

A gépjárművek és a közösségi közlekedés forgalmi csúcspontjainak összehasonlítása Budapesten

A fővárosi közlekedés akadálytalan lefolyásának fő hátráltató tényezői a közúton kialakuló torlódások. A városi közúti torlódások kialakulása napjainkban ellentétes azzal a tendenciával, hogy fentartható módon élhető várost, emberközpontú- és egészséges közterületeket hozzunk létre, tartsunk fent. A csúcspontok alágazatonkénti meghatározásával és összehasonlításával egy átfogó képet kaphatunk Budapest közlekedésének hatékonyságáról. Az elemzés alapján, a város közlekedésstratégiai célkitűzései ismeretében (pl. BMT 2030-as modal split cél), adatalapon lehet dönteni beavatkozásokról (például forgalomcsillapítás vagy csúcspontok elnyújtása, forgalom átrendeződése). A csúcspont helyett a csúcspontokra meghatározására azért van szükség, hogy részletesebb adatokat kaphassunk a kritikus időszakokról az adott hálózati elemeken.

A dolgozat célja, hogy felmérje és összehasonlítsa a közösségi közlekedés és a gépjárműforgalom csúcspontjait annak érdekében, hogy a gépjárművek szempontjából kritikus időszakban - vagy annak környezetében - van-e a közösségi közlekedésnek szabad kapacitása. A közúti és a közösségi közlekedési csúcspontok időbeli egybeesése esetén a dolgozat további célja megvizsgálni, hogy a 2030-as modal split célok eléréséhez mekkora léptékű módváltásra van szükség a csúcspontok időszakában. Továbbá célja a forgalom időbeli lefolyásának részletes megismerésre, az alágazattól, illetve térbeli és egyéb jellemzőktől való függésének vizsgálata, esetleges beavatkozási lehetőségek bemutatásával. A vizsgált terület a Budapest közigazgatási területén belül elhelyezkedő sugárirányú utak. Az elemzés során a gépjárművek csúcspontjainak meghatározásához induktív hurokdetektorokból, forgalomszámláló kamerákból, a közösségi közlekedés utasszámlálásához pedig infraérzékelős és terhelésérzékelős mérőműszerekből vagy kézi forgalomszámlálásból származó adatokat használunk fel.

Tartalom

Tartalom	2
1. A csúcsnegyedóra fogalma	3
2. A torlódások kialakulása	3
3. Módszertan	5
Időszak meghatározása	5
Helyszín definiálása	5
Gépjárműforgalom meghatározása	5
A közösségi közlekedés utasszámainak meghatározása	7
4. Eredmények	8
A gépjárművek csúcsnegyedórái	8
A közösségi közlekedés csúcsnegyedórái	10
Összehasonlítás	13
5. Modal split alakulása	14
A vizsgálat	14
6. Kapacitásvizsgálat	17
2022-es vizsgálat	18
2030-as vizsgálat	20
7. Beavatkozási és felhasználási lehetőségek	21
Ábrajegyzék	22
Táblázatjegyzék	22
Irodalomjegyzék	22
Mellékletek	23

1. A csúcsnegyedóra fogalma

A csúcsok meghatározása során Budapesten belül a csúcsórák meghatározása kevésbé tűnik relevánsnak tűnt, mivel a csúcs Budapesten maximum 2 órát ölel fel a gépjármű forgalomban, míg a tömegközlekedés esetében ez 1 órát ölel fel. Ezen kívül részletesebb bontást kaphatunk a csúcsnegyedórás meghatározással, illetve a térben is jobban nyomon követhető a változás. Ezen okból kifolyólag a negyedórás bontásra esett a választásom.

A gépjárművek vizsgálata során azt a 15 percen görgetett negyedórás blokkot - amelyet egész órától számítunk - neveztem csúcsnegyedórának, amikor a legtöbb gépjármű haladt át a mért keresztmetszeten a délelőtti folyamán. Jellemzően ez az időszak nem a legnagyobb forgalmi torlódással terhelt, hanem az ezt közvetlenül megelőző még torlódásmentes időszak. A legnagyobb áthaladó forgalom időpontja lesz a mértékadó azonban, ha két egyenlő forgalomnagyság érték jelenik meg, akkor a sebesség- és a foglaltsági adatok alapján hoztunk döntést, amelyek mérésére szintén képesek az induktív hurokdetektorok.

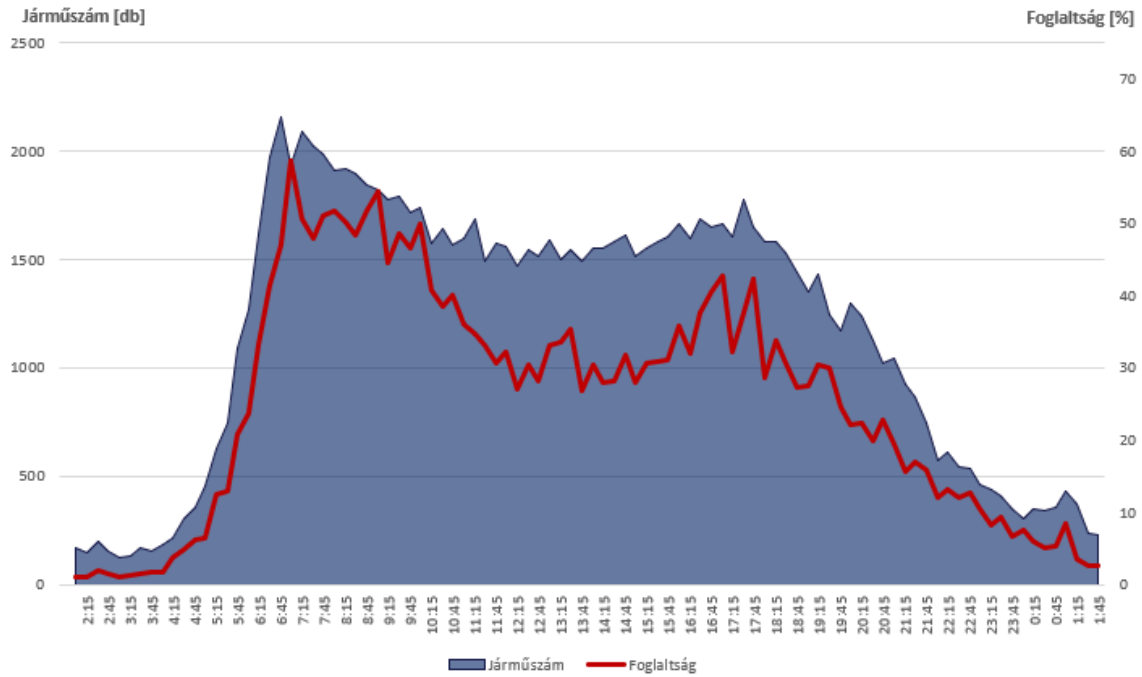
A közösségi közlekedés során azt a negyedórát tekintjük a csúcsnegyedórának, amely időszakban a legtöbb áthaladó jelenik meg az egyes keresztmetszeteken.

2. A torlódások kialakulása

A közlekedés egyik legnagyobb kihívása a torlódások csökkentése. Erre azért van szükség, hogy az emberek életét hatékonyabbá, a környezetet egészségesebbé és a várost élhetőbbé tehesük.

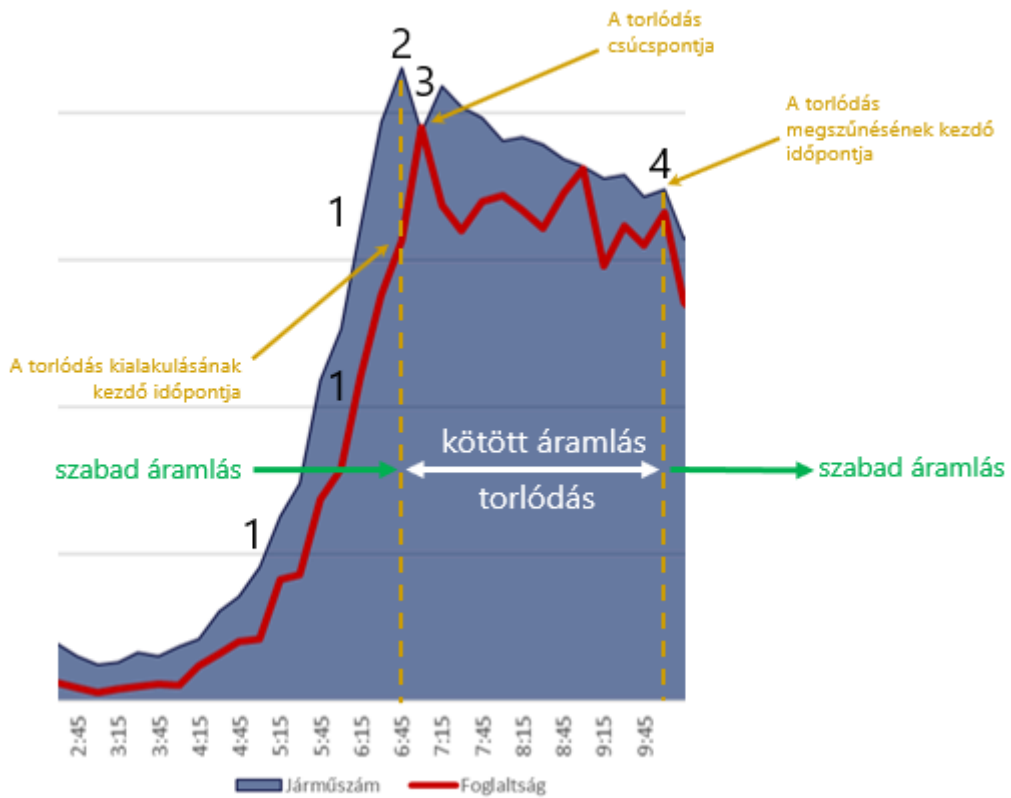
A torlódások fontos szerepet játszanak a csúcsidőszak meghatározásában, mivel a torlódásokat szeretnénk elkerülni. Ennek megállapításában segít a csúcsidőszak beazonosítása, amely általában a torlódásokat közvetlenül megelőző időszak, hiszen ekkor gyakran túltelítődik a forgalom, aminek hatására instabil forgalmi áramlás vagy torlódás alakulhat ki. Ezen időszak ismeretében könnyebben és hatékonyabban közbe tudunk lépni a torlódások megelőzése érdekében.

A következő 1. ábra bemutatja az Üllői úti tengely egy hétköznapi, 15 percen görgetett, órás forgalom lefutását. Az ábra alapján látható a délelőtti csúcs, illetve a foglaltság alapján a torlódás kialakulása. Mind a járműszám és a foglaltság adatait a hurokdetektorok által gyűjtött adatok adták.



1. ábra A Üllői út forgalomlefordása

A következő 2. ábra alapján nézzük meg a reggeli csúcs viselkedését, amelyben torlódás alakul ki:



2. ábra Torlódás kialakulása

Az előző 2. *ábra* bemutatja a torlódás kialakulását. Az 1-es számnál növekszik a közlekedési igény, így növekszik a vizsgált keresztmetszeten az áthaladó járművek száma. Ezáltal növekszik az útszakasz foglaltsága. A 2-es pontnál az útszakasz telítődik és a szabad áramlást kötött áramlás váltja fel. Látható, hogy a forgalomnagyság lecsökken, míg a foglaltság aránya tovább nő. A torlódás a 3-as pontban éri el a csúcspontját, ahol a legnagyobb a foglaltság mértéke. A torlódás ott szűnik meg ahol a foglaltság és a járműszám is egyszerre kezd el drasztikusan csökkenni.

3. Módszertan

Időszak meghatározása

A gépjárműforgalom adatainak feldolgozása során 2022. április-májusi tanítási napok délelőtti kerületek feldolgozásra. Keddtől csütörtökig lévő adatokat dolgoztunk fel, mivel hétköznap ezeken a napokon hasonló a forgalom lefolyása és ezen időszakokban szeretnénk a torlódásokat, és ezáltal a csúcsidőket csökkenteni.

A közösségi közlekedés során frissebb adatok is elérhetőek voltak, így őszi utasszámok is felhasználásra kerültek, szintén keddtől-csütörtökig tartó intervallumban.

