

# A közösségi kerékpár és a tömegközlekedés kapcsolata: budapesti esettanulmány / Bike-sharing–public transport interactions: a Budapest case study

Földes Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
foldes.david@kjk.bme.hu

**Kivonat:** A városi közlekedés fenntartható közösségi közlekedési formái a kerékpármegosztás és a tömegközlekedés. A közöttük lévő kapcsolat, vagyis a közösségi kerékpározás kiegészítő vagy versenyző szerepe a tömegközlekedéssel szemben ugyanakkor feltáratlan. A kutatás során a MOL Bubi állomásalapú közösségi kerékpár éves bérlési adatait elemeztem leíró statisztikai módszerekkel és az ún. zéró-inflált negatív binomiális (ZINB) modell alkalmazásával. A modellel az összes honnan-hová desztinációt megvizsgáltam, feltárva a zéró és pozitív bérlésszámok okát a tömegközlekedés elérhetősége és jellemzői, valamint a kerékpáros infrastruktúra adottságai alapján. Az eredmények alapján a közösségi kerékpározásnak versengő és kiegészítő szerepe is van Budapesten, azonban a tömegközlekedéssel való versengés dominál. A közösségi kerékpár gyakran kiváltja a rövid (1–2 megállós) tömegközlekedési utakat, különösen metró esetében, és sokszor az átszállás elkerülésére szolgál. A verseny akkor a legerősebb, ha kerékpárral gyorsabb az eljutás (főleg reggeli csúcsban), illetve, ha tömegközlekedéssel párhuzamosan kerékpárosbarát infrastruktúra fut. A ráhordó szerep főként télen és olyan területeken jelenik meg, ahol a tömegközlekedési ellátottság gyenge, de metrómegálló elérhető rövid kerékpározással. Az eredmények az üzemeltetőknek, döntéshozóknak nyújthat segítséget a szolgáltatások integrációja és fejlesztése során.

**Abstract:** Sustainable urban transport modes include bike-sharing and public transport. However, the relationship between them, whether bike-sharing plays a complementary or a competing role in relation to public transport, remains underexplored. In this research, one year of rental data from MOL Bubi was analyzed using descriptive statistics and a zero-inflated negative binomial (ZINB) model. The model was applied to all origin–destination pairs to identify predictors of zero and positive rental counts, considering public transport availability and characteristics, as well as attributes of cycling infrastructure. The results show that bike-sharing in Budapest has both competitive and complementary roles, although competition with public transport is dominant. Shared bicycles often substitute for short public transport trips of one or two stops, especially metro trips, and are frequently used to avoid transfers. This competitive effect is strongest when cycling provides a faster travel option, particularly during the morning peak, and when bicycle-friendly infrastructure runs parallel to public transport lines. The feeder role appears mainly in winter and in areas with weak public transport service, but with metro stations accessible within a short cycling distance. These findings can support operators and decision-makers in the integration and further development of urban mobility services.

*Kulcsszavak:* megosztott kerékpár; tömegközlekedés; hálózatelemzés; ZINB modell; regresszió

*Keywords:* bike-sharing; public transport; network analysis; ZINB model; regression

## Bevezetés

A legtöbb város a fenntartható közlekedési módok arányának növelésére törekszik a növekvő közúti forgalom okozta problémák, például a torlódások és balesetek miatt. A hagyományos tömegközlekedés mellett a megosztott mobilitási szolgáltatások, így a kerékpármegosztás, fontos alternatívát jelentenek [1]. A kerékpármegosztás világszerte elterjedt szolgáltatás; a használatát a személyes jellemzők mellett, jelentősen befolyásolja az útvonal hossza, a kerékpárosbarát infrastruktúra és az időjárás [2], [3]. Miközben a férfiak inkább a költségekre és az időjárásra, a nők a közúti biztonságra és az időjárásra érzékenyebbek [4]. A kerékpármegosztást jellemzően rövid, ajtótól ajtóig tartó utazásokhoz vagy a nagy kapacitású tömegközlekedési viszonylatokra való ráhordó utazásokhoz használják [5], [6]. Azonban kiegészítő vagy helyettesítő szerepe nem egyértelmű.

A kutatás során a budapesti honnan–hová szintű bérlési, kerékpáros infrastruktúra- és tömegközlekedési adatok alapján ezen kapcsolat vizsgálata volt a cél. A kutatás újdonsága a felhasznált részletes tömegközlekedési jellemzők, valamint leíró és regressziós elemzések, amelyekkel magyaráztam az egyes honnan-hová párok közti közösségi kerékpárhasználat mértékét. Ehhez egy ún. zéró-inflált negatív binomiális modellt alkalmaztam a 2023 szeptembere és 2024 augusztusa közötti bérlési adatokon, a hétköznapi napszakok közötti különbségekre fókuszálva. Budapest különösen alkalmas erre a vizsgálatra, mivel itt több megosztott mobilitási szolgáltató működik jól kiépített tömegközlekedés mellett, ami erősíti az egyes módok közötti versenyt [5]. A téma jelentőségét növeli, hogy a városi stratégia 2030-ra a légymobilitás és a tömegközlekedés részarányának növelését tűzte ki célul [7].

A cikk felépítése a következő. Az 1. fejezetben a releváns szakirodalom megállapításait foglaltam össze. Az esettanulmány leírását, valamint az adatgyűjtés és -elemzés módszerét a 2. fejezetben írtam le. A 3. fejezetben a főbb eredményeket, a 4. fejezetben a levont következtetéseket és a megfogalmazott szakpolitikai javaslatokat ismertetem.

## 1. Szakirodalmi háttér

A szakirodalom alapján a kerékpármegosztás és a tömegközlekedés kapcsolata térben és időben is változó; lehet versenyző vagy kiegészítő jellegű is [8]. A valós bérlési adatokon alapuló kutatások azt mutatják, hogy a nagy forgalmú honnan-hová kapcsolatok gyakran tömegközlekedési, különösen metró- és villamosmegállók közelében jelentkeznek [9], [10], [11]. A ráhordó szerep főként sűrű beépítés esetén és vonzó környezetben gyakoribb (pl.: zöldfelületek, kerékpárosbarát infrastruktúra, kerékpártároló) [12]. Az integrált használat ugyanakkor inkább eseti jellegű [13]. A megosztott kerékpár használatával elérhető időmegtakarítás, különösen ingázáskor, kulcsszerepet játszik a versenyző jellegnél [14], [15]. A felhasználók általában a rövidebb útvonalakat és a nagyobb kerékpársáv-aránnyal rendelkező útvonalakat részesítik előnyben, különösen metró eléréséhez és csúcsidőben [16], [17].

A módváltást erősen befolyásolja az utazási idő, a kerékpáros infrastruktúra, az átszállási távolság és a vonalvezetés [8], [18], [19], [20], [21]. Az autóbusszokkal való verseny különösen hétköznapiakon erősebb [22], míg a metróval való kapcsolat vegyesebb: bizonyos esetekben a kerékpármegosztás ráhordó szerepet tölt be, máskor rövid utazások esetén helyettesíti a metró [23], [24], [25], [26]. A teljes tömegközlekedési hálózatot vizsgáló elemzések szerint nő a kerékpármegosztási bérlések száma, ha a kiinduló- vagy a célpontnál metróállomás található, illetve bizonyos esetekben akkor is, ha autóbussz megálló található a célpontnál [27]. A ráhordó szerep különösen erős lehet a gyengébben ellátott, periférikus térségekben [28], [29], míg Hongkongban és New Yorkban inkább a kiegészítő szerep dominál, rövid távolságokon megjelenő versennyel [30], [31]. Emellett a rendszer típusa sem közömbös: a zónaalapú elektromos kerékpármegosztó rendszerek inkább versenyeznek a tömegközlekedéssel, míg az állomásalapú rendszerek inkább kiegészítő szerepet mutatnak [32], [33].

