na fyzické bariéry (strmé kopce), ale také technické nedostatky, jako je špatný povrch, úzké trasy nebo nebezpečné křižovatky. Naopak úseky s vysokou průměrnou rychlostí mohou indikovat dobře navržené a bezpečné trasy.

Výběr dat a jejich filtrování

Pro tuto analýzu byla data z aplikace Strava Metro předzpracována a filtrována tak, aby zahrnovala pouze úseky s délkou větší než 100 metrů a s minimálně 300 zaznamenanými jízdami v letech 2020–2024. Tento postup eliminoval vliv menších vedlejších úseků, neprůkazných dat a potenciálních chyb v mapování. Tímto způsobem byla získána kvalitnější datová sada, která věrně odráží chování cyklistů ve sledovaném prostoru.

Jelikož aplikace Strava přímo neobsahuje informace o sklonu komunikací, byl tento údaj vypočten za použití Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) poskytovaného ČÚZK prostřednictvím služby ATOM. Skript ke stažení dat DMR 5G se nachází ve volné příloze 17. Na základě těchto dat byl ke každému úseku přiřazen atribut sklonu terénu v % podle vzorce.

$$Sklon = \frac{Abs(Z_1 - Z_2)}{s} * 100 \quad (11)$$

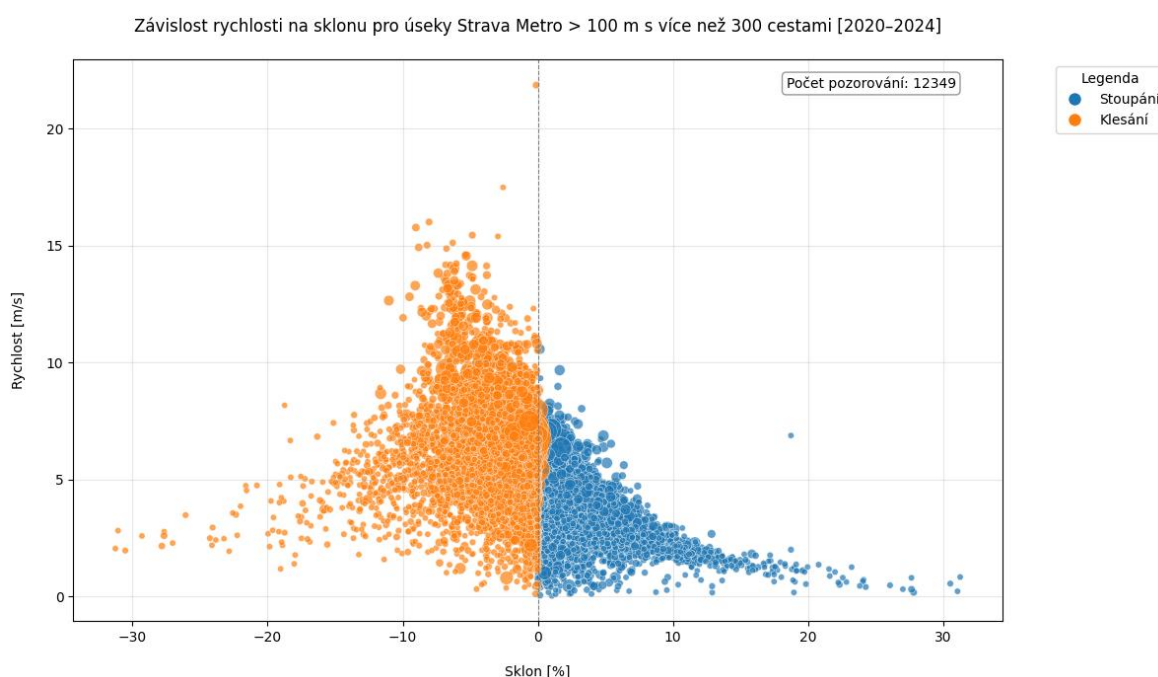
- Z_1, Z_2 : hodnoty nadmořské výšky počátečního a koncového bodu linie v [m n. m.]
- s : délka úseku linie v [m]

V datech byl rovněž přítomen údaj o průměrné rychlosti pohybu cyklistů v obou směrech – ve směru a proti směru digitalizace úseku. Analýza byla provedena na datech za období 2020–2024, čímž byly zohledněny sezónní vlivy a rozdíly v cyklistickém provozu během roku.

Výsledky

Na Obr. 100 je znázorněno rozložení úseků v závislosti na sklonu a průměrné rychlosti pohybu v m/s. S rostoucím sklonem dochází ke snižování rychlosti, zatímco při negativním sklonu – jízdě z kopce – rychlost nejprve stoupá, ale pouze do určité hranice, přibližně mezi -8 % a -9 %. Při strmějších sklonech se rychlost snižuje.

Podrobnější analýza těchto bodů ukázala, že se většinou jedná o úseky mimo silnice, často v lesním terénu. Pravděpodobně se jedná o technické terénní sjezdy, kde kromě sklonu ovlivňuje rychlost také náročnost terénu, což vede ke zpomalení pohybu.



Obr. 100 Rozložení sklonu a rychlosti úseky Strava Metro (2020–2024) (zdroj: vlastní zpracování)

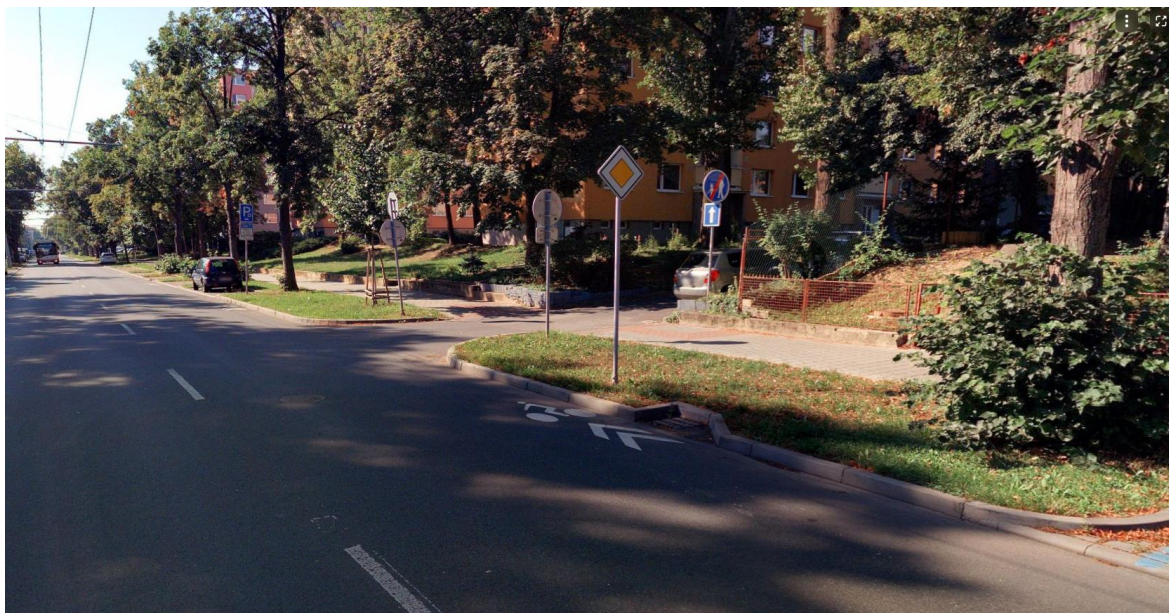
Rychlost na cyklostezce vs jízda ve vozovce

Pro možnou aplikaci porovnání rychlosti v Brně je vhodný úsek na silnici Chodská, kde paralelně probíhají dvě cesty – možnost jízdy cyklisty ve vozovce, kde jsou vyznačeny piktogramy pro cyklisty, a možnost jízdy na vedlejší oddělené cyklistické infrastruktuře, konkrétně smíšené stezce pro chodce a cyklisty. Porovnání těchto dvou tras je možné jak z pohledu komfortu, tak z hlediska rychlosti. Na jedné straně cyklista na oddělené infrastruktuře je chráněn před vozidly, ale jede ve smíšeném prostoru s chodci. Navíc je tato cyklostezka přibližně každých 200 metrů přerušena vjezdy z přilehlých obytných domů.

Z dat vyplynulo, že cyklisté využívající oddělenou infrastrukturu, tedy stezku pro chodce a cyklisty, dosahují nižší průměrné rychlosti – konkrétně 19,2 km/h. Naproti tomu cyklisté jedoucí po vozovce, bez častých přerušení vjezdy a po hlavní silnici, dosahují průměrné rychlosti 23,5 km/h.

Vzhledem k blízkosti silnic a cyklistických tras na dané lokalitě se vyskytuje potenciální problém při rozdělení jízdy podle jednotlivých tras v datech aplikace Strava Metro. Tento

problém může být způsoben chybovostí při přiřazování jízd ke konkrétním trasám, což může ovlivnit přesnost výsledků analýzy. I přes tuto nejistotu však data naznačují, že nepřerušovaná cyklistická infrastruktura pravděpodobně přispívá k vyšší rychlosti a plynulejší jízdě, což ukazuje na její klíčovou roli v efektivním fungování cyklistické dopravy.



Obr. 101 Porovnání cyklistických cest (zdroj: mapy.cz)

Tato analýza představuje pouze jeden z možných přístupů k využití dat z aplikace Strava pro hodnocení reálné rychlosti cyklistů ve městském prostředí. Výsledky jsou založeny na souhrnných údajích o všech jízdách, což znamená, že zahrnují jak jízdy elektrokol (představující 1–3 % celkového počtu jízd), tak jízdní kola různých typů, včetně horských a silničních bicyklů. Cyklisté aktivní na platformě Strava jsou zpravidla osobami se sportovnějším pojetím jízdy, a proto bude průměrná rychlost všech cyklistů ve městě pravděpodobně nižší, než ukazují data této analýzy.

Navzdory těmto faktorům nelze nalézt efektivnější způsob získání dat pro určení průměrných rychlostí cyklistů na městských trasách, než je právě analýza široce dostupných údajů pokrývajících celé město. Rychlost cyklistů ve městě je detailně sledována například ve studiích (Clarry et al., 2019) a (Jafari et al., 2024), zejména ve vztahu k rozvoji a kvalitě cyklistické infrastruktury. Výsledky této analýzy mohou být využity pro plánování a optimalizaci cyklistických tras, při čemž je třeba zohlednit faktory jako je sklon terénu.

6.2.4 Pracovní vs rekreační cesty

Jeden z možných přínosů datové analýzy může být rozdělení sítě podle typů aktivit. Algoritmus, který přiřazuje jízdě, zda jde o rekreační nebo pracovní dojíždění, umožňuje rozdělit městskou síť z pohledu, který nelze získat z jiných dostupných datových sad o pohybu cyklistů. Pochopení, které úseky jsou primárně rekreační a které pracovní, je důležité pro komplexní přehled a plánování vhodných opatření pro propojení cyklistické infrastruktury města. Jak bylo popsáno v kapitole 3.2.1, dle (TP 189) je možné charakterizovat úseky komunikací do tří kategorií, podle režimu provozu:

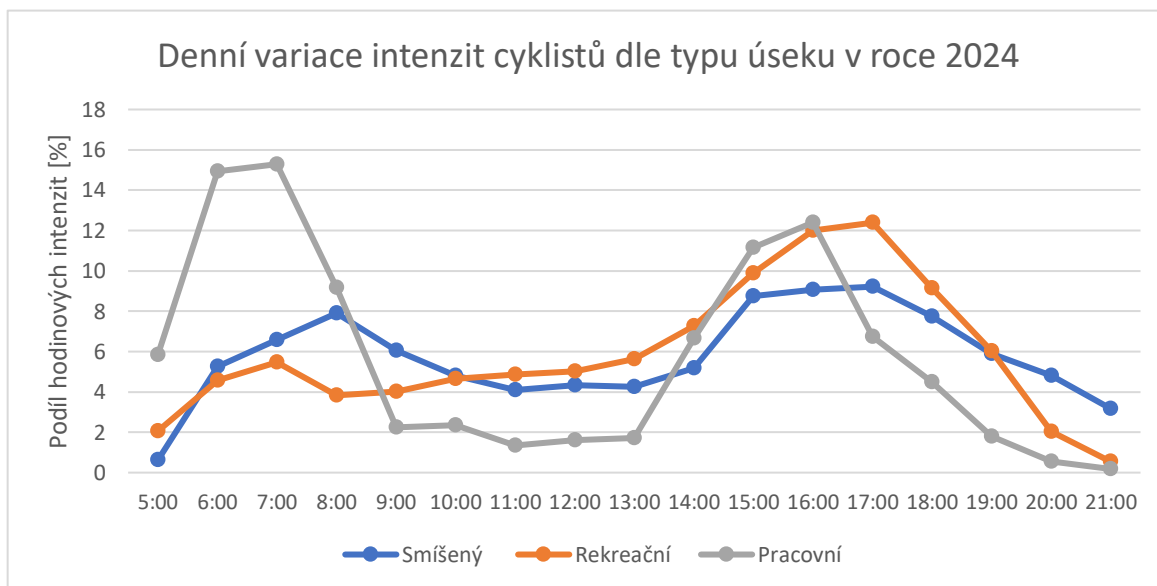
- **Dopravní**
- **Rekreačně turistický**
- **Smíšený**

Tyto režimy lze pomocí dat Strava Metro poměrně dobře charakterizovat, a to pomocí podílu pracovních cest. Každý z těchto typů provozu se vyznačuje specifickými variacemi dopravy v rámci denní doby. Kdy dopravní typ má svoji první špičku během ranních hodin, následující propadem a později opět vrcholí v odpoledních hodinách – Oproti tomu rekreačně turistický má ranní špičku méně znatelnou a roste pozvolna k odpolední špičce. Mezi těmito dvěma typy grafu leží typ smíšený. Vybrané úseky zastupující jednotlivé kategorie v Brně viz Tab. 25.

Tab. 25 Vybrané úseky k porovnání nad daty Strava 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

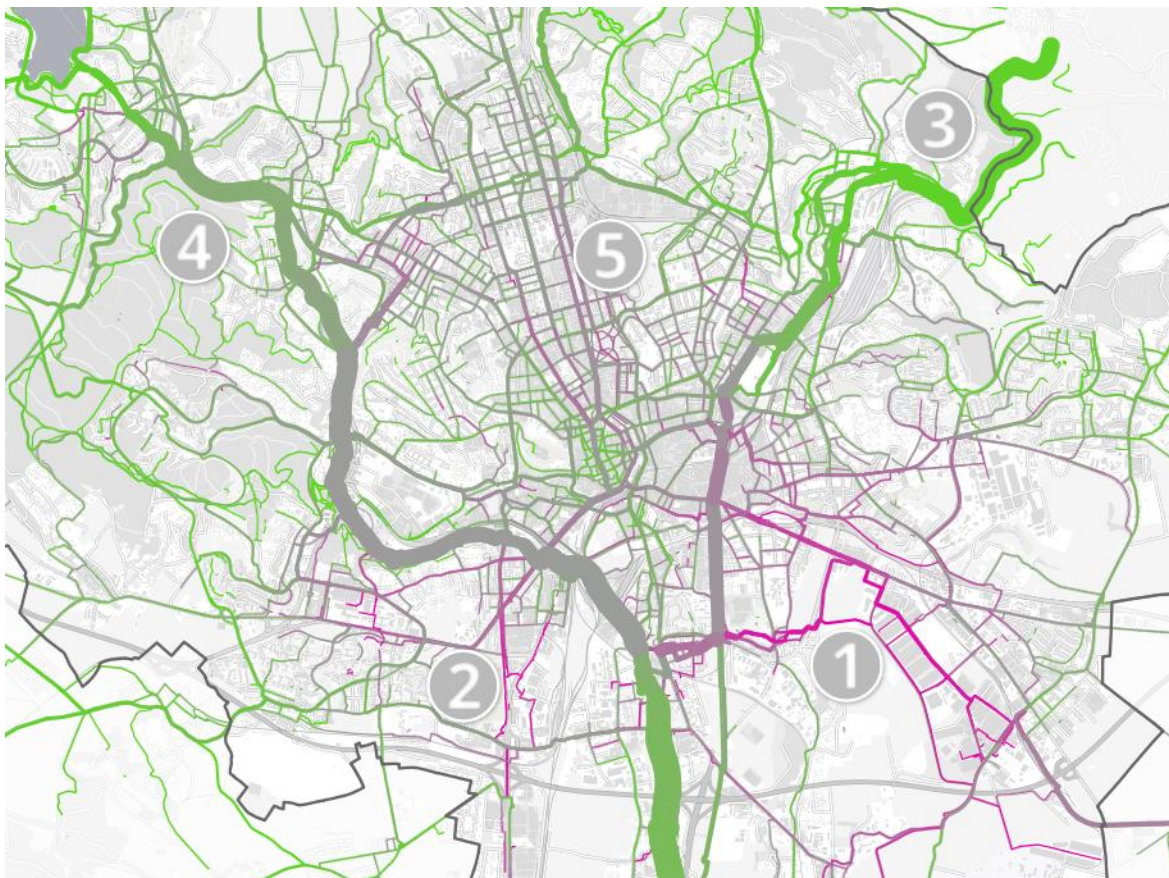
Název	ID úseku	Typ	Podíl pracovních cest [%]	Počet cest
Babická	188127058	Rekreační	11	32 545
Kounicova	187139535	Smíšený	50	5 650
Vlastimila Pecha	187164407	Pracovní	76	5385

Pro názorné porovnání byly vybrány úseky ležící na okrajích vymezených skupin. Jako rekreační úsek byla vybrána cyklostezka směřující na sever města Brna podél řeky Svitavy. Jako pracovní úsek byla zvolena smíšená stezka pro pěší a cyklisty v průmyslové zóně ve Slatině a jako smíšený úsek, byla vybrána komunikace na ulici Kounicova, před Univerzitou Obrany. U každého úseku byl přepočten podíl intenzity pro každou hodinu na celkové objemu denní intenzity a zaneseny hodnoty do grafu.



Obr. 102 Porovnání komunikací podle režimu provozu a denních intenzit (zdroj: vlastní zpracování)

Na příkladu Obr. 103 je znázorněno rozdělení území Brna z hlediska charakteru cyklistických jízd. Světle zelená barva označuje úseky s převahou rekreačních jízd, zatímco tmavě fialová vyznačuje úseky, kde dominují pracovní cesty. Šedé odstíny představují oblasti s vyrovnaným podílem obou typů jízd. Mapa celého území Brna v plném rozlišení je přiložena ve volné příloze 9.



