Helyettesítő vagy kiegészítő? Közösségi kerékpár használati adatok elemzése tömegközlekedési megállók között: Budapesti esettanulmány / Competitive or complementary? Analyzing bike-sharing use between public transport stops: Budapest case study

Földes Dávid[1] – Ondřej Přibyl[2]

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

[2]Czech Technical University of Prague
[2]pribylo@fd.cvut.cz

Kivonat: A városok számára cél a fenntarthatóbb közlekedési módok, elsősorban tömegközlekedés és a mikromobilitási módok használatának ösztönzése a személygépjárművek adta kihívások kezelése érdekében. A kerékpármegosztó szolgáltatások elsődleges használati célja az első vagy utolsó kilométerek megtétele, így a teljes utazási láncban a tömegközlekedési módok megállójának megközelítése vagy elhagyása. Ugyanakkor, különösen a belvárosban, akár a tömegközlekedési utazásokat helyettesítheti is. Annak megértése érdekében, hogy ezen két közlekedési mód egymás versenytársa vagy kiegészítője térbeli elemzést végeztünk közösségi kerékpár használati honnan-hová adatainak felhasználásával; az elemzés során a hangsúly azon bérlésekre helyeztük, amelyek tömegközlekedési megállókból indulnak és/vagy érkeznek. Több, mint 6000 hétköznap vagy szombat délutáni csúcsidőszakban végrehajtott kerékpáros utazást elemeztünk, annak érdekében, hogy feltárjuk a hivatásforgalmi és szabadidős utazások közötti eltéréseket. Külön elemeztük a jelentős nagykapacitású tömegközlekedési vonalak menti közösségi kerékpár használatot. Megállapítottuk, hogy a közösségi kerékpármegosztó szolgáltatás a belvárosban a tömegközlekedéssel versenyző, mivel a bérlések, több mint fele tömegközlekedési megállók között valósult meg. Az eredmények döntéshozatalok során használhatók a tömegközlekedés és kerékpármegosztó szolgáltatások hálózatának fejlesztésére, valamint a kerékpárok újraosztásánál.

Abstract: Many policies in cities are aiming at shifting the travel mode of conducted trips to more sustainable ones, typically micromobility or public transport. Bike-sharing is most suitable to support the last mile trip and thus is relevant mostly to connect high-capacity public transport stops to the final destination. However, especially in downtown areas, it has the potential to replace trips by public transport. To understand whether these two travel modes compete or complement each other, a spatial analysis was conducted on origin-destination data of bike-sharing use, which start or end at a major public transport stop. Rides in different weather conditions during weekday afternoon peak hours and Saturday afternoon was considered to reveal correspondence among daily commuting and leisure trips. More than 6000 bike rentals were analysed. Special focus was dedicated to the use of bike-sharing along frequent, high-capacity public transport lines. The analysis proved that bike-sharing has a mainly competitive role in downtown areas, as roughly half of the trips were conducted between public transport stops. The results of this study can be used by decision-makers to improve bike infrastructure and service area, as well as by operators to optimize the reallocation of bike-sharing vehicles.

Kulcsszavak: megosztott kerékpár; tömegközlekedés; hálózatelemzés; multimodalitás; ráhordó; párhuzamos

Keywords: bike-sharing; public transport; network analysis; multimodality; feeder, paralell

Bevezetés

A legtöbb város hasonló közlekedéseredetű problémákkal szembesül, úgy, mint közúti torlódások, balesetek, zaj- és légszennyezés. Számos irányelv célozza meg a közlekedési igények csökkentését, valamint a környezetbarát közlekedési módok használatának ösztönzését [1]. Hagyományosan a tömegközlekedés tekinthető az egyéni gépjárműhasználat alternatívájának; azonban napjainkban a megosztott mobilitási szolgáltatások megjelenésével a lehetőségek száma is bővült. [2].

A közösségi kerékpármegosztás fenntartható városi közlekedési módnak tekinthető; hozzájárul a szennyezéscsökkentéséhez [3], [4], az egészséges életmódhoz, s hatékony területhasználathoz, az élhetőbb városok megteremtéséhez. A városokban világszerte jelentek meg a közösségi kerékpármegosztó szolgáltatók állomás-bázisú vagy ún. „free-floating" (bárhol lezárható) megoldásokkal; napjainkban nagyságrendileg 92 ország 1590 városában üzemel valamilyen közösségi kerékpár rendszer [5].

Az általánosan elfogadott terminológia szerint, a közösségi megosztott kerékpárokat rövid, háztól-házig utazásokra, vagy nagy kapacitású tömegközlekedésre ráhordó utazásoknál használják. Mind az autóbusz, mind a villamos megállók pozitívan befolyásolják a megosztott kerékpáros utazásokat. Azaz, ha egy területen sűrűbben található tömegközlekedési megálló, a megosztott kerékpárok használati gyakorisága is nagyobb [6]. Ugyanakkor a közösségi megosztott kerékpár szerepének meghatározása, vagyis, hogy helyettesíti vagy kiegészíti a tömegközlekedési utazásokat az utazók teljes utazási láncának megfigyelése, kikérdezése nélkül nehézkes. Célunk a közösségi megosztott kerékpárok és a tömegközlekedés használata, valamint a kerékpárosbarát infrastruktúra megléte közötti kapcsolat feltárása volt megosztott kerékpárok kiinduló- és célállomás (honnan-hová) adatainak felhasználásával. A megosztott kerékpárhasználat tömegközlekedést helyettesítő szerepének vizsgálatához tömegközlekedési vonalak mentén elemeztük a bérlések számát figyelembe véve a kerékpáros infrastruktúra jellemzőit. Hipotézisünk, hogy a helyettesítő szerepet az infrastruktúra kerékpárosbarát jellege befolyásolja. Az elemzéshez a budapesti MOL BuBi közösségi kerékpármegosztó szolgáltatás 2022 szeptemberi bérlési adatait használtuk fel.

A cikk felépítése a következő: az irodalomkutatást az 1. fejezetben foglaltuk össze, az alkalmazott módszert a 2. fejezetben írtuk le. A 3. fejezetben az elemzés főbb eredményeit és megállapításait ismertetjük. A cikk utolsó fejezetében a kutatás során levont főbb következtetéseket, valamint a további kutatási irányokat foglaljuk össze.

1. Irodalomkutatás

A közösségi kerékpármegosztó szolgáltatások használatát elemző tanulmányok az elemzett adatok alapján lehetnek kérdőíves felmérésre épülő vagy használati adatokat használó. A hálózatelemzéssel foglalkozó tanulmányok csoportosíthatók aszerint, hogy a kerékpármegosztó rendszereket a tömegközlekedést kiegészítő, ráhordó vagy azzal versenyző, helyettesítő szerepkörűnek tekintik, illetve, hogy figyelembe vették-e az elérhető kerékpáros infrastruktúrát (1. táblázat).