Washington D.C.-ben a metróállomások környékén a kerékpármegosztás növekedése a metróhasználat emelkedésével járt együtt [34], míg más kutatások szerint a vasút inkább hivatásforgalmú, a kerékpármegosztás pedig inkább szabadidős utazásoknál jelenik meg [35]. Közepes méretű amerikai városokban az autóbussz-közlekedéssel való kapcsolat területfüggő: egyetemi campusok és főútvonalak mentén inkább versenyző, lakóövezetekben inkább kiegészítő jellegű [36], [37], [38]. Londonban a kerékpármegosztás akkor vonzóbb, ha a metró lassabb [39], míg közepes méretű holland városokban inkább a városi tömegközlekedés helyettesítőjeként jelenik meg [40].

Továbbra is hiányzik a kerékpármegosztás tömegközlekedéssel szembeni versenyző és kiegészítő szerepének integrált vizsgálata, különösen európai környezetben. Emellett a legtöbb empirikus elemzés rövid időszakot fed le, ezért a szezonális különbségek többnyire háttérbe szorulnak. Bár Kim és Cho [27] már vizsgálták annak okait, hogy egy honnan-hová páron nem történik bérlés, a tömegközlekedéssel kapcsolatos tényezőket nem vették részletesen figyelembe.

## 2. Módszertan

### 2.1 A kutatás helyszíne: Budapest

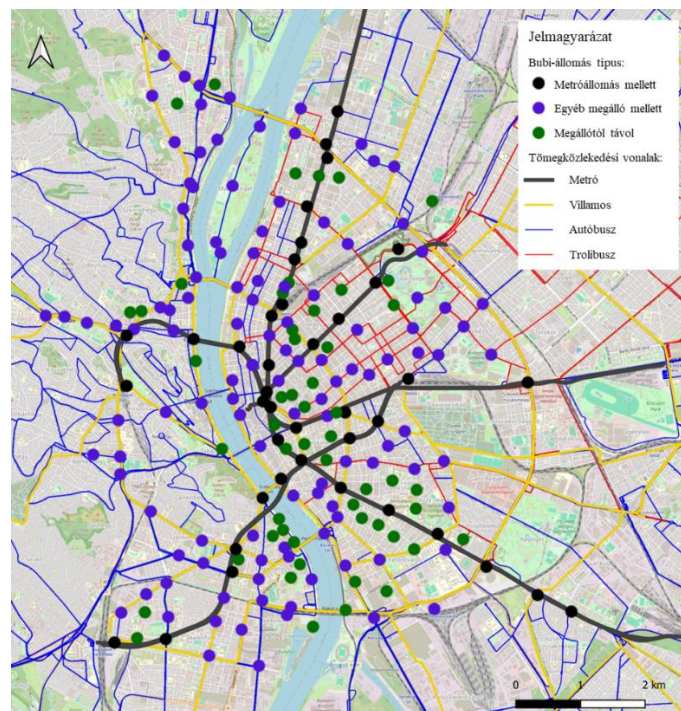
A kutatás készítésekor (2024), Budapesten a BKK 2014 óta üzemeltetett állomásalapú közösségi kerékpárrendszere, a MOL Bubi volt elérhető. A 2021-es megújítás után – könnyebb kerékpárokkal, új

mobilalkalmazással és egyszerűbb bérleti folyamattal – a használat jelentősen nőtt. A 2024. augusztusi állapot szerint a rendszer mintegy 2400 kerékpárból és 212 állomásból állt, körülbelül 48 km<sup>2</sup>-es szolgáltatási területen. Az állomássűrűség 4,4 állomás/km<sup>2</sup>, ami elmarad Párizs és New York értékeitől, de közel áll Szöuléhoz. A szolgáltatás elsősorban a belvárosra koncentrálódott, és fokozatosan, összefüggően terjeszkedett kifelé, miközben a dombosabb városrészek kevésbé ellátottak maradtak. A tarifa kedvező: a havi bérlet 1000 Ft volt, amely az első 30 perc kerékpározást ingyenesen tartalmazta.

A kerékpárosbarát infrastruktúra az elmúlt években bővült, de aránya még mindig alacsony. Az ECF (European Cyclist Federation) alapján a könnyen kerékpározható infrastruktúra a közúthálózat hosszának csak kis részét teszi ki (6,3%), elmaradva például Bécs (22,6%) vagy Varsó (19,6%) értékeitől. A hálózat töredezett; 5 km új infrastruktúrát építve az egybefonódó hálózat megnégyszereződhetne (82 km-ről 313 km-re) [41]. Ugyanakkor az egyirányú utcák egy részében ellenirányú kerékpározás is megengedett, ami javítja a hálózat használhatóságát.

A budapesti tömegközlekedés hétköznaponként mintegy 2,7 millió utazást bonyolít le, átlagosan 3,7 km-es utazási távolsággal. A hálózat 4 metró-, 35 villamos-, 16 trolibusz- és mintegy 300 autóbuszviszonylatból áll. A járműpark minősége vegyes: a buszok és trolibuszok többsége korszerű, alacsonypadlós és légkondicionált, míg a metró- és villamosvonalaknál jelentősebb eltérések vannak. A tömegközlekedés tarifái szintén kedvezők: a havi Budapest-bérlet 8950 Ft, a budapesti tömegközlekedésre is érvényes Pest vármegyebérlet 9450 Ft.

Mivel a kutatás fő célja a közösségi kerékpározás és a tömegközlekedés kapcsolatának vizsgálata, a 212 MOL Bubi-állomást a tömegközlekedési ellátottság alapján csoportosítottam (1. ábra). Vizsgáltam, hogy az állomástól számított 100 méteres gyaloglási távolságon belül található-e metróállomás, egyéb tömegközlekedési megálló. Bár a megosztott járművekhez általában 250 méteres gyaloglási távolságot tekintenek elfogadhatónak [42], [43], itt a szigorúbb, 100 méteres küszöböt alkalmaztam annak érdekében, hogy a valóban kedvező átszállási kapcsolatok adódjanak.



1. ábra: Bubi állomások helyszíne és típusa - 2024. augusztusi állapot (saját ábra; adatok forrása: Bubi állomások lokalizációja és ábrázolása QGIS szoftverben, OSM alaptérkép; tömegközlekedési vonalakhoz GTFS adatok felhasználása)

## 2.2 Adatgyűjtés

Az elemzéshez három fő adattípust használtam: (1) bérleti adatok, (2) kerékpáros útvonaladatok – az állomások közötti távolság és a kerékpárosbarát infrastruktúra –, valamint (3) statikus tömegközlekedési adat, úgy mint elérhetőség, típus, vonalszám és utazási idő. A napot öt időszakra bontottam: kora reggel (4:00-5:59), reggeli csúcs (6:00-8:59), napközben (9:00-14:59), délutáni csúcs (15:00-18:59) és este

(19:00-22:59), mivel az utazási igények és így a menetrend, a járatsűrűség és az üzemelő viszonylatok is többnyire ezen naptípusok szerint változnak. Az elemzés csak hétköznapokra terjedt ki.

Az elemzéshez anonimizált MOL Bubi-használati adatok álltak rendelkezésemre 2023 szeptember és 2024 augusztus közötti időszakra. Az eredeti adatállomány több mint 3,8 millió bérlést tartalmazott. A tisztítás során a torz vagy hibás adatokat, valamint azokat a bérléseket, amelyek nem illeszkedtek a kutatás céljához töröltem. Kizártam többek között az üzemeltetésű (pl. újraosztás) célú használatokat, a nem állomáshoz kötődő bérléseket, a hétvégi utazásokat, a körutakat, a 90 percnél hosszabb utakat, valamint a 4:00 előtti és 22:59 utáni bérléseket. A végső adatbázis így 2 238 422 bérlést tartalmazott. A 212 állomás összesen 44 732 lehetséges OD-párt eredményezett, amelyek közül 40 781-et legalább egyszer használtak. Az állomás kategóriák alapján öt honnan-hová állomáspár típust határoztam meg: (i) metróállomások között, (ii) tömegközlekedési megállók között (kivéve csak metrót), (iii) tömegközlekedési megálló csak a kiinduló állomáson, (iv) tömegközlekedési megálló csak a célállomáson, (v) nem tömegközlekedési megálló között.