Obr. 103 Rozdělení sítě Brna podle rekreačních a pracovních úseků (zdroj: vlastní zpracování)

1, 2: Oblasti s převahou pracovních cest

- **Slatina** (jihovýchod Brna): Tato městská část postrádá vhodnou infrastrukturu pro rekreační cyklistiku. Dopravní proudy zde směřují primárně mezi Slatinou, centrem města a Černovicemi, což podtrhuje její význam jako uzlu pracovních cest.
- **Brno Business Park a Fakultní nemocnice Brno**: Tyto oblasti jsou primárně cílem pracovních cest a nenabízejí výrazný potenciál pro pokračování tras rekreačními cyklisty. Převládá zde funkční využití kola jako dopravního prostředku pro dojíždění do zaměstnání.

3, 4: Rekreační oblasti

Na periferiích Brna dominují rekreační jízdy. Nejvýraznější koncentrace rekreačních cyklistů je patrná v okolí Brněnské přehrady a na severovýchodní cyklostezce vedoucí směrem k Bílovicím nad Svitavou. Tyto lokality se vyznačují vyšší atraktivitou pro volnočasovou cyklistiku, což souvisí s přirozeným prostředím a dostupností cyklostezek.

5: Oblast s převahou pracovních cest

V centrální části města a na klíkových dopravních tepnách, jako jsou ulice Lidická, Štefánikova, Kounicova a Veverí, je charakter cyklistických jízd vyrovnaný. Mírně zde převažují pracovní cesty, což naznačuje význam cyklistiky jako alternativního dopravního prostředku pro každodenní dojíždění.

6.2.5 Validace sítě Strava

Jelikož jsou data výsledkem komunitního sběru od lidí zaznamenávající své jízdy, jedná se opět pouze o vzorek lidí. Tato skupina lidí může být omezena a mít své specifika, jelikož se jedná především o aktivní cyklisty nemusí dobře vystihovat celkový vzorek cyklistů pohybujících se na území města Brna. Pro co možná nejlepší zapojení těchto dat do plánování dopravy je vhodné data ověřit a validovat.

Validace tohoto zdroje dat je obtížná a nelze se spolehnout na manuální hodinová sčítání, jelikož jak bylo zmíněno v kapitole 4.3, je dbáno na soukromí uživatelů a v hodinových záznamech z tohoto důvodu dochází k velké ztrátě dat. K validaci je tak vhodné použít stacionárních automatických cyklodetektorů, které zaznamenávají průjezdy cyklistů s velkou časovou řadou alespoň v měsíčním souhrnu a porovnávat denní sumy. V minulosti již bylo publikováno několik studií na toto téma (Al-Ramini et al., 2022; Griffin a Jiao, 2015; Chen et al., 2020; Hochmair et al., 2019), které přinesly obdobné závěry, a to, že data Strava a data z cyklistických detektorů silně koreluje. Při srovnání dat Strava Metro vůči naměřeným datům z cyklodetektorů je patrné, že se poměr dat zachycených v aplikaci Strava Metro vůči datům naměřených cyklodetektory se nejčastěji pohybuje mezi 5–10 %.

K validaci v prostředí Brna byly použity stacionární detektory sítě BKOM, které fungují od konce roku 2019. Tato síť byla v minulosti zatížena mnoha problémy a detektory postupně vypovídaly službu. V době psaní práce (leden 2015) je v provozu 5 zařízení. Pro validaci tak byla použita všechna dostupná data jednotlivých detektorů sítě BKOM za celou dobu jejich fungování a dále data z detektoru Přízřenice.

Denní data BKOM

V rámci této analýzy byla porovnávána data ze všech dostupných cyklodetektorů. Pro vyhodnocení byla použita hodinová data, která byla následně agregována na denní souhrny. Bylo nutné je předzpracovat a vytvořit z nich robustní denní záznamy. Úprava dat spočívala ve sjednocení všech dostupných souborů ve formátu CSV. Z kombinovaného datasetu všech detektorů byla vytvořena přehledová tabulka, která obsahuje následující informace:

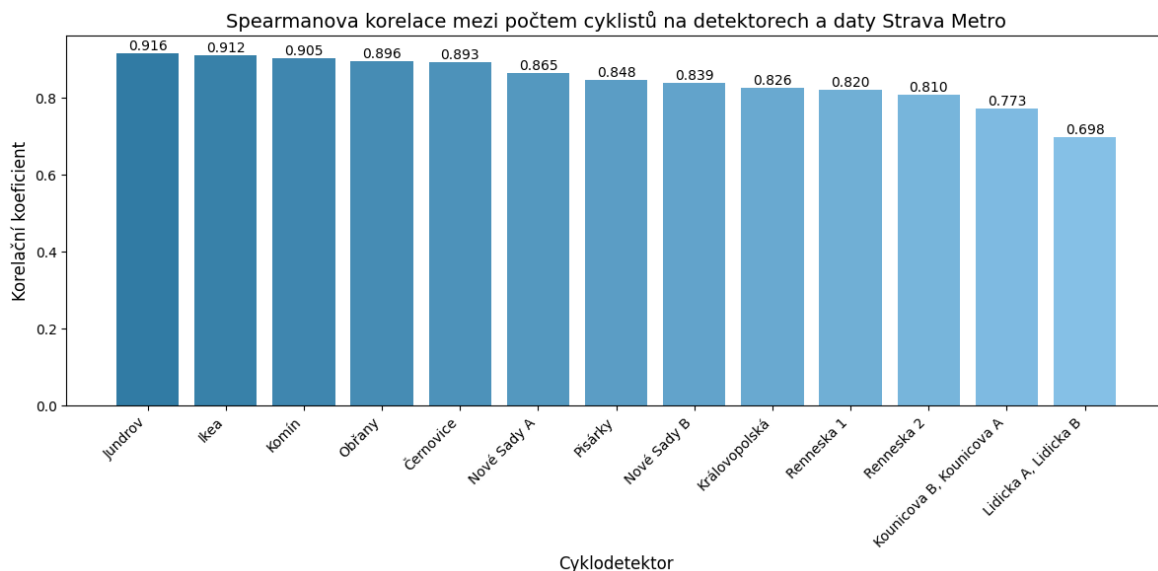
- počet dní, kdy měl být detektor v provozu,
- počet dní s plným počtem měření (tj. 24 hodinových záznamů za den),
- počet dní, kdy detektor měřil, ale zaznamenal nulovou hodnotu,
- počet nekompletních dní.

Celá tabulka je přiložena ve vázané příloze 6. Některé detektory vykazovaly spolehlivost (podíl dní s 24 naměřenými záznamy vůči celkovému počtu dnů, kdy byla data zaznamenána) přes 80 %, zatímco nejméně spolehlivé detektory měly úspěšnost pouze kolem 10 %.

Pro výpočet korelace byl dataset filtrován, aby zahrnoval pouze záznamy s alespoň 14 měřeními v čase 6:00–21:00 a současně s alespoň 50 nasčítanými cyklisty na detektoru za kalendářní den. Protože testy normality dat prokázaly nesplnění předpokladů normality, byla použita Spearmanova korelace, která je robustnější pro data s nelineárním vztahem a odlehlými hodnotami.

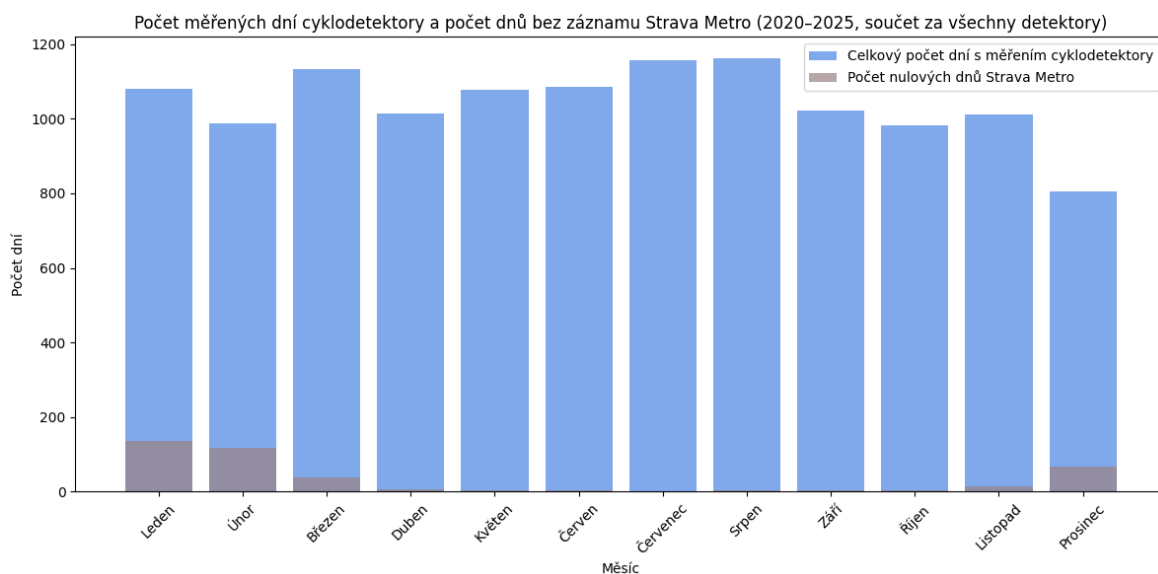
Naměřené silné korelace viz Obr. 104 naznačují, že automatické detektory cyklistů a platforma Strava poskytují konzistentní a spolehlivé údaje o cyklistické aktivitě. Vysoké hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu ($\rho = 0,698$ až $0,916$) poukazují na to, že oba zdroje dat zachycují podobné trendy a vzorce v chování cyklistů, což potvrzuje validitu a reprezentativnost dat Strava Metro pro danou oblast. Detektor Jundrov vykazuje nejvyšší korelaci s daty ze Stravy ($\rho = 0,916$), což značí, že jeho měření nejvěrněji odrážejí celkovou

cyklistickou aktivitu. Vzhledem k této shodě mohou být data z obou zdrojů efektivně kombinována pro lepší plánování a analýzu dopravy.



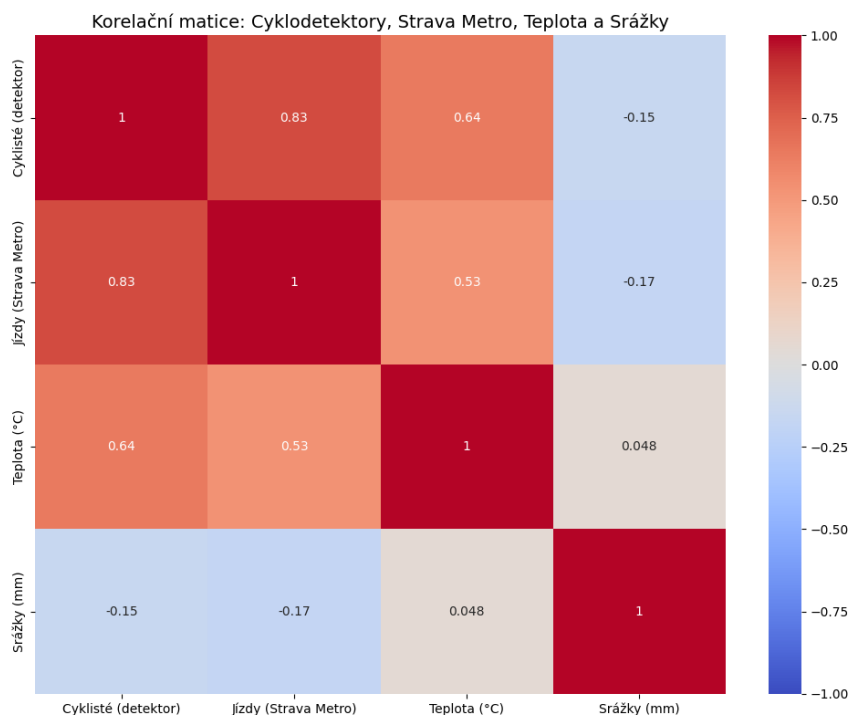
Obr. 104 Korelace jednotlivých detektoru s daty Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Důležitým faktorem souvisejícím s korelací je rozložení dní, kdy Strava Metro nezaznamenala žádná data, což je způsobeno nízkým průjezdem cyklistů. Graf na Obr. 105, ilustruje měsíční rozložení celkového počtu měřených dní a počtu nulových dní (tedy dní bez záznamu Strava Metro) na všech úsecích sledovaných cyklodetektory. Sloupce představují součet všech dní za jednotlivé měsíce v období 2020–2025 a zahrnují data ze všech dostupných cyklodetektorů. Pro každý měsíc je tak zobrazen celkový počet dní, kdy byly na úsecích dostupné měřené hodnoty, a zároveň počet dní, kdy Strava Metro nezaznamenala žádný průjezd.



Obr. 105 Počet měřených dní a nulových dat Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

Kromě analýzy korelací pro jednotlivé detektory byla vytvořena korelační matice (Obr. 106), která zobrazuje vzájemné vztahy mezi celkovými údaji o cyklistické aktivitě, daty z platformy Strava, průměrnou denní teplotou a denním úhrnem srážek. Matice ukazuje, že existuje silná pozitivní korelace mezi počtem cyklistů zaznamenaných detektory a celkovým počtem jízd na Stravě ($\rho = 0,8$), což potvrzuje předchozí zjištění. Teplota vykazuje střední pozitivní korelaci s cyklistickou aktivitou ($\rho = 0,62$), což naznačuje, že teplejší počasí obecně podporuje vyšší cyklistickou aktivitu. Naopak srážky vykazují slabou negativní korelaci s cyklistickou aktivitou ($\rho = -0,14$), což je očekávané, jelikož deštivé počasí obvykle snižuje ochotu lidí jezdit na kole. Tyto výsledky poskytují komplexnější pohled na faktory ovlivňující cyklistickou aktivitu a naznačují, že počasí, zejména teplota a srážky, hraje významnou roli při jejím ovlivňování



Obr. 106 Korelační matice Cyklistických detektorů, Strava Metro (zdroj: vlastní zpracování)

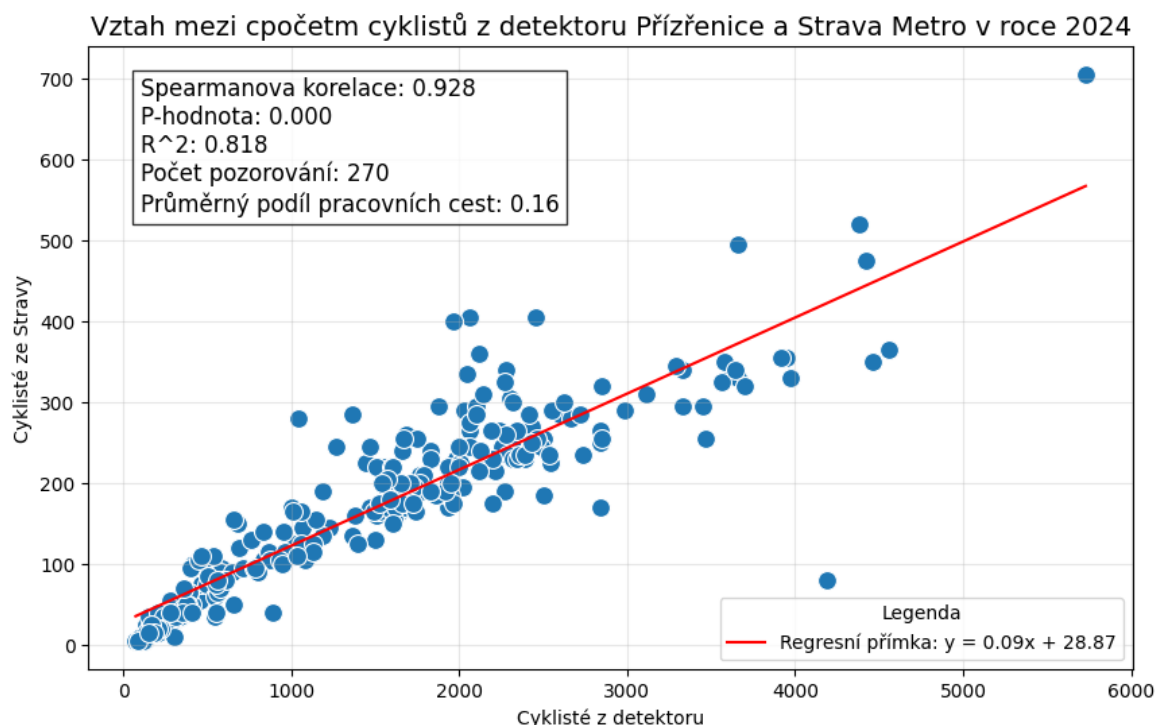
Senzor Přízřenice

Pro validaci dat byla použita denní data ze senzoru partnerství v lokalitě Přízřenice za období 1. 1. 2024 – 30. 9. 2024. Tento senzor funguje na principu indukční smyčky a je umístěn na frekventované cyklostezce v jižní části města, kde převažují rekreační cesty (85 % dle dat Strava 2024). Cílem analýzy bylo posoudit kvalitu těchto dat a jejich vztah k datům z aplikace Strava Metro. Jelikož nebyla dostupná podrobná data o případných výpadcích senzoru během dne, analýza byla provedena na základě agregovaných hodinových průměrů. Tento přístup s sebou nese určitou míru nejistoty, protože nelze přesně ověřit kompletnost měření během celého dne.