Helyszín definiálása

Először a gépjárműforgalom adatai lettek meghatározva a korlátozott számú működő hurokdetektor és forgalomszámláló kamera miatt. Ezek főleg a sugárirányú útvonalakon lettek felvéve és csak a központ felé haladó irány, mivel a forgalom ezeken a szakaszokon sokkal erősebb a délelőtti csúcsban. A délelőtti csúcsok általában koncentráltabbak, mint a délutániak, valamint a város központja felé irányuló forgalom kezelése kritikusabb a szűkülő keresztmetszetek miatt.

A közösségi közlekedés keresztmetszeteit elsődlegesen a gépjárműforgalmi helyszínekhez igazodva választottam ki. Majd ezeket kibővítettem úgy, hogy a térképes ábrázolás után a hiányos részeket az izokron pontosabban tudjon futni.

Gépjárműforgalom meghatározása

A gépjárműforgalom meghatározásához a FAR (Forgalmi Adatbázis Rendszer) rendszer hurokdetektor adatait dolgoztam fel, azonban a rendszerből 15 percen görgött órák adatait lehet elérni. Sajnos a hurokdetektorok csak jármű darabszámot tudnak megállapítani, egység járműben nem képesek megadni az adatokat, azonban a járműösszetétel sejtésem szerint időben

nem nagyon változik, így az időbeli lefutás darab alapon is jól vizsgálható. A negyedórás értékek kinyeréséhez a következő módszertanra volt szükség:

1. Az MS Excelbe kimentett adatsor ugyanazon napon és időpontjában lévő, egy útszakasz párhuzamos irányba tartó sávjaihoz tartozó adatok összeadása
2. Az összeadott adatok ugyanazon időponthoz tartozó, de különböző napok adatainak átlagolása
3. Az átlagolt adatok - mivel 15 percen görgetett órás adatok – elosztása 4-gyel, ugyanazon időponthoz kapcsolva.
4. Majd a pontosabb adatok érdekében az átlagos negyedórás értékeket az adott időponttól, a következő óra azonos negyedórájáig összegeztem.
5. Ezeket, pedig szintén elosztottam 4-gyel, hogy negyedórás adatokat kapjunk. Erre, azért volt szükség, mivel a forgalomszámláló kamerák adatai – amelyek nem görgetett negyedórás adatok – ezen értékhez álltak közelebb, ahol mindkettő mérőeszköz elérhető volt. Több módszertannal is próbáltam megközelíteni a forgalomszámláló kamerák értékeit és ez bizonyult a legpontosabbnak.
6. Ezen adatok alapján megkerestük a legmagasabb értéket, ha két időponthoz is tartozott ugyanazon érték, akkor a torlódás kialakulása előtti értéket vettem alapul.
7. A legmagasabb értékeket jelöltem a térképen.

A forgalomszámláló kamerákból kinyert nyers adatok negyedórás bontásban kerültek feldolgozásra az alábbi módszertan szerint:

1. A nyers adatok negyedóránkénti felvétele
2. Az összegzett adatok naponkénti átlagolása
3. A legnagyobb áthaladó forgalom megkeresése és ábrázolása térképen

A kézi forgalomszámlálásból származó adatoknál a legnagyobb áthaladó forgalom negyedórás időpontja lett feltüntetve a térképen, ezeken nem kellett számításokat végezni, mivel nem 15 percen görgetett órás adatok voltak, hanem normál negyedórás adatok.

Ezen adatok ábrázolása után a pontok egy összesített térképre kerültek. A hurokdetektorok esetében néhány pontnál nem volt foglaltsági adat, így azokat kibővítve Google-Maps által az adott időpontok környezetében megvizsgáltuk a torlódás alakulását a szokásos forgalomra nézve. A térkép zöld-sárga-piros színeket alkalmazva jelöli a forgalom pillanatnyi lefolyását, ennek hatására én is jelöltem ugyanilyen színekkel ezeket. [1]A Google a Google és a Waze

útvonaltervezőket használók sebességértékei, az FCD és a cellaadatok alapján színezi az utakat. Az átfutási idő közel valós idejű, maximum 5 perc.

A pontok nagyságát az ott áthaladó forgalomnagysággal arányosan vettem fel. Ezek után izokronokkal összekötöttem a szomszédos sugárirányú utakhoz tartozó azonos csúcsnegyedórákat. Ahol ez nem volt lehetséges, ott interpolációval hajtottam végre.

A közösségi közlekedés utasszámainak meghatározása

A közösségi közlekedési adatok nagyrészen a ForTe rendszer, vagyis a Forgalmi Tevékenységek nevű alkalmazás segítségével kerültek feldolgozásra. A rendszer tárolja többek között az autóbuszok és a trolibuszok infraérzékelős és terhelésérzékelős mérőeszköz-adatait.

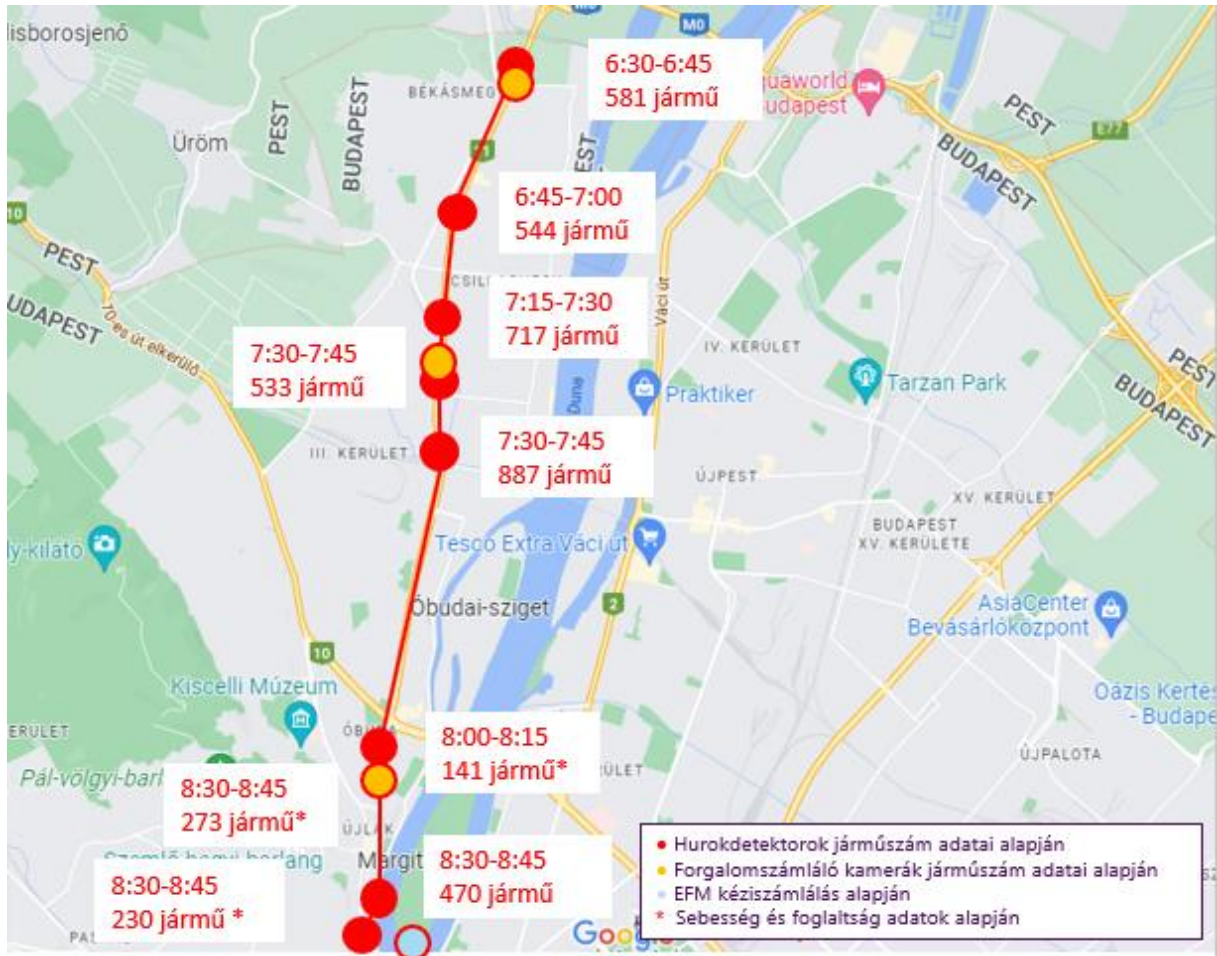
A rendszerben a megállóhelyi azonosító alapján, keresztmetszeti lekérdezéssel kaphatjuk meg egy megállóból induló összes viszonylat utasszám értékeit, minden áthaladó autóbusz és trolibusz-viszonylatra összegezve. Ezen adatok közül a legmagasabb értékekhez tartozó időpontokat ábrázoltam a térképen. A jelölés nem viszonylatonként a legmagasabb érték, hanem az adott pontban a befelé haladó úton áthaladó viszonylatok együttes maximuma a pontban.

A metró utasszám-adatai nem elérhetőek a ForTe rendszerből, így ezen adatok a kézi számlálás adataiból kerültek felhasználásra. Megállóközönként a legnagyobb utasforgalomhoz tartozó adatok lettek feltüntetve a térképen. A körök nagysága aránylik az utasszám-adatakhoz. Ezek után izokronokkal összekötöttem a szomszédos sugárirányú utakhoz tartozó azonos csúcsnegyedórákat. Ahol ez nem volt lehetséges ott interpolációt alkalmaztam.

A villamosok utasszámjai nem elérhetőek, vagy csak csekély mennyiségben, így nem kerültek felhasználásra.

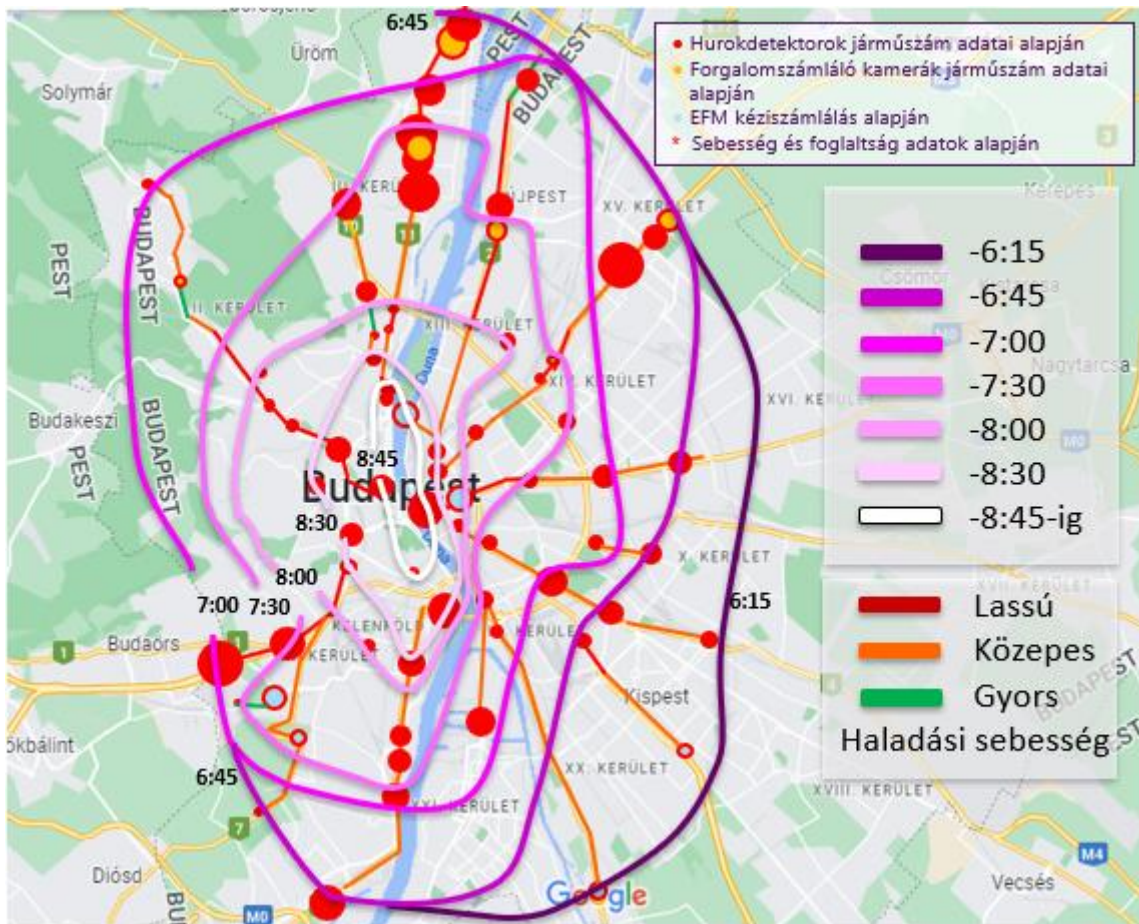
4. Eredmények

A gépjárművek csúcsnegyedórái



3. ábra Szentendrei úti tengely csúcsnegyedórái

Az következő 3. ábra látható a 9 ábra közül az egyik sugaras út csúcsnegyedóráinak jelölése. Látható, hogy az ábrán különböző színel jelöltem a különböző forrásból származó adatokat. A csillaggal jelölt értékeknél közel azonos járműáthaladást érzékeltem, így a sebesség és a foglaltság adatai alapján határoztam meg a csúcsnegyedórát. Megfigyelhető továbbá az Árpád híd vonalánál lévő Flórián téri felüljáró elvezető hatása a járműszám csökkenésekből.