A tömegközlekedési jellemzőket a BKK FUTÁR API-jából és GTFS-adataiból nyertem ki Python kód segítségével. A FUTÁR útvonaltervező moduljával („Plan Trip”) meghatároztam az egyes honnan-hová párokhoz tartozó legjobb tömegközlekedési kapcsolatot, figyelembe véve a metrót, villamost, autóbust és trolibuszt. Az útvonaltervezésben a gyaloglási távolság minimalizálása volt a cél. A futtatásokat egy tipikus tanítási nap öt időpontjában végeztem el meghatározva a teljes utazási időt, az átszállások számát és a gyaloglási időt. A GTFS-adatok alapján meghatároztam az állomások tömegközlekedési ellátottságát és az elérhető vonalak számát is.

Mivel a ténylegesen megtett kerékpáros útvonalak nem álltak rendelkezésre, a honnan-hová párok között a legrövidebb kerékpárosbarát útvonalat vettem alapul, feltételezve, hogy a megosztott kerékpárt használók a rövid és biztonságos útvonalakat részesítik előnyben [2], [16]. Ehhez szintén a FUTÁR útvonaltervezőjét használtam, kerékpáros módot beállítva, a változókat (biztonság, meredekség, idő fontossága) a BudapestGO alkalmazás „kerékpárosbarát” személyre szabási beállításával összhangban állítottam be. A kimenetek között szerepelt az egyes honnan-hová párok közötti kerékpározási távolság és kanyarodások száma. A menetidőt 15 km/h átlagos kerékpáros sebességgel becsültem. Kerékpárosbarát útszakasznak a kerékpárutat, a kerékpársávot és az alacsony forgalmú utakat (pl.: mellékutcák, korlátozott behajtási övezetek) tekintettem.

Az adatokat leíró statisztikákkal, Mann–Whitney U-próbával és t-próbával elemeztem, például a távolságok, a kerékpárosbarát útszakaszok aránya, illetve a tömegközlekedési elérhetőség kategóriák közötti különbségek vizsgálatánál. A relatív szórás összehasonlítására a variációs együtthatót alkalmaztam. Emellett regressziós modellt is definiáltam annak feltárására, hogy a kerékpáros infrastruktúra és a tömegközlekedési jellemzők miként hatnak a közösségi kerékpározási keresletre.

### 2.3 Zéró-inflált negatív binomiális (ZINB) modell

A gyakorlatban sok honnan-hová párt egyáltalán nem használnak; ezek az úgynevezett strukturális nullák, míg más kapcsolatok különböző intenzitással jelennek meg. A megfelelő regressziós modell kiválasztásához több tesztet is elvégeztem. A legmegfelelőbb az ún. zéró-inflált negatív binomiális (ZINB) modell, amely külön kezeli az inaktív honnan-hová párokat és az aktív párok bérlésszámait. A modell tehát egyszerre válaszolja meg azt, hogy egy kapcsolat egyáltalán használatba kerül-e, illetve, ha igen, milyen intenzitással.

A függő változónak az állomáspárok közötti bérlésszámot tekintettem, a magyarázó változók pedig a kerékpáros infrastruktúrára és a tömegközlekedési ellátottságra vonatkoztak. A magyarázó változókat a 1. táblázatban foglaltam össze. A kerékpáros távolság és a kerékpárosbarát útszakaszok aránya állandó változóként szerepelt, míg a tömegközlekedéssel kapcsolatos tényezők napszakonként változtak. Az utazási idő meghatározásánál figyelembe vettem az esetleges gyaloglási szükségletet is (pl. tömegközlekedési eszközök közötti átszállásnál). A modell egyik újdonsága, hogy a tömegközlekedés jelenlétét részletesebben is figyelembe veszi, például a kiindulási és célállomáson elérhető autóbust-, villamos- és metróvonalak számán keresztül. A tömegközlekedés hozzáférhetősége változó az alábbi értéket veszi fel: 0 ha nincs tömegközlekedés egyik állomáson sem, 1 részleges hozzáférhetőségnél, azaz, ha a kiinduló vagy a célállomáson elérhető csak tömegközlekedés, 2 ha mindkét állomáson van tömegközlekedés. A zéró-inflált részben a kerékpáros távolság, a kerékpárosbarát úthálózat aránya és az, hogy mindkét állomásnál elérhető-e tömegközlekedés, szerepelt, míg a negatív binomiális részbe az

összes változó bekerült. A modellbe bevont magyarázó változók közötti összefüggéseket ellenőriztem annak feltárására, hogy valamely változó mennyiben magyarázható a többi változóval, illetve fennáll-e közöttük erős korreláció, amely torzíthatná a regressziós becsléseket. A szakirodalomban szereplő néhány további változót a szoros korrelációs kapcsolat miatt kizártam. Ilyen volt például a kanyarodások száma, amely erősen korrelált a kerékpáros távolsággal. Az alkalmazott változók között a korreláció többnyire közepes erősségű. Az 1. táblázatban a változók általános statisztikai jellemzőit is összefoglaltam. A modellt Python-környezetben futtattam, több optimalizációs eljárást is tesztelve.

1. táblázat: Magyarázó változók és értékészletük (napszakonkénti értékek átlagolásával)

	Változó neve	Érték- készlete	Átlag	Szórás	Min.	Max.
Kerékpáros infra- struktúra	Kerékpáros távolság [km]	$\square^+$	4,440	2,240	0,298	14,018
	Kerékpárosbarát szakasz aránya [%]	0-1	0,641	0,221	0	1
	Tömegközlekedés/ kerékpározás utazási idő aránya [%]	0-1	1,630	0,580	0	2,68
Tömeg- közlekedés térbeli hozzá- férhetősége	Átszállások száma	$\square^+$	0,821	0,601	0	2,9
	Tömegközlekedés hozzáférhetősége	0, 1, 2	1,498	0,612	0	2
	Metró vonalak száma a kiinduló- vagy célállomáson	$\square^+$	0,204	0,458	0	3
	Villamos vonalak száma a kiinduló- vagy célállomáson	$\square^+$	0,995	1,497	0	4,37
	Autóbusz/trolibusz vonalak száma a kiinduló- vagy célállomáson	$\square^+$	2,106	2,553	0	15,02