Před samotnou analýzou byla provedena kontrola normality dat a identifikace odlehlých hodnot. Bylo zjištěno, že některé extrémní hodnoty byly způsobeny abnormálně teplým počasím na začátku dubna. Proto nebyly tyto hodnoty odstraněny, neboť mohly reflektovat skutečné změny v intenzitě cyklistické dopravy. Naopak, některé výrazně nízké hodnoty byly ověřeny porovnáním s meteorologickými daty Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) (úhrn srážek a teplotní charakteristiky), kde se potvrdilo, že šlo o dny s vysokými srážkovými úhrny. Tyto hodnoty také nebyly považovány za chybu měření a byly

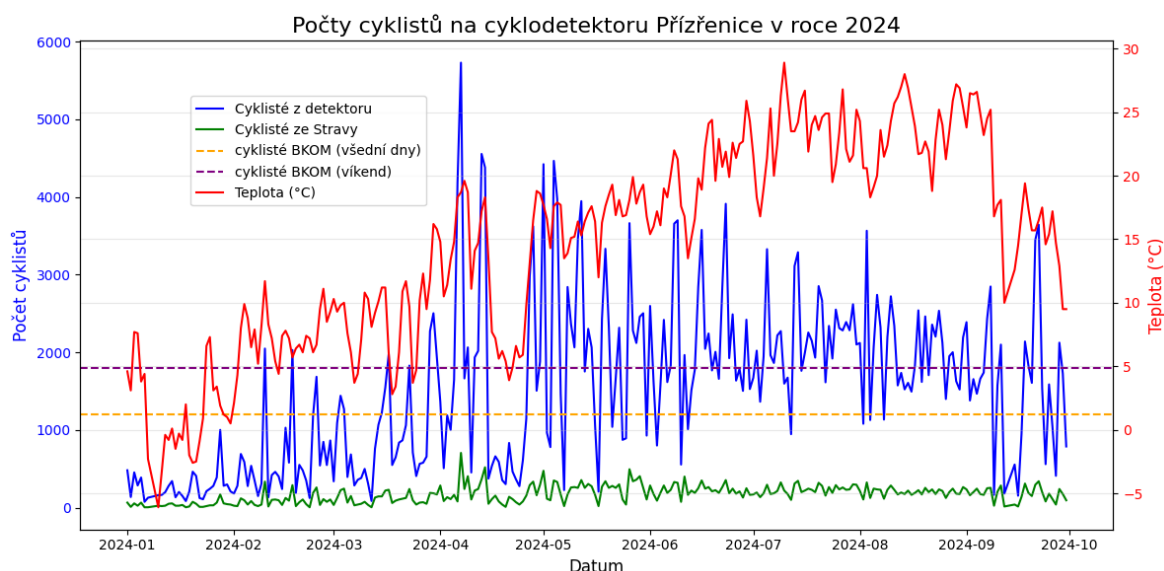
ponechány v datasetu. Po kontrole kvality dat byla provedena korelační analýza mezi daty cyklodetektoru a denními souhrny z aplikace Strava Metro. Vzhledem k porušení předpokladu normality byla použita Spearmanova korelace, která je vhodná pro neparametrická data.

Výsledky ukazují na velmi silnou a statisticky významnou korelaci mezi oběma datovými zdroji. To naznačuje, že data z aplikace Strava Metro mohou být relevantním indikátorem cyklistického provozu v této lokalitě, přestože je třeba brát v potaz jejich možné zkreslení způsobené specifičností uživatelské skupiny aplikace Strava. Podíl zachycených cest v aplikaci Strava a celkovým počtem cyklistů na detektoru je 10 %.



Obr. 107 Korelace mezi cyklodetektorem a daty Strava Metro v roce 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Data z detektoru Přízřenice byla po spojení s daty Strava Metro a meteorologickými daty (průměrná denní teplota) vynesena do grafu na Obr. 108. Z grafu je patrné, že průběh počtu cyklistů z detektoru dobře koreluje s průběhem denní teploty. Výrazné poklesy teplot v dubnu a září, které byly ovlivněny povodněmi v ČR, se jasně odrážejí i v počtu cyklistů. Dále je zřejmý rozdíl mezi výsledky sčítání BKOM v daném místě a daty naměřenými na detektoru – výsledky BKOM jsou v průměru výrazně nižší.



Obr. 108 Průběh intenzit na cyklodetektoru Přízřenice v roce 2024 (zdroj: vlastní zpracování)

Zhodnocení

Analýza ukázala, že data z cyklodetektoru v Přízřenicích vykazují silnou korelaci s daty z aplikace Strava Metro. Přestože agregovaná data ze senzoru mohou být zatížena určitou nejistotou kvůli absenci informací o denních výpadech, celkové výsledky naznačují, že tento senzor poskytuje spolehlivé informace o cyklistickém provozu v dané oblasti.

Zároveň se ukázalo, že i přes omezení aplikace Strava Metro, související zejména se skladbou jejích uživatelů, lze tato data efektivně využít pro doplňkovou analýzu cyklistické dopravy v městském prostředí. Porovnání s ostatními senzory však odhalilo rozdílné výsledky, zejména v poměru zachycených cest ze Stravy a celkového počtu cyklistů detekovaných senzorem. Tento podíl se pohyboval mezi 20–30 %. Toto zjištění naznačuje, že i přes vysokou korelaci mezi jednotlivými zdroji dat nemusí senzory zachytit veškeré cyklisty, což vede k nižším absolutním hodnotám, avšak k vyššímu podílu zachycených cyklistů na jednotlivých detektorech.

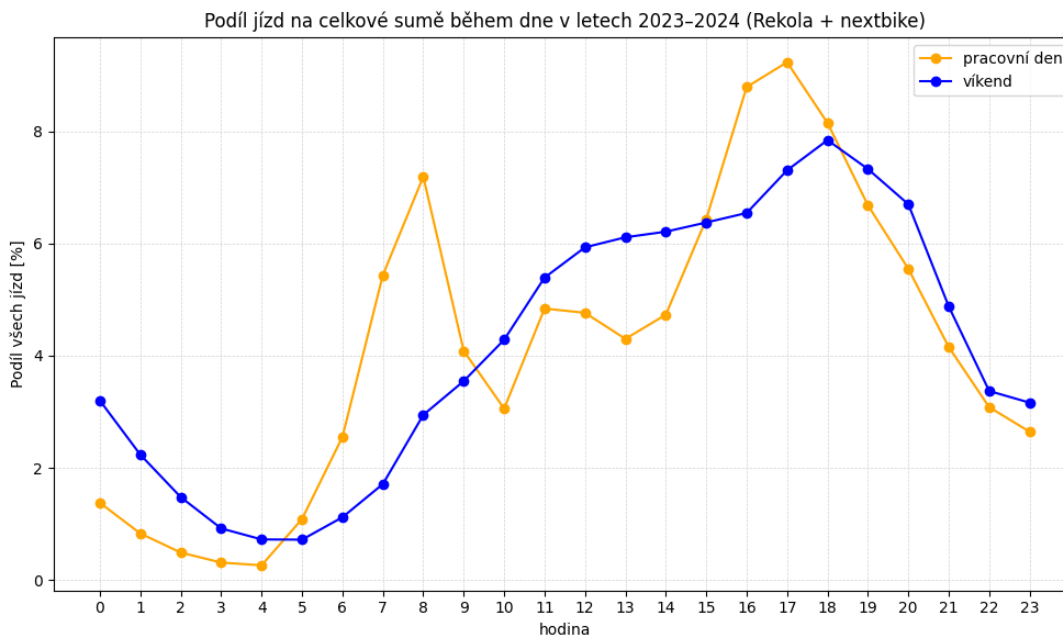
6.3 Využití dat bikesharingu

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3.2, bikesharing je v českých městech na vzestupu a dává tak městům využívat těchto dat z několika možných pohledů. Data mohou identifikovat místa, kde by bylo vhodné vybudovat městské cyklostanice z důvodu velké poptávky kol. Bikesharing je v městech zaváděn jako podpora aktivní mobility, díky datům je tak možné identifikovat místa kde kola např. chybí a tím podpořit mobilitu obyvatel v dané oblasti a zvýšit podíl udržitelné dopravy. Níže je popsáno několik způsobů využití těchto dat.

6.3.1 Rozložení jízdy a vliv faktorů na využití Bikesharing

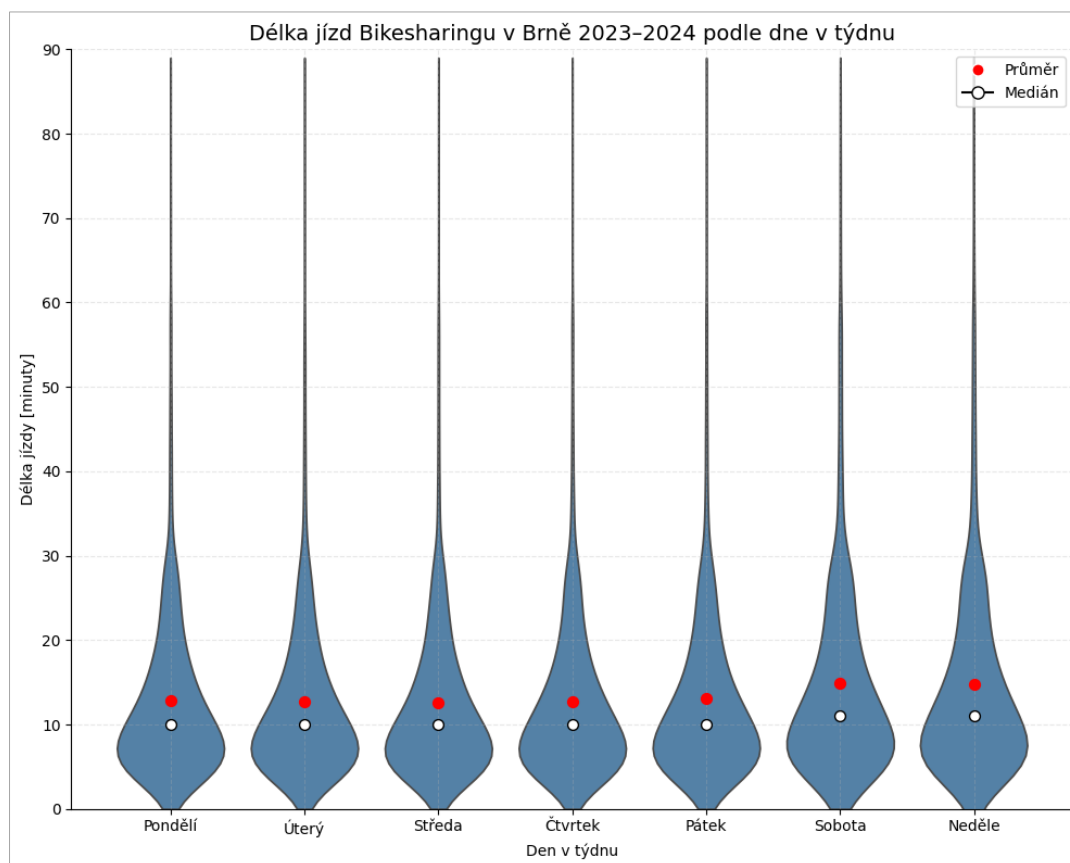
Obr. 109 znázorňuje procentuální podíl jízdy během dne, rozdělený na víkend a pracovní den. Pro plánování dopravy a integraci mikromobility je zásadní oranžová křivka. Graf vykazuje typický dvouvrcholový průběh během dne. První vrchol nastává kolem 8. hodiny, odpovídající ranním cestám do práce a škol. Po této ranní špičce dochází k poklesu, načež křivka opět roste k odpolednímu vrcholu, ovlivněnému jak pracovními cestami, tak volnočasovými aktivitami. Významný rozdíl mezi křivkami se objevuje po 23. hodině, kdy sílí modrá křivka odpovídající víkendovým jízdám. Mezi půlnocí a 4. hodinou ranní je

o víkendech využívání sdílených kol až dvojnásobně ve srovnání s nočními hodinami pracovních dnů.



Obr. 109 Podíl jízdy bikesharingu v rámci dne na celkové sumě jízdy (zdroj: vlastní zpracování)

Z analýzy délek jízdy bikesharingu podle dne v týdnu, která je zobrazena na Obr. 110, je patrné, že víkendové dny (sobota a neděle) se vyznačují delšími jízdami, a to v průměru o několik minut oproti pracovním dnům. Tento trend může souviset s volnějším časovým rozvrhem uživatelů během víkendu, kdy mají více prostoru na delší rekreační jízdy. Důležitým aspektem grafu je rozdíl mezi mediánem a průměrem délky jízdy. Ve všech dnech je průměr vyšší než medián, což naznačuje přítomnost dlouhých jízdy, které ovlivňují průměrnou hodnotu. Tyto extrémní hodnoty však tvoří pouze malou část datasetu. Violin graf také ukazuje, že většina jízdy se soustředí kolem kratších časových intervalů, přičemž směrem nad 30 minut se distribuce výrazně zužuje. To značí, že delší jízdy jsou méně časté. Pro lepší přehlednost byly z grafu odfiltrovány jízdy s délkou nad 90 minut, které tvořily přibližně 1 % celkového datasetu. Toto filtrování umožňuje jasnější vizualizaci běžných délek jízdy. Svoji roli na délce jízdy zde hraje podpora města, díky které měli uživatelé dvakrát denně 30 min jízdy zdarma.

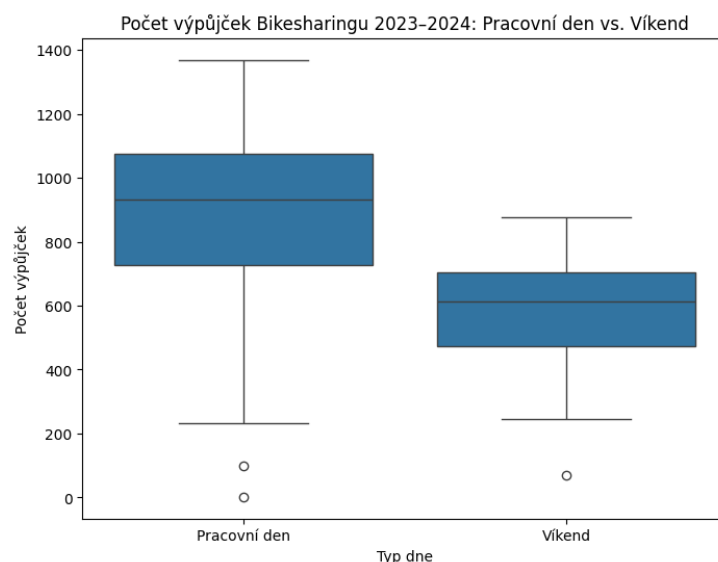


Obr. 110 Rozložení doby trvání jízd bikesharingu podle dne v týdnu (zdroj: vlastní zpracování)

Na Obr. 111 je znázorněn počet výpůjček během pracovních dnů a víkendů pomocí krabicového grafu. Z grafu je patrné že:

- **Pracovní dny** mají vyšší medián počtu výpůjček než víkendy, což odpovídá pravidelnému využívání kol pro každodenní dojíždění.
- **Víkendy** vykazují menší rozptyl počtu výpůjček, což naznačuje stabilnější poptávku, pravděpodobně související s volnočasovým využitím kol.

Tyto rozdíly v chování naznačují, že pro efektivní integraci mikromobility do městského dopravního systému je nutné přizpůsobit infrastrukturu těmto vzorcům. Například zvýšení dostupnosti kol během ranní a odpolední špičky ve všední dny může pomoci snížit přetížení městské dopravy.

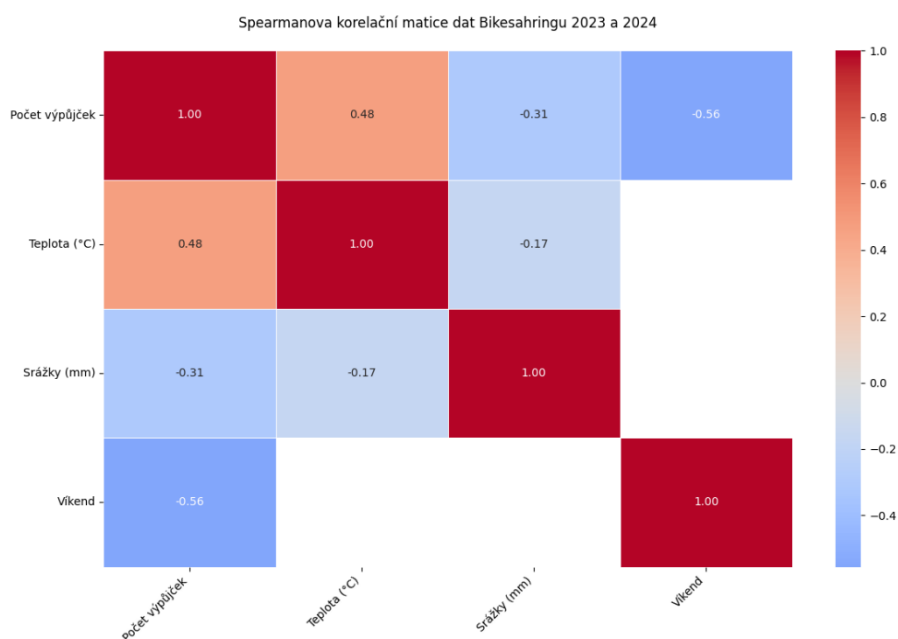


Obr. 111 Srovnání počtu výpůjček víkend vs pracovní den (zdroj: vlastní zpracování)

Na Obr. 112 je znázorněna Spearmanova korelační matice mezi relevantními numerickými proměnnými:

- **Teplota (°C):** Má pozitivní korelaci s počtem výpůjček (0,48), což potvrzuje, že teplejší počasí podporuje větší využívání bikesharingu.
- **Srážky (mm):** Mají negativní korelaci s počtem výpůjček (-0,30), což naznačuje pokles poptávky během deštivých dnů.
- **Víkendy:** Pokud je den víkendový má negativní vliv na výpůjčky (-0,55) a potvrzuje tak využívání bikesharingu jako prostředku pro pracovní cesty během týdne.

Celkově výsledky potvrzují očekávané vztahy mezi počasím a bikesharingem, přičemž klíčovým faktorem ovlivňujícím počet výpůjček je teplota a srážky

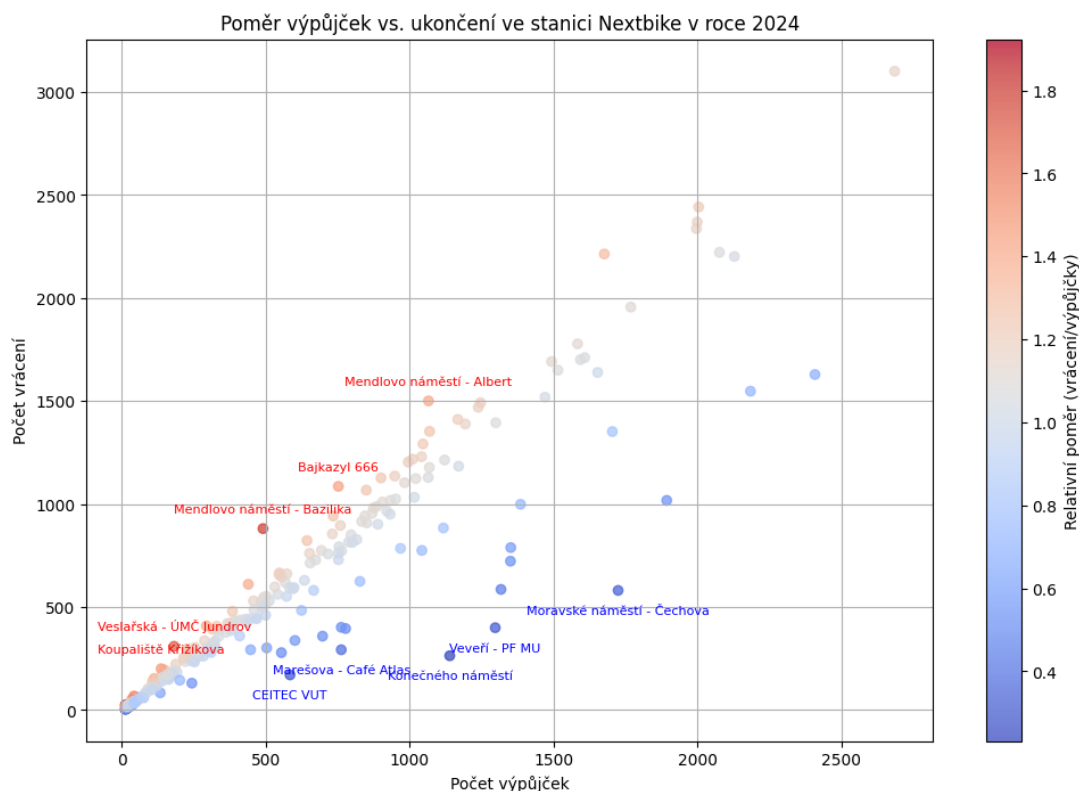


Obr. 112 Korelační matice dat Bikesharingu (zdroj: vlastní zpracování)

6.3.2 Identifikace míst s vysokou poptávkou/nabídkou

Z výše uvedeného grafu je zřejmé, že rozložení jízd během dne odráží specifické vzorce dopravního chování. Tyto vzorce ukazují, kde bude větší zájem o kola a kde se naopak budou kola kumulovat. Ranní a odpolední špičky ve všední dny naznačují vyšší poptávku po kolech v oblastech, kde lidé začínají a končí pracovní nebo školní den. Naopak o víkendech se intenzita výpůjček přesouvá do pozdějších hodin a do jiných lokalit, což může naznačovat zvýšenou poptávku po rekreačních cestách nebo nočních aktivitách. K identifikaci těchto míst slouží data o počtu kol ve stanicích získávána od společnosti nextbike prostřednictvím jejich otevřeného API v kombinaci s měsíčními výkazy o jízdách.