1. táblázat: Közösségi kerékpármegosztó rendszerek és tömegközlekedés kapcsolata az irodalomban

	Kapcsolat a tömegközlekedéssel		Kerékpáros infrastruktúra figyelembevétele
	Ráhordó	Helyettesítő	
[7]	X		
[8]	X		
[9]	X		
[10]	X		
[11]	X		X
[12]	X		X
[13]	X		
[14]		X	
[15]	X		
[16]		X	
[17]		X	
[19]		X	X
[20]	X	X	X

A kerékpármegosztó rendszer és a tömegközlekedés integrált használatát elemezték Szöulban az éves bérletet használók körében. A kerékpárhasználatot a tömegközlekedési megálló távolsága és az elérhető tömegközlekedési szolgáltatás befolyásolja. A metró állomások vonzó hatása jelentősebb az autóbusz megállók hatásánál [7]. Hasonló megállapításra jutottak a közösségi kerékpárok potenciális használatát elemezve tömegközlekedési megállóra való ráhordás, elhordás és járatok közötti átszállás esetén [8].

A megosztott kerékpárok használata lényegesen magasabb azon útvonalakon, amelyek metró/vasúti megállóhelynél kezdődnek el vagy fejeződnek be. Az állomás nélküli „free-floating" rendszerek esetében a kerékpár felévteli helyéhez szükséges gyaloglás távolsága erősen befolyásolja, hogy a tömegközlekedési eszközről vált-e az utazó megosztott kerékpárra (rá/elhordó funkció) [9]. A korreláció pozitív a megosztott kerékpáros utazások száma és az elérhető tömegközlekedés járatgyakorisága között rövid (<1500 m) és közepes (1500-3000 m) hosszúságú kerékpáros ráhordásnál (Poznan, Lengyelország). Vagyis a megosztott kerékpárhasználat ott magasabb, ahol jó a kapcsolódó tömegközlekedés szolgáltatási szintje. Ugyanakkor nem azonosítottak közvetlen kapcsolatot a megosztott kerékpárok használata és a hivatásforgalmi ingázás között [10].

A kerékpáros infrastruktúra közösségi kerékpármegosztó rendszerekre gyakorolt hatását elemezve megállapítható, hogy a használt infrastruktúra-típus hossza (pl.: főút, kerékpársáv) jelentősen befolyásolja az integrált (ráhordó) használatot [11]. Tovább ösztönözhető az integrált városi vasút- és megosztott kerékpárhasználat a kerékpáros infrastruktúra fejlesztésével, a megállóhelyek kerékpáros hálózatba kötésével [12].

A kerékpármegosztó rendszerek más közlekedési módokat helyettesítő szerepkörét többnyire felületesen vizsgálták a kutatók; csupán kérdőíves kutatások egy-egy kérdése vonatkozik más módokra. Például Shanghajban a közösségi kerékpár használat legnépszerűbb végpontjai éttermeknél vagy tömegközlekedési megállóhelyek közelében vannak [13]. Leginkább a hosszabb távolságú megosztott kerékpáros utazások váltanak ki jelenlegi egyéni gépjárműves utazást. A 2 km-nél rövidebb megosztott kerékpáros utazások csupán 5%-a váltott ki egyéni gépjárműves utazást [14]. A kínai Nanjing városában a sűrű belvárosi dokkolóállomás-hálózat vonzóvá teszi a rövid belvárosi kerékpározásokat és a tömegközlekedési eszközre ráhordó utazásokat [15]. Tricity lengyel városban a felhasználók bevallása alapján a rövid, belváros utaknál népszerűbb alternatíva a megosztott kerékpár a tömegközlekedéssel szemben [16]. A tömegközlekedési-hálózatban bekövetkező rövid távú zavarok ugyanakkor csak kismértékben befolyásolják a megosztott kerékpárhasználatot; azaz a felhasználók nem használják a tömegközlekedés időszakos helyettesítőjeként a megosztott kerékpárokat [17]. Ugyanakkor a városok eltérőek; a spanyol Malaga belvárosában a megosztott kerékpárhasználat inkább a gyaloglást helyettesítette [18].

Csupán néhány tanulmányban vizsgálták a megosztott kerékpár és tömegközlekedés kapcsolatát az elérhető kerékpáros infrastruktúra figyelembevétele mellett. A közösségi kerékpárok rövid távú utazásoknál kiválthatnak más módokat, hosszabb távú utaknál pedig a tömegközlekedés kiegészítője lehet (ráhordó funkció). Ugyanakkor kerékpárbarát infrastruktúra nélkül a megosztott kerékpárok használata alacsony; a kerékpársávok elérhetősége növeli a váltási hajlandóságot [19]. Jelen kutatásunkhoz hasonlóan a szöuli állomás-bázisú rendszer honnan-hová használati adatait elemezték feltárva, hogy a tömegközlekedés jellemzői hogyan befolyásolják a megosztott kerékpár használatot [20]. Az állomások közötti távolság és az elérhető kerékpárosbarát infrastuktúra nagyban befolyásolta a megosztott kerékpárhasználatot. A megosztott kerékpárok a metrós utazásokat kiegészítik, míg az autóbuszos utazásokat helyettesítik.

A COVID járvány alatt az utazási mintázatok, szokások változtak. A felhasználók a kerékpár megosztó rendszerekre, mint kevesebb fertőzési kockázatot hordozó közlekedési módra tekinttettek [21]. New Yorkban a metrós utazások egy részét megosztott kerékpárokkal végezték. Azóta a megosztott kerékpáros utazások számának kismértékű csökkenését, de az utazások átlagos időtartamának növekedése figyelték meg [22]. A járvány alatt, a tömegközlekedés iránti bizalomvesztés miatt, csökkent a verseny a megosztott kerékpár és az autóbusz használat között, a közösségi kerékpározás javára, valamint csökkent a megosztott kerékpárok és metró integrált használata [23].

Magyarországi bérlési adatokat feldolgozó kutatások a közösségi megosztott kerékpáros rendszerek általános elemzésével foglalkoztak. Megállapítva, hogy Győrben az egyetemisták utazásaihoz kapcsolódó állomások a legforgalmasabbak (egyetem, kollégium, vasútállomás) [24]; Budapesten is jellemző az az általános tendencia, hogy a megosztott kerékpárokat többségében fiatal férfiak használják, általában délután [25]; valamint a COVID járvány Budapesten is megnövelte a megosztott kerékpár bérlések számát, a Bubi használata 1,5-2-szeresére emelkedett a lezárások ideje alatt [26].