### 3. Eredmények

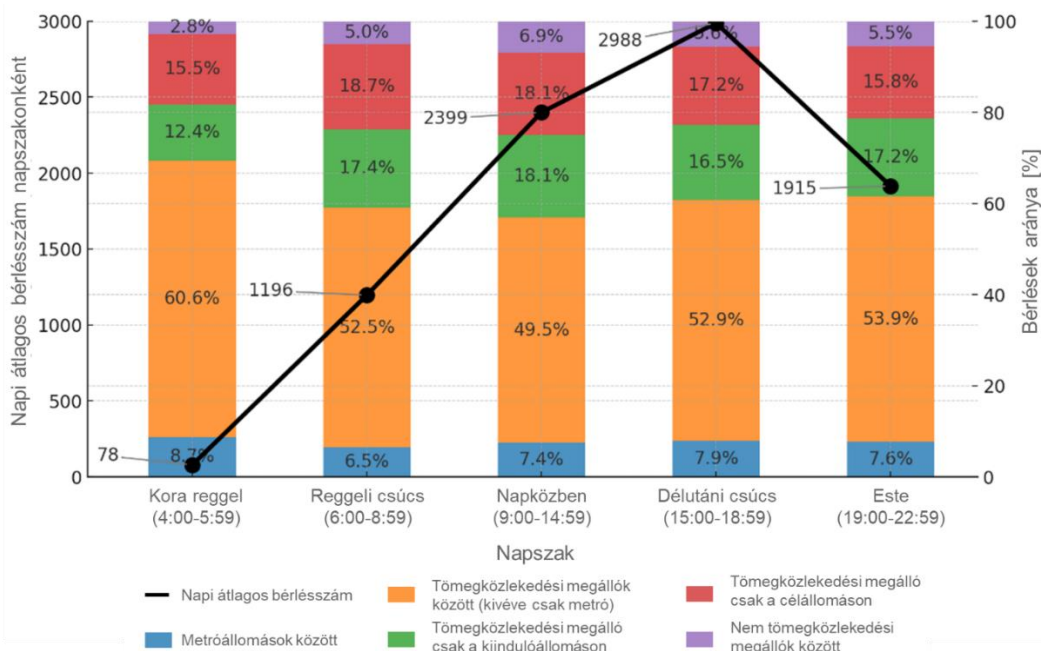
Az óránkénti átlagos közösségi kerékpárhasználat 427 bérlés, de a napszakok között jelentős eltérés figyelhető meg: a délutáni csúcs a legerősebb (747), az esti időszak is kiemelkedő (479), a reggeli csúcs és a napközbeni bérlésszám magas (399), míg a kora reggeli használat elhanyagolható. Ez arra utal, hogy a kerékpármegosztás nem csupán ingázási célokat szolgál, hanem különösen délután és este szabadidős utazásokhoz is erősen kapcsolódik. A bérlések egyértelmű szezonalitást mutatnak: nyáron az esti használat majdnem eléri a délutáni csúcs szintjét, míg késő ősszel, télen és kora tavasszal jelentősen visszaesik, különösen az esti órákban; a legforgalmasabb szeptemberi délutánokon az átlagos óras bérlésszám 1000 feletti. Az utazási távolságok szintén napszak és évszak szerint változnak: a napközbeni utak a legrövidebbek (2088 m) és legegyszerűsebbek, a reggeli csúcsban a leghosszabbak (2495 m), télen pedig összességében rövidebb utak jellemzők (2079 m).

#### 3.1 Kapcsolat a tömegközlekedéssel – leíró statisztika

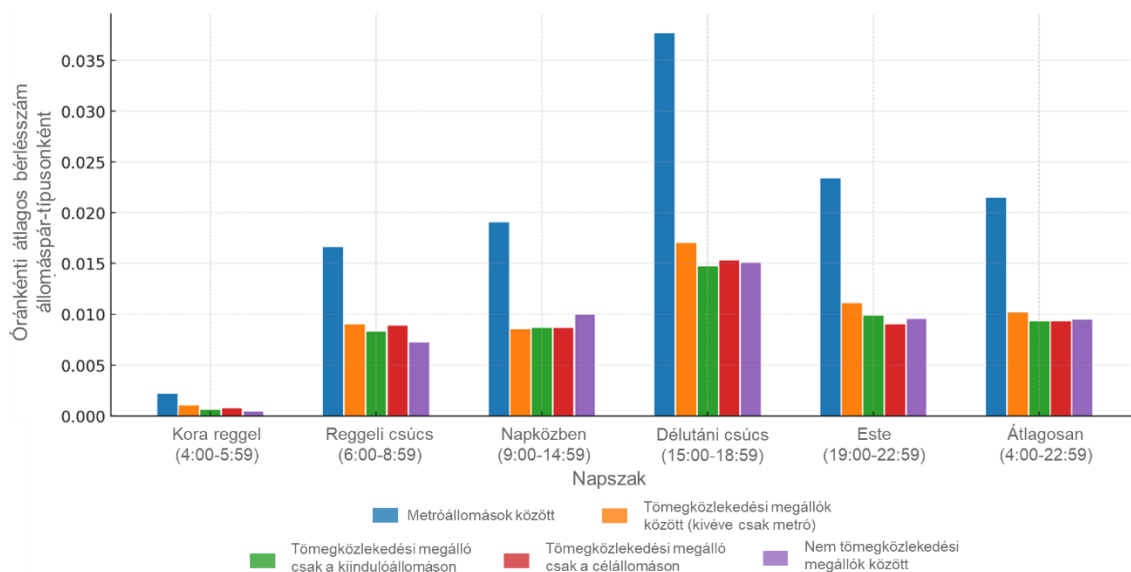
A tömegközlekedési hozzáférhetőség alapján képzett honnan-hová párok megoszlása szerint a bérlések 60%-a két tömegközlekedési megálló között történt, ezen belül 7,5% metróállomások között. További 17–17% olyan relációban jelent meg, ahol csak az indulási, vagy csak az érkezési oldalon van tömegközlekedési kapcsolat, míg mindössze 6% zajlott olyan állomások között, amelyek közelében nincs tömegközlekedési megálló (2. ábra). Ez arra utal, hogy a közösségi kerékpározást többnyire a tömegközlekedéssel párhuzamosan használjuk (verseng), mivel minden napszakban a legtöbb bérlés két tömegközlekedési csomópont között történt. Egyértelműbb ráhordó szerep főként a reggeli csúcsban látható, amikor azon relációk aránya, amik tömegközlekedési megálló közelében fejeződnek be, de az induló állomás közelében nincs tömegközlekedési megálló kissé nagyobb; a közösségi kerékpár feltehetően az első kilométer megtételét szolgálja. Télen ugyanakkor kissé nő azon honnan-hová párok aránya, ahol csak az egyik oldalon van tömegközlekedési kapcsolat, ami kedvezőtlenebb kerékpározási körülmények (hideg, csapadék) között a kiegészítő szerepre utalhat.

A relatív használat meghatározható az átlagos óránkénti bérlésszám és az adott kategóriába tartozó honnan-hová párok számának hányadosa alapján (3. ábra). Ezzel az eltérő kategóriaméretnek torzító hatása kiküszöbölhető. Bár az összes bérlésen belül a metróállomások közötti utak aránya alacsony, relatív értelemben ezek a legintenzívebben használt kapcsolatok. Szinte minden napszakban a tömegközlekedési megállók között, különösen a metróállomások között kategória bizonyult a

legforgalmasabbnak. Ez azt mutatja, hogy a közösségi kerékpár leginkább olyan relációkban erős, ahol a tömegközlekedés is jó minőségben elérhető.



2. ábra: Bérlések aránya állomáspár kategóriák alapján és napi átlagos bérlésszám napszakonként



3. ábra: Relatív bérlésszám óránként egy állomáspár kategórián eltérő napszakokban

Az átlagos kerékpáros utazási távolság 2318 méter volt, és a távolság szignifikánsan különbözött az állomáspár kategóriák között. A leghosszabb utak jellemzően ott jelentek meg, ahol mindkét állomás elérhető volt tömegközlekedéssel, ami a versenyző szerepet erősíti. Ugyanakkor a tömegközlekedési megállók közötti kerékpáros utak átlagosan még így is rövidebbek voltak (2,4 km), mint a tömegközlekedési utazások átlagos hossza (3,7 km), a metróállomások közötti bérlések pedig különösen rövidnek bizonyultak (2,2 km), ami arra utal, hogy a kerékpár gyakran 1–2 megállós metróroutákat vált ki. A csak egyik állomáson elérhető tömegközlekedéssel rendelkező relációk rövidebb útjai (2,2 km) inkább a ráhordó, első vagy utolsó kilométeres szerepet tükrözik, míg a tömegközlekedés nélküli kapcsolatok rövidek (1,9 km) és inkább helyi igényeket szolgálnak ki.

A kerékpárosbarát infrastruktúra aránya átlagosan 61,6% volt, de szignifikánsan eltért az egyes kategóriák között. A legmagasabb értékek a metróállomásokat vagy egyéb tömegközlekedési megállót összekötő relációkban jelentek meg, ami azzal magyarázható, hogy a kerékpáros létesítmények gyakran a fő közlekedési folyosókkal párhuzamosan épültek ki. A legalacsonyabb értékek

azon relációkban jelentkeznek, amik nem tömegközlekedési megállók között valósultak meg. Ennek lehetséges oka, hogy ezek az utazások a belváros olyan mellékutcaiban történnek, amelyek ugyan nem számítanak alacsony forgalmú útnak, de dedikált kerékpáros infrastruktúrával sem rendelkeznek.