4. ábra Gépjárművek csúcsnegyedőrái

A 4. ábra Gépjárművek csúcsnegyedőrái című ábra mutatja be az összesített, minden főbb sugárirányú útszakasz csúcsnegyedőráját és foglaltságát. A pontok nagyságának képlete:

$$\text{Pont szélessége [cm]} = 0,000803 * \text{áthaladó járművek száma}$$

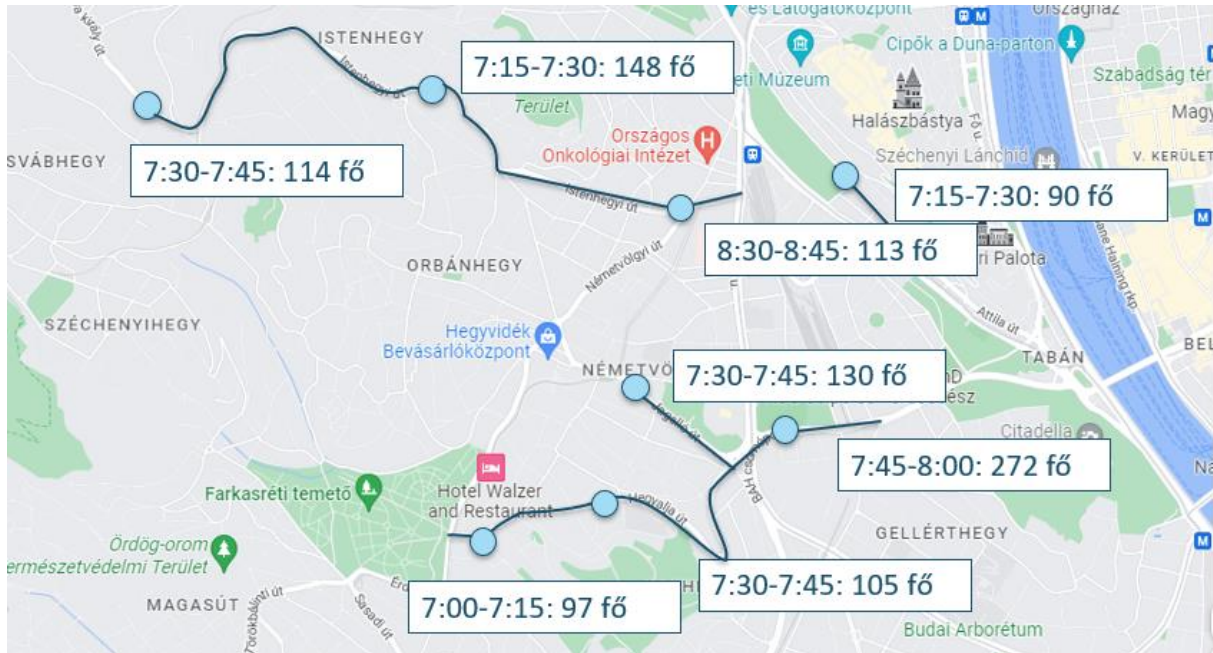
Az ábrán látható, hogy a csúcsnegyedőrák környékén, majdnem minden útszakasz piros vagy sárga, vagyis közepes-lassú haladási sebességet jelez, ezek főleg a központ felé haladva sűrűsödnek. Ezen kívül, körkörös irányú izovonalakat láthatunk, amelyek sugara az idő előrehaladtával Budapest centruma felé szűkül. A budai oldalon a pesti oldalhoz képest, a belvárostól azonos távolságokban később jelentkezik a csúcs, azaz Budáról és a budai agglomerációból később indulnak útnak a gépjárművel közlekedők, mint a pesti oldalon.

Dél-Pesten a görbék „benyomódása” és sűrűsödése arra utal, hogy ebből a régióból – a város összes többi részéhez képest is – korábban indulnak útnak a gépjárművel közlekedők.

A belvárosban sűrűbben helyezkednek el a görbék, ami azt jelenti, hogy a „hullám” terjedési sebessége lelassul, ami utal többek között a gépjárművek lassabb haladási sebességre (a

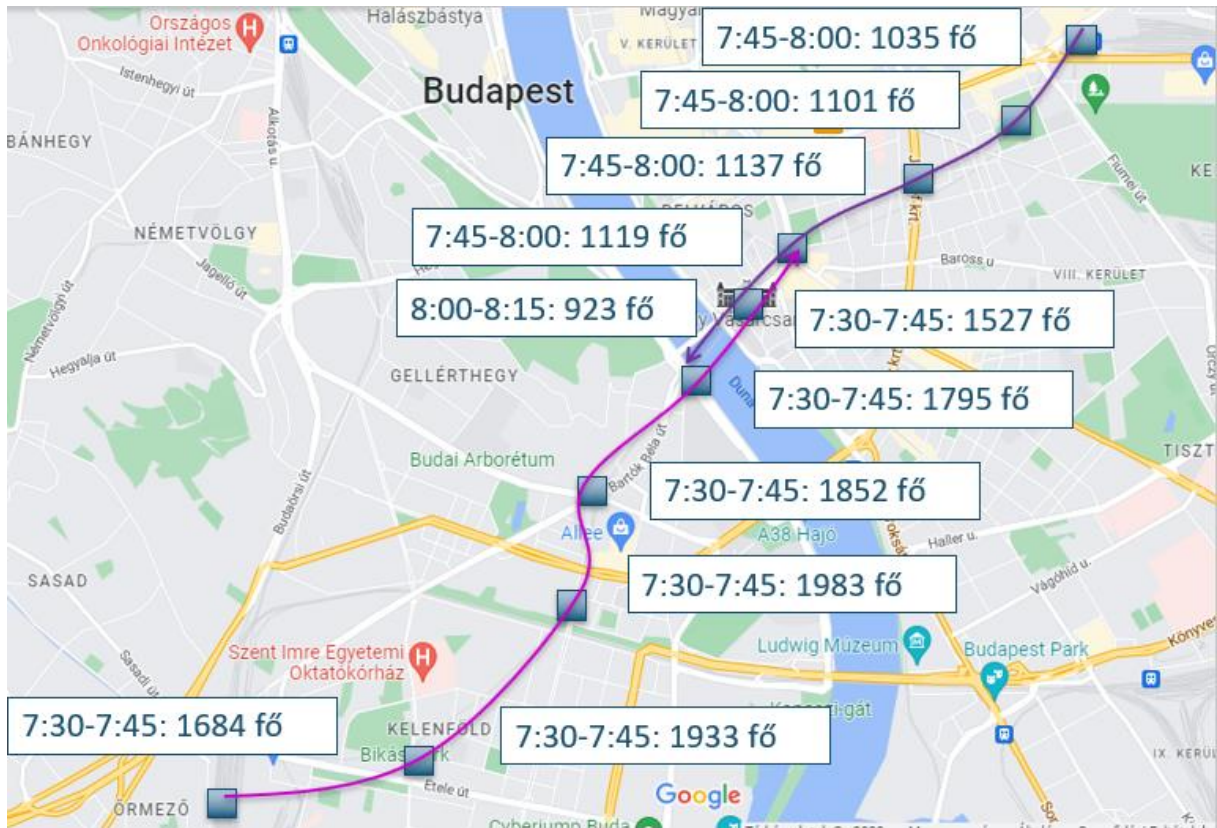
lecsökkent járműszám ellenére). A belvárosban csúcsidőben gyorsabb a kötöttpályás közösségi közlekedés, mint az egyéni gépjárművek átlagos haladási sebessége.

A közösségi közlekedés csúcsnegyedórái



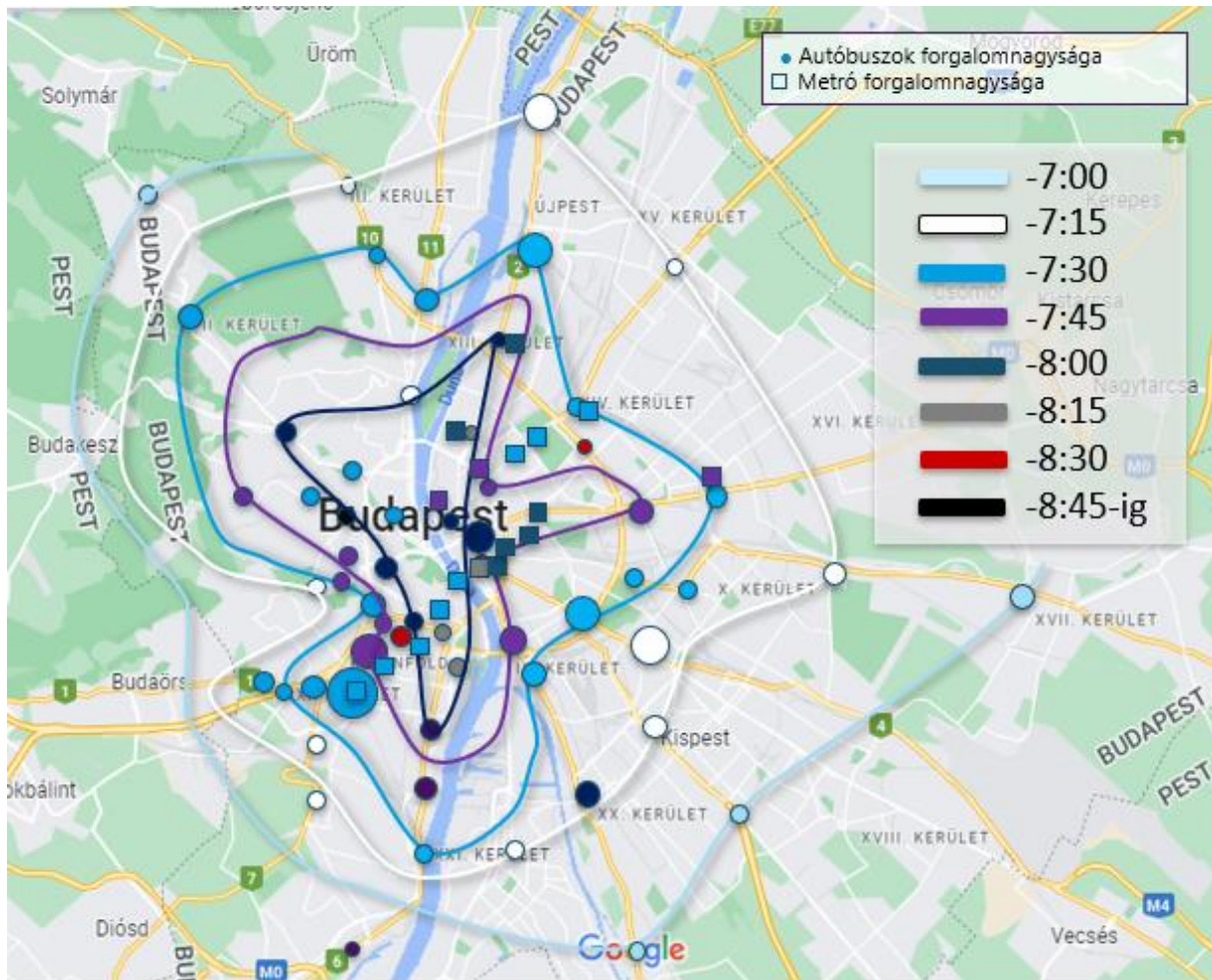
5. ábra Közösségi közlekedés keresztmetszetenkénti csúcsnegyedóráinak ábrázolása

Az előző 5. ábra látható a keresztmetszeteken áthaladó autóbuszok utasszáma, amik kék körökkel vannak jelölve. Látható, hogy többségében az utakon a külső területekről a belső felé nő az utasszám a viszonylatokon.