Na základě výpočtu poměrů vrácení a výpůjček ve stanicích je možné lokality rozdělit viz Obr. 113. Většina stanic vykazuje vyrovnaný poměr, tedy přibližně 50 % výpůjček a 50 % vrácení. U některých stanic však dochází k výraznějšímu vychýlení poměru na jednu či druhou stranu. Více stanic vykazuje negativní bilanci, kdy počet výpůjček převyšuje počet vrácení – na těchto místech je tedy nutné kola pravidelně dovážet.



Obr. 113 Poměr výpůjček a vrácení ve stanicích nextbike v roce 2024

V

Tab. 26 jsou zobrazeny stanice s nejvyšším poměrem vrácení k výpůjčkám, přičemž byly zahrnuty pouze ty stanice, které měly více než 300 jízd za rok. Tyto stanice vykazuje výraznou převahu vrácení nad výpůjčkami, což může být způsobeno jejich specifickou polohou nebo charakterem okolí. Všechny tři stanice spojuje lokace u významných dopravních uzlů.

Tab. 26 Stanice s nejvyšším poměrem vrácení/výpůjček >300 jízď za rok (zdroj: vlastní zpracování)

Název stanice	Počet výpůjček	Počet vrácení	Poměr
Mendlovo náměstí – Albert	1066	1501	1,41
Bajkazyľ 666	753	1086	1,44
Mendlovo náměstí – Bazilika	491	881	1,79

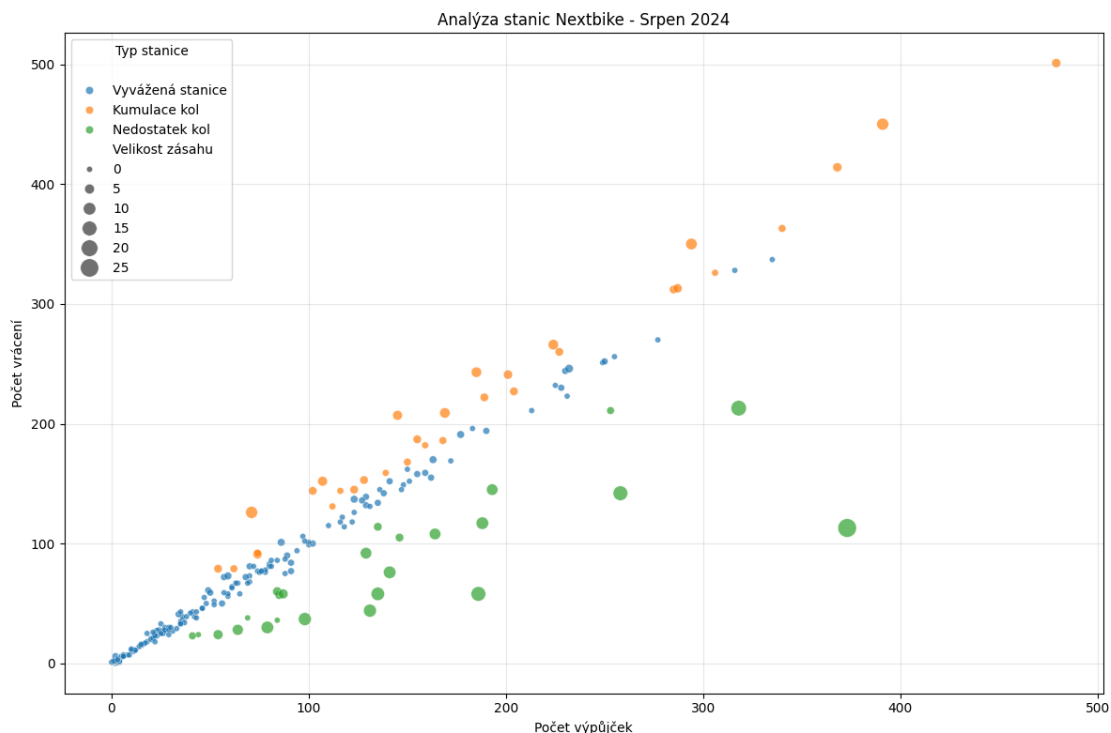
Hromadění většího množství kol na jednotlivých stanicích může negativně ovlivnit pohyb chodců, jelikož stanice bikesharingu bývají často umístěny na chodnících. Přeplněná stanice sdílenými koly také znemožňuje uzamknutí kola soukromého uživatele, čímž stojan ztrácí svůj zamýšlený účel. V takových případech je nezbytné provádět tzv. rebalancing, tedy redistribuci kol z míst s nadměrným počtem kol do lokalit, kde naopak kola chybí. Pokud na stanici převažuje počet vrácených kol nad počtem výpůjček, je nutné analyzovat, zda a jak často probíhá rebalancing na dané stanici.

Pro analýzu stavu stanic a identifikaci příčin hromadění kol je vhodné využívat nejen data o výpůjčkách, ale také data z API. V kombinaci s těmito daty lze přesně identifikovat, zda se změna na stanici týkala technického zásahu provozovatele, nebo zda byla způsobena přirozeným chováním uživatelů, například hromadným zapůjčením či vrácením kol velkou skupinou lidí. Pro tento účel byl vytvořen skript pro automatizovanou analýzu dat, jehož podrobný popis je uveden ve volné elektronické příloze č. 13. Skript umožňuje sledovat změny v počtu dostupných kol na jednotlivých stanicích a ve spolupráci s měsíčními výkazy jízď přispívá k efektivní identifikaci příčin změn, korekci stavu a případnému rebalancingu.

Data byla analyzována za období srpna 2024, přičemž pro identifikaci technických zásahů byla stanovena prahová hodnota rozdílu kol mezi dvěma po sobě jdoucími zaznamenanými časy 4 a více kol. Pokud se v časovém intervalu ± 3 minuty od identifikovaného zásahu vyskytly výpůjčky nebo vrácení kol, jejich počet byl odečten od celkové změny počtu kol na stanici. Tímto přístupem bylo možné odlišit skutečné technické zásahy provozovatele od změn způsobených uživatelským chováním.

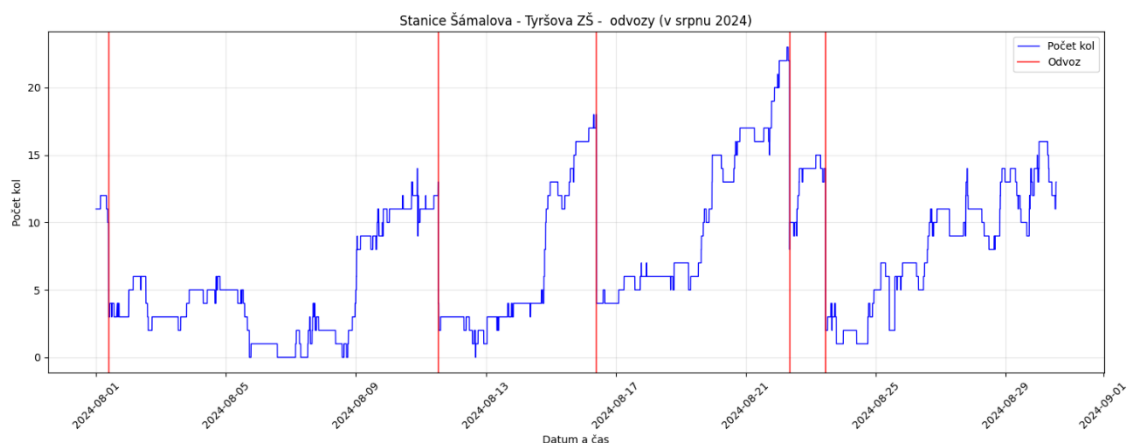
Analýza ukázala, že stanovený práh 4 byl vhodně zvolen. Před validací skutečnými výpůjčkami bylo identifikováno 406 technických zásahů, zatímco po validaci pomocí výkazů se tento počet snížil na 350. Tento rozdíl poukazuje na to, že hromadné vrácení kol většími skupinami uživatelů je poměrně ojedinělé a tvořilo přibližně 14 % ze všech identifikovaných technických zásahů. Výsledky analýzy tedy nejen prokazují spolehlivost zvoleného přístupu, ale také zdůrazňují důležitost propojení dat z API a výkazů jízď pro přesnější identifikaci příčin změn na stanicích. V grafu na Obr. 114 je patrné rozložení stanic z pohledu bilance kol, zda se na stanici kola hromadí či dochází k převýšení výpůjček oproti vrácení. Hraniční hodnota pro rozdělení kategorií byla zvolena 15 výpůjček/vrácení na dané stanici v měsíci. Nejvíce stanic se nachází kolem pomyslné přímky a vyrovnané bilance. Obdobně jako na Obr. 113, tak i zde převažuje skupina stanic, kde se kola více

půjčují. Velikost symbolu odpovídá počtu technických zásahů – čím větší symbol, tím více přívozů nebo odvozů kol daná stanice zaznamenala.



Obr. 114 Typy stanic nextbike (zdroj: vlastní zpracování)

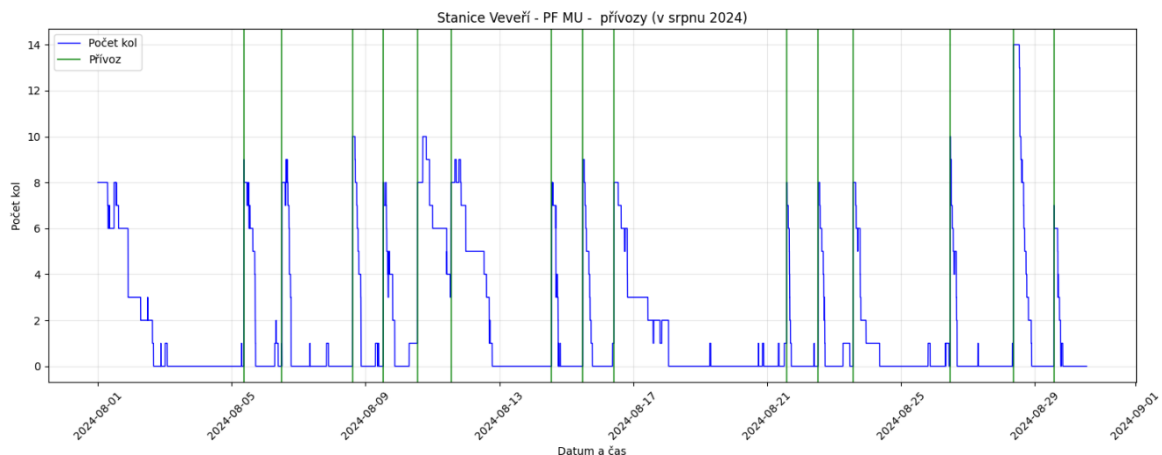
Příklad stanice Šámalova, kde dochází ke kumulaci kol je zobrazen na Obr. 115. V srpnu 2024 zde bylo detekováno 5 odvozů, když počet kol ve stanici dosáhl 10 a více kol, v jednom případě dokonce více než 20 kol. Na stanici však může docházet ke kumulaci dalších prostředků sdílené mobility jako jsou koloběžky, či kola jiných poskytovatelů. Bez přístupu k datům všech provozovatelů prostředků sdílené mobility není možné získat komplexní obrázek o dané lokalitě.



Obr. 115 Stav kol ve stanici Tyršova 08/24 (zdroj: vlastní zpracování)

Naopak stanice, kde dochází k častým přívozům a rychlým výpůjčkám je znázorněna na Obr. 116. Celkem zde došlo v měsíci srpnu k 15 přívozům a velmi rychle byl na stanici

počet kol vyčerpán k nule. Tato stanice tak může být typickým příkladem, kde by vyšší saturace kol a častější přívozy mohly zvýšit mobilitu a využívání sdílených kol.



Obr. 116 Stav kol ve stanici Veverí PF MUNI 08/24 (zdroj: vlastní zpracování)

Pro aktivní mobilitu z pohledu občana je důležité, aby ve stanici byl dostupný prostředek městské mobility. Není nezbytně nutné, aby na stanici bylo přítomno velké množství kol, pro aktivní použití je dostačující, aby zde bylo přítomno alespoň jedno kolo většinu času a stanice tak představovala využitelný prostředek k dopravě. Další příklady využití dat bikesharingu v rámci plánování dopravy ve městě Brně je možné nalézt mapě s příběhem na adrese brnoinmotion.cz/sdilenakola.

Výsledky v této kapitole mohou sloužit k lepší distribuci kol napříč stanicemi. Z pohledu města i provozovatele je cílem co možná největší využití sdílených kol. Na základě typologie stanice je možné optimalizovat rebalancing sdílených kol a podpořit tak udržitelnou mobilitu obyvatel.

6.3.3 Identifikace míst k vybudování stojanu

V Brně je provoz sdílených kol regulován a ve spolupráci s provozovateli jsou uživatelé motivováni vracet kola na vyhrazená místa. Díky tomu mohou data o výpůjčkách pomoci identifikovat vhodné lokality pro vybudování městské sítě stojanů. To zahrnuje jak nahrazení stávajících nevyhovujících stojanů jednotným městským mobiliářem, tak i analýzu nesprávně ukončených jízd, které mohou signalizovat problémová místa. Ta mohou naznačovat buď nedostatek stojanů, nebo jejich špatnou viditelnost a identifikovatelnost.

V roce 2024 Brno spustilo aplikaci brnoinmotion.cz/podnety, kde mohou občané navrhnout nová místa pro stojany. Tyto ankety však narážejí na přirozený limit ochoty lidí se aktivně vyjádřit, což zdůrazňuje význam datových analýz při plánování infrastruktury.

Nesprávně ukončené jízdy

Z pohledu nesprávně ukončených jízd bylo v roce 2024 u obou poskytovatelů dohromady přibližně 6 % jízd ukončeno mimo určená místa provozovateli. Pro analýzu byly vybrány pouze jízdy, které byly ukončeny mimo místa schválená provozovatelem (MMB). Některé z těchto jízd mohly být ukončeny u městských stojanů, které však provozovatel nemá v seznamu povolených lokalit. Proto byly dále filtrovány pouze záznamy, které se nacházely

více než 25 metrů od městské infrastruktury. Po aplikaci tohoto filtru zůstalo v datech 6 631 jízd.

K identifikaci shluků byla použita metoda *DBSCAN* s parametry: minimálně 35 bodů na shluk a vyhledávací vzdálenost 40 metrů. Nejvíce shluků se vytvořilo v oblastech s nejčastějšími ukončeními jízd, jako je hlavní nádraží nebo Spielberk Office Park. To naznačuje, že uživatelé často odstavují kola mírně mimo přesně vyznačená místa, což provozovatelé již nemusí zahrnovat do své tolerance. V Tab. 27 jsou uvedeny dvě vybrané lokality s významným výskytem nesprávně ukončených jízd. První z nich, Pohořelec, byla vyhodnocena jako vhodná pro zřízení nového stojanu, a to zejména s ohledem na skutečnost, že pozemek je ve vlastnictví města. Nejbližší městský stojan se v současnosti nachází za blokem budov dále od hlavní ulice Kobližná, což pravděpodobně může vést uživatele k mylnému dojmu, že náměstí Pohořelec slouží jako oficiální stanoviště pro odstavení kol.

Druhou identifikovanou lokalitou je prostor před základní školou Křídlovická. Ačkoli zde již městský stojan existoval, byl na základě stížností školy vyřazen ze seznamu povolených stanovišť. Škola argumentovala tím, že její žáci nemohli stojan využívat kvůli jeho permanentní obsazenosti sdílenými koly. Navzdory této úpravě však uživatelé nadále často odstavovali svá kola v této lokalitě, neboť stojan je dobře viditelný a přirozeně dostupný z hlavní komunikace. Tento fakt naznačuje, že původní rozhodnutí o vyřazení stojanu nemusí plně odpovídat reálnému uživatelskému chování, což by mohlo vést k revizi stávajícího přístupu k umisťování městských stojanů.

Terénním průzkumem na základě podnětu pracovníků základní školy bylo zjištěno, že některé jízdy, které byly fyzicky ukončeny před ZŠ Křídlovická, se v datech zobrazovaly jako ukončené u blízkého stojanu, kdy bylo legální jízdu ukončit. Tento nesoulad poukazuje na určité nepřesnosti ve vykazovaných datech, které mohou být způsobeny zaokrouhlováním polohových údajů, chybami v GPS lokalizaci nebo algoritmem provozovatele určujícím správné ukončení jízdy. Tyto faktory je nutné zohlednit při interpretaci dat a plánování infrastruktury pro sdílenou mobilitu.