Az állomáspár kategóriák TOP 20 relációját vizsgálva, az összes metróállomásközötti reláció 13,6%-a, az egyéb tömegközlekedési megálló közötti reláció 3,3%, a tömegközlekedési megálló csak az egyik oldalon kategória 7,5%, míg a nem tömegközlekedési megállók 18,6%-a tartozik az adott kategória TOP 20 relációjába. A metróállomások között a közösségi kerékpárokat jellemzően rövid, 1-2 megállós, párhuzamos utakhoz vagy átszállás elkerülés érdekében használják. A TOP 20 egyéb tömegközlekedési megálló között zajló bérletek a Margitszigeten koncentrálódnak, ahol a közösségi kerékpárt többnyire szabadidős céllal használják. Bár a területtel párhuzamosan buszvonal is közlekedik, a kis forgalmú környezet vonzóvá teszi a kerékpározást. A nem tömegközlekedési megálló közötti bérletek az egyetemek (BME, SOTE) környezetében csoportosulnak, összekapcsolva a campusokat és kollégiumokat. A ráhordó jellegű bérlet népszerű, egyetemeket és tömegközlekedési megállókat összekötő állomáspárokból, valamint olyan városrészekben jelenik meg, ahol a tömegközlekedés csak a terület szélén érhető el (pl. Corvinnegyed, Losoncinegyed, Palotanegyed, Középső-Ferencváros).

### 3.2 Kapcsolat a tömegközlekedéssel – ZINB modell

A 2. táblázatban a ZINB modell eredményeit mutatom be napszakok szerint. A kora reggeli alacsony elemszám miatt ott egyetlen változó sem bizonyult szignifikánsnak. Ezért – feltételezve a hasonló utazási motivációt (vagyis a munkába járást) – a kora reggeli és a reggeli csúcsidőszakot összevontam. A legtöbb változó 99%-os szinten szignifikáns.

2. táblázat: Koefficiens értékek

ZINB rész	Változó neve	Össz.	Reggel (4:00-8:59)	Napköz. (9:00-14:59)	Délután (15:00-18:59)	Este (19:00-22:59)
Negatív binomális rész	Kerékpáros távolság	-1.033***	-0.651***	-1.423***	-1.133***	-1.305***
	Kerékpárosbarát szakasz aránya	0.183***	0.127***	0.168***	0.203***	0.144***
	Tömegközlekedés/ kerékpározás utazási idő aránya	0.215***	0.253***	0.105***	0.149***	0.126***
	Átszállások száma	-0.160***	-0.157***	-0.048***	-0.082***	-0.112***
	Tömegközlekedés hozzáférhetősége	0.112***	0.077***	0.039**	0.071***	0.097***
	Metró vonalak a kiindulóállom	0.181***	0.177***	0.160***	0.180***	0.138***
	Villamos vonalak a kiindulóáll.	0.074***	0.059***	0.082***	0.060***	0.120***
	Autó-/trolibusz vonalak a kiindulóállomáson	0.013*	0.062***	-0.006 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.046***
	Metró vonalak sáma a célállomáson	0.180***	0.191***	0.173***	0.185***	0.105***
	Villamos vonalak a célállomáson	0.081***	0.031**	0.088***	0.111***	0.097***
	Autóbusz/trolibusz vonalak a célállomáson	0.009 <sup>ns</sup>	-0.035**	-0.008 <sup>ns</sup>	0.046***	0.055***
<i>Konstans</i>	3.183***	1.685***	1.693***	2.134***	1.540***	
Zéró-inflált rész	Kerékpáros távolság	2.007***	1.950***	2.36***	2.286***	2.058***
	Kerékpárosbarát szakasz aránya	-1.122***	-0.413***	-0.724***	-0.737***	-0.805***
	Tömegközlekedési hozzáférhetősége az állomásokon	-0.619**	-0.519***	-0.587***	-0.308**	-0.233*
	<i>Konstans</i>	-5.550***	-1.855***	-3.788***	-4.137***	-3.547***
	Ln(alfa)	1.005***	2.703***	1.154***	1.192***	1.160***

\*\*\* p<0.001, \*\* p<0.01, \* p<0.05, ns nem szignifikáns; iterációk száma: 108, 73, 88, 75, 72

**Zéró-inflált rész.** Annak, hogy egy állomáspáron nincs bérlete, a legerősebb magyarázó változója a kerékpáros távolság: a hosszabb távolság növeli annak valószínűségét, hogy egyáltalán ne történjen bérlet ( $\beta=+2,007$ ). Ez a hatás a délutáni csúcsban erősebb ( $\beta=+2,286$ ), reggel pedig gyengébb ( $\beta=+1,950$ ), vagyis a hosszabb távolság délután nagyobb arányban magyarázza a kihasználatlan állomáspárokat. Kevésbé erős, de még mindig jelentős változó a kerékpárosbarát utak aránya. Ha az állomások között kedvezőbb a kerékpáros infrastruktúra, kisebb a zéró bérletek valószínűsége ( $\beta=-1,122$ ). Ez a hatás reggel gyengébb ( $\beta=-0,413$ ), mint a nap többi részében (délután:  $\beta=-0,737$ ;

napközben:  $\beta=-0,724$ ; este:  $\beta=-0,805$ ), vagyis reggel nagyobb szerepe van annak magyarázatában, hogy egyes állomáspárok tartósan kihasználatlanok maradnak. Egy további, kisebb magyarázó erejű változó a tömegközlekedés elérhetősége mindkét oldalon írja le ( $\beta=-0,619$ ). Ha mind az indulási, mind az érkezési állomásnál elérhető a tömegközlekedés, kisebb a valószínűsége annak, hogy az adott állomáspárban ne történjen bérlés. Ez a hatás napközben a legerősebb ( $\beta=-0,587$ ), délután gyengébb ( $\beta=-0,308$ ), este pedig még kisebb ( $\beta=-0,233$ ), tehát napközben nagyobb szerepe van annak magyarázatában, hogy mely állomáspárok maradnak tartósan használaton kívül.

**Negatív binomiális rész.** Szintén a távolság a legerősebb tényező, és növekedésével csökken a bérlések száma. A becsült együttható ( $\beta=-1,033$ ) azt jelzi, hogy a kerékpáros távolság egy szórásnyi növekedése – ami körülbelül 2,24 km-rel nagyobb az átlagnál – várhatóan mintegy 48–76%-kal csökkenti a bérlések számát. A távolság hatása erősebb a nem csúcsidőszakokban (napközben:  $\beta=-1,423$ ; este:  $\beta=-1,305$ ), mint csúcsidőben (reggel:  $\beta=-0,651$ ; délután:  $\beta=-1,133$ ).

A kerékpárosbarát infrastruktúra minden napszakban mérsékelt pozitív hatást mutat ( $\beta=0,183$ ). Minél magasabb az ilyen infrastruktúra aránya egy honnan-hová pár esetén, annál több a bérlés. Egy szórásnyi növekedés – 22%-os emelkedés a 64%-os átlaghoz képest – 13–22%-kal növelheti a keresletet. A hatás azonban napszakonként eltér: délután a legerősebb ( $\beta=0,203$ ), reggel pedig a leggyengébb ( $\beta=0,127$ ).

A tömegközlekedési és a kerékpáros menetidő aránya szintén hasonlóan erős magyarázó változó ( $\beta=0,215$ ). Minél nagyobb ez az arány, vagyis minél lassabb a tömegközlekedés a kerékpározáshoz képest, annál több a bérlés. Egy szórásnyi növekedés – körülbelül 0,58 – 12–30%-kal növeli a várható bérlésszámot. A legnagyobb hatás reggel figyelhető meg ( $\beta=0,253$ ), míg a nap többi részében ez a hatás mérsékelt ( $\beta=0,105$ – $0,149$ ).