6. ábra Az M4-es metró csúcsnegyedórás adatai

A metró utasszám adatai másik térképen, más jelzésekkel vannak feltüntetve, ahogyan az előző 6. ábra alapján is látható. Ebben az esetben mind a két irány utasszám adatai megtalálhatóak a központ felé, Pestről és Budáról is a végállomásoktól csak a Fővám térig tüntettem fel az adatokat, mivel a gépjárműforgalom esetében is a központig tartó, és oda mutató útszakaszokon mintavételeztem az áthaladó forgalmat a csúcsnegyedórák meghatározásakor. Megfigyelhető, hogy a budai oldalról többen használják az M4-es metró, mint a pesti oldalon, a mértékadó keresztmetszet is a budai oldalon található, az Újbuda-központ megállóhelyen.



7. ábra Közösségi közlekedéscsúcsnegyedőrái

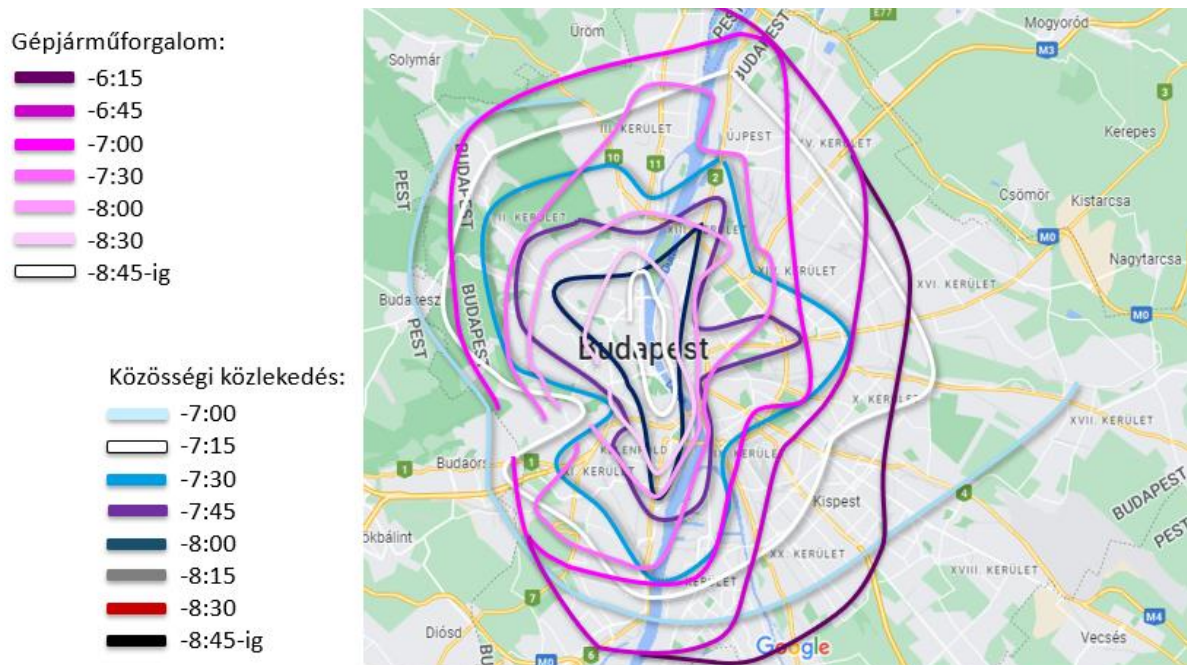
A 7. ábra láthatók a közösségi közlekedés csúcsnegyedőráinak izokron vonalai. A négyszöggel jelölt pontok a metrók, míg a körök a gépjárművekhez tartozó adatokat jelölik, ezeknek a színe az adott pont csúcsnegyedőrájától függ. A pontok nagyságának képlete:

$$\text{Pont szélessége [cm]} = 0,2 + 0,000403 * \text{utas/óra/irány}$$

Látható, hogy centrikusan Budapest központjára illeszkednek a körkörös izokronok. Található 3-4 benyomódás a vonalakon, ezeknek az oka a metró és HÉV járatok vonalai, melyek gyorsabb eljutást eredményeznek ezeken az útszakaszokon. Néhány pont a térképen nem illeszkedik az izokronokra. Ennek az oka egy-egy nagyobb munkahely vagy iskola kezdési idejének jelentkezése. Például a sötét pontokkal jelölt környéken található a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, ahol 8:15-8:30 körül kezdődnek az első órák, vagy a Margit sziget mellett elhelyezkedő fehér pont, ami 7:00-7:15-ig jelez csúcsnegyedőráját, ami az Óbudai Gate irodaház vonzáskörzete.

A gépjárműforgalom csúcsgördőráinál 8:45-ig tudtam izokronokat berajzolni, azonban a tömegközlekedésnél erre nem volt lehetőség, mivel a 7:45-8:00-ig tartó csúcsgördőrán belül elszórtan jelentkeztek a csúcsok, egyik oka lehet a tömegközlekedés gyorsabb eljutási ideje.

Összehasonlítás

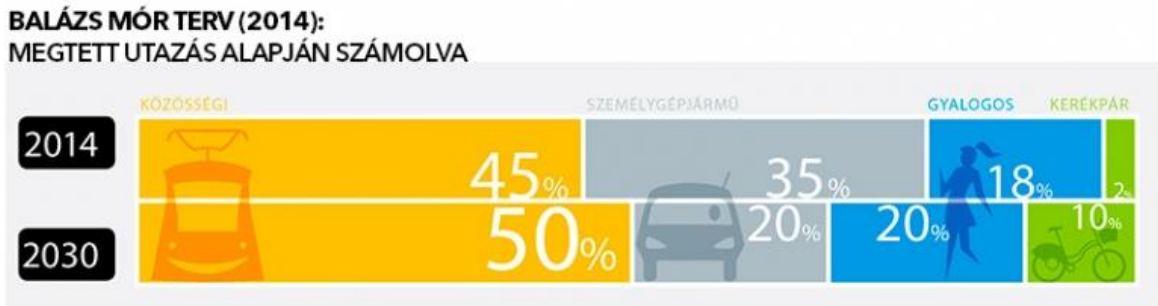


8. ábra A gépjárműforgalom és a közösségi közlekedés csúcsgördőrái

Az előző 8. ábra alapján látható a két vizsgált alágazat egymáshoz való viszonya. Látható, hogy a 6:45-7:00 közötti időszak a közösségi közlekedés alapján a pesti oldalon távolabb helyezkedik el, mint a gépjárművéké, azonban Budán, közel ugyanazon a vonalon. A 7:15-7:30-as időintervallumnál északon és délnyugaton a gépjárműforgalom, keleten a közösségi közlekedés csúcsgördőrái húzódnak távolabb, míg délkeleten és nyugaton közel azonosan helyezkednek el. A 7:45-8:00-ig tartó intervallumban főleg a gépjárműforgalom csúcsgördőrái találhatóak távolabb a központtól. Megfigyelhető több benyomódás a közösségi közlekedés izokronján a gépjármű izokronjához képest a térképen, ezeknek az oka a metró, a HÉV vagy a gyorsvasút nyomvonala, amelyek a gyorsabb haladási sebességük miatt, gyorsabb eljutást eredményeznek a gépjárművekkel szemben. Ezek a benyomódások a közösségi közlekedésen belül is benyomódásokat eredményeznek, mely az alágazaton belüli sebességkülönbségeket is jelzi. Ezek a benyomódások jelzik számunkra, hogy miért is érdemes a személygépjárműből ezeken a pontokon átülni más közlekedési eszközökre, ahogyan azt több fővárosi kampány is ösztönzi, ahogyan a Budapesti Közlekedési Központ jelenlegi [2], „Közlekedj tudatosan, válaszd a közösségi közlekedést” című kampánya is teszi. A gépjárművek és a közösségi közlekedés

izokronjainak találkozásánál vizsgáljuk meg a továbbiakban a BMT 2030-as modal splitjének jelenlegi állását és a módváltás lehetőségét.

5. Modal split alakulása



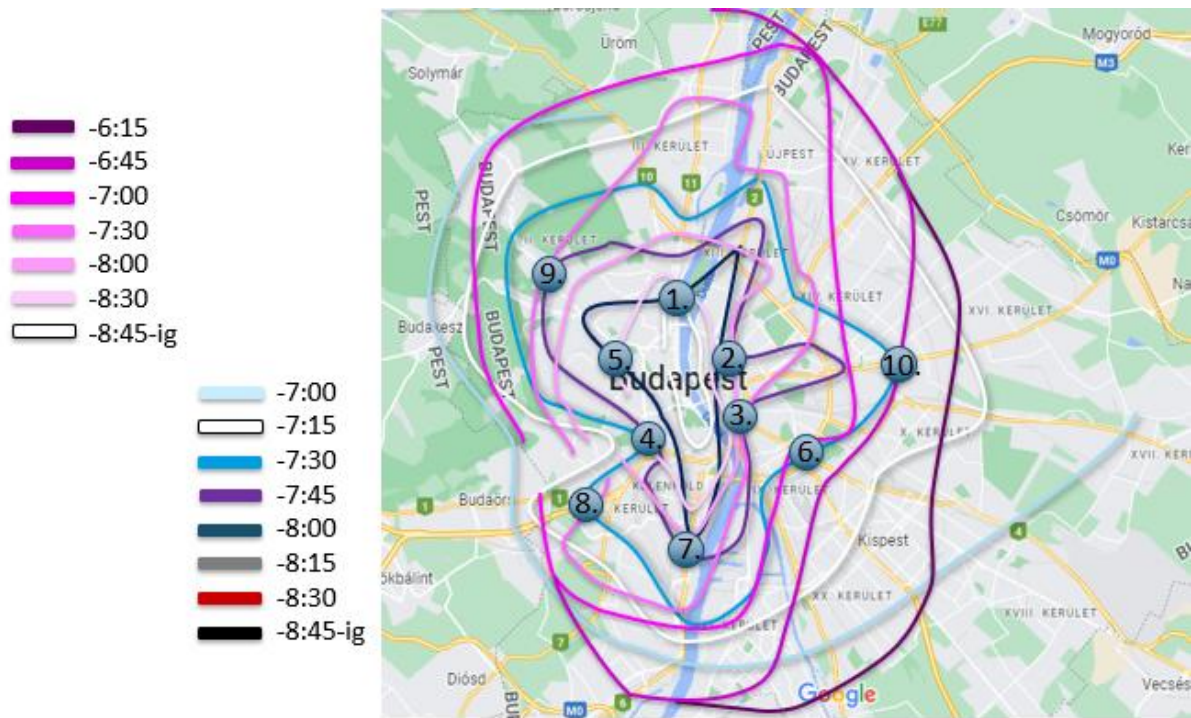
9. ábra Modal split terv 2030-ra[3]

Az előző 9. ábrán látható a 2014-ben a Budapesti Mobilitási Terv[3] alapján elvárt modal split 2030-ra. A vizsgálat során megnézzük a jelenlegi helyzetünket és hogy mennyi módváltásra lenne szükség a csúcsgyedőrákban a 2030-as modal split célok eléréséhez. A kutatás során a közösségi közlekedés utasszáma és a gépjárműforgalom alapján egy arányszámot határoztam meg, figyelmen kívül hagyva a mikromobilitási eszközöket az adatok hiánya miatt.

A vizsgálat során felvettem 5-5 pontot a belső és a külső területeken. Megvizsgáltam egyesével a külső és belső területeket összehasonlítva és összesítve az egészet is.

A vizsgálat

A következő, 10. ábra alapján láthatjuk számozva a kiválasztott pontokat. A pontok kiválasztása során figyelembe vettem, hogy a rendelkezésre álló adatok elegendőek legyenek a modal-split kialakításához (pl. ne legyen villamos a keresztmetszeten, vagy metró), ezen kívül pedig, hogyha lehetséges volt, akkor a gépjárműforgalmi és a közösségi közlekedési izokron vonalakra essen.