Az irodalomkutatás alapján megállapítottuk, hogy a kutatások főként a közösségi megosztott kerékpáros rendszerek és a tömegközlekedés integrációjának vizsgálatakor az elérhető tömegközlekedés típusára és

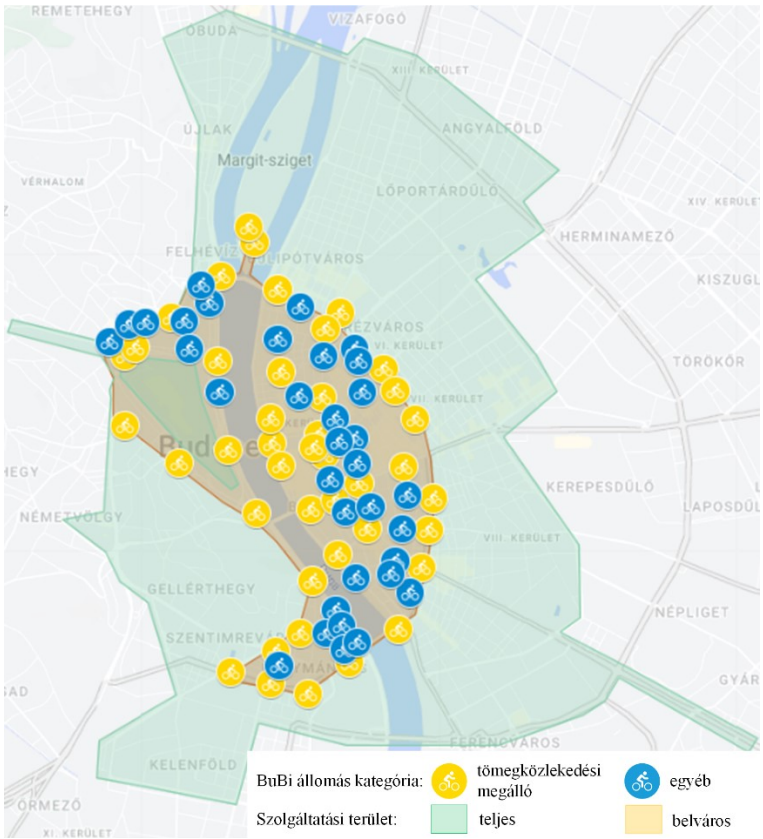
a járatsűrűségre, valamint a gyaloglási távolságra fókuszáltak. A módok közötti váltást főként kérdőíves kutatásokkal vizsgálták, meghatározva a váltási hajlandóságot. Továbbá, a kerékpárosbarát infrastruktúrát, mint a használatot befolyásoló tényezőt csupán páran elemezték.

2. Módszertan

2.1 Esettanulmány helyszíne: Budapest (MOL BuBi)

Budapest közösségi, állomás-bázisú kerékpármegosztó rendszere a Budapesti Közlekedési Központ (BKK) által üzemeltetett MOL Bubi. A 2014-es indulást követően a rendszert 2021-ben megújították, a kerékpárok könnyebbek, a regisztráció és a bérlésindítás/-zárás egyszerűbbek lettek. Az újításoknak köszönhetően a bérlésszám ugrásszerűen megnőtt (2015. 651 592, 2022: 2 906 00). A jellemző időjárás miatt május és október között a havi bérlésszám 300 000 felett alakul, a téli hónapokban azonban jelentős a visszaesés (átlagosan havi 100 000 bérlés). 2022 szeptemberében közel 2000 kerékpár, 173 állomáson volt bérelhető; a szolgáltatási terület – ahol található állomás - körülbelül 35 km^2. Az 1 km^2 jutó BuBi állomások száma 5, ami sokkal kevesebb, mint Párizsban (33) vagy New Yorkban (23), de közel azonos, mint Szöulban (6,5).

Jelen cikkben, a 8,7 km^2 belvárosi területet vizsgáltunk, ami körülbelül 27%-a teljes szolgáltatási területnek. A vizsgált terület többnyire sík (a Budai Várnegyed nem tartozik a vizsgálati területhez); a területen 76 állomás – 43%-a az összes állomásnak – üzemelt. Az 1 km^2-re jutó állomások száma magasabb, mint a teljes területen, 8,7 állomás/km^2. 42 állomás releváns tömegközlekedési megálló közvetlen közelében, 34 népszerű pontok mellett, de tömegközlekedési megállótól távolabb helyezkedik el. Ezek alapján a belvárosi BuBi állomások csoportosíthatók: 54% tömegközlekedési megálló, 46% egyéb. A vizsgálati területet az 1. ábrán mutatjuk be. (A Nyugati pályaudvarnál lévő két állomást és a Margitsziget déli felén lévő két állomást együttesen kezeltük, mivel feltételezésünk szerint hasonló igényeket szolgálnak ki.)



1. ábra: Szolgáltatási terület és vizsgált BuBi állomások (2022 szeptember)

A figyelembe vett sűrű követési idővel rendelkező nagy kapacitású tömegközlekedési viszonylatok: 2, 4/6, 18, 19/41, 47/49 villamos, 7/133E, 9/72M, 105/178 autóbusz/trolibusz, M1, M2, M3, M4 metró. A belvárosban sűrű a kerékpárosbarát infrastruktúra, ugyanakkor a Dunán való átkelés nehézkes, a pesti

rakpart menti, illetve a kelet-nyugat irányú főúthálózat nehezen kerékpározható. A tömegközlekedési útvonalak kategorizálhatók a párhuzamosan elérhető kerékpárosbarát infrastruktúra megléte alapján: jó (4/6, 18, 19/41, 47/49), vegyes (9/72M, 105/178, M1, M3, M4), hiányos (2, 7/133E, M2). A vizsgálat időpontjában, 2022. szeptemberében, számos infrastruktúra korlátozás befolyásolta a módválasztást, közösségi kerékpárhasználatot (Lánchíd lezárása, M3 metró pótlása, Blaha Lujza tér felújítása).

Bár a tömegközlekedés és a MOL BuBi közösségi kerékpármegosztó szolgáltatás megrendelője ugyanúgy a BKK, integrált tarifa rendszer nem elérhető. Ugyanakkor a MOL BuBi használati díja rendkívül kedvező; a havi bérlet 1000 Ft, ami korlátlan kerékpárbérlést tesz lehetővé; minden bérlés első 30 perce ingyenes. Összehasonlításképp a tömegközlekedés igénybevételéhez használt leggyakoribb jegy- és bérlettípusok: vonaljegy: 350 Ft, 30 perces jegy: 530 Ft, havi bérlet: 9500 Ft.

2.2 Adatok

A kutatás során a MOL BuBi bérlések honnan-hová adatát, a kerékpárosbarát infrastruktúra adatait és az állomások közötti távolság értékeket (kerékpárosbarát infrastruktúra használata mellett) használtuk. Kerékpárosbarát infrastruktúrának tekintettük: kerékpárút, kerékpársáv, kerékpárnyom, egyirányú utcák, alacsonyforgalmú utak. Három nap 16:00 és 19:00 óra közötti bérléseit vizsgáltuk, így a vizsgálatunk fókusza a délutáni csúcsidőszak. A mérési napokon jellemző időjárási adatokat a weatherspark.com weboldalról szereztük be. Az elemzett napok kiválasztásánál célunk különböző időjárási körülmények melletti, valamint hétköznapi és hétvégi bérlési szokások összehasonlíthatósága volt:

- 2022. szeptember 10., szombat, napos idő, 25°C, közepes szélerősség (25-30 km/h)
- 2022. szeptember 13., kedd, napos idő, 22°C, gyenge szélerősség (11-14 km/h); legtöbb bérlés 2022-ben
- 2022. szeptember 27. kedd, felhős és esős idő, 14°C, közepes szélerősség (15-25 km/h)

Az elemzett bérlési adatok anonimizáltak; egy rekord a bérelt kerékpár azonosítóját, a kiinduló és célállomás azonosítóját, valamint a bérlésindítására és -zárására vonatkozó időbélyeget tartalmazza. Az adatokat tisztítottuk. Amennyiben az indulási vagy célállomás mezője üres volt, a rekordot töröltük – az üres mezők lehetséges oka hibás bérlésindítás, vagy a bérlés nem állomáson történő zárása. A nyers és tisztított rekordok számát elemzett naponként a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az adattisztítást követően összesen 6080 bérlés adata állt rendelkezésünkre.