Az átszállások számának növekedése csökkenti a bérlések számát, de a hatás mérsékelt ( $\beta=-0,160$ ). Napszakok szerint ez a hatás gyengébb: reggel a legerősebb ( $\beta=-0,157$ ), napközben pedig a legkisebb ( $\beta=-0,048$ ). Egy szórásnyi növekedés – körülbelül 0,6-tal a 0,8-as átlaghoz képest – nagyjából 4–14%-kal csökkenti a várható bérlésszámot.

A tömegközlekedési elérhetőséget leíró ordinális változó (0 = egyik állomásnál sincs tömegközlekedés, 1 = csak az egyiknél van, 2 = mindkét állomásnál van) enyhe pozitív hatást mutat. Minél jobb a tömegközlekedési hozzáférhetőség, annál magasabb a bérlések száma. Az egyes közlekedési módokat tekintve a kiinduló- vagy a célállomásnál elérhető metróvonalak száma minden időszakban pozitív hatású, különösen csúcsidőben. A metróvonalak számának egy szórásnyi növekedése 15–21%-kal növeli a várható bérlésszámot, és ez a hatás csúcsidőben a legerősebb. A legtöbb időszakban a célpontnál elérhető metróvonalak hatása valamivel nagyobb, kivéve este. Ez azzal magyarázható, hogy a közösségi kerékpárt általában inkább a metró elérésére használják (első kilométer), míg este az irány megfordul, és inkább az utolsó kilométer megtételét szolgálja – feltehetően szabadidős célú utazásoknál. Ez alapján feltételezhető a kiegészítő szerep. A villamosvonalak száma szintén pozitív, de gyengébb hatást mutat, főként a nem csúcsidőszakokban. Az autóbusszvonalak száma enyhén pozitívan hat a bérlések számára, kivéve reggel, amikor a célállomásnál elérhető autóbusszvonalak száma negatív hatást mutat, vagyis csökkenti a bérlések számát.

**Modellkonstansok.** A negatív binomiális rész konstansa azt mutatja, hogy egy átlagos állomáspár esetében – amikor minden standardizált magyarázó változó értéke nulla – mekkora a várható bérlésszám. Ezt függvényül becsültem, így az átlagos napi bérlésszám egy állomáspárban  $\exp(\beta)$  formában adható meg. Ez az érték napszakonként a következő: reggel és napközben 5,4, délután 8,4, este 4,7. Ennek megfelelően egy aktív állomáspárban a teljes nap során az átlagos bérlésszám 24,7. A zéró-inflált rész konstansa azt becsüli, hogy egy honnan-hová párban a zéró bérlések tartósan fennálló, strukturális nullák-e, vagy csupán véletlenszerűek. A becslés alapján a strukturális nullák aránya az összmintában 0,41%. Napszakonként a tartósan zéró állomáspárok aránya reggel 13,5%, napközben 2,2%, a délutáni csúcsban 1,6%, este pedig 2,8%. Ez azt jelenti, hogy a honnan-hová párok többségében van esély bérlésre; a legtöbb nulla érték mintavételi nulla, kivéve a reggeli időszakot, amikor a tartósan inaktív honnan-hová párok aránya számottevő. Emiatt a ZINB modell alkalmazása indokolt a hagyományos negatív binomiális regresszióval szemben, különösen a reggeli időszak esetében.

## 4. Következtetések

### 4.1 Kiegészítő vagy helyettesítő

A leíró elemzés és a ZINB modell alapján a közösségi kerékpározás versenyző vagy kiegészítő szerepe nem dönthető el egyértelműen, ahogy azt a [8], [31], [38] tanulmányokban is megjegyzik. Az eredmények ugyanakkor inkább a versenyző szerepet erősítik, eltérően több ázsiai város tapasztalataitól [25], [26]. Ezt támasztja alá, hogy a bérletek 60%-a két tömegközlekedési megálló között történik, miközben csak egyharmaduk kapcsolódik részben tömegközlekedési megállóhoz. A kerékpárosbarát infrastruktúrát elemző tanulmányok ([12], [18], [44]) tovább erősítik ezt a versenyhelyzetet, bár ez részben azzal is magyarázható, hogy ezek az infrastruktúrák többnyire a fő közlekedési folyosók mentén, a nagy kapacitású vonalakkal párhuzamosan épültek ki Budapesten.

A közösségi kerékpáros utak átlagosan rövidebbek, ami megerősíti, hogy a nagyobb távolság növeli a zéró bérletek valószínűségét, és csökkenti a használat intenzitását is, összhangban korábbi kutatások [23], [35] eredményeivel. Ugyanakkor a metró- és egyéb tömegközlekedési megállók közötti honnan-hová párok átlag feletti távolságai ismét a versenyző szerepre utalnak. A TOP20 állomáspár azt mutatja, hogy a közösségi kerékpár gyakran 1–2 megálló, főként metróutakat vált ki, vagy a használatukkal az átszállási kényszer kerülhető el, hasonlóan [19] megállapításaihoz. A ráhordó szerep esetén viszont a megtett távolság jellemzően rövidebb, ami a kiegészítő funkciót erősíti. A közvetlen tömegközlekedési kapcsolat növeli a bérletek számát, és ha a kiindulási és célállomásnál is elérhető tömegközlekedés, csökken a zéró bérletek valószínűsége. Ez különösen napközben erősebb, amikor a tömegközlekedés sűrűsége feltehetően alacsonyabb. Emellett a tömegközlekedési és kerékpáros utazási idő aránya is a versenyző szerepet támasztja alá [8], [23], [39]: minél kedvezőbb a kerékpározás relatív menetideje, annál több a bérlet, különösen reggel, amikor az idő nagyobb szerepet játszik és a közösségi kerékpár kiszámíthatóbb alternatívát jelent [14].

Mindemellett a közösségi kerékpározás kiegészítő szerepe is kimutatható. A metróvonalak száma erős pozitív hatást mutat, különösen a célállomásoknál, ami az első kilométeres ráhordó használatra utal. Csúcsidőben a metró elérhetősége a legfontosabb, míg csúcsidőn kívül inkább a villamos- és az autóbuszvonalak számának van nagyobb szerepe. Ez a metró hálózati jelentőségét emeli ki, összhangban korábbi kutatások [10], [11], [28] eredményeivel. A kiegészítő szerepet a szezonális különbségek is erősítik: télen magasabb azon állomáspárok aránya, ahol csak a kiinduló- vagy a célállomásnál van tömegközlekedés, míg nyáron nő a tömegközlekedési megállók közötti összekötő relációk aránya.

Kim és Cho [27] eredményeivel ellentétben az átszállások száma nem növeli, hanem csökkenti a bérletek számát, ami valószínűleg Budapest sűrű és viszonylag közvetlen tömegközlekedési hálózatával magyarázható. A vizsgált területen az átlagos átszállásszám 0,821, vagyis általában kevesebb mint egy, miközben az átszállás főként a távolabb lévő állomáspárokhoz kapcsolódik, amelyeket a közösségi kerékpárhasználók eleve kevésbé kedvelnek. A budapesti eredmények – a túlnyomórészt versenyző szerep, de metrókapcsolatoknál megjelenő kiegészítő funkció – összhangban állnak a közepes méretű holland városok tapasztalataival, ahol a közösségi kerékpározás gyakran helyettesíti a városi tömegközlekedést [40], valamint a londoni eredményekkel, ahol a verseny erősödik, ha a metró lassabb a kerékpározásnál [39]. Az európai városokban a sűrű, gyakori és viszonylag olcsó tömegközlekedés, valamint a kompakt városszerkezetből adódó rövidebb utazási távolságok miatt a várakozási idő megtakarítása különösen kedvezhet a közösségi kerékpározás versenyző szerepének. Ugyanakkor célzott szakpolitikai eszközökkel az integrált használat is ösztönözhető.

### 4.2 Szakpolitikai javaslatok

A szakpolitikai javaslatok célja a közösségi kerékpározás és a tömegközlekedés integrált használatának ösztönzése, valamint a megbízható és kényelmes első és utolsó kilométeres kapcsolatok biztosítása: (i) a tarifaintegráció, (ii) a ráhordó utak célzott ösztönzése, (iii) az állomáshálózat bővítése, valamint (iv) a kerékpárok elérhetőségének garantálása.