Tab. 27 Vybrané lokality nesprávně ukončených jízd bikesharingu (zdroj: vlastní zpracování)

Název	Počet jízd	Městský pozemek	Poznámka
Pohořelec	87	Ano	
ZŠ Křídlovická	81	Ano	Městský stojan, nevyhovující místo

Ukončené jízdy mimo městské stojany

Město Brno dlouhodobě rozvíjí stojanovou infrastrukturu na místech, kde chybí vhodná parkovací kapacita pro kola, nebo u veřejně přístupných budov, kde jejich doplnění dává smysl z pohledu občanské vybavenosti. Z prostorového hlediska však není tento proces vždy jednoduchý, zejména kvůli majetkoprávním vztahům (městské stojany lze umisťovat pouze na pozemcích ve vlastnictví města).

V minulosti tak vznikly i stojany, které nejsou dostatečně využívány. Naopak se ukazuje, že některé frekventované lokality, kde ukončování jízd sice probíhá legálně, nejsou zcela vhodné například z důvodu nevyhovujícího stojanu. Tyto lokality mohou naznačovat potenciál pro rozšíření městské stojanové infrastruktury. Po vyfiltrování jízd, které skončily legálně, avšak mimo městskou stojanovou infrastrukturu bylo identifikováno 113 lokalit. Dále byly tyto lokality filtrovány na základě lokalizace na městském pozemku či nikoliv z důvodu majetkoprávních vztahů při budování městského

stojanu. Následně bylo z těchto míst vybráno 10 lokalit s nejvyšším počtem ukončených jízd viz Tab. 28 a tyto lokality byly rozděleny podle stávajícího stavu místa ukončení. Kde některé lokality jsou vybaveny

Tab. 28 Vybrané lokality s ukončením mimo městské stojany (zdroj: vlastní zpracování)

Název	Počet vrácení	Stávající stav
Botanická	1 194	vhodný stávající stojan
Karáskovo náměstí	1 178	vhodný stávající stojan
Hřiště u Anthroposu	1 129	vhodný stávající stojan
Gymnázium Elgartova	1 104	vhodný stávající stojan
Sokolova - Scio škola	1 018	vhodný stávající stojan
Franzova	657	chybí stojan
Makovského náměstí – Billa	531	nevhodný stojan
Veslařská - u mostu	480	nevhodný stojan
Veveří - PF MUNI	400	nevhodný stojan
OC Javor	393	nevhodný stojan

Ukázkovým případem lokality s nevhodným stojanem je prostor u Právnické fakulty Masarykovy univerzity. Ačkoli se zde nachází stojan, jeho konstrukce není zcela vhodná pro bezpečné a pohodlné odkládání sdílených kol ani soukromých kol uživatelů. Tento prostor přitom představuje strategicky významnou lokalitu z hlediska rozvoje bikesharingu, a to zejména díky blízkosti univerzitních budov, kde je předpoklad vysoké poptávky po sdílených kolech mezi studenty i zaměstnanci fakulty.



Obr. 117 Nevyhovující stojan před PF MUNI (zdroj: mapy.cz)

7 VÝSLEDKY

Cílem této rigorózní práce bylo analyzovat dostupné datové sady o pohybu cyklistů v městském prostředí, sjednotit je do komplexní liniové sítě a demonstrovat jejich praktické využití při plánování dopravy ve městě Brně. Následující kapitola shrnuje dosažené výsledky ve vztahu k těmto cílům.

Sjednocení a analýza datových zdrojů

V rámci práce byly zpracovány různé datové sady, zahrnující primární zdroje (dopravní průzkumy a cyklistické detektory), sekundární zdroje (data ze sportovní aplikace Strava, sdílených kol a akce Do práce na kole) a doplňková data (dopravní nehody a přestupky cyklistů). Klíčovým výstupem bylo sjednocení těchto dat do jedné liniové sítě založené na datech OSM. Tato síť byla zvolena díky své otevřenosti, široké komunitní podpoře a kompatibilitě s dalšími zdroji, jako je Strava Metro.

Při validaci dat OSM byly identifikovány nesrovnalosti, například chybné označení jednosměrek nebo nepřesnosti v popisu cyklistické infrastruktury. Srovnání s komerčními daty CEDA StreetNet ukázalo, že OSM nabízí podrobnější informace o cyklistických opatřeních, zatímco StreetNet vyniká topologickou konzistencí a připraveností pro síťové analýzy. Výsledná síť byla vizualizována v podobě interaktivního dashboardu pro přímé využití pracovníků MMB.

Data bikesharing

Data od poskytovatelů bikesharingu (nextbike a Rekola) byla analyzována z hlediska rozmístění stanic, dostupnosti pro obyvatele a délky jednotlivých jízd. Bylo zjištěno, že stanice nextbike pokrývají větší část města (22 z 28 městských částí) a obsluhují více než 60 % trvale žijících obyvatel Brna. Naopak stanice Rekola se soustředí především na centrum města. Analýza ukázala, že většina jízd bikesharingu má charakter krátkých cest („poslední míle“) s průměrnou délkou kolem 2,5 km.

Prostorová analýza identifikovala oblasti s nedostatečným pokrytím stanicemi bikesharingu, například sídliště Vinohrady nebo Bystrc. Tyto výsledky mohou sloužit jako podklad pro optimalizaci rozmístění stanic a zlepšení dostupnosti služby. Analýza režimu stanic prokázala důležitost kombinovat jak výkazy jízd, tak samotné API poskytovatelů. Byly odhaleny stanice, kde dochází ke kumulaci kol nebo naopak nedostatku a pro zlepšení využití by bylo dobré provádět častější rebalancing kol.

Data z aplikace Strava Metro

Data Strava Metro poskytla cenné informace o intenzitě cyklistického provozu na jednotlivých úsecích silniční sítě. Byly identifikovány hlavní cyklistické trasy v Brně, například podél páteřních cyklostezek vedoucích z Komárova do Bystřce a Obřan. Důležité zjištění bylo, že Strava podle provedených analýz vykazuje silnou korelaci s daty z cyklistických detektorů nebo akce Do práce na kole. Díky svému širokému pokrytí a celoročním datům celého území má tak nezastupitelné místo při analýze méně frekventovaných úseků nebo reflektovat změnu dopravy v průběhu času.

Dopravní průzkumy BKOM

Sčítání dopravních proudů cyklistů v ulicích prováděné společností BKOM každé dva roky poskytují dlouhodobá data o intenzitě cyklistické dopravy v Brně. Hlavní výhodou těchto průzkumů je jejich konzistence a schopnost zachytit celkové trendy. Nevýhodou je však omezený časový rozsah měření (jeden den v roce) a vysoké náklady na realizaci. Problematická také může být interpretace těchto dat, kdy sčítání probíhá během jednoho až dvou dní v roce při příznivém počasí a v ostatní dny může být situace odlišná.

Data do práce na kole

Data do práce na kole jsou zatížena nedostatečným množstvím metadat, ale provedené analýzy prokázaly jejich schopnost dobře vystihnout hlavní trendy cyklistické dopravy v Brně ve srovnání s průzkumem BKOM nebo Strava Metro. Za malé finanční náklady tak mohou být odhaleny poměrně spolehlivě hlavní cyklistické trasy.

Senzorová data

Výsledky analýzy tří typů senzorů přinesly několik klíčových poznatků. V době zpracování této práce (leden 2025) jsou na trhu dostupné malé, cenově dostupné senzory, které dokážou poměrně spolehlivě zaznamenávat pohyb vozidel. Jejich širší využití je však často omezeno náročnější instalací a požadavky na podmínky měření. Podobné limity se objevují i u větších kamerových senzorů – ty sice dobře reflektují aktuální dopravní situaci a efektivně zachycují trendy, zejména oblasti cyklistické dopravy, nicméně jejich funkčnost může být negativně ovlivněna špatným osvětlením místa nebo omezenou výdrží baterie. U složitějších zařízení se navíc projevuje vyšší náchylnost k technickým problémům, což může snižovat jejich spolehlivost v dlouhodobém provozu.

Identifikace kritických míst z pohledu bezpečnosti

Analýza dopravních nehod s účastí cyklistů odhalila několik rizikových lokalit, například křížení železničních vleček na trase EuroVelo 9. Tato místa byla navržena k úpravám za účelem zvýšení bezpečnosti, například doplněním vodorovného značení. Data o přestupcích cyklistů zase poukazují na problematické úseky, kde by mohla být zvážena legalizace jízdy v protisměru nebo zavedení ochranných pruhů. Jak data nehod, tak údaje o přestupcích jsou zatížena různými nepřesnostmi – ať už jde o lokalizační chyby nebo nejednoznačné atributy.

Přínos pro plánování dopravy

Výsledky této práce ukazují potenciál kombinace různorodých datových zdrojů pro plánování udržitelné dopravy ve městech. Sjednocená liniová síť umožňuje efektivnější analýzu pohybu cyklistů a identifikaci klíčových tras i problémových míst pro celou řadu uživatelů a díky vytvořenému dashboardu najde uplatnění i pro uživatele bez znalostí geoinformatiky. Praktické aplikace zahrnují optimalizaci rozmístění stanic bikesharingu, návrh nových cyklostezek nebo úpravy stávající infrastruktury. Tyto poznatky mohou být využity nejen v Brně, ale i v dalších českých městech usilujících o rozvoj udržitelné mobility. Stručný přehled dat je uvede ve vázané příloze 3.

Doporučení pro výběr datových sad

• Účel analýzy

- **Krátkodobý (dny až týdny):** Pro operativní rozhodování, například reakce na dočasné uzavírky, jsou ideální data z cyklistických detektorů, která poskytují aktuální informace o pohybu cyklistů v reálném čase.
- **Střednědobý (měsíce):** Pro sledování sezónních změn a měsíčních trendů, které mohou být užitečné při plánování infrastruktury, jsou vhodná data z cyklistických detektorů a aplikace Strava.
- **Dlouhodobý (roky):** Pro strategické plánování a vyhodnocování dlouhodobých investic jsou nejužitečnější data z cyklistických průzkumů, dlouhodobé záznamy z cyklistických detektorů a agregovaná data z aplikace Strava.

- **Časová granularita**
 - **Minutová:** Pro detailní sledování cyklistů podle denní doby nebo během dopravních špiček jsou nejlepší cyklistické detektory.
 - **Hodinová:** Pro analýzu denních cyklů a běžného provozu lze využít data z cyklistických detektorů a cyklistických průzkumů.
 - **Denní/měsíční:** Pro dlouhodobé sledování trendů a strategická rozhodnutí jsou vhodná data z cyklistických detektorů a aplikace Strava.
- **Prostorová granularita**
 - **Ulice:** Pro detailní analýzu konkrétních míst jsou nejlepší cyklistické detektory.
 - **Město:** Pro sledování populárních tras a využití městské infrastruktury jsou vhodná data z aplikace Strava Metro a dopravní průzkumy.
 - **Region:** Pro analýzu obecných vzorců pohybu na širším území, což je užitečné pro strategické plánování na úrovni města a jeho okolí, jsou vhodná data z aplikace Strava a rozsáhlé dopravní průzkumy.
- **Finanční náročnost**
 - **Nízkonákladové řešení:** Využití otevřených dat, jako jsou data z aplikace Strava nebo veřejně dostupné dopravní průzkumy.
 - **Středně nákladné řešení:** Instalace a údržba cyklistických detektorů na klíčových místech.
 - **Vysokonákladové řešení:** Pravidelné provádění rozsáhlých dopravních průzkumů nebo pořízení komplexních datových sad od komerčních poskytovatelů.
- **Komplexnost dat**
 - **Jednoduché metriky:** Cyklistické detektory poskytují základní údaje o počtu průjezdů.
 - **Detailní informace:** Dopravní průzkumy mohou zahrnovat dodatečné informace o cyklistech, jako je účel cesty nebo demografické údaje.
 - **Komplexní datové sady:** Kombinace různých zdrojů dat může poskytnout nejkomplexnější pohled na cyklistickou dopravu ve městě.

8 DISKUZE

Rigorózní práce byla svým obsahem a tématem velmi široká a zahrnovala mnoho oblastí. Autor práce doposud nenašel v ČR žádnou práci na toto téma, která by problematiku dat pohybu cyklistů popisovala takto komplexně. V rešeršní části bylo zvažováno využití dotazníkového šetření napříč krajskými městy ČR za účelem zjištění, zda a jakým způsobem tato města pracují s daty o pohybu cyklistů. Autor oslovil zástupce všech krajských měst, avšak pouze s minimem odpovědí, proto od této myšlenky bylo ustoupeno. Ale zcela jistě má smysl zabývat se i otázkou reálného využití dat zejména v menších obcích. Právě ty mohou často čelit personálním a kapacitním limitům, které jim brání ve sběru, správě a analýze dopravních dat – na rozdíl od velkých měst, jako je například Brno.

V části analýzy jednotlivých datových sad má největší potenciál k dalšímu průzkumu dataset z akce Do práce na kole. Bohužel přes počáteční komunikaci se zástupci spolku Automat poskytující data, otázky ohledně dat nebyly zodpovězeny a data jsou tak zatížena nejistotou ohledně jejich původu, metodice a sběru. V kapitole 4.3 byla tato data v prostředí Brna blíže prozkoumána a velmi zajímavé zjištění bylo, že na příkladu Brna mají dobrou vypovídající hodnotu a dobře zachycují celkový trend rozložení cyklistické dopravy na území města v porovnání s dopravním průzkumem BKOM. Otázka pro další výzkum však stojí na tom, zda tato data mohou být vypovídající i v menších městech, kde akce DPNK nemá tak silné zapojení účastníků? Jak moc taková data mohou být reprezentativní a kde je hranice potřebného vzorku účastníků? Zejména s přihlédnutím na finanční stránku mohou být tato data velmi cenná. Ačkoliv byla data z akce DPNK otestována, ve výsledné spojené datové sadě nefigurují. Autor práce tato data nepovažuje za relevantní k celkovému kontextu práce, protože dle informací od spolku Automat, většina dat pochází z jízd zapsaných přes aplikaci Strava a taktéž prokázaná korelace mezi těmito daty byla velmi silná. Připojování těchto dat by tak bylo částečně duplicitní a vzhledem k přesnosti by nepřineslo nic nového. Za velmi zajímavý fakt autor považuje strukturu těchto dat, kdy se jedná o data nezpracovaná na rozdíl zobrazených dat v aplikaci Strava Metro. V datech také bylo objeveno téměř 20 % duplicitních průběhů cest. Tato skutečnost taktéž může vnášet určitou nejistotu, kdy není pravděpodobné, že by účastníci absolvovali tutéž trasu opakovaně. Avšak bez detailnějších informací o původu dat, jak s nimi bylo nakládáno a dalších dodatečných informací je nutné na celou tuto kapitolu nahlížet jako na informativní sdělení.

Forma sdílené dopravy v podobě bikesharingu je v českých městech na vzestupu, částečně se však ukazuje, že životnost provozu těchto služeb je dána finanční podporou měst. V roce 2024 ukončil nextbike působení v několika městech (Olomouc, Pardubice, Havířov). Bez finanční pobídky města se zdá tato služba neudržitelná, avšak v kontextu města je nutné chápat bikesharing podobně jako hromadnou dopravu, kdy představuje alternativu pro jízdu automobilem. Pro města však tato data mohou být přínosná z několika hledisek. Například lepší pochopení cyklistického chování, kde v kapitole 6.3 bylo demonstrováno několik příkladů využití. Během práce autor zjistil, že uložená data nextbike API vykazovala mnoho chybějících údajů z důvodu špatné funkčnosti Notebook Serveru MMB. Pro analýzy tak byla použita data pouze za srpen 2024, která byla kompletní. Pro přesnější výsledky by byla lepší delší časová řada, avšak pro účely práce a demonstrace způsobu využití považuje autor srpnová data za dostačující.

Cyklistické detektory společnosti BKOM postupně v době psaní práce přestávaly být provozuschopné až v červenci 2024 byly v pravidelném provozu pouhé 4 zařízení. Od srpna

2024 probíhá reklamační řízení a oprava této technologie. Otázkou je hodnocení jejich přesnosti, kdy v minulosti bylo provedeno několik testovacích měření na jednotlivých senzorech, avšak v míře, která není statisticky významná. Celkem bylo testováno 13 detektorů, kde na každém byly stráveny 2 měřicí hodiny pracovníky MMB. Zejména finanční možnosti bránily většímu otestování senzorové sítě, kdy je nutné počítat nejen se samotným měřením na místě, ale také s přesuny a vyhodnocením dat. Na základě naměřených dat senzorů probíhá i přepočít společnosti BKOM a jejich cyklistických průzkumů na 24. hodinový interval.

Kapitola 4.5, která se věnuje detektorům představuje námět na další rozvoj výzkumů. Zejména video detekce zažívá stále větší rozvoj a jak bylo prokázáno v této kapitole, za ideálních podmínek kamery není problém z videozáznamu extrahovat pohybující se cyklisty téměř v domácím prostředí. S dobrou spolehlivostí se také projevilo testování senzoru Telraam 1. generace, které však nebylo schopné rozlišovat mezi motocyklem a jízdním kolem. Detektor byl otestován 11 kontrolními měřeními, které nejsou dostatečné pro robustní analýzu, ale poskytují alespoň základní odhad o funkčnosti detektoru. Ačkoliv podíl zachycených jednostopých vozidel oproti ručnímu sčítání vyšel v průměru téměř stejně, tak směrodatná odchylka činila 25 % a bylo by tak vhodné udělat více testovacích měření. Při porovnání denních dat detektor vykazoval neobvyklý průběh v dopoledních hodinách, kdy byly detekovány neobvykle vysoké rozptyly a taktéž průměrné hodnoty byly mnohem větší, než by se dalo očekávat. Pravděpodobně tento fakt způsobila chyba měření, například světelné podmínky na snímané scéně během dopoledne, kdy senzor špatně detekoval jednostopá vozidla. Detekci cyklistů přináší 2. generace senzoru, kterou však autor neměl k dispozici. Tato zařízení tak mohou přinášet demokratizaci měření cyklistického provozu i menším obcím, které nemají ani finanční či personální zajištění na rozsáhlejší dopravní průzkumy.

Největší benefit pro plánování měst přináší data aplikace Strava Metro. V kapitole 6.2 bylo ukázáno několik způsobů využití této sady ve vztahu k plánování dopravy. Bylo provedeno několik analýz a testování validity této datové sady zejména ve vztahu k datům z cyklistických detektorů. Ačkoliv by pro větší posouzení bylo vhodné delší porovnání, i tak byly výsledky poměrně průkazné a ukázaly dobrý záchyt provozu a silné korelace. Problém může nastat při krátkých časových intervalech, kde tato data sice zachycují až v hodinové granularitě provoz v jednotlivých úsecích, avšak z důvodu ochrany údajů a anonymizaci dat jsou takto malé časové okamžiky nepoužitelné. K lepšímu porovnání sítě by bylo vhodné mít rovnoměrně rozmístěnou senzorovou síť cyklodetektorů s dlouhou časovou řadou po celém území města. Data jsou vhodná pro interní použití, avšak prezentace výstupů je limitována přísnými licenčními podmínkami společnosti Strava. Autor práce však získal písemný souhlas společnosti Strava pro publikaci výstupů (Bunn, 2025).