2. táblázat: Adattisztítás eredménye

Elemzési nap	Nyers rekord	Tisztított rekord	Hibás rekordok aránya [%]
Kedd (napos), szeptember 13.	3710	3141	15,3
Kedd (esős), szeptember 27.	1718	1409	18
Szombat (napos), szeptember 10.	1974	1530	22,5

Feltételeztük, hogy a megosztott kerékpárt használók a kerékpárosbarát infrastruktúrát részesítik előnyben. Mivel a felhasználók által bejárt pontos útvonal nem elérhető adat, két állomás közötti távolság meghatározásakor, a legrövidebb útvonalat mértük le kerékpárosbarát infrastruktúra igénybevétele mellett. Az útvonalak méréséhez a Google Maps alkalmazást használtuk. A bérlés mögötti motiváció (hivatás, szabadidő, stb.) és utazó típus (városlakó, turista, stb.) nem ismert. Feltételeztük, hogy a kedd délutáni bérlések többségében hivatásforgalmi, míg a szombati bérlések főként szabadidős motivációjúak.

2.3 Elemzési módszer

Az adatok elemzésénél leíró statisztikát alkalmaztunk. Az adatokat szűrtük és csoportosítottuk dátum, kiindulási- és célállomás alapján. A szűrt adatok előfordulását és gyakoriságát határoztuk meg konkrét darabszám és arány megadásával. A szűrt adatok középértékét átlag és medián érték megadásával határoztuk meg; az átlagtól való eltérést a szórással fejeztük ki.

A közösségi megosztott kerékpár rendszerek helyettesítő szerepkörét az alábbi tömegközlekedési viszonylatok mentén vizsgáltuk: teljes 4/6 villamos, 19/41 villamos Móricz Zsigmond körtér és Margit híd, budai hídfő közötti szakasz, 47/49 villamos Móricz Zsigmond körtér és Deák Ferenc tér közötti szakasz, mely szakaszok mentén kerékpárosbarát infrastruktúra található; 2-es villamos Jászai Mari tér és Boráros tér közötti szakasza, 7/133E autóbusz Szent Gellért tér és Uránia közötti szakasza, M2 metró

Astoria és Déli pályaudvar közötti szakasz, mely szakaszok mentén hiányos a kerékbárosbarát infrastruktúra. Az elemzés korlátja, hogy a közös szakaszokon többször is figyelembe vettünk egy bérlést, ugyanakkor ezen bérlések száma elhanyagolható volt. A 3. táblázatban összefoglaltuk a szakaszok főbb tulajdonságait (elérhető-e kerékpáros infrastruktúra, szakasz hossza, átlagos megállóhely távolság a kerékpározható útvonalat figyelembe véve). Ezek alapján számítható a megosztott kerékpárral átlagosan megtett megállók száma; kiszámolható az átlagos kerékpározási távolság és a megállóhely távolság aránya.

3. táblázat: Elemzett tömegközlekedési szakaszok fő adatai

	4/6	19/41	47/49	2	7/133E	M2
Kerékpárosbarát infrastruktúra	✓	✓	✓	×	×	×
Szakaszhossz [km]	8,5	4,8	2,9	4,2	2,7	4
Átlagos megállóhelytávolság (kerékpárral) [km]	0,7	0,9	0,5	0,7	0,8	1,7

3. Eredmények és következtetések

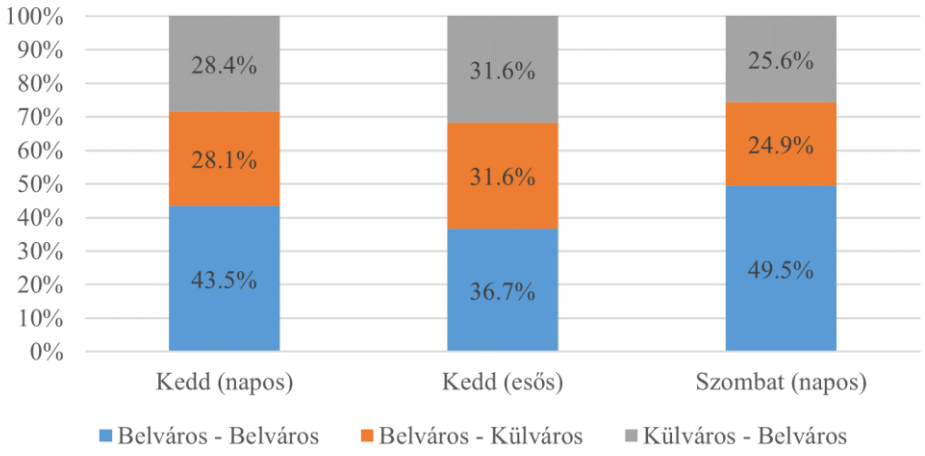
3.1 Általános eredmények

A délutáni csúcsidőszakban a napi megosztott kerékpáros utazások 13-19%-a kezdődik és/vagy végződik; míg a bérlések 5-8%-a a belvárosban kezdődik és végződik is. Nagyobb ez az arány jó idő esetén. Az elemzett bérlések darabszámát a 4. táblázatban foglaltuk össze. A bérlések száma jelentősen visszaesik esős hétköznapon (63%), ugyanakkor ez a visszaesett szám is nagyobb, mint egy napsütéses szombat esetében. Ezek alapján, a felhasználók jelentős hányada használhatja a megosztott kerékpárokat hivatásforgalmi motivációval. Sőt a belvárosban ez a relatív csökkenés még nagyobb mértékű (44%), ugyanakkor a szombati bélrések száma nagyobb, mint az esős kedd esetében. Ezek alapján a szabadidős motivációjú utazások előfordulása gyakoribb a belvárosban, mint a külvárosban (a szabadidős desztinációk többsége a belvárosban található).

4. táblázat: Bérlések száma

[bérlés]	Napi	Belváros irányú	Belvárosi
Kedd (napos)	16388	3141	1405
Kedd (esős)	10313	1409	533
Szombat (napos)	10168	1530	775

A 2. ábrán az egyes elemzett délutánok honnan-hová arányait ábrázoltunk megkülönböztetve, hogy a bérlések a belvárosban kezdődnek és/vagy fejeződnek be. Körülbelül 40%-a a belvároshoz kapcsolódó bérléseknek a belvárosban kezdődik és fejeződik is be; **minél jobb az idő, annál nagyobb a csak belvárosi bérlések aránya**. A belvárosban több az alternatív tömegközlekedési lehetőség, könnyebb a kerékpáros utazásokat helyettesíteni. Délutáni jellemző ingázási irány, jellemzően a belvárosból a külvárosba, nem azonosítható.