(i) Integrált tömegközlekedési–közösségi kerékpáros bérlet bevezetése növelhetné a használatot; ugyanakkor helyettesítési hatást is kiválthat. Lehetséges konstrukciók: korlátlan kerékpárhasználati kiegészítő, kedvezményes keret (például 10 darab 30 perces utazással) –, amelynek ára alacsonyabb a külön megvásárolt tömegközlekedési és közösségi kerékpáros bérletek együttes költségénél,

(ii) Differenciált díjszabási rendszer bevezetése kifejezetten ösztönözve a ráhordó használatot, például alacsonyabb díjakkal a metróállomásoknál induló vagy végződő utazások esetén, a 15 percnél több használat meredeken növekvő költségével. Ez visszafoghatná a teljes utazás kiváltását, miközben megőrizné a méltányosságot.

(iii) Állomáshálózat célzott bővítése és az infrastruktúra fejlesztése a tömegközlekedéssel gyengébben ellátott területeken, valamint a metróállomások környezetében erősítené a közösségi kerékpározás ráhordó szerepét és javítaná a két mód integrációját.

(iv) Fejlettebb újraelosztási stratégiák bevezetésével biztosítható lenne a kerékpárok rendelkezésre állása a ráhordó utakhoz – például több kerékpár kihelyezésével a lakóterületeken a reggeli csúcsban, illetve jól láthatóan nagyobb kínálattal a metróállomásoknál délután és este.

## Konklúzió

A megosztott közlekedési formák szerepének megértése alapvető fontosságú a részarányának növeléséhez. A kutatás fő eredménye egy honnan-hová-szintű elemzés és egy ZINB modell felépítése, amelyekkel a közösségi kerékpározás tömegközlekedéssel szembeni versenyző és kiegészítő szerepe feltárható, továbbá a zero bérlésszámú állomáspárok mögötti tényezők is azonosíthatók.

Az eredmények szerint a közösségi kerékpározás szerepe Budapesten a közösségi közlekedéshez viszonyítva túlnyomórészt versenyző jellegű, bár kiegészítő, ráhordó funkció is megjelenik. A bérlések mintegy 60%-a olyan állomáspárok között történik, ahol mindkét oldalon elérhető a tömegközlekedés, különösen metró- vagy villamos, ahol a közösségi kerékpár gyakran rövid, 1–2 megállós közösségi közlekedési utakat vált ki, vagy használatával a szükségszerű átszállások kerülhetők el. Ezt a versenyző jellegűt tovább erősíti, ha a közösségi közlekedés lassabb a kerékpározásnál, különösen a reggeli csúcsban, illetve, ha jó minőségű kerékpárosbarát infrastruktúra fut párhuzamosan a nagy kapacitású tömegközlekedési vonalak mentén. Ugyanakkor a bérlések körülbelül egyharmada olyan relációk között zajlik, ahol a tömegközlekedés csak az indulási, vagy csak a célállomáson érhető el, ami ráhordó funkcióra utal, elsősorban a metró elérésében. Ez a kiegészítő szerep télen hangsúlyosabb, amikor a kerékpározási körülmények kedvezőtlenebbek. A villamos-, különösen pedig a metrókapcsolatok mérhetően pozitív hatást gyakorolnak a közösségi kerékpározás használatára, míg az autóbusszokkal való kapcsolat gyenge. A zero honnan-hová párokat elsősorban a nagyobb távolságok és a kerékpárosbarát infrastruktúra alacsony aránya magyarázza, míg a tömegközlekedés mindkét oldali elérhetősége kisebb, de szintén szignifikáns szerepet játszik.

Bár a közösségi kerékpározás tömegközlekedéssel szembeni versenyző jellege első látásra kedvezőtlen tendenciának tűnhet, mindkét mód fenntartható közlekedési lehetőség. Valójában csak nő az utazók lehetősége a fenntartható közlekedési módok közötti választásra, és ezzel együtt valószínűleg erősödik a fenntartható közlekedés iránti elköteleződésük is. Mindazonáltal a közösségi kerékpározás kiegészítő és ráhordó szerepének erősítése tovább növelheti ezt az elköteleződést, és új felhasználókat is vonzhat.

*Köszönetnyilvánítás: Köszönetemet fejezem ki a Magyar Tudományos Akadémiának a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00393/22) odaítéléséért. Az ösztöndíj nélkülözhetetlen pénzügyi támogatást nyújtott a kutatás megvalósításához. Köszönet illeti továbbá a Budapesti Közlekedési Központot, amiért hozzáférést biztosított a tanulmányban felhasznált Bubi közösségi kerékpárrendszer bérlési adataihoz.*

## Irodalomjegyzék

- [1] M. Matowicki, M. Amorim, M. Kern, P. Pecherkova, N. Motzer and O. Pribyl, “Understanding the potential of MaaS – An European survey on attitudes,” *Travel Behaviour and Society* 2022/27 204–215. doi: 10.1016/j.tbs.2022.01.009.
- [2] J. Chung, E. Yao, L. Pan and J. Ko, “Understanding the route choice preferences of private and dock-based public bike users using GPS data in Seoul, South Korea,” *Journal of Transport Geography* 2024/116 103845. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2024.103845.

- [3] D. Wang, M. Jin, D. Tong, X. Chang, Y. Gong and Y. Liu, "Evaluating the bikeability of urban streets using dockless shared bike trajectory data," *Sustainable Cities and Society* 2024/101 105181. doi: 10.1016/j.scs.2024.105181.
- [4] A. Jaber and J. Hamadneh, "Demographic Analysis of Active Transport Mode Users in Urban Context," *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 2024/52(4). doi: 10.3311/PPtr.23401.
- [5] E. Coenegrachts, T. Vanelslender, A. Verhetsel and J. Beckers, "Analyzing shared mobility markets in Europe: A comparative analysis of shared mobility schemes across 311 European cities," *Journal of Transport Geography* 2024/118 103918. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2024.103918.
- [6] G. P. Griffin and I. N. Sener, "Planning for Bike Share Connectivity to Rail Transit," *Journal of Public Transportation* 2016/19(2) 1–22. doi: 10.5038/2375-0901.19.2.1.
- [7] BKK, Budapesti Mobilitási Riport. Budapest: Centre for Budapest Transport, 2025. [Online]. Elérhető: <https://bkk.hu/rolunk/strategiank/budapesti-mobilitasi-terv/monitoring-es-ertekelesi-rendszer/>
- [8] J. Ye, J. Bai and M. Diana, "Mapping connection and substitution behaviors between shared E-bicycles and public transportation," *Transportation* 2024. doi: 10.1007/s11116-024-10550-0.
- [9] X. Guo et al., "An adaptive OD flow clustering method to identify heterogeneous urban mobility trends," *Journal of Transport Geography* 2025/123 104080. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2024.104080.
- [10] A. Jaber and B. Csonka, "How Do Land Use, Built Environment and Transportation Facilities Affect Bike-Sharing Trip Destinations?," *Promet - Traffic & Transportation* 2023/35(1). doi: 10.7307/ptt.v35i1.67.
- [11] H. J. Kim, U. H. Jeong and S. H. Kim, "How do directed and undirected travel differ? Evidence from year-long bikeshare trips," *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2025/142 104713. doi: 10.1016/j.trd.2025.104713.
- [12] Y. Yan and Q. Chen, "Spatial heterogeneity and nonlinearity study of bike-sharing to subway connections from the perspective of built environment," *Sustainable Cities and Society* 2024/114 105766. doi: 10.1016/j.scs.2024.105766.
- [13] X. Ma, Y. Ji, M. Yang, Y. Jin and X. Tan, "Understanding bikeshare mode as a feeder to metro by isolating metro-bikeshare transfers from smart card data," *Transport Policy* 2018/71 57–69. doi: 10.1016/j.tranpol.2018.07.008.
- [14] X. Li, M. Du, Y. Shen and J. Yang, "The intention of continual use of dockless bike sharing connecting with metro: A perspective based on loyal users," *Research in Transportation Business & Management* 2024/54 101126. doi: 10.1016/j.rtbm.2024.101126.
- [15] H. Cui, Z. Ren, X. Ma and M. Zhu, "How does Bike Absence Influence Mode Shifts Among Dockless Bike-Sharing Users? Evidence From Nanjing, China," *Transportation Research Record* 2025/2679(6) 471–488. doi: 10.1177/03611981251318340.
- [16] S.-H. Cho and D. Shin, "Estimation of Route Choice Behaviors of Bike-Sharing Users as First- and Last-mile Trips for Introduction of Mobility-as-a-Service (MaaS)," *KSCE Journal of Civil Engineering* 2022/26(7) 3102–3113. doi: 10.1007/s12205-022-0802-1.
- [17] Y.-C. Chiou and K.-C. Wu, "Bikesharing: The first- and last-mile service of public transportation? Evidence from an origin–destination perspective," *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 2024/187 104162. doi: 10.1016/j.tra.2024.104162.
- [18] L. Liu, H. Kong, T. Liu and X. Ma, "Mode Choice between Bus and Bike-Sharing for the Last-Mile Connection to Urban Rail Transit," *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems* 2022/148(5) 04022017. doi: 10.1061/JTEPBS.0000663.
- [19] H. Lang, S. Zhang, K. Fang, Y. Xing and Q. Xue, "What Is the Impact of a Dockless Bike-Sharing System on Urban Public Transit Ridership: A View from Travel Distances," *Sustainability* 2023/15(14) 10753. doi: 10.3390/su151410753.
- [20] C. Zhang and H. Zhou, "The study of Coopetition between Public Bus and Bike Sharing based on Environmental Protection," *E3S Web of Conferences* 2019/136 04015. doi: 10.1051/e3sconf/201913604015.
- [21] C. Kapuku, S.-Y. Kho, D.-K. Kim and S.-H. Cho, "Modeling the competitiveness of a bike-sharing system using bicycle GPS and transit smartcard data," *Transportation Letters* 2022/14(4) 347–351. doi: 10.1080/19427867.2020.1758389.