Autor práce považoval za přínosné otestovat, jak daleko dospěla současná technologie a dostupné modely pro rozpoznávání obrazu a zda je jejich využití možné i v podmínkách, kdy s nimi pracuje běžný uživatel bez hlubší specializace. Z tohoto důvodu byla do práce zařazena krátká kapitola 4.5.6, která se věnuje experimentálnímu testování detekce cyklistů z vlastního videozáznamu. Vzhledem k tomu, že řada měst již nyní disponuje rozsáhlým kamerovým systémem, může být v budoucnu právě tento nástroj cestou k efektivnímu sběru dopravních dat. Již dnes existuje na trhu řada firem, které nabízejí pokročilé systémy pro rozpoznávání cyklistů v obraze za využití stávající infrastruktury. Pro menší obce je však využití těchto komerčních řešení často finančně nedostupné.

V příloze této práce je přiložen skript pro základní detekci cyklistů, nicméně pro praktické nasazení by bylo nutné optimalizovat výpočetní náročnost. V rámci testování se autor rovněž pokusil ověřit možnost využití rozpoznávání obrazu pro evidenci

zaparkovaných jízdních kol. Motivací bylo především zjištění, zda by tento přístup mohl pomoci řešit problém přeplněných cyklostojanů – například v okolí brněnského hlavního nádraží. Ukázalo se však, že detekce kol na základě statických snímků je vzhledem k jejich subtilní konstrukci a častému nahromadění ve stojanech velmi obtížná a algoritmy dosahují nízké spolehlivosti.

V závěrečné části došlo ke spojení datových sad k liniové síti Strava Metro OSM a výpočtu patřičných atributů pro potřeby pracovníků MMB. Spojení liniové vrstvy průzkumu BKOM nebylo zcela bezchybné a po automatickém přiřazení úseků byly některé upravovány ručně. Úkol propojení dvou na sobě nezávislých sítí s rozdílnou podrobností a geometrií představuje poměrně složitý problém. Propojení stejných liniových sítí v prostředí města Brna se věnoval (Eliáš 2023) ve své diplomové práci, jeho výsledná síť však dosáhla horších výsledků, především vykazovala úseky propojené navíc. I přes úpravu výsledné sítě není spojení ve všech místech bezchybné, ale pro potřeby a cíle práce jsou tyto výsledky dostačující. V roce 2025 by měla být společností BKOM vytvořena zcela nová jednotná síť pro dopravní průzkumy cyklistické a automobilové dopravy a propojení tak bude nutné vytvořit znovu. Spojení datové sady s hlavní sadou Strava však naráží na problém každoroční aktualizace podkladové sítě Strava Metro, kde nejsou zachována původní ID úseků. Z tohoto důvodu je tak nutné celý proces propojení každý rok opakovat. Díky vytvořenému skriptu pro připojení sítí BKOM a následného zpracování těchto dat tak v tomto autor nespatřuje problém udržitelnosti.

První vyzkoušený postup bylo ruční propojování úseků sítě BKOM k úsekům sítě OSM. Tento postup byl po několika hodinách propojování zavrhnut jako neefektivní a pro případnou budoucí replikaci nemožný. Další myšlenkou byla rekonstrukce postupu popsaného v diplomové práci (Eliáš 2023), avšak autorovi se nepodařilo replikovat postup popsaný Eliášem. Na základě této práce se však autor rozhodl vytvořit vlastní toolbox, který celý postup automatizuje. Po vytvoření kostry liniové sítě s ID pentlogramů bylo přistoupeno k připojení dalších vrstev a úpravě sloupců výsledné datové sady. K tomuto účelu byl vytvořen skript pro automatizaci celého procesu. Autor původně zvažoval možnost nepřipojovat jednotlivé datasety na síť napřímo, ale řídit celý proces v online aplikaci MapViewer za použití jazyka Arcade pro lepší udržitelnost při budoucích aktualizacích dat. Tento přístup umožňuje propojení datových sad dynamicky například pomocí prostorových dotazů či neprostorových spojení. Nicméně toto řešení bylo vyhodnoceno jako nevyhovující z následujících důvodů:

- Nízká rychlost zpracování: Práce v MapVieweru, zejména zobrazení dat ve vyskakovacích oknech, kde byla odezva velmi pomalá.
- Jednoduchost datové struktury: Cílem bylo vytvořit co nejjednodušší formu dat v jedné vrstvě, která by byla snadno použitelná dalšími kolegy MMB a mohla být distribuovaná jako celek.

Práce byla záměrně koncipována tak, aby komplexně pokryla problematiku cyklistických dat v městském prostředí. Z toho důvodu přesahuje rozsah rigorózní práce – cílem bylo propojit více tematických oblastí a nabídnout širší kontext. Autor si je nicméně vědom, že jednotlivá témata by mohla být samostatně rozpracována do větší hloubky. Tato práce proto může sloužit jako výchozí rámec či rozcestník pro další, podrobnější výzkum v budoucnu.

9 ZÁVĚR

Cílem rigorózní práce byla analýza dat o pohybu cyklistů v městském prostředí, jejich implementace do městského plánování a propojení datových sad do jedné liniové sítě. Použitá data pocházela z vlastních zdrojů MMB.

V první části práce byla popsána široká škála zdrojů dat o pohybu cyklistů ve městech. Na konkrétních příkladech byly rozebrány silné a slabé stránky každé datové sady a jejich omezení, včetně praktických příkladů, jakým způsobem je možné daný zdroj efektivně využít. Jednotlivá data zahrnovala průzkumy cyklistické dopravy prováděné pracovníky v terénu, senzorická data z cyklistických detektorů různých typů a data o provozu sdílených kol (bikesharingu). Dále byla představena (dle autora práce) nejlepší datová sada, která je v současnosti k dispozici k analýze – data z aplikace Strava Metro. Těmto datům byla věnována celá řada stránek, protože v posledních letech mají města a organizace možnost požádat o tento druh dat zdarma, což otevírá unikátní příležitost, jak s nimi pracovat.

Během práce byly zmíněny i některé otázky, které nebyly plně zodpovězeny. Mezi těmito otázkami byl nejasný původ dat z dopravní akce „Do práce na kole“. V měřítku celého města Brna byly zachyceny trendy srovnatelné s dopravním průzkumem realizovaným Brněnskými komunikacemi, avšak za zlomek finančních nákladů. Taktéž se ukázalo, že interpretace dopravních průzkumů a jejich hodnot může být složitá, kdy na příkladu dat z cyklodetektorů bylo prokázáno, že naměřené intenzity v rámci průzkumu nemusí odpovídat průměrným intenzitám v daném úseku.

V závěrečné fázi práce byly jednotlivé datové sady napojeny na základní síť OSM Strava Metro. Tímto propojením získali pracovníci Oddělení koncepce a strategie rozvoje dopravy unikátní možnost extrahovat informace na jednom místě v zjednodušené podobě.

Výsledky této práce představují unikátní pohled na data cyklistické dopravy ve městech ve všech možných podobách. Pro plánování (nejen dopravy) je důležité mít ověřená data, která ne vždy mohou být zcela 100% přesná, ale z hlediska rozhodování je důležité mít své závěry podloženy. Díky tomu je možné kroky zdůvodnit, a hlavně validovat jejich změnu v čase. Autor práce doufá, že tento text bude „odrazovým můstkem“ pro návazné výzkumy, které detailněji rozeberou jednotlivé nastíněné kapitoly.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

AAMARAL, Philip, 2024. European cities are improving cycling for citizens. online. In: *European cities are improving cycling for citizens*. Dostupné z: <https://www.ecf.com/en/news/european-cities-are-improving-cycling-for-citizens/>. [citováno 2025-03-17].

AKADEMIE MĚSTSKÉ MOBILITY, 2025. Plány ve městech. online. In: *Akademie městské mobility*. Dostupné z: <https://www.akademiemobility.cz/plany-ve-mestech-273>. [citováno 2025-04-08].

AL-RAMINI, Ali; Mohammad A TAKALLOU; Daniel P PIATKOWSKI a Fadi ALSALEEM, 2022. **Quantifying changes in bicycle volumes using crowdsourced data**. online. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, roč. 49, č. 6, s. 1612–1630. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/23998083211066103>.

AUTOMAT, 2024. Do práce na kole 2024. online. In: *Do práce na kole*. Dostupné z: <https://dopracenakole.cz/>. [citováno 2025-03-24].

BAHADORI, Mohammad Sadegh; Alexandre B. GONÇALVES a Filipe MOURA, 2021. A Systematic Review of Station Location Techniques for Bicycle-Sharing Systems Planning and Operation. online. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, roč. 10, č. 8, s. 554. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijgi10080554>.

BIELIŃSKI, Tomasz; Agnieszka KWAPISZ a Agnieszka WAŻNA, 2019. Bike-Sharing Systems in Poland. online. *Sustainability*, roč. 11, č. 9, s. 2458. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su11092458>.

BÍL, Michal; Richard ANDRÁŠIK a Jiří SEDONÍK, 2019. A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots. online. *Applied Geography*, roč. 107, s. 82–90. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.04.008>.

BUNN, Haynes, 2025. *Strava Metro Access 2025 Brno*. 2025-04-10. E-mail [osobní komunikace].

CEDA, 2024. Mapová data. online. In: *CEDA maps*. Dostupné z: <https://www.ceda.cz/technicka-podpora/mapova-data>. [citováno 2024-12-24].

CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, V. V. I., 2021. *Průzkum dopravního chování* online. Dostupné z: <https://spokojena.olomouc.eu/wp-content/uploads/2022/06/TZ-pruzkum-dopravniho-chovani.pdf>.

CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, V. V. I., 2022. Úvodní strana | Česko v pohybu. online. In: *Česko v pohybu*. Dostupné z: <https://www.ceskovpohybu.cz/>. [citováno 2025-03-18].

CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, V. V. I., 2025. VIZE NULA | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. online. In: *Výzkum v dopravě | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.* Dostupné z: <https://www.cdv.cz/vizenula>. [citováno 2025-03-17].

CITY OF COPENHAGEN, 2025. How Copenhagen Became a Cycling City. online. In: *Tools of Change*. Dostupné z: <https://www.toolsofchange.com/en/case-studies/detail/752/>. [citováno 2025-03-17].

CLARRY, Andrew; Ahmadreza FAGHIH IMANI a Eric J. MILLER, 2019. Where we ride faster? Examining cycling speed using smartphone GPS data. online. *Sustainable Cities and Society*, roč. 49, s. 101594. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101594>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2021. Výsledky sčítání 2021 - otevřená data. online. In: *Produkty*. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/produkty/vysledky-scitani-2021-otevrena-data>. [citováno 2025-03-27].

DAVIDOVIC, Nikola; Peter MOONEY; Leonid STOIMENOV a Marco MINGHINI, 2016. Tagging in Volunteered Geographic Information: An Analysis of Tagging Practices for Cities and Urban Regions in OpenStreetMap. online. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, roč. 5, č. 12, s. 232. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijgi5120232>.

DORDA, Michal, 2016. *Dopravní průzkumy* online. Dostupné z: <https://homel.vsb.cz/~dor028/Pruzkumy.pdf>.

ELIÁŠ, Radoslav, 2023. *MODEL OF CYCLING TRAFFIC INTENSITY IN BRNO*. Diplomová práce. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Dostupné z: https://theses.cz/id/619e2j/xelias18_DP.pdf.

ELIÁŠ, Radoslav, 2025. *datový model Brno cyklistická doprava*. 2025-01-05. E-mail [osobní komunikace].

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2024. Bike sharing systems in European cities. online. In: *European Environment Agency*. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/en/circularity/sectoral-modules/product-lifespans/availability-of-bike-sharing-systems-in-european-cities-intensity-of-use>. [citováno 2025-04-22].

FISHMAN, Elliot, 2016. Cycling as transport. online. *Transport Reviews*, roč. 36, č. 1, s. 1–8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1114271>.

FISCHER, Jaimy; Trisalyn NELSON a Meghan WINTERS, 2020. Comparing Spatial Associations of Commuting versus Recreational Ridership Captured by the Strava Fitness App. online. *Findings*. 2020-09-09. Dostupné z: <https://doi.org/10.32866/001c.16710>.

FISCHER, Jaimy; Trisalyn NELSON a Meghan WINTERS, 2022. Changes in the Representativeness of Strava Bicycling Data during COVID-19. online. *Findings*. 2022-03-22. Dostupné z: <https://doi.org/10.32866/001c.33280>.

FREDIANELLI, Luca; Stefano CARPITA; Marco BERNARDINI; Lara Ginevra DEL PIZZO; Fabio BROCCHI et al., 2022. Traffic Flow Detection Using Camera Images and Machine Learning Methods in ITS for Noise Map and Action Plan Optimization. online. *Sensors*, roč. 22, č. 5, s. 1929. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s22051929>.

GARBER, Michael D.; Kari E. WATKINS a Michael R. KRAMER, 2019. Comparing bicyclists who use smartphone apps to record rides with those who do not: Implications for representativeness and selection bias. online. *Journal of Transport & Health*, roč. 15, s. 100661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100661>.

GELNAR, Petr, 2019. *Cyklistická doprava ve vybraných městech ČR a Francie*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z: <https://theses.cz/id/c5dmly/>.

GEOFABRIK, 2019. Data Extracts - Technical Details. online. In: *Geofabrik*. Dostupné z: <https://download.geofabrik.de/technical.html>. [citováno 2025-03-20].

GRIFFIN, Greg P. a Junfeng JIAO, 2015. Where does bicycling for health happen? Analysing volunteered geographic information through place and plexus. online. *Journal of*

Transport & Health, roč. 2, č. 2, s. 238–247. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.12.001>.

HAVRÁNEK, Michal, 2024. *Průzkumy cyklistů v Brně*. 2024-09-03.

HIRSCH, Jana A.; Joshua STRATTON-RAYNER; Meghan WINTERS; John STEHLIN; Kate HOSFORD et al., 2019. Roadmap for free-floating bikeshare research and practice in North America. online. *Transport Reviews*, roč. 39, č. 6, s. 706–732. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1649318>.

HOCHMAIR, Hartwig H.; Eric BARDIN a Ahmed AHMOUDA, 2019. Estimating bicycle trip volume for Miami-Dade county from Strava tracking data. online. *Journal of Transport Geography*, roč. 75, s. 58–69. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.01.013>.

HRIC, Filip, 2018. *ANALÝZA VYUŽÍVÁNÍ KOMUNITNÍCH VÝPŮJČEK JÍZDNÍCH KOL*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/hric18/text/mgr_hric18.pdf.

HULÍNOVÁ, Kateřina, 2024. *data DPNK upřesnění*. 2024-09-27. E-mail [osobní komunikace].

CHEN, Chen; Haizhong WANG; Josh ROLL; Krista NORDBACK a Yinhai WANG, 2020. Using bicycle app data to develop Safety Performance Functions (SPFs) for bicyclists at intersections: A generic framework. online. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, roč. 132, s. 1034–1052. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.034>.

CHENG, Long; Junjian YANG; Xuewu CHEN; Mengqiu CAO; Hang ZHOU et al., 2020. How could the station-based bike sharing system and the free-floating bike sharing system be coordinated? online. *Journal of Transport Geography*, roč. 89, s. 102896. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102896>.

INSPIRE, 2023. INSPIRE téma Dopravní sítě - silniční doprava (TN_ROAD). online. In: *INSPIRE Geoportal*. Dostupné z: https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/CZ-CUZK-TN_ROAD-V. [citováno 2025-03-20].

JAFARI, Afshin; Dharendra SINGH; Lucy GUNN; Alan BOTH a Billie GILES-CORTI, 2024. Modelling the impact of road infrastructure on cycling moving speed. online. *Journal of Cycling and Micromobility Research*, roč. 3, s. 100049. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcmr.2024.100049>.

JANEŽ, Miha; Špela VEROVŠEK; Tadeja ZUPANČIČ a Miha MOŠKON, 2022. Citizen Science for Traffic Monitoring: Investigating the Potentials for Complementing Traffic Counters with Crowdsourced Data. online. *Sustainability*, roč. 14, č. 2, s. 622. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su14020622>.

JEBAVÝ, Adolf; Lenka ŠRÁMKOVÁ; Jan JOKL; Lukáš ČERNÝ a Jakub KUTÍLEK, 2010. *GENEREL CYKLISTICKÉ DOPRAVY VE MĚSTĚ BRNĚ* online. ADOS, ALTERNATIVNÍ DOPRAVNÍ STUDIO. Dostupné z: https://www.brno.cz/documents/20121/679367/Cyklogenerel_compress.pdf/99d782c0-01a4-73c5-eb69-4001825dd07a?t=1657721661402.

JORDOVÁ, Radomíra; Zbyněk SPERAT; Hana BRŮHOVÁ FOLTÝNOVÁ a Jaroslav MARTÍNEK, 2015. *Metodika pro přípravu plánů udržitelné mobility měst České republiky*.

JUNEK, Pavel, 2023. Strategické hlukové mapování. online. In: *Geoportál Ministerstva zdravotnictví ČR*. Dostupné z: <https://geoportal.mzcr.cz/portal/apps/storymaps/stories/e51bc98c0bc841d0b17e244c67659be7>. [citováno 2025-03-17].

KAPOUNKOVÁ, Andrea, 2016. *VYUŽITÍ DAT O SPORTOVNÍCH AKTIVITÁCH PRO PLÁNOVÁNÍ ROZVOJE MĚST*. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kapounkova16/files/BC.pdf>.

KIM, Injung; Konstantinos PELECHRINIS a Adam J LEE, 2020. The Anatomy of the Daily Usage of Bike Sharing Systems: Elevation, Distance and Seasonality. online. 2020. Dostupné z: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10205854>.

KOMÍNEK, Jiří, 2024. Rapsberry pi a jeho využití #1. In: *blog českemapy.cz*. 2024-11-05. Dostupné z: *Blog českemapy.cz*, <https://ceskemapy.cz/subdom/blog/rapsberry-pi-a-jeho-vyuziti-1/>. [citováno 2025-01-23].

KOU, Zhaoyu a Hua CAI, 2019. Understanding bike sharing travel patterns: An analysis of trip data from eight cities. online. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, roč. 515, s. 785–797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.123>.