2. ábra: Bérlések aránya a fő irányok alapján

Az átlagos bérlési idő perc:másodperc (pp:mm) formátumban 15:50, ami esős keddi napon rövidebb (14:17), napos szombaton hosszabb (17:58). Napos kedd délután az átlagos bérlési idő 15:27. Ezek alapján az utazások időtartamát az időjárás és a nap is befolyásolja. A 30 percnél – így már nem ingyenes – bérlések aránya a napi összes bérléshez képest esős kedden a legalacsonyabb (3,5%), míg napos szombaton a legmagasabb (9,5%). A szombati napok nagyobb arányú szabadidős motivációjú utazásai magyarázhatják ezt a tendenciát.

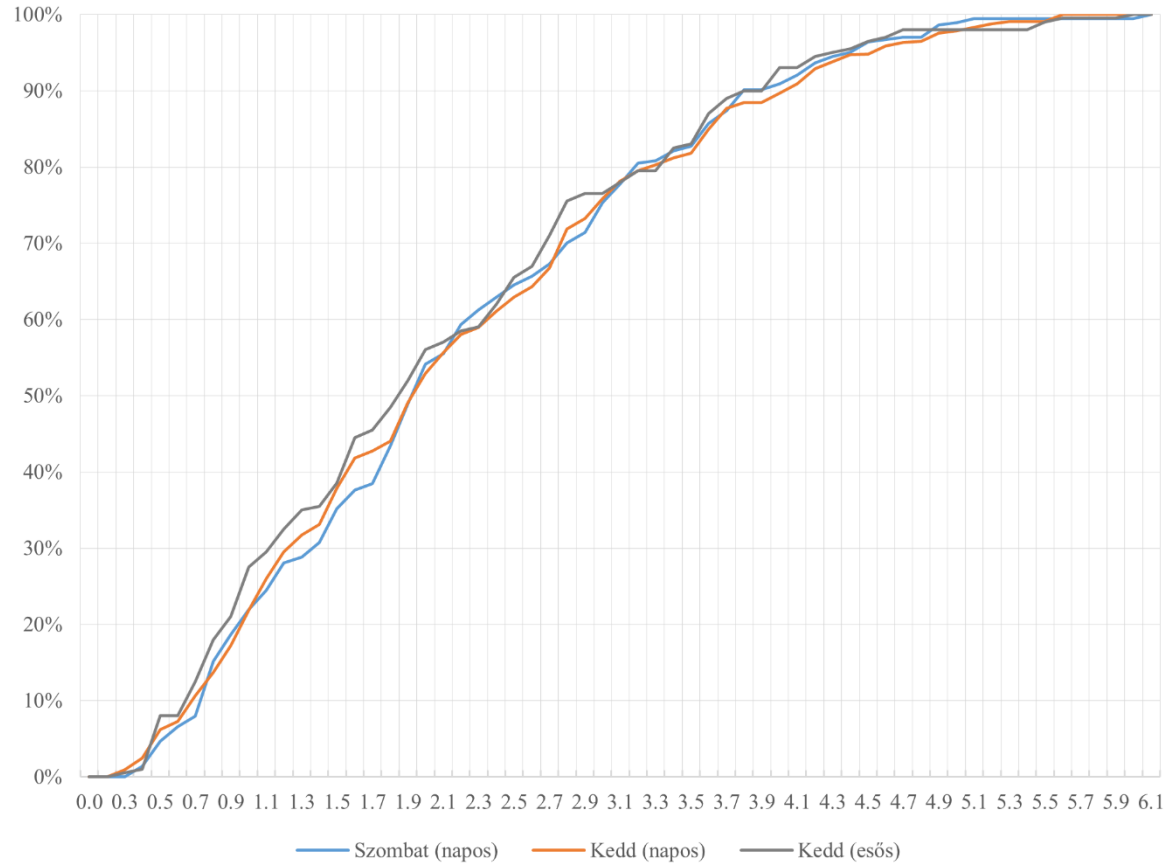
A körutazások (azonos kezdő- és végpont) aránya alacsony; az összes bérlés csupán 2,3%-a. A legnagyobb az arány szombaton (3,1%), a legkisebb esős kedden (1,8%). Ez szintén a szabadidős motivációjú utazások hétvégi nagyobb arányával magyarázható. Ugyanakkor a körutazásokat a további elemzések során figyelmen kívül hagytuk, mivel nem helyettesít tömegközlekedési utazást.

3.2 Tömegközlekedési viszonylatokhoz kapcsolódó eredmények

A tömegközlekedési megállóhelyeken lévő BuBi állomások közötti átlagos távolság kerékpárosbarát infrastruktúrán 800 méter. Egymáshoz képest a legközelebbi tömegközlekedési megállóhelyek 200 méterre, míg a legtávolabbiak 900 méterre fekszenek**. Az átlagos megosztott kerékpáros utazások hossza tömegközlekedési megállóhelyek között 2,2 km.** A legkisebb távolság 300 méter, míg a legnagyobb távolság 6,1 km volt. Az 5. táblázatban leggyakoribb leíró statisztikát foglaltuk össze a megosztott kerékpáros utazások távolságára vonatkozóan. A 3. ábrán mutatjuk be a kerékpározási távolságok előfordulási gyakoriság értékét a különböző napokra. **Az összes tömegközlekedési megállóhely közötti bérlés 50%-a 1,8 km-nél rövidebb esős hétköznapon és 1,9 km-nél rövidebb napos időszakban**. Esős időben az átlagos távolság alacsonyabb. Ugyanakkor hétköznapi és hétvégi bérlések esetében nincs jelentős különbség.

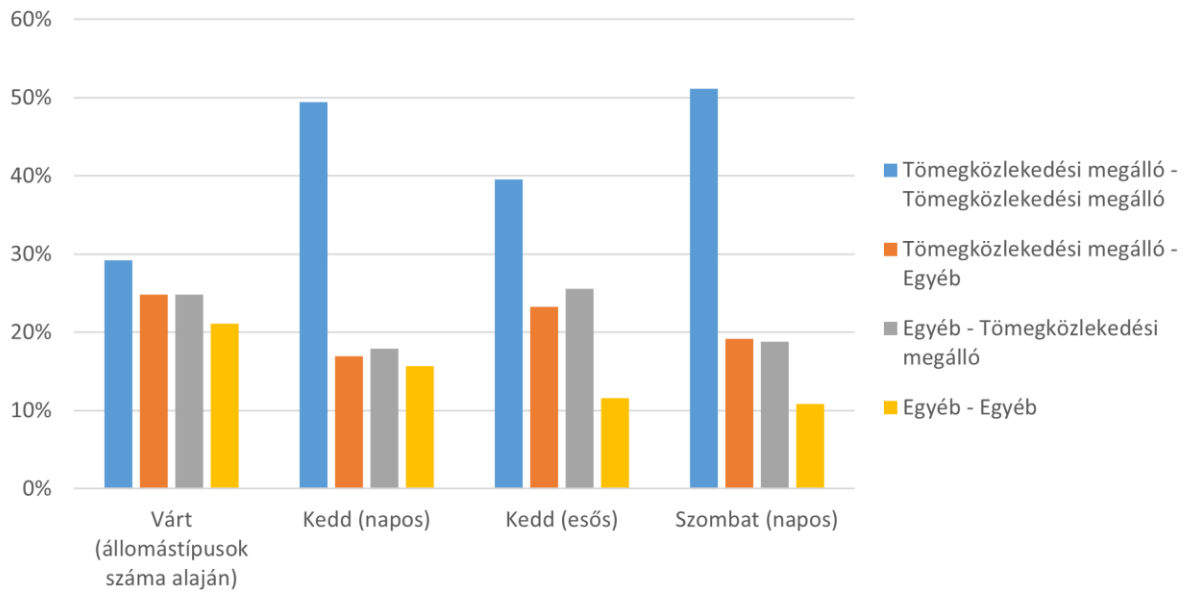
5. táblázat: Leíró statisztika a tömegközlekedési megállóhelyek közötti utazások távolságra