- [22] X. Ma, X. Zhang, X. Li, X. Wang and X. Zhao, “Impacts of free-floating bikesharing system on public transit ridership,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2019/76 100–110. doi: 10.1016/j.trd.2019.09.014.
- [23] M. Kim and G.-H. Cho, “The effects of bike-share users’ socio-demographics and trip features on the bike-transit relationships,” *International Journal of Sustainable Transportation* 2023/17(8) 897–910. doi: 10.1080/15568318.2022.2119903.
- [24] T. Yu, Y. Zhang, A. P. Teoh, A. Wang and C. Wang, “Factors Influencing University Students’ Behavioral Intention to Use Electric Car-Sharing Services in Guangzhou, China,” *SAGE Open* 2023/13(4) 21582440231210551. doi: 10.1177/21582440231210551.
- [25] H. Tang and D. Zhou, “Understanding the Competition and Cooperation between Dockless Bike-Sharing and Metro Systems in View of Mobility,” *Sustainability* 2024/16(13) 5780. doi: 10.3390/su16135780.
- [26] M. Yun, W. Huang, C. Zhang, X. Yan and J. Zheng, “Quantitative analysis of the relationships between dockless bike sharing and public transport: A trip-level perspective,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 2024/190 104277. doi: 10.1016/j.tra.2024.104277.
- [27] M. Kim and G.-H. Cho, “Analysis on bike-share ridership for origin–destination pairs: Effects of public transit route characteristics and land-use patterns,” *Journal of Transport Geography* 2021/93 103047. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103047.
- [28] Y. Fan and S. Zheng, “Dockless bike sharing alleviates road congestion by complementing subway travel: Evidence from Beijing,” *Cities* 2020/107 102895. doi: 10.1016/j.cities.2020.102895.
- [29] Y. Zhang, X.-J. Chen, S. Gao, Y. Gong and Y. Liu, “Integrating smart card records and dockless bike-sharing data to understand the effect of the built environment on cycling as a feeder mode for metro trips,” *Journal of Transport Geography* 2024/121 103995. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2024.103995.
- [30] Z. Zheng, J. Wang, W. Liu and H. Yang, “Competition in complementary transport services: Integrating bike-sharing with public transit,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 2025/203 104364. doi: 10.1016/j.tre.2025.104364.
- [31] B. Wei and L. Zhu, “Exploring the Impact of Built Environment Factors on the Relationships between Bike Sharing and Public Transportation: A Case Study of New York,” *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2023/12(7) 293. doi: 10.3390/ijgi12070293.
- [32] X. Liu, J. Chen, X. Chen and X. Yu, “Spatial spillover effects of shared micro-mobility on public transit in medium-sized cities,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2025/147 104923. doi: 10.1016/j.trd.2025.104923.
- [33] R. Martin and Y. Xu, “Is tech-enhanced bikeshare a substitute or complement for public transit?,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 2022/155 63–78. doi: 10.1016/j.tra.2021.11.007.
- [34] T. Ma, C. Liu and S. Erdoğan, “Bicycle Sharing and Public Transit: Does Capital Bikeshare Affect Metrorail Ridership in Washington, D.C.?,” *Transportation Research Record* 2019/2534(1) 1–9. doi: 10.3141/2534-01.
- [35] T. F. Welch, S. R. Gehrke and A. Widita, “Shared-use mobility competition: a trip-level analysis of taxi, bikeshare, and transit mode choice in Washington, DC,” *Transportmetrica A: Transport Science* 2020/16(1) 43–55. doi: 10.1080/23249935.2018.1523250.
- [36] R. Godavarthy, J. Mattson and J. Hough, “Impact of bike share on transit ridership in a smaller city with a university-oriented bike share program,” *Journal of Public Transportation* 2022/24 100015. doi: 10.1016/j.jpubtr.2022.100015.
- [37] W. Qiu and H. Chang, “The interplay between dockless bikeshare and bus for small-size cities in the US: A case study of Ithaca,” *Journal of Transport Geography* 2021/96 103175. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103175.
- [38] Y. Song and Y. Huang, “Investigating Complementary and Competitive Relationships between Bikeshare Service and Public Transit: A Spatial-Temporal Framework,” *Transportation Research Record* 2020/2674(1) 260–271. doi: 10.1177/0361198119899389.
- [39] H. Lv, H. Li, Y. Chen and T. Feng, “An origin-destination level analysis on the competitiveness of bike-sharing to underground using explainable machine learning,” *Journal of Transport Geography* 2023/113 103716. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103716.

- [40] A. van Marsbergen, D. Ton, S. Nijënstein, J. A. Annema and N. van Oort, “Exploring the role of bicycle sharing programs in relation to urban transit,” *Case Studies on Transport Policy* 2022/10(1) 529–538. doi: 10.1016/j.cstp.2022.01.013.
- [41] L. G. N. Orozco, F. Battiston, G. Iñiguez and M. Szell, “Data-driven strategies for optimal bicycle network growth,” *Royal Society Open Science* 2020. doi: 10.1098/rsos.201130.
- [42] S. W. Ham, J.-H. Cho, S. Park and D.-K. Kim, “Spatiotemporal Demand Prediction Model for E-Scooter Sharing Services with Latent Feature and Deep Learning,” *Transportation Research Record* 2021/2675(11) 34–43. doi: 10.1177/03611981211003896.
- [43] J. Molina-García, I. Castillo, A. Queralt and J. F. Sallis, “Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain,” *Health Promotion International* 2015/30(2) 350–358. doi: 10.1093/heapro/dat045.
- [44] B. Zhu, S. Hu, I. Kaparias, W. Zhou, W. Ochieng and D.-H. Lee, “Revealing the driving factors and mobility patterns of bike-sharing commuting demands for integrated public transport systems,” *Sustainable Cities and Society* 2024/104 105323. doi: 10.1016/j.scs.2024.105323.