10. ábra Modal split vizsgálat pontjai

Egy átlagos személygépkocsi utasszáma a hétköznapi csúcsidőben 1,2 fő/ jármű, mivel a Budapesti Közlekedési központ is ennyivel számol ezért, ezzel besorozva a gépjárműforgalom számait megkapjuk a gépjárművek utasszámain. A következő 1. táblázatban az 1-5-ig számozott részek a belső, míg a 6-10-ig számozott részek a külső területeket jelölik. A területek:

1. Kolosy tér
2. Oktogon környéke
3. Corvin-negyed
4. Fehérló utca
5. Nógrádi utca
6. Népliget
7. Savoya Park
8. Poprádi út
9. Bátori László utca
10. Sashalom

Ezzel számolva a következő adatokat kapjuk:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
közösségi közlekedés utasszáma	181	1010	1389	346	148	697	285	242	343	252
Gépjárműforgalom	241	229	249	245	208	513	331	585	162	375
Gépjármű utasszámai	289	275	299	294	250	616	397	702	194	450
Közösségi közlekedés százalékos aránya	38%	79%	82%	54%	37%	53%	42%	26%	64%	36%
Gépjárművek százalékos aránya	62%	21%	18%	46%	63%	47%	58%	74%	36%	64%
Területek közösségi közlekedésének aránya	69%					40%				
Területek gépjárműveinek aránya	31%					60%				
Összesen a közösségi közlekedés aránya						46%				
Összesen a gépjárművek aránya						54%				

1. táblázat Modal split értékei

Az 1. táblázat alapján láthatjuk a közösségi közlekedés és a gépjárművek által szállított utasszámok eloszlását, az adatok minden keresztmetszeten az ott előforduló csúcsnegyedóra időszakában lettek felvéve mivel, ha valamelyik irányba ezt eltoljuk, akkor az a közlekedési mód fog nagyobb arányt kapni. Látható, hogy a belső területeken magasabb százalékban van jelen a közösségi közlekedés az adott pontokon, míg a külső területeken 29%-kal magasabb a gépjármű forgalom részaránya a belső területéhez képest. Látható, hogy a Kolosy téren és a Nógrádi utcánál magasabb a gépjármű forgalom, pedig belső területekhez tartoznak, míg a Bátor László utcánál a pontok a külső területekhez tartoznak és mégis kisebb a gépjárműforgalom utasszáma azon a területen.

Összefoglalva a modal split értékek alapján 46-54%-ban oszlanak meg a vizsgált közlekedési módok, mivel ez csak néhány keresztmetszet adata így nem teljesen reprezentatív, azonban a jelenlegi helyzetet ezeken a helyszíneken továbbra is jellemzi. A 2014-es adatok aránya:

$$\frac{45}{35} = 1,2857$$

A 2030-as adatok aránya:

$$\frac{50}{20} = 2,5$$

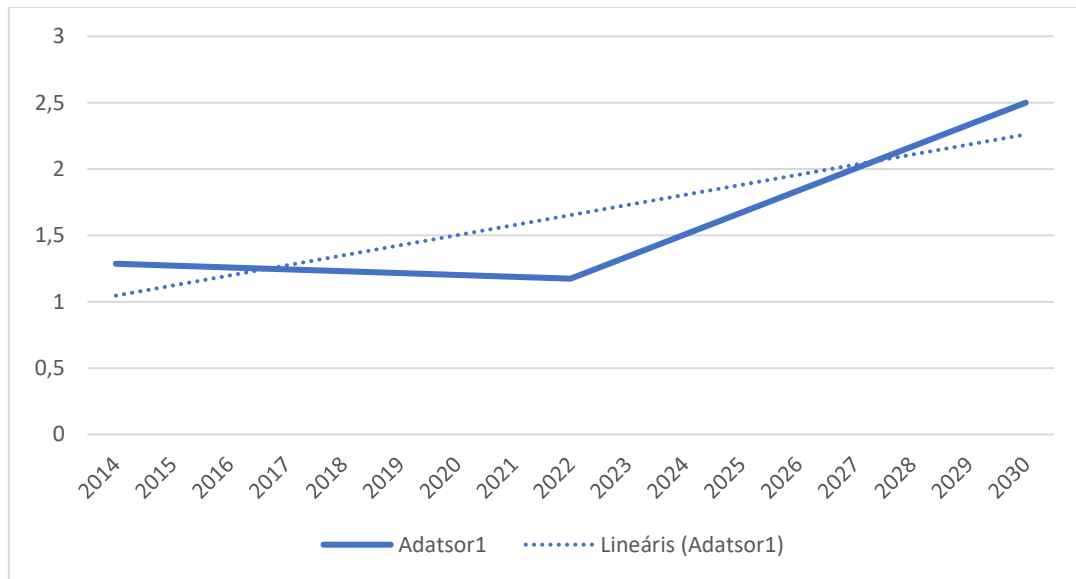
Ha lineáris növekedést feltételezünk ez alatt a 16 év alatt, akkor 2022-ben az egyenlet alapján:

$$\begin{aligned} & \frac{[2030 - \text{as adat}] - [2014 - \text{es adat}]}{[16 \text{ év}]} * [8 \text{ év}] + [2014 - \text{es adat}] = \\ & = [\text{szükséges 2022} - \text{es adat}] \\ & \frac{2,5 - 1,2857}{16} * 8 + 1,2857 = 1,892857 \end{aligned}$$

A 2022-es adatok aránya:

$$\frac{46}{54} = 1,17$$

Tehát elmondható, hogy növekedésre van szükségünk a 2030-as BMT által meghatározott modal split eléréséhez. A szükséges arány körülbelül 65-35% lenne, tehát a 2022-es elvárt modal splithez 19% növekedés szükséges a közösségi közlekedés utasszámainak.



11. ábra A modal split lineáris regressziós modellje

A 11. ábra A modal split lineáris regressziós modellje alapján is látszik, hogy a lineáris regresszió alapján a 2022-es cél alatt vagyunk. A regresszió alapján az is látható, hogy a 2014-es adatokhoz képest csökkenő tendenciát mutat a csúcsokban a modal split. A 2030-as modal split aránya 71-29%, tehát a 2030-as modal splithez 25% növekedés szükséges a közösségi közlekedés utasszámainak. Mivel a délelőtti csúcsidőben a legmagasabb a forgalom, ezért ebben az időszakban érdemes ösztönözni a modal shiftet, úgyhogy a gépjárművek csúcsidőszakában végeztem egy kapacitás vizsgálatot, hogy ez a jelenlegi formában mennyire lehetséges.

6. Kapacitásvizsgálat

A kapacitásvizsgálat során megvizsgáljuk, hogy az elvárt 2022-es és a 2030-as modal splithez van-e elegendő tartalék a közösségi közlekedésben a jelenlegi állapotok szerint az adott keresztmetszeteken. Ehhez szükség van az autóbuszok utasszámadataira a gépjárművek csúcsnegyedóráira vonatkoztatva, ezeket az adatokat a következő 2. táblázat tartalmazza.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
közösségi közlekedés utasszáma	169	83	1117	201	107	420	285	242	300	327
Gépjárműforgalom	241	229	249	245	208	513	331	585	162	375
Gépjármű utasszámai	289	275	299	294	250	616	397	702	194	450

2. táblázat Utasszám adatok a gépjárművek csúcsnegyedóráiban

2022-es vizsgálat

Megvizsgáljuk az adott 5 pont esetén az átlagos befogadóképességet és hogy a tervezés szerinti 75 %-os kihasználtság fölé ne lépjünk. Azért 75%-os kihasználtságra terveztem a 80% helyett, mivel a közösségi közlekedést hétköznapi csúcsidőben a Budapesti Közlekedési Központ is ez alapján tervez. A 10. ábra Modal split vizsgálat pontjai kiválasztjuk az 1., 6., 7., 9. és 10. pontokat, mivel ezen adatokat nem zavarják a metrópótló utasszámai és ezek a legmagasabb gépjármű utasszámmal rendelkező helyek a külső területen. A következő 3. táblázat Kihhasználtsági tábla láthatjuk az eredményeket:

Sorszám	1.	6.	7.	9.	10.
Autóbuszok száma a csúcsnegyedórában	4	10	3	6	7
Autóbusz típusa	csuklós	csuklós	csuklós	szóló	csuklós
Férőhelyek száma	105	105	105	67	105
75% telítettség mellett a férőhelyek száma	315	788	236	302	551
Fennmaradó férőhelyek száma	146	368	-49	2	224

3. táblázat Kihhasználtsági tábla

A 2022-es adatok mostani modal split eléréséhez a következő képletre van szükség:

$$\begin{aligned}
 & \text{[jelenlegi gépjárművel közlekedők száma]} \\
 & - \text{([Jelenlegi közösségi közlekedéssel utazók száma]} \\
 & + \text{[jelenlegi gépjárművel közlekedők utasszáma]} \\
 & * \text{[A kért százalék a 2022 – es adatokhoz]} = \text{[Átültetni kívánt utasszám]}
 \end{aligned}$$

Ezek után az értékek a következő 4. táblázatban láthatók:

Sorszám	1.	6.	7.	9.	10.
Autóbuszok száma a csúcsnegyedórában	4	10	3	6	7
Autóbusz típusa	csuklós	csuklós	csuklós	szóló	csuklós
Férőhelyek száma	105	105	105	67	105
75% telítettség mellett a férőhelyek száma	315	788	236	302	551
Fennmaradó férőhelyek száma	146	368	-49	2	224
Szükséges férőhelyek száma a 2022-es modal split eléréséhez	125	156	158	6	204

4. táblázat 2022-es modal split eléréséhez szükséges férőhelyek száma

Ezek alapján látható, hogy a Kolosy térhez, a Népligethez és a Sashalomhoz tartozó viszonylatok képesek lennének csúcsidőben befogadni a 2022-es elvárt terhelési adatokat. A Savoya Park keresztmetszet pedig már a mostani helyzetben is telítődve van.

A vizsgálatok alapján 1 szóló autóbusz 75%-os kihasználtság mellett 50 főt képes befogadni, míg egy csuklós autóbusz 79 főt. Így a következő képlet alapján:

$$\frac{[\textit{fennmaradó férőhelyek száma}] - [\textit{szükséges férőhelyek száma}]}{[\textit{adott útvonalon mozgó autóbusz férőhelyének számával}]} = [\textit{szükséges autóbuszok száma a keresztmetszeten}]$$

A Savoya Parknak pontnak a mostani 75% kihasználtságot is kielégítve, a 2022-es modal split eléréséhez 3 csuklós autóbuszra van szüksége. A Báthori László utcánál lévő pont kicsit átlépve a kihasználtságot elegendő autó busszal rendelkezik.

Ezen adatok alapján látszik, hogy bizonyos keresztmetszeteken lenne hely a módváltásra, tehát a médiakampányok nem véletlenül promótálják a módváltás fontosságát.

2030-as vizsgálat

A 2030-as adatok modal split eléréséhez is a következő képletre van szükség:

$$\begin{aligned} & [\text{jelenlegi gépjárművel közlekedők száma}] \\ & - ([\text{Jelenlegi közösségi közlekedéssel utazók száma}] \\ & + [\text{jelenlegi gépjárművel közlekedők utasszáma}]) \\ & * [\text{A kért százalék a 2022 – es adatokhoz}] \\ & = [\text{Átültetni kívánt utasszám}] \end{aligned}$$

Sorszám	1.	6.	7.	9.	10.
Autóbuszok száma a csúcsidejében	4	10	3	6	7
Autóbusz típusa	csuklós	csuklós	csuklós	szóló	csuklós
Férőhelyek száma	105	105	105	67	105
75% telítettség mellett a férőhelyek száma	315	788	236	302	551
Fennmaradó férőhelyek száma	146	368	-49	2	224
Szükséges férőhelyek száma a 2030-es modal split eléréséhez	153	235	199	39	246

5. táblázat 2030-as modal split eléréséhez szükséges férőhelyek száma

Az 5. táblázat alapján látható, hogy a 6-os sorszámhoz tartozó keresztmetszet képes lenne a gépjárművek csúcsidejében befogadni a 2030-es elvárt terhelési adatokat, az 1-es sorszámú pedig kb. 7 fő kivételével képes lenne ellátni.

A következő egyenlet segítségével nézzük meg 75%-os kihasználtság mellett, hogy hány darab autóbuszt igényel:

$$\begin{aligned} & \frac{[\text{fennmaradó férőhelyek száma}] - [\text{szükséges férőhelyek száma}]}{[\text{adott útvonalon mozgó autóbusz férőhelyének számával}]} \\ & = [\text{szükséges autóbuszok száma a keresztmetszeten}] \end{aligned}$$

A képlet alapján a 7. keresztmetszetnek 3-4 csuklós autóbuszra, a 9.-nek 1 szóló autóbuszra, míg a 10-es keresztmetszetnek 1 db csuklós autóbuszra lenne szüksége a 2030-as modal split eléréséhez, hogy a kihasználtsága ezen időszak alatt 75% alá essen.