[km]	Átlag	Szórás	Módusz
Kedd (napos)	2,2	1,25	2,8
Kedd (esős)	2,11	1,25	0,5
Szombat (napos)	2,	1,21	0,8
ÖSSZESEN	2,2	1,24	1,9



3. ábra: Tömegközlekedési megállóhelyek közötti utazási távolságok gyakorisága [km]

Egyenletes eloszlást feltételezve a BuBi állomástípusok használatára vonatkozóan a belvárosi megosztott kerékpáros utazások 29,2% tömegközlekedési megállóhelyek, 24,1% egyéb állomások, 24,8% tömegközlekedési megállóhely és egyéb állomás, további 24,8% egyéb állomás és tömegközlekedési megállóhely között valósulna meg. A 4. ábrán látható az elméleti és a tényleges arány a BuBi állomástípusok közötti bérlések száma alapján a vizsgált napokon. Megállapítottuk, hogy tömegközlekedési megállóhelyek közötti bérlések a leggyakoribbak időjárástól és naptól függetlenül. Jó időben **a bérlések 50%-a tömegközlekedési megállóhelyen kezdődik és végződik**. Ebből adódóan **a BuBi közösségi kerékpármegosztó rendszer a tömegközlekedés jelentős versenytársának, helyettesítőjének tekinthető.** Ugyanakkor esős időben, csupán a bérlések 40%-a kezdődik és végződik tömegközlekedési megállóhelyen. Ez alapján, **a közösségi kerékpárok jó időben több tömegközlekedési utazást váltanak ki.** Továbbá, az elemzett **délutáni időszakban több bérlés történik egyéb állomásról tömegközlekedési megállóhely felé, mint tömegközlekedési megállóhelyről egyéb állomásra**. **Ez utalhat a napi ingázási irányokra, így a BuBi közösségi kerékpármegosztó rendszer és a tömegközlekedés integrált használatára, a BuBi kiegészítő jellegére is**. Az utazók ingázási iránya délután a belvárosból a külvárosba irányul; feltehetően megosztott kerékpárral közelítik meg a külvárosba közlekedő tömegközlekedési járatokat.



4. ábra: Bérlések aránya kezdő és végpont állomástípusa alapján

Az állomástípusok közötti áltagos bérlési időt a 6. táblázatban foglaltuk össze. **A legrövidebb a bérlési idő a tömegközlekedési megállóhelyek megközelítésekor vagy elhagyásakor.** Ez szintén a közösségi kerékpármegosztó rendszerek és a tömegközlekedés integrált használatára utal. **Esős időben a bérlési idő mindig alacsonyabb**, ami összefüggésben áll azzal a ténnyel, hogy esős időben az utazási távolságok is rövidebbek. Jelentős a különbség a napok között a bérlési időket tekintve; **szinte minden kerékpározási irányban szombaton a legmagasabb a bérlési idő.** Mivel az átlagos kerékpározási távolság kisebb, így az átlagos kerékpározási sebesség is alacsonyabb. Ennek lehetséges magyarázata, hogy szombaton a szabadidős felhasználás dominálhat, amely során több ideje van a felhasználóknak, így a sebesség is alacsonyabb.

6. táblázat: Átlagos bérlési idő állomástípusok között

[pp:mm]	Tömegközlekedési megálló – Tömegközlekedési megálló	Tömegközlekedési megálló – Egyéb	Egyéb – Tömegközlekedési megálló	Egyéb - Egyéb
Kedd (napos)	14:56	11:19	14:35	17:08
Kedd (esős)	13:11	12:52	11:46	11:28
Szombat (napos)	20:58	13:14	14:00	18:25
ÖSSZESEN	**16:30**	**12:15**	**13:42**	**16:25**

Egy tömegközlekedési megállóhely közvetlensége a vizsgált területen 1,5. A közvetlenség megmutatja, hogy átlagosan hány viszonylat használatával lehet egyik tömegközlekedési megállóhelyről a másik megállóhelyre eljutni. **Nem találtuk összefüggést a közvetlenség és a megosztott kerékpárok használata között.** A megosztott kerékpáros utazások 51%-a direkt tömegközlekedési kapcsolattal rendelkező megállóhelyek között, míg 49%-a egy átszállással elérhető megállóhelyek között zajlott.

A tömegközlekedési vonalak menti megosztott kerékpárhasználatot a 7a és 7b táblázatokban foglaltuk össze, megadva azon bérlések arányát, amelyek a viszonylat két megállóhelye között történtek a viszonylat egy megállójából induló bérlések számához képest. A 7a táblázatban feltüntetett viszonylatok esetében a viszonylatok mentén a kerékpáros infrastruktúra kerékpárosbarát, míg a 7b táblázatban feltüntetett viszonylatok esetében a viszonylatok mentén hiányos a kerékpárosbarát infrastruktúra. A 4/6 villamos vonalán kezdődő bérlések kb. 20%-a fejeződik be a villamos vonalán; a vonal közel teljes belvárosi szakaszán található kerékpársáv. Jelentős a megosztott kerékpár használat aránya a 19/41 villamos vizsgált szakaszán is, amely szakasz mentén végig található kerékpárút, kerékpársáv. Annak ellenére, hogy a 2-es villamos hasonlóan a 19/41 villamosokhoz a dunai rakparton teremt észak-dél irányú kapcsolatot a villamos megállók közötti megosztott kerékpár használat aránya alacsony, ami magyarázható a viszonylat mentén rendkívül tagolt kerékpáros infrastruktúrával (zömében sétálóutcák).