KOUŘIL, Petr; Zdeněk DYTRT a Michal ŠIMEČEK, 2021. *Metodika průzkumu dopravního chování pro potřeby plánu udržitelné městské mobility*. Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

KUBÍKOVÁ, Iva, 2021. *BIKESHARING – SROVNÁVACÍ STUDIE*. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://theses.cz/id/mpzjbr/BP_Kubikova.pdf.

LEE, Kyuhyun a Ipek N. SENER, 2020. Emerging data for pedestrian and bicycle monitoring: Sources and applications. online. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, roč. 4, s. 100095. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100095>.

LOIDL, Martin; Ursula WITZMANN-MÜLLER a Bernhard ZAGEL, 2019. A spatial framework for Planning station-based bike sharing systems. online. *European Transport Research Review*, roč. 11, č. 1, s. 9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0347-7>.

MA, Xinwei; Yufei YUAN; Niels VAN OORT a Serge HOOGENDOORN, 2020. Bike-sharing systems' impact on modal shift: A case study in Delft, the Netherlands. online. *Journal of Cleaner Production*, roč. 259, s. 120846. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120846>.

MACNAUGHTON, Piers; Steven MELLY; Jose VALLARINO; Gary ADAMKIEWICZ a John D. SPENGLER, 2014. Impact of bicycle route type on exposure to traffic-related air pollution. online. *Science of The Total Environment*, roč. 490, s. 37–43. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.111>.

MCINNES, Leland; John HEALY a Steve ASTELS, 2016. *How HDBSCAN Works — hdbscan 0.8.1 documentation*. Webové sídlo. Dostupné z: https://hdbscan.readthedocs.io/en/latest/how_hdbscan_works.html. [citováno 2025-03-22].

MEDIAN, 2021. *VÝZKUM CYKLISTICKÉ DOPRAVY* online. Dostupné z: https://mestemnakole.cz/app/uploads/2022/03/PREZENTACE_TSK_Praha_cyklisticka_a_doprava_zprava_pruzkum_2022.pdf.

MĚSTO PARDUBICE, 2018. Průzkum dopravního chování. online. In: *pardubice.eu*. Dostupné z: <https://pardubice.eu/pruzkum>. [citováno 2025-03-17].

MÍČIAN, Tomáš, 2017. *Návrh a hodnocení systému sdílení kol*. Bakalářská práce. Praha: ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Dostupné

z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73897/F6-BP-2017-Mician-Tomas-Navrh%20a%20hodnoceni%20systemu%20sdileni%20kol.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2018. *Stanovení intenzit dopravy na městských pozemních komunikacích* online. Ministerstvo dopravy ČR. Dostupné z: <https://md.gov.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Silnicni-metodiky/Stanoveni-intenzit-dopravy-na-mestskych-pozemnich/Stanoveni-intenzit-dopravy-na-mestskych-pozemnich-komunikaci.pdf.aspx>.

MOMIRSKI, Lucija Ažman a Tomaž BERČIČ, 2022. Southern inner ring road in Ljubljana: 2021 data set from traffic sensors installed as part of the citizen science project WeCount. online. *Data in Brief*, roč. 41, s. 107878. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107878>.

MONAZZAM, Mohammad Reza; Elham KARIMI; Hossein SHAHBAZI a Hossein SHAHIDZADEH, 2021. Effect of cycling development as a non-motorized transport on reducing air and noise pollution-case study: Central districts of Tehran. online. *Urban Climate*, roč. 38, s. 100887. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100887>.

NAKOLE.CZ, 2005. V Praze si lidé mohou půjčovat kola na ulici - zkuste to NaKole.cz – cyklistika, cykloturistika, cestování na kole. online. In: <https://www.nakole.cz/>. Dostupné z: <https://www.nakole.cz/clanky/108-v-praze-si-lide-mohou-pujcovat-kola-na-ulici.html>. [citováno 2025-03-19].

NARKHEDE, Manish a Nilkanth CHOPADE, 2024. CycleInSight: An enhanced YOLO approach for vulnerable cyclist detection in urban environments. online. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, roč. 14, č. 4, s. 3986. Dostupné z: <https://doi.org/10.11591/ijece.v14i4.pp3986-3994>.

NĚTEK, Rostislav, 2020. *Webová kartografie - specifika tvorby interaktivních map na webu*. online. 1. vyd. Křížkovského 8, 771 47 Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <https://doi.org/10.5507/prf.20.24458274>.

NEXTBIKE, 2016. develop:api_english_2016. online. In: <https://www.nextbike.net/>. Dostupné z: <https://api.nextbike.net/api/doc.php?mode=classic-regular&apikey=>. [citováno 2025-03-20].

NEXTBIKECZECH, 2024. *Nextbike je největší český bikesharing*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://www.nextbikeczech.com/>. [citováno 2025-03-19].

OJA, Pekka; Ilkka VUORI a Olavi PARONEN, 1998. Daily walking and cycling to work: their utility as health-enhancing physical activity. online. *Patient Education and Counseling*, roč. 33, s. S87–S94. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0738-3991\(98\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0738-3991(98)00013-5).

OPENSTREETMAP, 2021. *Licence – OpenStreetMap Foundation*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://osmfoundation.org/wiki/Licence>. [citováno 2025-04-01].

OPENSTREETMAP, [s. a.]. *What is OpenStreetMap? | OpenStreetMap*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://welcome.openstreetmap.org/what-is-openstreetmap/>. [citováno 2025-04-01].

PARTNERSTVÍ, O. P. S., 2022. *Sčítače.cz – Chráněná území*. online. In: [sčítače.cz](https://www.scitace.cz/). Dostupné z: <https://www.scitace.cz/Nabidka-scitacu-a-sluzeb/Chranena-uzemi.aspx#2>. [citováno 2025-03-18].

PAVLOVCOVÁ, Martina, 2019. *BIKESHARING JAKO SOUČÁST BRNĚNSKÉ DOPRAVY*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: [https://theses.cz/id/ejcczg/Bikesharing - veejn sdlen jzdnch kol v Brn.pdf](https://theses.cz/id/ejcczg/Bikesharing_-_veejn_sdlen_jzdnch_kol_v_Brn.pdf).

PODŠKUBKOVÁ, Nikola, 2020. *BIKESHARING JAKO FORMA SDÍLENÉ EKONOMIKY*. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://theses.cz/id/p721f6/Bakalarska_prace_N_Podskubkova.pdf.

PROCHÁZKA, Michal, 2024. *Technické aspekty technologie VisionCraft*. 2024-07-25.

PROCHÁZKA, Michal, 2025. *Problémy senzoru Anthropolos*. 2025-03-03. E-mail [osobní komunikace].

PŘIBYL, Ondřej, 2020. *Detektory zasahující do vozovky, úvod do detekce* online. Dostupné z: <https://zlotarev.fd.cvut.cz/ma/ctrl.php?act=show,file,23843>.

RADZIMSKI, Adam a Michał DZIĘCIELSKI, 2021. Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland. online. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, roč. 145, s. 189–202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.01.003>.

RAPANT, Petr, 2002. *Družicové polohové systémy*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN 978-80-248-0124-7.

REKOLA, 2024. *Rekola - Sdílená kola pro rychlé přesuny po městě*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://www.rekola.cz/>. [citováno 2025-03-19].

REPLOGIE, Michael, 1991. Sustainability: A vital concept for transportation planning and development. online. *Journal of Advanced Transportation*, roč. 25, č. 1, s. 3–17. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/atr.5670250103>.

ROBINSON, Pamela; Peter JOHNSON a Madison VERNOOY, 2024. Strava Metro Data: how can urban planning leverage crowdsourced fitness activity data? online. *Canadian Planning and Policy / Aménagement et politique au Canada*, roč. 2024, č. 1, s. 90–108. Dostupné z: <https://doi.org/10.24908/cpp-apc.v2024i1.16889>.

ROBOFLOW, INC, 2025. *YOLOv8: State-of-the-Art Computer Vision Model*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://yolov8.com/>. [citováno 2025-03-28].

ROMANILLOS, Gustavo; Martin ZALTZ AUSTWICK; Dick ETTEMA a Joost DE KRUIJF, 2016. Big Data and Cycling. online. *Transport Reviews*, roč. 36, č. 1, s. 114–133. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1084067>.

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, 2022. *Prezentace výsledků sčítání dopravy 2020*. Webové sídlo. Dostupné z: https://scitani.rsd.cz/CSD_2020/pages/informations/default.aspx. [citováno 2025-03-18].

SHAHEEN, Susan A.; Stacey GUZMAN a Hua ZHANG, 2010. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future. online. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, roč. 2143, č. 1, s. 159–167. Dostupné z: <https://doi.org/10.3141/2143-20>.

SCHEPERS, J.P. a E. HEINEN, 2013. How does a modal shift from short car trips to cycling affect road safety? online. *Accident Analysis & Prevention*, roč. 50, s. 1118–1127. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.004>.

SOVA, Marek, 2018. *Identifikace rizikových míst v dopravní síti města Olomouce z pohledu bezpečnosti cyklistů*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://theses.cz/id/m1k9gm/Marek_SOVA_DP.pdf.

STRAVA, 2020. Commutes on Strava. online. In: *Strava*. Dostupné z: <https://stravametro.zendesk.com/hc/en-us/articles/360045856354-Commutes-on-Strava>. [citováno 2025-01-24].

STRAVA, 2022. Respecting Strava Users' Privacy. online. In: *Strava*. Dostupné z: <https://stravametro.zendesk.com/hc/en-us/articles/360046435153-Respecting-Strava-Users-Privacy>. [citováno 2025-03-22].

STRAVA, 2023a. Data and Privacy. online. In: *Strava Support*. Dostupné z: <https://support.strava.com/hc/en-us/articles/360001487844-Data-and-Privacy>. [citováno 2025-04-01].

STRAVA, 2023b. Strava's Metro Reaches Significant Milestone of 10 Year Anniversary. online. In: *Strava | Running, Cycling & Hiking App - Train, Track*. Dostupné z: <https://press.strava.com/articles/stravas-metro-reaches-significant-milestone-of-10-year-anniversary>. [citováno 2025-03-20].

STRAVA, 2024a. How It Works. online. In: *Strava | Running, Cycling & Hiking App - Train, Track*. Dostupné z: <https://metro.strava.com/how-it-works>. [citováno 2025-03-20].

STRAVA, 2024b. OpenStreetMap Basemap. online. In: *Strava*. Dostupné z: <https://stravametro.zendesk.com/hc/en-us/articles/360051965033-OpenStreetMap-Basemap>. [citováno 2025-03-22].

STRAVA, 2024c. Strava Metro and the Global Heatmap. online. In: *Strava Support*. Dostupné z: <https://support.strava.com/hc/en-us/articles/216918877-Strava-Metro-and-the-Global-Heatmap>. [citováno 2025-04-01].

STRAVA, 2025. About Us. online. In: *Strava | Running, Cycling & Hiking App - Train, Track*. Dostupné z: <https://www.strava.com/about>. [citováno 2025-03-20].

SUPPORT TELRAAM, 2024. *Telraam in Brno*. 2024-08-02. E-mail [osobní komunikace].

ŠNOBR, Martin, 2023. CykloRank Česko 2023: Top města pro cyklisty. online. In: *Městem na kole*. Dostupné z: <https://mestemnakole.cz/2023/10/cyklorank-cesko-2023/>. [citováno 2025-03-17].

ŠVARC, Martin; Martin STANOEV; Aneta FIALOVÁ; Viktor BĚLOHOUBEK; Lucie NOVOTNÁ et al., 2022. *Dělna přepravní práce 2022* online. Dostupné z: <https://data.brno.cz/documents/7fd4806505e141899da99814171ee4ae/explore>.

TELRAAM, 2022. *Telraam - Some insights on Telraam data validation*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://telraam.net/en/blog/precision-accuracy-and-validations-of-the-original-telraam-sensor>. [citováno 2025-03-28].

TELRAAM, 2025a. FAQ - English. online. In: *FAQ - English*. Dostupné z: <https://faq.telraam.net/category/5/telraam-v1>. [citováno 2025-03-28].

TELRAAM, 2025b. *Telraam - Traffic Counting with Citizens*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://telraam.net/#14/49.2145/16.6385>. [citováno 2025-03-28].

TOMAN, Jan, 2023. *Chyby v souřadnicích Rekola*. 2023-11-26. E-mail [osobní komunikace].

VŠETEČKA, Martin; Tomáš APELTAUER; Jiří APELTAUER a Martin NOVÁK, 2016. *Testování detekčních technologií pro potřeby závislého řízení* online. Dostupné z: <https://md.gov.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Silnicni-metodiky/Testovani-detekcnich-technologii-pro-potreby-zavis/Testovani-detekcnich-technologii-pro-potreby-zavisleho-rizeni.pdf.aspx>.

WALSH, Conor; Phil JAKEMAN; Richard MOLES a Bernadette O'REGAN, 2008. A comparison of carbon dioxide emissions associated with motorised transport modes and cycling in Ireland. online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, roč. 13, č. 6, s. 392–399. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.07.002>.

WILLBERG, Elias; Maria SALONEN a Tuuli TOIVONEN, 2021. What do trip data reveal about bike-sharing system users? online. *Journal of Transport Geography*, roč. 91, s. 102971. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102971>.

YUWEI XIANG a QIANXIAO FEI, 2022. Car, Cyclist and Pedestrian Object Detection Based on YOLOv5. online. *International Journal of New Developments in Engineering and Society*, roč. 6, č. 3. Dostupné z: <https://doi.org/10.25236/IJNDES.2022.060307>.

ZDOPRAVY, 2022. Brno: Novela Tržního řádu určí přesná místa pro odstavování sdílených koloběžek a kol. In: *Zdopravy.cz*. 2022-10-12. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/brno-novela-trzniho-radu-urci-presna-mista-pro-odstavovani-sdilenych-kolobezek-a-kol-129032/>. [citováno 2025-03-27].

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy

- Příloha 1 Atributy dat Strava Metro
- Příloha 2 Popis atributů nextbike API
- Příloha 3 Přehled datových sad pro analýzu cyklistické dopravy
- Příloha 4 Schéma propojení datových sad
- Příloha 5 Schéma procesu přiřazení cizí linie na síť Strava Metro
- Příloha 6 Přehled měření cyklodetektorů BKOM
- Příloha 7 Výsledky korelace Cyklistické detektory BKOM a Strava Metro

Volné přílohy

- Příloha 8 Mapa přehledu cyklistické infrastruktury v Brně
- Příloha 9 Mapa podílu rekreačních a pracovních cest podle dat Strava Metro.
- Příloha 10 Mapa rozložení stanic bikesharingu a hustoty obyvatel
- Příloha 11 Mapa dostupnosti kol ve stanicích nextbike

Volné přílohy elektronické

- Příloha 12 OpenStreetMap
- Příloha 13 Bikesharing
- Příloha 14 Cyklistické detektory
- Příloha 15 Do práce na kole
- Příloha 16 Strava Metro
- Příloha 17 Komplexní datová sada

Poznámka: Veškerá data, která z důvodu licenčních podmínek nebylo možné publikovat jsou označeny „*“ jsou uložena u konzultanta práce doc. RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D.

Struktura adresářů

- **Mapy**
 - *Dostupnost_kola_stanice.jpg*
 - *Infrastruktura.jpg*
 - *Obyvatele_stanice.jpg*
 - *Pracovni_cesty.jpg*
- **Text**
 - *Kominek_RNDr_25.pdf*
- **Web**
- **Priloha_12_OSM**
 - **Vypocet_opatreni**
 - *Opatreni.js*
 - *README.md*
 - *styl.style*
- **Priloha_13_bikesharing**
 - **nextbike_download**
 - *Stazeni_nextbike.py*
 - *Requirements.txt*
 - *README.md*

- Nextbike_data
 - *nextbike_kola_data.csv*
 - *nextbike_stanice_data.csv*
 - *pusobeni_poskytovatelu.PNG*
 - **pripadove_studie**
 - **input_data**
 - *bikesharing_23_24.csv**
 - *nextbike_24_ostatni.csv**
 - *nextbike_agregace.csv**
 - *nextbike_ciselnik.csv**
 - *zabovresky_daily_data_10_23.csv*
 - *bikesharing_script.ipynb*
 - *README.md*
- **Priloha_14_detektory**
 - **cykliste_detekce**
 - *Skript_detekce.py*
 - *Requirements.txt*
 - *README.md*
 - **Data**
 - *Cyklo_sestih.mp4*
 - **Outputs**
 - *Output.mp4*
 - **Sort** (adresář s algoritmem)
 - **telraam**
 - **input_data**
 - *senzory_validace.xlsx*
 - *telraam.xlsx*
 - *sensor_validation.png*
 - *validace_telraam.ipynb*
 - *README.md*
 - **vision_craft**
 - *input_data*
 - *scitani_24.xlsx*
 - *riviera_all.csv**
 - *sochorova_all.csv**
 - *veslarska_all.csv**
 - *zabovreska_all.csv**
 - *script.ipynb*
- **Priloha_15_DPNK**
 - **toolbox**
 - *dpnk_lines.py*
 - *DoPraceNaKole.atbx*
 - *README.MD*
 - **input_data**
 - *dpnk.csv*
 - *DPNK_data.gdb*
 - *osm_strava.csv**
 - *dpnk_zpracovani.ipynb*

- **Priloha_16_Strava**
 - **sklon_rychlost**
 - **input_data**
 - *strava_delka_vyska.csv**
 - *agregovana_data.csv**
 - *rychlost_strava.ipynb*
 - **strava_validace**
 - *script_validate.ipynb*
 - **Input_data**
 - **detektory**
 - *Kombinovany_vysledek.csv**
 - **pocasi**
 - *zabovresky.csv*
 - **seznam**
 - *detektory_seznam.csv*
 - **strava_daily**
 - *strava_filtered.csv**
 - **prizrenice**
 - **input_data**
 - *detektor_partnerstvi.csv**
 - *turany.csv*
 - *strava_daily.csv**
 - **Priloha_17_komplexni_sada**
 - **toolbox**
 - *Komplexní datová sada.atbx*
 - *Prirazení_obou_linii.py*
 - *README.md*
 - *komplexni_sada.gdb**
 - **vysledna_data**
 - *atributy.xlsx*
 - *vysledna_sada.gdb**
 - **styl_popup**
 - *poup_styl.js*
 - *README.md*
 - **pripojeni_dat**
 - **daily_data_24***
 - **yearly_data***
 - *komplexni_sada.gdb**
 - *pripojeni_dat.ipynb*
 - *README.MD*
 - **stazeni_DMR5G**
 - *Script.py*
 - *RADME.MD*
 - **vstupni_data**
 - *Klad_listu.csv*
 - **vysledny_dashboard.txt**

Příloha 1 Popis atributů Strava Metro (roční data)