7. Beavatkozási és felhasználási lehetőségek

A csúcsnegyedórák meghatározásával teljes képet kaphatunk Budapest közlekedési rendszeréről. Ezek alapján különböző beavatkozási lehetőségek adódnak a csúcsnegyedóra eltolására vagy ellaposítására.

[4] Egy holland projekt számolt be arról, hogy a csúcsnegyedórák ellaposítására ösztönző intézkedéseket vezettek be. Ilyen ösztönző intézkedések például pénzügyi vagy fizikai juttatások azon közlekedők részére, akik elkerülik a csúcsidőszakot. Reakciókat és az utazási naplót elemelve pozitív eredményekről számoltak be, mintegy 60%-kal csökkent a résztvevő helyszínek csúcsidőszaki forgalma.

[5] Egy másik tanulmány szerint büntető rendszer alkalmazásában rejlik a megoldás, mint egy behajtási díj ellenében. Az elsődleges útvonalhasználóknak szabja fel a díjat, akik pedig a csúcsidőszakokban elkerülik az útvonalakat, kreditet kapnak. A díjrendszer alapja, hogy akik fizetésre kényszerülnek, krediteket vehetnek azoktól, akik elkerülik ezt az időszakot. Így a jutalmazó és büntető rendszer egyszerre érvényesül.

[6] Egy hongkongi tanulmány arról számolt be, hogy a csúcsidőszak és a taxiforgalom egyenletessé tételéhez felárakat szabnak ki a csúcsidőszakban megtett utazások után. Ezzel csökkentve a csúcsidőszakbeli közlekedést és időben egyenletesen elosztatva a taxival való utazások számát.

[7] Egy kínai tanulmány a gépjárművek rendszáma alapján válogatja a városba való behajtást. Ezen rendszer alapján gépjárművenként 4,5 percet spóroltak meg és csökkentették a torlódás mértékét.

[8] Egy zürichi rendszer, az Urban Perimeter Control alapja a kerület alapú felosztás és szabályozás, amely 4500 induktív hurokdetektor adatai alapján adaptív jelzőlámpás irányítást hajt végre. A jelzőlámpák a külső rétegben 5-20%-os, a belsőbb kerületekben, pedig 25-50%-os zöldidőscsökkentéssel szabályozza a forgalmat. Ezek alapján csökkent a torlódások száma és mértéke, és az utazási idők mértéke a városi területek. [letöltve]

Ezen módszerek csúcsidőszakbeli felhasználása csökkentheti a gépjárműforgalmat és közelebb vihet minket a BMT-ben meghatározott 2030-as célhoz.

Ábrajegyzék

1. ábra A Üllői út forgalomlefolysa.....	4
2. ábra Torlódás kialakulása.....	4
3. ábra Szentendrei úti tengely csúcsnegyedórái.....	8
4. ábra Gépjárművek csúcsnegyedórái.....	9
5. ábra Közösségi közlekedés keresztmetszetenkénti csúcsnegyedóráinak ábrázolása	10
6. ábra Az M4-es metró csúcsnegyedórás adatai	11
7. ábra Közösségi közlekedéscsúcsnegyedórái	12
8. ábra A gépjárműforgalom és a közösségi közlekedés csúcsnegyedórái	13
9. ábra Modal split terv 2030-ra[3]	14
10. ábra Modal split vizsgálat pontjai	15
11. ábra A modal split lineáris regressziós modellje.....	17

Táblázatjegyzék

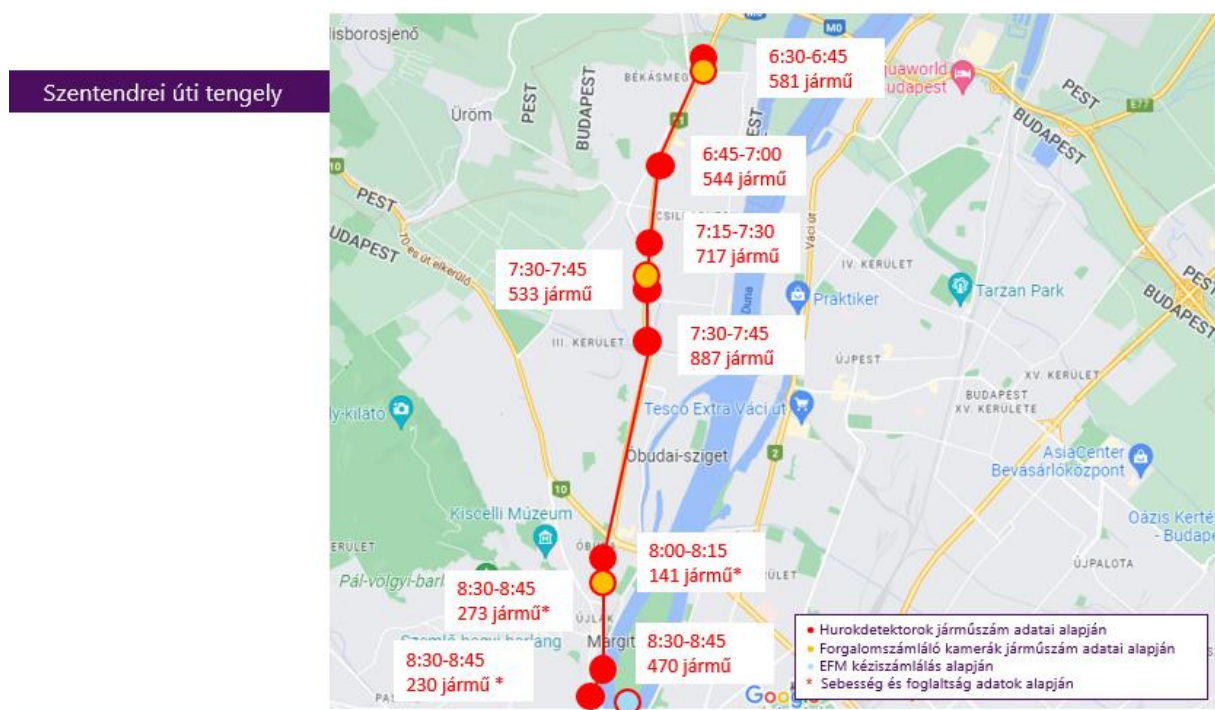
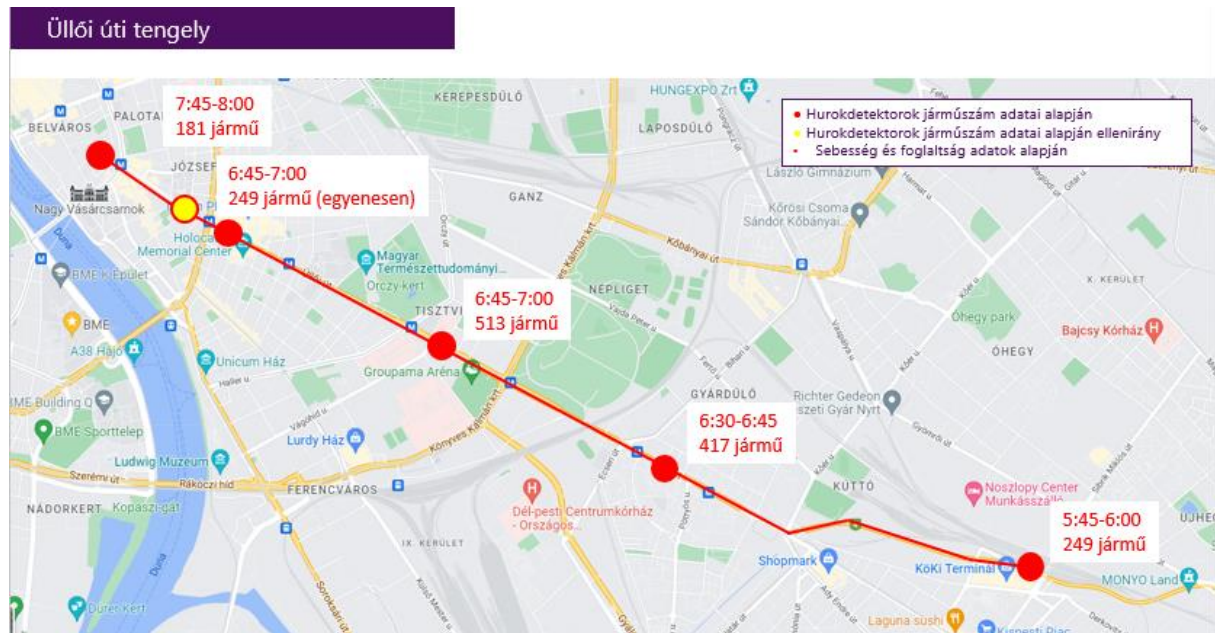
1. táblázat Modal split értékei	16
2. táblázat Utasszám adatok a gépjárművek csúcsnegyedóráiban	18
3. táblázat Kihasználtsági tábla	18
4. táblázat 2022-es modal split eléréséhez szükséges férőhelyek száma	18
5. táblázat 2030-as modal split eléréséhez szükséges férőhelyek száma	20

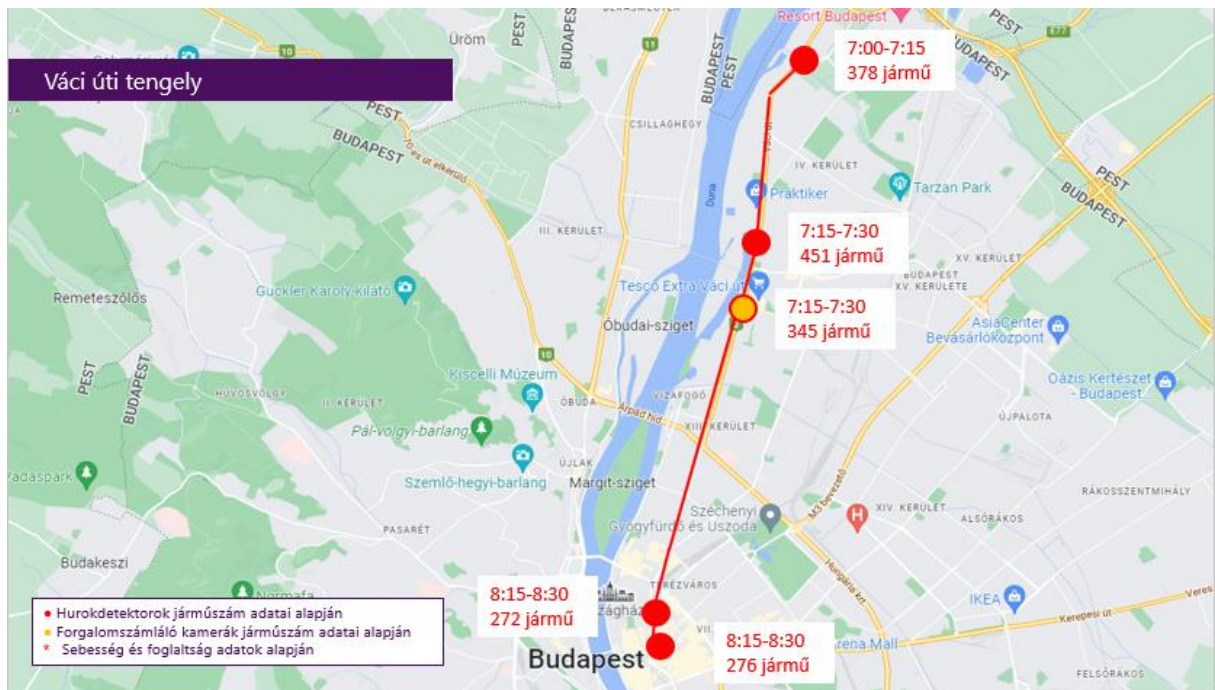
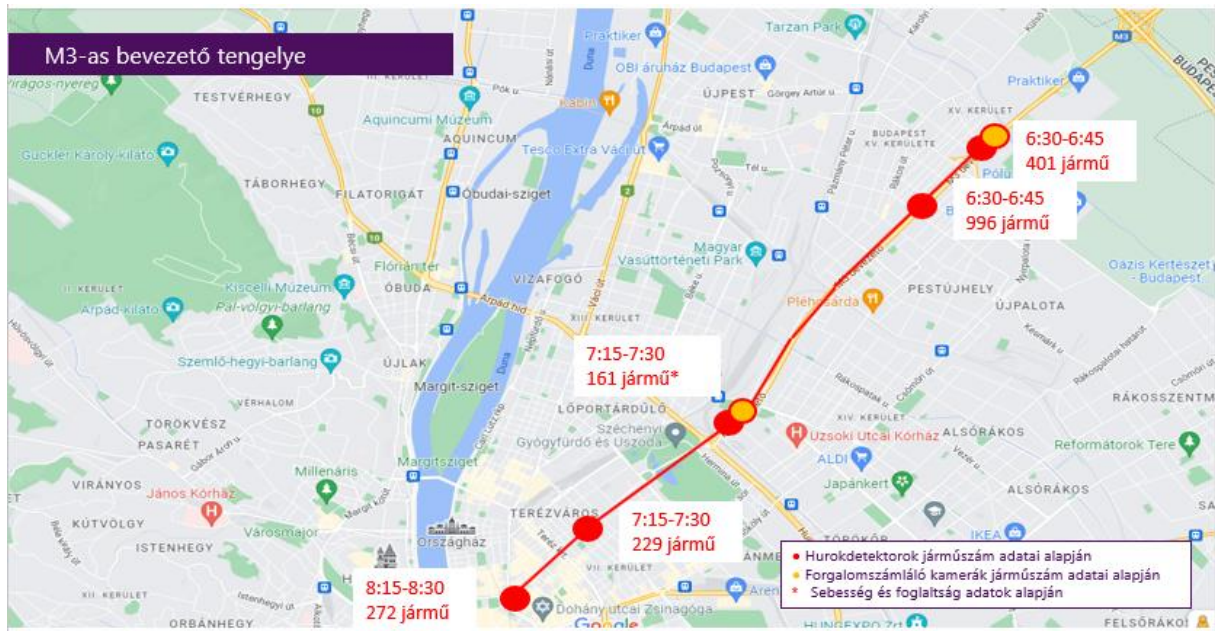
Irodalomjegyzék