Különösen alacsony a 2-es villamos megállói közötti bérlések aránya hétköznapokon. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a hétköznapi hivatásforgalmi és hétvégi főként szabadidős megosztott kerékpárhasználatnak eltérő az infrastruktúra igénye. A hivatásforgalom a legrövidebb utat keresi, míg a szabadidős forgalom elfogadja a hosszabb, vagy kevésbé gyors (gyalogos zónán keresztül) útvonalat is. Azon tömegközlekedési viszonylatok mentén, ahol rendkívül tagolt a kerékpáros infrastruktúra alacsony azon bérlések száma, amelyek a viszonylat megállójából indulnak és egy másik megállójába is érkeznek. Majdnem minden viszonylat esetében ez az arány még alacsonyabb esős időben. Ennek magyarázata lehet, hogy a potenciális kerékpárhasználók esős időben a párhuzamos tömegközlekedést választják. Ennek megfelelően pozitív a korreláció a közösségi megosztott kerékpárhasználat és kerékpárosbarát infrastruktúra megléte között. Megállapítottuk, hogy **a BuBi megosztott kerékpáros rendszer versenyző, helyettesítő szerepe a tömegközlekedéssel szemben olyan viszonylatok mentén jelentősebb, ahol elérhető párhuzamos kerékpárosbarát infrastruktúra.**

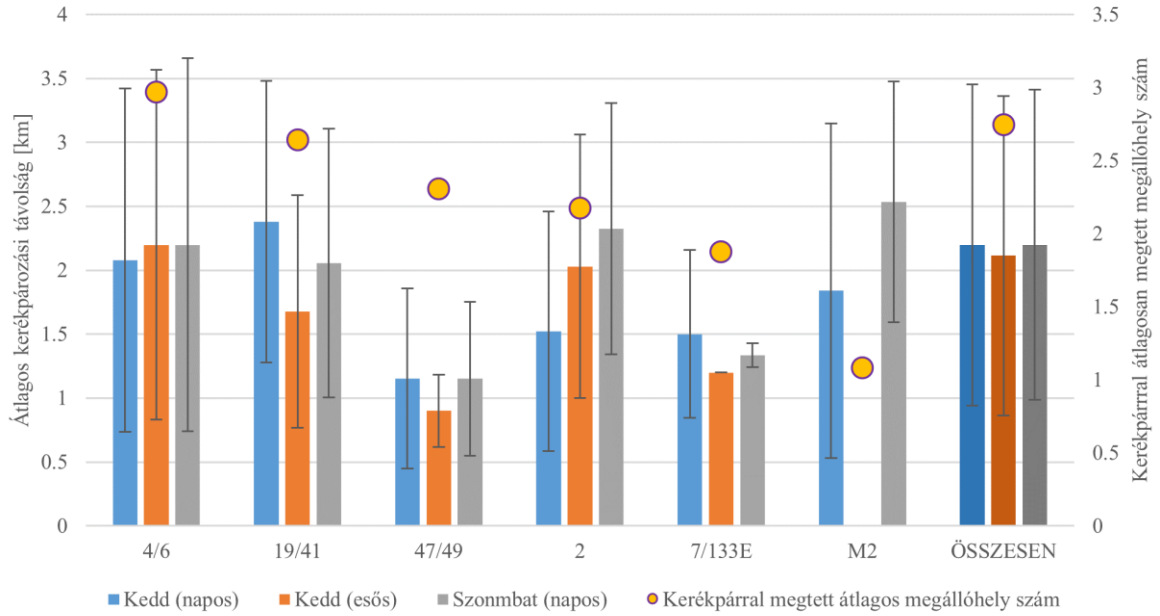
7a. táblázat: Ugyanazon tömegközlekedési vonal mentén kezdődő és végződő bérlések aránya a vonalon kezdődő bérlések számához képest – VAN kerékpárosbarát párhuzamos infrastruktúra

[%]	4/6 villamos	19/41 villamos	47/49 villamos
Kedd (napos)	21,6	15,5	9,6
Kedd (esős)	15,1	7,1	8,8
Szombat (napos)	19,2	17,1	11,2
ÖSSZESEN	**19,5**	**14,4**	**9,5**

7b. táblázat: Ugyanazon tömegközlekedési vonal mentén kezdődő és végződő bérlések aránya a vonalon kezdődő bérlések számához képest – NINCS kerékpárosbarát párhuzamos infrastruktúra

[%]	2 villamos	7/133E busz	M2 metró
Kedd (napos)	8,5	3,4	2,8
Kedd (esős)	5,8	2,3	0
Szombat (napos)	17,3	5,1	3,9
ÖSSZESEN	**10,8**	**3,7**	**2,6**

Az 5. ábrán az átlagos utazási távolságokat és azok szórását foglaltuk össze a vizsgált tömegközlekedési vonalak mentén a vizsgált napok szerint megadva az átlagosan kerékpárral lefedett megállóhelyek számát is. Az utolsó oszlop összesíti az átlagos távolság értékeket tömegközlekedési megállóhely között (nem csupán a vizsgált viszonylatokat figyelembe véve). A 4/6 vonal mentén a megosztott kerékpárral megtett átlagos távolságot nem befolyásolja érdemben sem a nap, sem az időjárás, ugyanakkor a távolság értékek szórása szombaton nagyobb. A napok között nagy a különbség a 2-es villamos vonala mentén. A szombati valószínűsíthetően szabadidős motivációjú utazások miatt ezen a napon a távolság értékek magasabbak. Átlagosan egy 2,2 km hosszúságú megosztott kerékpáros utazás 4,4 megállónyi tömegközlekedési utazást vált ki. **Azon tömegközlekedési vonalak mentén, ahol van kerékpárosbarát infrastruktúra, a közösségi kerékpárral megtett átlagos távolság is hosszabb.**



5. ábra: Tömegközlekedési viszonylatok mentén közösségi kerékpárral megtett átlagos utazási távolság és azok szórása, valamint a lefedett megállóhelyek száma

Konklúzió

A közösségi kerékpármegosztó rendszerek használata mögötti motiváció megértése segíthet az infrastruktúra fejlesztéseknél. A tanulmányban a MOL Bubi állomásbázisú kerékpármegosztó rendszer honnan-hová bérléseit elemeztük Budapest belvárosában, annak érdekében, hogy feltárjuk a kapcsolatot a megosztott kerékpárok használata és a tömegközlekedés használata között. Emiatt elsősorban a tömegközlekedési megállóknál lévő kerékpármegosztó állomások közötti bérléseket elemeztük.

Az elemzett adatok alapján Budapest belvárosában a kerékpámegosztó rendszer a tömegközlekedés versenytársa, helyettesítője, mivel az összes bérlés 50%-a tömegközlekedési megállóhelyen kezdődik és fejeződik be. A kerékpármegosztó rendszer annál inkább versenytársa a tömegközlekedésnek, minél inkább kerékpárosbarát a tömegközlekedési vonalakkal párhuzamos infrastruktúra. Ugyanakkor, a bérlések egy kis részében azonosítható a kiegészítő jelleg is. A bérlések 1/5-nél csak a bérlés kiinduló vagy végpontja egy tömegközlekedési megálló, ami a megosztott kerékpárok és a tömegközlekedés integrált használatára, a közösségi kerékpármegosztó rendszerek kiegészítő jellegére utal. A legrövidebb bérlési idők ezen utazásoknál jelentkeztek.

A kutatás limitációja, hogy anélkül vettük figyelembe a megosztott kerékpár használatok honnan-hová adatát, hogy tudtuk volna a teljes utazási lánc kezdő és végpontját, így az integrált használatra vonatkozó megállapításaink csupán feltételezések. További limitáció, hogy azállomások közötti távolságot a legrövidebb út alapján, nem a bérlésenként ténylegesen megtett út alapján határoztuk meg,

További kutatásaink során célunk, az egyszerűsítések feloldása forgalmi modellek honnan-hová adatainak felhasználásával. Továbbá, terveink között szerepel a BuBi rendszer teljes szolgáltatási területének elemzése. Ez a tanulmány az első lépése egy nemzetközi projektnek, amely során prágai és budapesti megosztott szolgáltatások használati szokásainak összehasonlítása a cél.