Anglický název	Český popis
edge_UID	Identifikátor úseku silnice
activity_type	Typ aktivity (např. jízda)
year-month-date-hour	Datum a hodina v ISO 8601 formátu (YYYY-MM-DD-HOUR)
osm_reference_id	OSM Way ID daného úseku silnice
forward_trip_count	Počet cest ve směru digitalizace OSM
reverse_trip_count	Počet cest proti směru digitalizace OSM
forward_commute_trip_count	Počet cest do práce ve směru digitalizace OSM
reverse_commute_trip_count	Počet cest do práce proti směru digitalizace OSM
forward_leisure_trip_count	Počet volnočasových cest ve směru digitalizace OSM
reverse_leisure_trip_count	Počet volnočasových cest proti směru digitalizace OSM
total_trip_count	Celkový počet cest
ride_count	Počet jízd na běžných kolech
ebike_ride_count	Počet jízd na elektrokolech
forward_people_count	Počet osob cestujících ve směru digitalizace OSM
reverse_people_count	Počet osob cestujících proti směru digitalizace OSM
forward_male_people_count	Počet mužů ve směru digitalizace OSM
reverse_male_people_count	Počet mužů proti směru digitalizace OSM
forward_female_people_count	Počet žen ve směru digitalizace OSM
reverse_female_people_count	Počet žen proti směru digitalizace OSM
forward_unspecified_people_count	Počet osob neznámého pohlaví ve směru digitalizace OSM
reverse_unspecified_people_count	Počet osob neznámého pohlaví proti směru digitalizace OSM
forward_18_34_people_count	Počet osob 18–34 let ve směru digitalizace OSM
reverse_18_34_people_count	Počet osob 18–34 let proti směru digitalizace OSM
forward_35_54_people_count	Počet osob 35–54 let ve směru digitalizace OSM
reverse_35_54_people_count	Počet osob 35–54 let proti směru digitalizace OSM
forward_55_64_people_count	Počet osob 55–64 let ve směru digitalizace OSM
reverse_55_64_people_count	Počet osob 55–64 let proti směru digitalizace OSM
forward_65_plus_people_count	Počet osob 65+ let ve směru digitalizace OSM
reverse_65_plus_people_count	Počet osob 65+ let proti směru digitalizace OSM
forward_average_speed	Průměrná rychlost ve směru digitalizace OSM (m/s)
reverse_average_speed	Průměrná rychlost proti směru digitalizace OSM (m/s)

Příloha 2: Popis atributů nextbike API

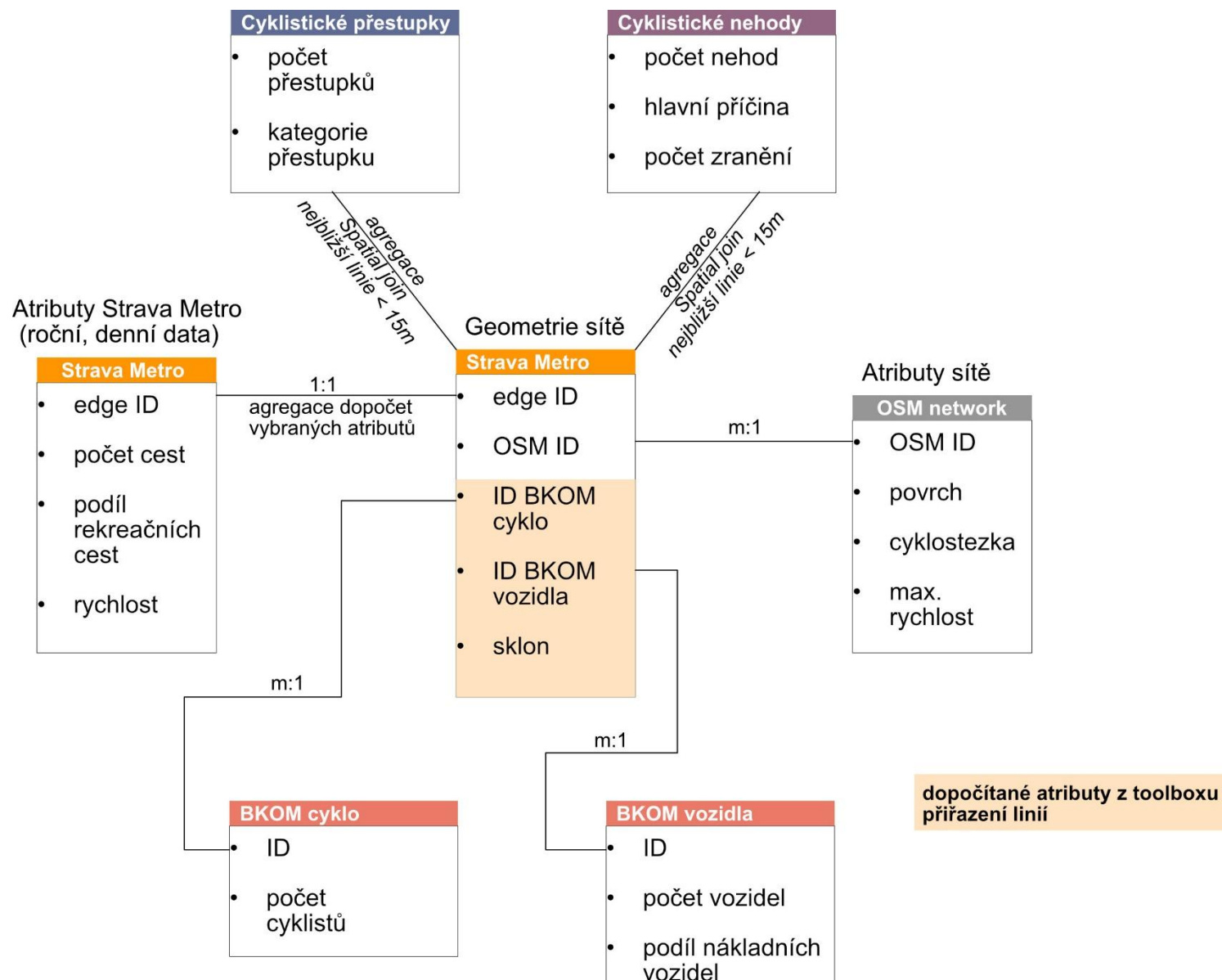
Atribut	Popis	Příklad hodnoty
uid	Unikátní identifikátor stanice	27619984
lat	Zeměpisná šířka stanice	49.196369
lng	Zeměpisná délka stanice	16.607289
bike	Indikuje, zda je v místě k dispozici kolo	false
name	Název stanice	Jakubská
address	Adresa stanice (může být null)	null
spot	Určuje, zda je místo oficiální stanice	true
number	Číselný identifikátor stanice	46509
booked_bikes	Počet rezervovaných kol	0
bikes	Celkový počet kol na stanici	2
bikes_available_to_rent	Počet kol dostupných k zapůjčení	2
bike_racks	Celkový počet stojanů na kola	0
free_racks	Počet volných stojanů	0
special_racks	Počet speciálních stojanů (např. pro elektrokola)	0
free_special_racks	Počet volných speciálních stojanů	0
maintenance	Indikuje, zda je stanice v údržbě	false
terminal_type	Typ terminálu (např. sign)	sign
bike_list	Seznam detailů jednotlivých kol	[{"number": "486837", "bike_type": 197}]
bike_numbers	Seznam ID dostupných kol	["486837", "486820"]
bike_types	Typy dostupných kol a jejich počet	{"197": 2}
place_type	Typ stanice (např. 0 pro standardní stanici)	0
rack_locks	Indikuje, zda jsou stojany vybaveny zámky	false

Příloha 3: Přehled datových sad pro analýzu cyklistické dopravy

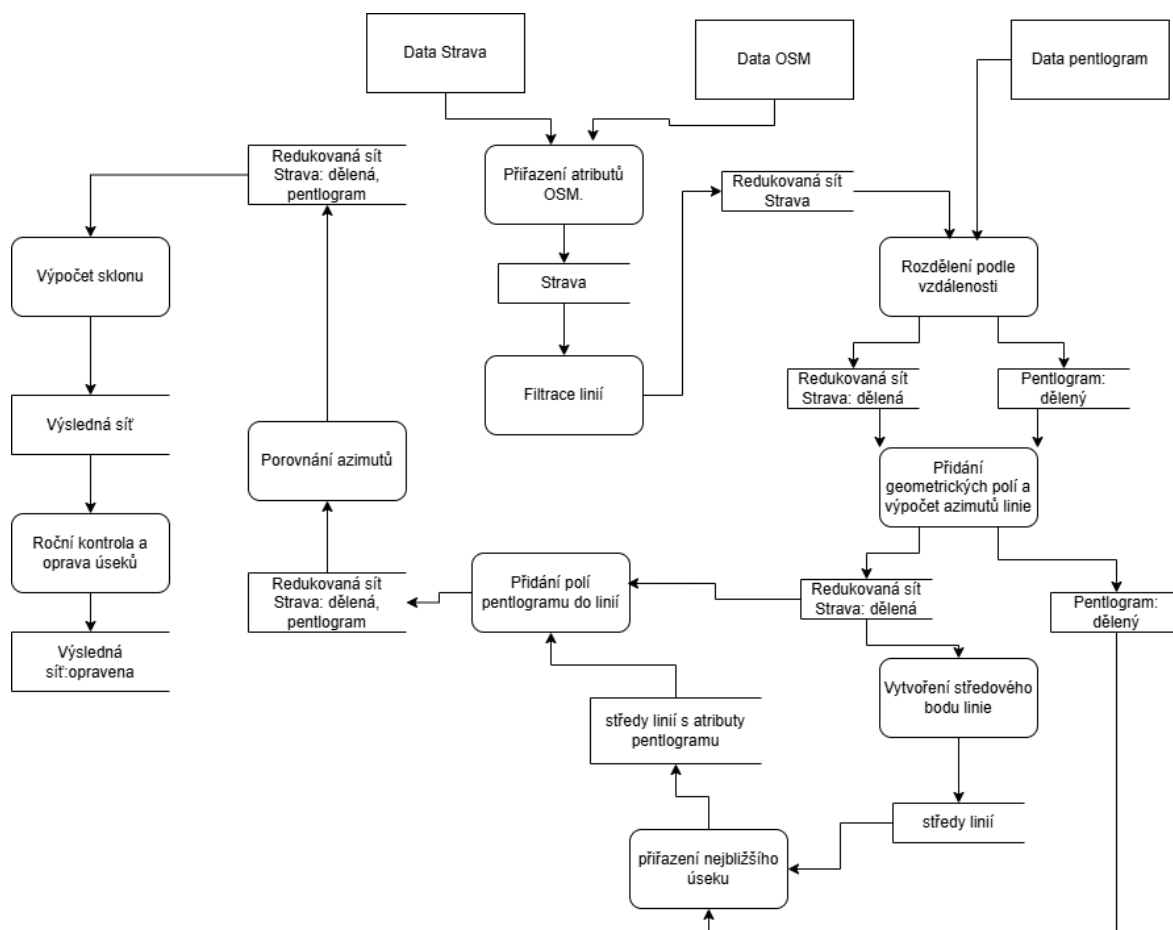
Typ dat	Účel analýzy	Časová granularita	Prostorová granularita	Výhody	Nevýhody	Možnosti	Cenová náročnost
Bikesharing API	Krátkodobý, Střednědobý, Dlouhodobý	Minutová	Ulice, město	Přesná data o využívání sdílených kol	Omezeno na uživatele sdílených kol	Optimalizace tras, reakce na aktuální dopravní situace	Nízká (v rámci podpory bikesharingu)
Cyklodetektory	Krátkodobý, Střednědobý, Dlouhodobý	Minutová, hodinová, denní, měsíční	Ulice	Přesná data o počtu cyklistů na konkrétních místech	Vyžaduje instalaci a údržbu, možné nepřesnosti	Identifikace trendů, strategické plánování, možná kalibrace	Střední až vysoká (100 000–500 000 Kč ročně)
Dopravní akce DPNK	Dlouhodobý	Měsíční	Ulice, město, region	Data o pohybu lidí se širokým pokrytím	Vybraná skupina, jeden měsíc v roce	Identifikace celkových dopravních trendů	Nízká (cca 10 000 Kč ročně)
Dopravní průzkumy BKOM	Dlouhodobý	Denní	Ulice, město	Kvantitativní data o počtu cyklistů na vybraných komunikacích	Omezeno na jeden den, závisí na správné metodice	Srovnávání trendů, strategické plánování	Vysoká (cca 100 000–500 000 Kč ročně)
Strava Metro	Střednědobý, Dlouhodobý	Denní, měsíční, roční	Ulice, město, region	Velká datová sada o rekreačním pohybu	Zaměřeno převážně na rekreační a sportovní cyklisty	Analýza rekreačního využití, doplnění infrastrukturních analýz	Zdarma pro města a plánovače dopravy
Dopravní průzkumy (sociologické)	Střednědobý, Dlouhodobý	Měsíční, roční	Město	Data o preferencích, potřebách a chování cyklistů	Subjektivní, časově a finančně náročné na realizaci	Získání kvalitativních dat pro doplnění kvantitativních studií	Vysoká (dle rozsahu průzkumu, od 200 000 Kč výše)

Datová sada	Výhody	Nevýhody	Příklady využití v městském plánování	Nevhodné použití
Bikesharing	Nízká cena, přesné zachycení hlavních cyklistických trendů, dostupná data o půjčkách a vrácení kol	Chyby GPS, vliv rebalancingu (redistribuce kol provozovatelem), omezená přesnost v městském prostředí	Identifikace míst pro nové stanice bikesharingu, podpora aktivní mobility, analýza krátkodobých trendů	Odhad dlouhodobých trendů nebo detailní analýza tras
Dopravní průzkumy BKOM	Detailní data z terénu, vysoká spolehlivost, možnost sledování různých druhů dopravy	Vysoké náklady na realizaci a zpracování, omezený časový rozsah průzkumu	Strategické plánování dopravy, návrh dopravních opatření, modelování dopravy	Operativní rozhodování nebo analýza sezónních změn
Data do práce na kole	Finančně dostupná data, vhodná pro menší města, zaměření na pracovní cesty	Nízká reprezentativnost mimo účastníky akce, omezené časové pokrytí (květen)	Analýza vytíženosti komunikací během pracovních dnů, podpora kampaní na podporu cyklistiky	Predikce dlouhodobých trendů nebo analýza volnočasových aktivit
Strava Metro	Široké pokrytí, historická data, zaměření na sportovní cyklisty i rekreační aktivity	Reprezentativnost vzorku (zaměřeno na sportovní uživatele), chybějící data o pracovních cestách	Plánování cyklistické infrastruktury (cyklostezky), analýza pohybu po městě, identifikace oblíbených tras	Detailní analýza denního provozu nebo pracovních cest
Cyklodetektory	Přesná data o intenzitě cyklistů na konkrétních místech, kontinuální sběr dat	Vysoké náklady na instalaci a údržbu, bodové pokrytí pouze ve vybraných lokalitách	Monitoring intenzity cyklistické dopravy v reálném čase, hodnocení efektivity opatření (např. nové cyklostezky)	Analýza historických trendů nebo celoměstské pokrytí
Vlastní detekce obrazu	Flexibilita a možnost přizpůsobení potřebám projektu, vysoká přesnost při správném nastavení systému	Technická náročnost realizace a zpracování dat, vysoké náklady na provoz a údržbu kamerových systémů	Identifikace cyklistů v reálném čase (např. při uzavírkách), sledování chování cyklistů na konkrétních křižovatkách	Dlouhodobé strategické plánování nebo predikce sezónních trendů

Příloha 4: Zjednodušené schéma propojení datových sad do komplexní sady



Příloha 5: Proces přiřazení cizí linie na síť Strava Metro



Příloha 6: Přehled měření cyklodetektorů BKOM

Název jednotky	Počáteční datum	Koncové datum	Rozsah dnů	Dny s daty	Dny bez dat	Kompletní dny	Nekompletní dny	Dny s nulovou sumou	Spolehlivost [%]	Celkem cyklistů
Renneska 1	2019-12-12	2022-05-10	881	857	24	748	109	30	84,9	474836
Kounicova B	2019-02-14	2024-09-02	2028	1067	961	792	275	38	39,05	169394
Kounicova A	2019-12-16	2023-07-03	1296	1274	22	1051	223	86	81,1	164203
Lidická A	2019-12-12	2023-05-29	1265	664	601	471	193	30	37,23	184337
Lidická B	2019-12-11	2023-12-27	1478	902	576	653	249	56	44,18	266309
Nové Sady A	2019-12-18	2025-03-10	1910	1803	107	1402	401	70	73,4	325177
Nové Sady B	2019-12-18	2025-03-10	1910	1716	194	1441	275	12	75,45	333404
Renneska 2	2020-01-03	2022-05-10	859	859	0	711	148	17	82,77	347527
Komín	2019-12-16	2025-03-10	1912	1879	33	973	906	29	50,89	1276499
Jundrov	2019-12-16	2024-07-24	1683	980	703	650	330	123	38,62	719855
Pisárky	2020-01-09	2021-07-26	565	524	41	322	202	3	56,99	253665
Ikea	2020-01-09	2023-08-27	1327	1190	137	948	242	39	71,44	1041298
Černovice	2020-01-09	2024-01-03	1456	1168	288	462	706	36	31,73	601955
Obřany	2019-12-10	2025-03-10	1918	1829	89	1571	258	21	81,91	884038
Královopolská	2020-01-09	2025-02-09	1859	1766	93	865	901	61	46,53	405642
Brněnské Ivanovice A	2020-01-09	2025-03-10	1888	1534	354	196	1338	1236	10,38	39065
Brněnské Ivanovice B	2020-01-17	2025-03-10	1880	1411	469	203	1208	1061	10,8	89720

Příloha 7: Výsledky korelace Cyklistické detektory BKOM a Strava Metro

Detektor	Počet pozorování	Korelační koeficient Spearman (Strava Metro)	Průměrný poměr Strava Metro/Detektor [%]	Průměrný podíl pracovních cest [%]
Obřany	1551	0,89	19,3	12,6
Komín	1444	0,9	17,5	29,6
Nové Sady B	1439	0,83	12,2	39,6
Nové Sady A	1346	0,87	15,2	40,7
Královopolská	1120	0,83	13,3	39,2
Renneska 1	779	0,82	12,5	33,8
Renneska 2	746	0,8	20,8	33,8
Jundrov	714	0,92	13,8	35,8
Kounicova B, Kounicova A	710	0,77	4,8	41,7
Ikea, Černovice	548	0,85	4	34,3
Lidická A, Lidická B	467	0,69	6,7	32,9
Pisárky	439	0,85	19,3	30,3
Brněnské Ivanovice A, Brněnské Ivanovice B	216	0,72	6,4	21,4