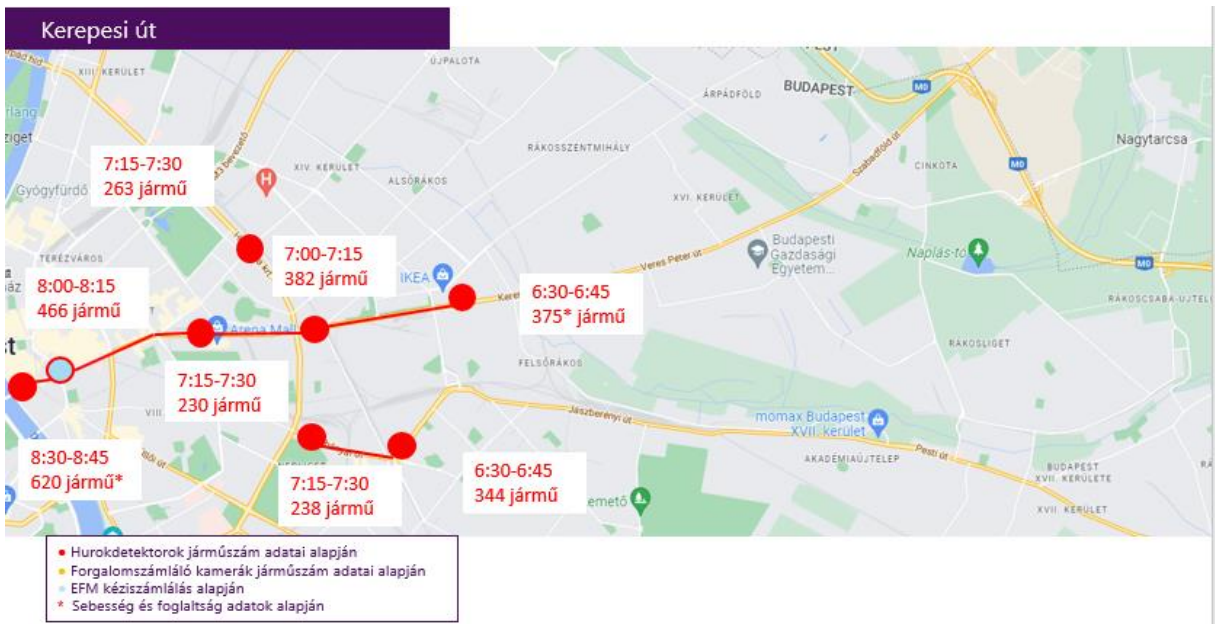
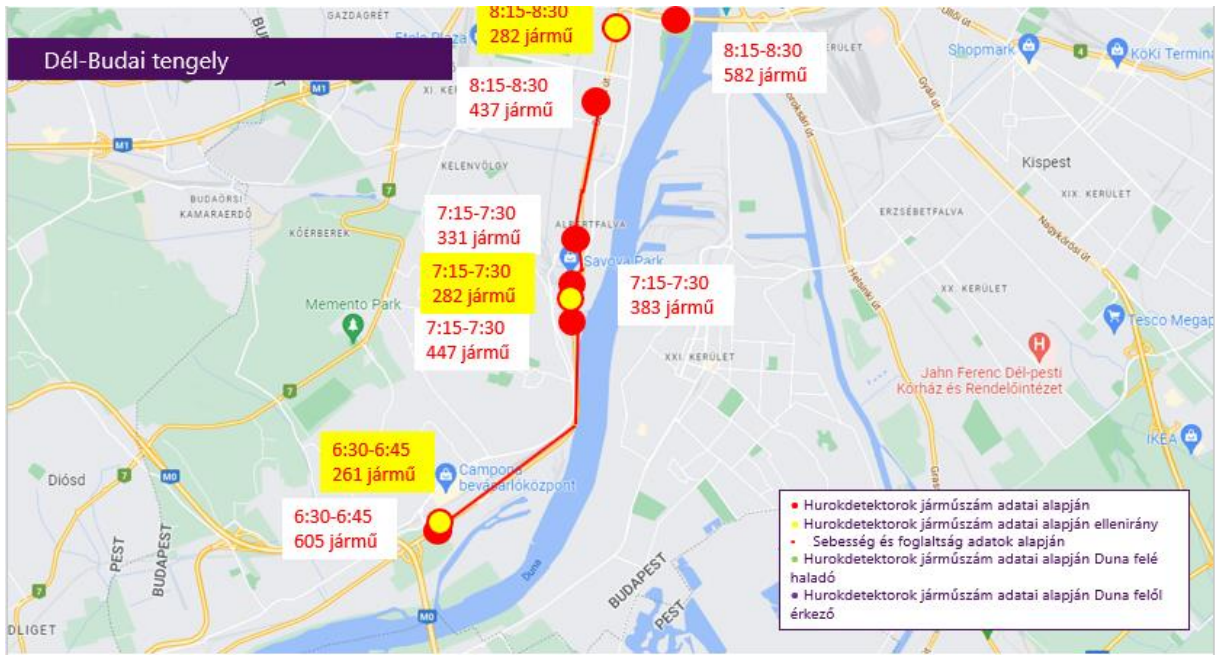
- [1] Z. Lenkei, „Crowdsourced traffic information in traffic management.pdf”. 2018.
- [2] „Közlekedj tudatosan, válaszd a közösségi közlekedést!” <https://bkk.hu/jegyek-es-berletek/ajanlatok/valtskozossegikozlekedesre/> (elérés 2022. november 6.).
- [3] „II_BMT_közlekedésfejl és beru progjavaslat_20190409.pdf”. Elérés: 2022. november 6. [Online]. Elérhető: https://budapest.hu/Documents/II_BMT_k%C3%B6zleked%C3%A9sfejl%20%C3%A9s%20beru%20progjavaslat_20190409.pdf
- [4] „Rewarding rush-hour avoidance: A study of commuters’ travel behavior - ScienceDirect”. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856411000498> (elérés 2022. november 6.).
- [5] Y. (Marco) Nie és Y. Yin, „Managing rush hour travel choices with tradable credit scheme”, *Transportation Research Part B: Methodological*, köt. 50, o. 1–19, ápr. 2013, doi: 10.1016/j.trb.2013.01.004.
- [6] R. C. P. Wong és W. Y. Szeto, „The effects of peak hour and congested area taxi surcharges on customers’ travel decisions: Empirical evidence and policy implications”, *Transport Policy*, köt. 121, o. 78–89, jún. 2022, doi: 10.1016/j.tranpol.2022.03.008.

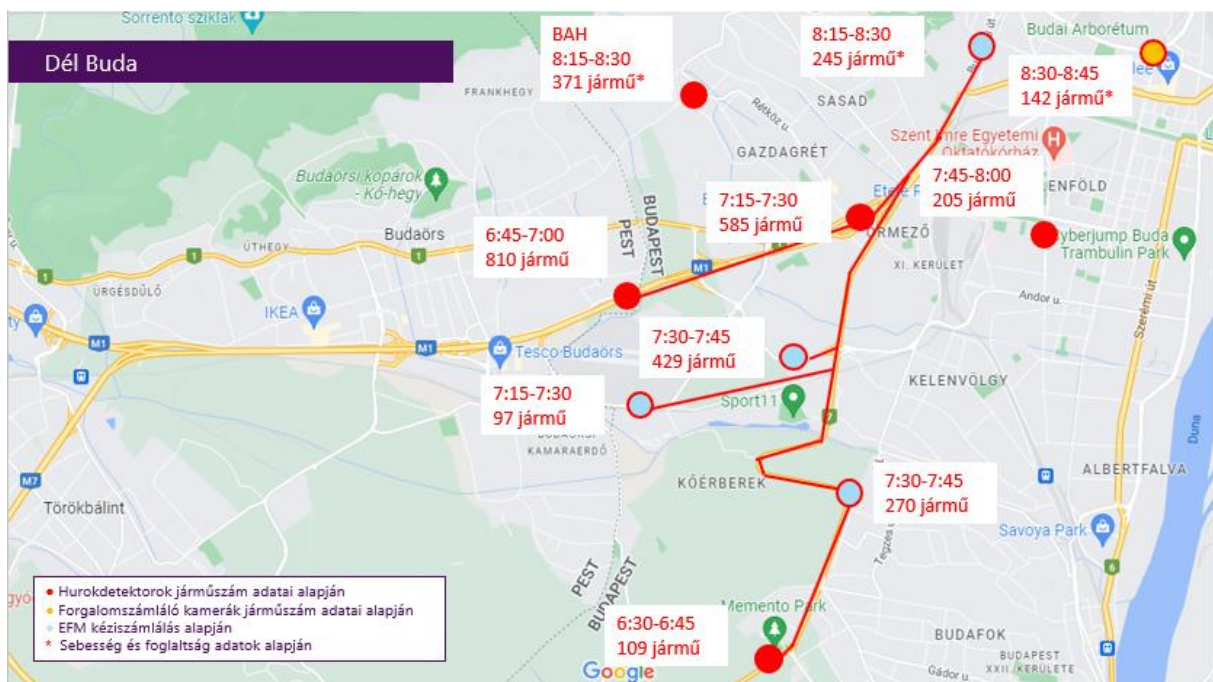
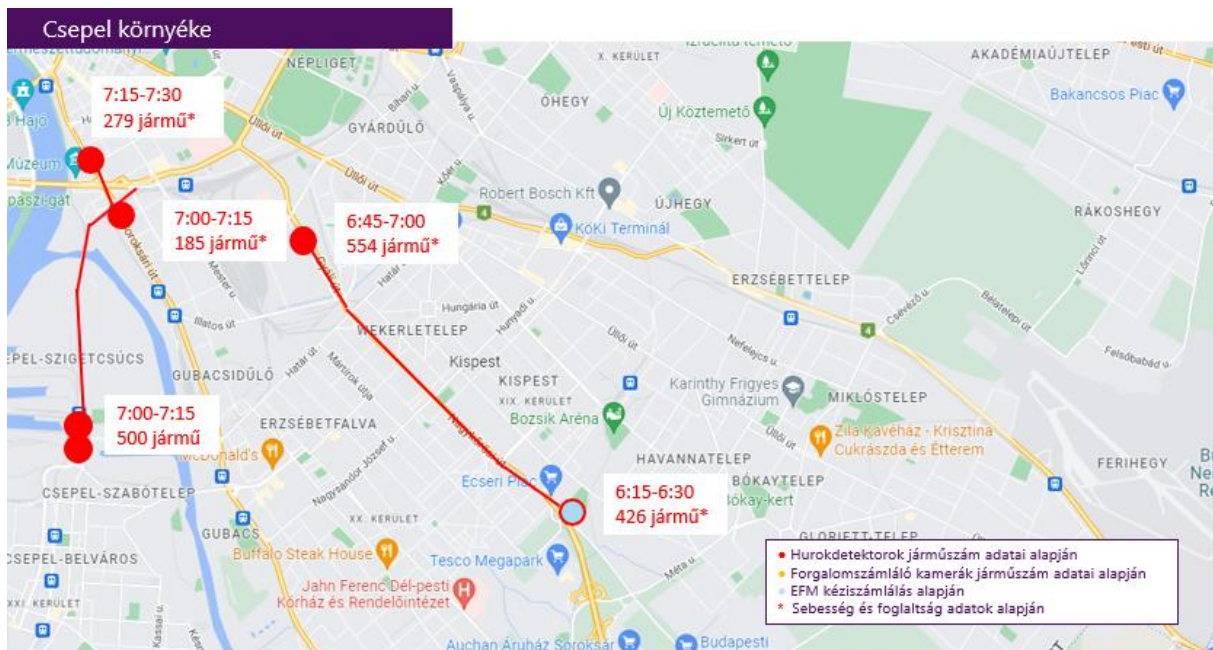
- [7] D. Chen, Y. Sun, és Z. Yang, „Optimization of the travel ban scheme of cars based on the spatial distribution of the last digit of license plates”, *Transport Policy*, köt. 94, o. 43–53, aug. 2020, doi: 10.1016/j.tranpol.2020.05.005.
- [8] L. Ambühl, A. Loder, M. Menendez, és K. W. Axhausen, „A case study of Zurich’s two-layered perimeter control”, o. 8, 2018.