A közösségi kerékpármegosztó rendszerek fontos eszközei az egyéni gépjárműves közlekedés csökkentésének. Ugyanakkor a legtöbb tanulmány nem vette figyelembe, hogy a tömegközlekedés versenytársa is lehet. Jelen tanulmányban erre tettünk kísérletet, annak érdekében, hogy a szolgáltatásfejlesztések során a döntéstámogatást segítsük. Például több állomás létesítése nem tömegközlekedés megállójában, elősegítve az integrált használatot, a kerékpármegosztó rendszerek tömegközlekedést kiegészítő jellegét.

Köszönetnyilvánítás: A projektet Csehország, Lengyelország, Magyarország és Szlováki kormánya társfinanszírozta a Nemzetközi Visegrádi Alap 'Visegrad Grants' támogatásán keresztül. Az Alap célja a fenntartható regionális együttműködést serkentő ötletek elősegítése Közép Európában.

Irodalomjegyzék

[1] Matowicki M., Pecherkova P., Pribyl O.: The potential of changing habitual car user travel modes: The case of Czech towns, International Journal of Transportation Science and Technology 2022. DOI: 10.1016/j.ijtst.2022.11.001
[2] Matowicki M., Amorim M., Kern M., Pecherkova P.,Motzer N., Pribyl O.: 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
[3] Cheng B., Li J., Su H., Lu K., Chen H., Huang J.: Life cycle assessment of greenhouse gas emission reduction through bike-sharing for sustainable cities, Sustainable Energy Technologies and Assessments 2022/53 102789. DOI: 10.1016/j.seta.2022.102789
[4] D'Almeida L., Rye T., Pomponi F.: Emissions assessment of bike sharing schemes: The case of Just Eat Cycles in Edinburgh, UK, Sustainable Cities and Society 2021/71 103012 DOI: 10.1016/j.scs.2021.103012
[5] Meddin: The Meddin Bike-sharing World Map Report, 2022. [Online]. Elérhető: https://bikesharingworldmap.com/reports/bswm_mid2022report.pdf
[6] Jaber A., Csonka B.: How Do Land Use, Built Environment and Transportation Facilities Affect Bike-Sharing Trip Destinations? Promet – Traffic & Transportation 2023/35(1) 119-132. DOI: 10.7307/ptt.v35i1.67
[7] Kim K.: Investigation of modal integration of bike-sharing and public transit in Seoul for the holders of 365-day passes, Journal of Transport Geography 2023/106 103518. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2022.103518
[8] Böcker B.,,Anderson E., Uteng T.P., Throndsen T.: Bike sharing use in conjunction to public transport: Exploring spatiotemporal, age and gender dimensions in Oslo, Norway, Transportation Research Part A: Policy and Practice 2020/138 389–401. DOI: 10.1016/j.tra.2020.06.009
[9] Guo D.,. Yao E., Liu S., Chen R., Hong J., Zhang J.: Exploring the role of passengers' attitude in the integration of dockless bike-sharing and public transit: A hybrid choice modeling approach, Journal of Cleaner Production 2023/384 135627. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135627
[10] Radzimski A., Dzięcielski M.: Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland, Transportation Research Part A: Policy and Practice 2021/145 189–202. DOI: 10.1016/j.tra.2021.01.003
[11] Zhou X., Dong Q., Huang Z. Yin G., Zhou, G., Liu Y.: The spatially varying effects of built environment characteristics on the integrated usage of dockless bike-sharing and public transport, Sustainable Cities and Societies 2023/89 104348. DOI: 10.1016/j.scs.2022.104348
[12] Cheng L, Wang K., De Vos J., Huang J., Witlox F.: Exploring non-linear built environment effects on the integration of free-floating bike-share and urban rail transport: A quantile regression approach, Transportation Research Part A: Policy and Practice 2022/162 175–187. DOI: 10.1016/j.tra.2022.05.022
[13] Xing Y., Wang K., Lu J. J.: Exploring travel patterns and trip purposes of dockless bike-sharing by analyzing massive bike-sharing data in Shanghai, China, Journal of Transport Geography 2020/87 102787. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102787
[14] Zhou Y., Yu Y., Wang Y., He B., Yang L.: Mode substitution and carbon emission impacts of electric bike sharing systems, Sustainable Cities and Society 2023/89 104312. DOI: 10.1016/j.scs.2022.104312
[15] Ma X., Ji Y., Yuan Y., Van Oort N., Jin Y.,Hoogendoorn S.:A comparison in travel patterns and determinants of user demand between docked and dockless bike-sharing systems using multi-sourced data, Transportation Research Part A: Policy and Practice 2020/139 148–173. DOI: 10.1016/j.tra.2020.06.022
[16] Bieliński T., Kwapisz A., Ważna A.: Electric bike-sharing services mode substitution for driving, public transit, and cycling, Transportation Research Part D: Transport and Environment 2021/96 102883, DOI: 10.1016/j.trd.2021.102883

[17] Schimohr K., Scheiner J.:Spatial and temporal analysis of bike-sharing use in Cologne taking into account a public transit disruption, Journal of Transport Geography 2021/92 103017. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103017
[18] Molinillo S., Ruiz-Montañez M., Liébana-Cabanillas F.: User characteristics influencing use of a bicycle-sharing system integrated into an intermodal transport network in Spain, International Journal of Sust. Transportation 2020/14(7) 513–524. DOI: 10.1080/15568318.2019.1576812.
[19] Zhang X., Li W.: Effects of a bike sharing system and COVID-19 on low-carbon traffic modal shift and emission reduction, Transport Policy 2023/132 42–64 DOI: 10.1016/j.tranpol.2022.12.017
[20] Kim M., Cho G-H: 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
[21] Teixeira J. F., Silva C., Moura e Sá F.: The strengths and weaknesses of bike sharing as an alternative mode during disruptive public health crisis: A qualitative analysis on the users' motivations during COVID-19, Transport Policy 2022/129 24–37. DOI: 10.1016/j.tranpol.2022.09.026
[22] Teixeira J. F., Lopes M.: The link between bike sharing and subway use during the COVID-19 pandemic: The case-study of New York's Citi Bike, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 2020/6 100166. DOI: 10.1016/j.trip.2020.100166.
[23] Kim M., Cho G.-H.: Examining the causal relationship between bike-share and public transit in response to the COVID-19 pandemic, Cities 2022/131 104024 DOI: 10.1016/j.cities.2022.104024.
[24] Nagy, V., Horváth, B.: GyőrBike rendszer használatának értékelése adatbányászati módszerekkel, Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2017 432-438.
[25] Soltani, A., Mátrai, T., Camoreale, R., Allan, A.: Exploring Shared-Bike Travel Patterns Using Big Data: Evidence in Chicago and Budapest, Computational Urban Planning and Management for Smart Cities. CUPUM 2019. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. DOI: 10.1007/978-3-030-19424-6_4
[26] de Souza, R.N., Mátrai, T.: Impacts of the COVID-19 pandemic in the demand for urban transportation in Budapest, Transportation Research Procedia 2022/62 99-106. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.02.013