Mellékletek

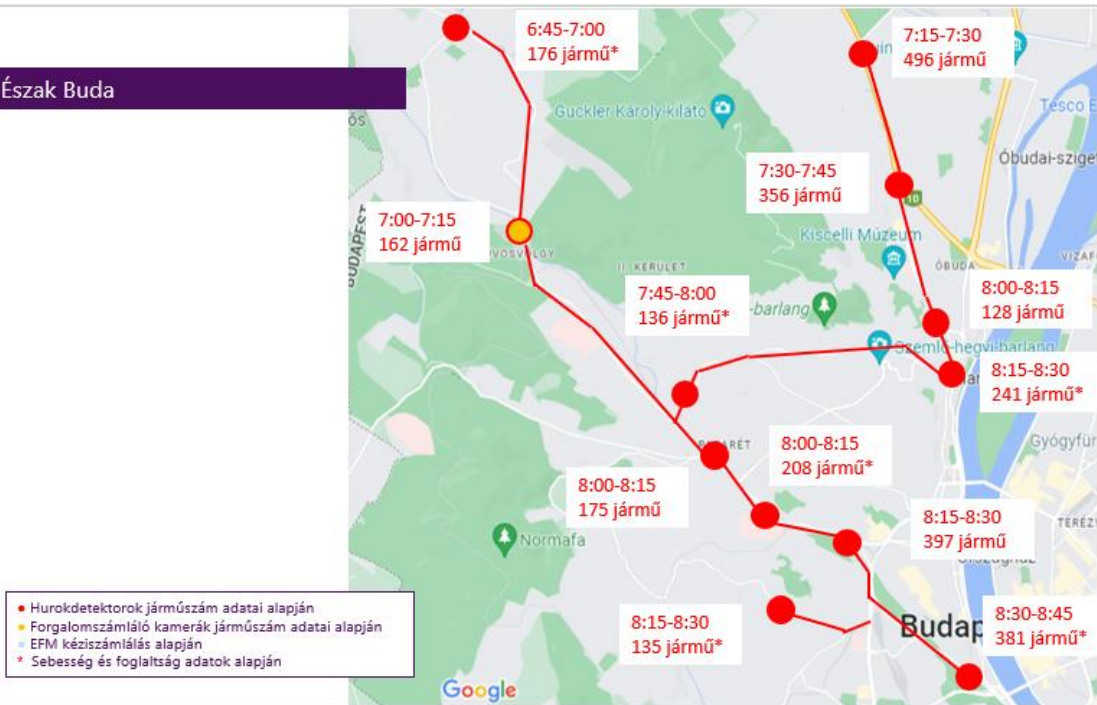


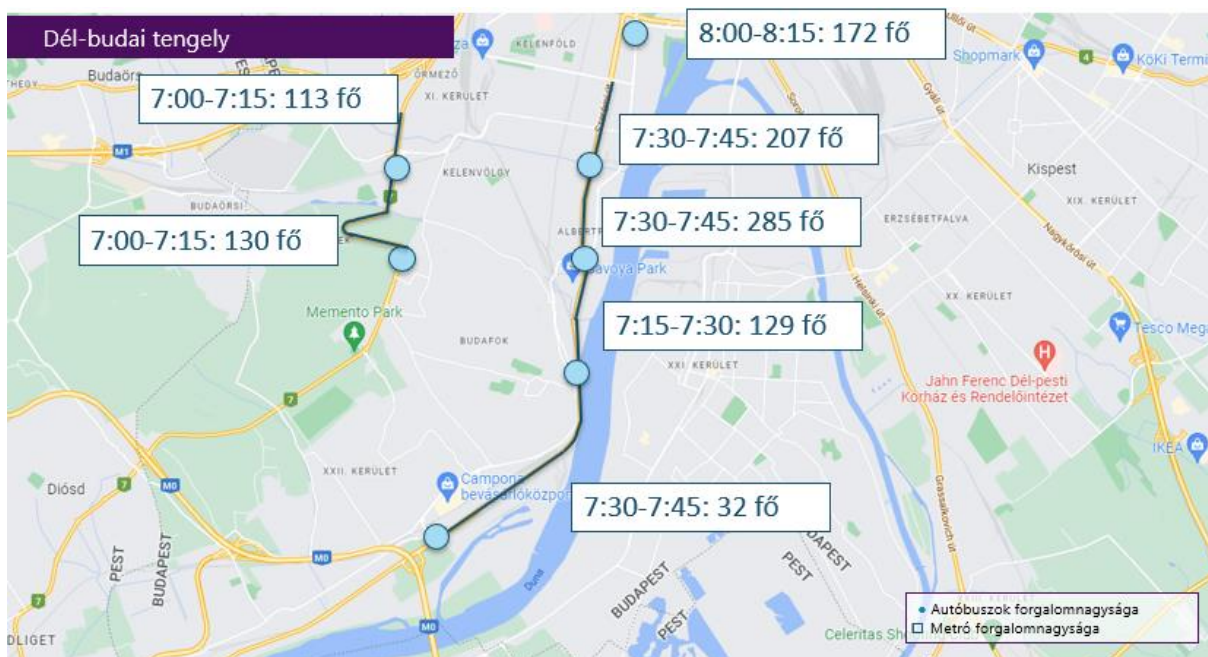
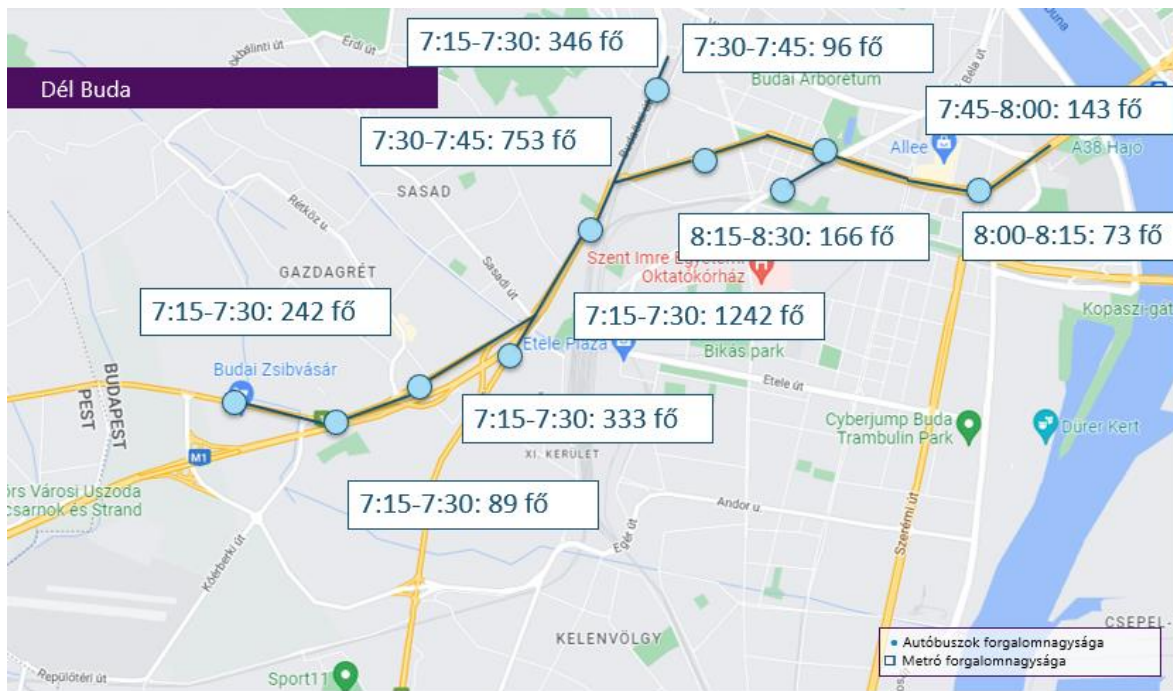




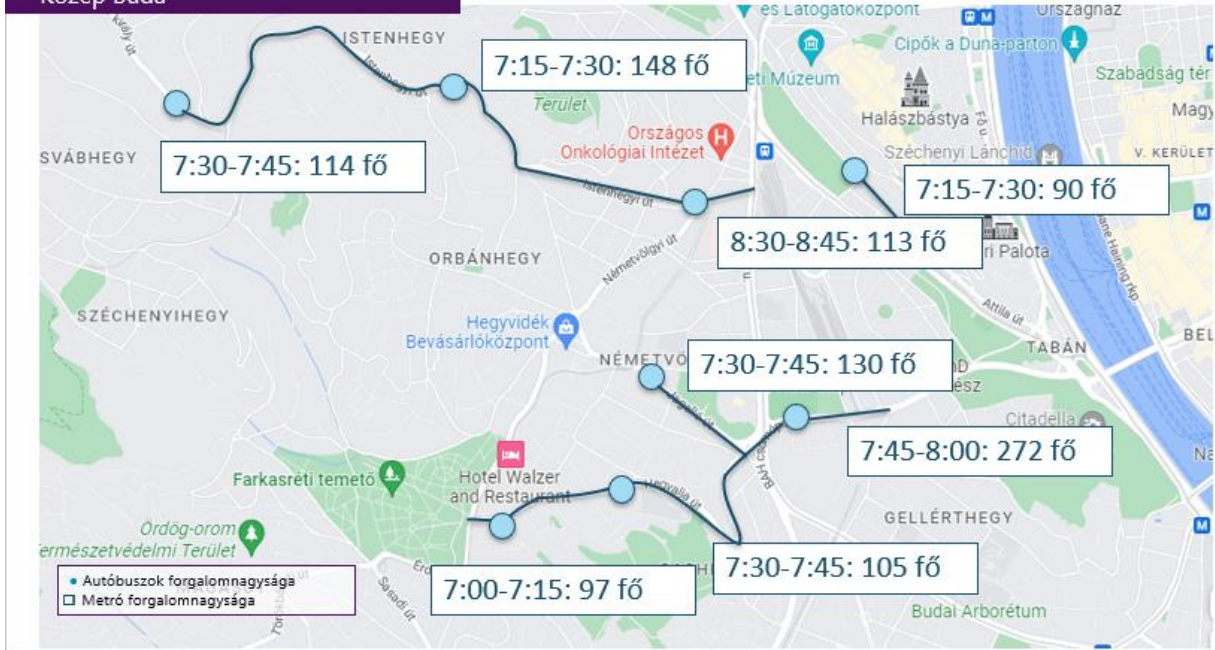


Észak Buda





Közép Buda



Észak Buda

