



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés-és Járműirányítási Tanszék

TDK dolgozat

**Budapest VJT rendszere, illetve annak bővítése az
M3 bevezető szakaszán**

Krizsik Nóra

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2015

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
1. Budapesten eddig megvalósult VJT rendszer	5
1.1. Tervezési irányelvek, előírások	5
1.1.1. Magyarországi célok	6
1.2. A VJT fogalma, típusai	7
1.3. Megvalósult rendszerek	8
1.3.1. Kijelzett idő megállapítása.....	9
1.3.2. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazások Dél-Budán	10
1.3.3. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazás a Közép-budai térségben.....	16
1.3.4. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazás Dél-Pesten	19
2. Hálózati továbbfejlesztés az M3 autópálya irányába.....	21
2.1. Helyzetelemzés	21
2.1.1. Problémamegfogalmazás	21
2.1.2. Célok, részcélok meghatározása	23
2.2. VJT által megjelenített csomópontok	23
2.3. Mérési pontok	27
2.3.1. M3 bevezető szakasza.....	27
2.3.2. Mérőrendszer kialakítás a Róbert Károly krt. - Árpád híd vonalon	28
2.3.3. Mérőrendszer kialakítás az Oktogon irányába.....	29
2.3.4. Mérőrendszer kiépítése a Hungária krt. - Üllői út vonalon	30
2.3.5. Hálózat kialakítás terve.....	31
3. További fejlesztési lehetőségek	34
3.1. Dinamikus sebességszabályozás.....	34
3.1.1. Fundamentális elmélet	34
3.1.2. Fundamentális diagram meghatározása az M3 bevezető szakaszán.....	37

3.2. P+R lehetőség kijelzése	39
Összegzés	41
Irodalomjegyzék	43
Ábrajegyzék	44
Táblázatjegyzék	45
Melléklet	46

Bevezetés

A közlekedés legfontosabb feladatai közül kiemelhető a gazdasági és társadalmi igények térben és időben való kielégítése a teljesítőképesség fenntartása mellett. Eme igények hatására Budapesten szükségessé vált egy olyan rendszer kiépítése, mely az utazóknak közlekedési információkat szolgáltat úti céljuk elérésére, valamint adott esetben lehetővé teszi az útvonal- és eszközválasztás lehetőségét is.

Jelenleg a fővárosban három területen helyeztek ki eljutási idők kijelzésére alkalmas változtatható jelzéseképű táblákat. Dél-Budán a 6-os út felől, és az M1/M7 felől érkezők kapnak tájékoztatást a Duna hídjainak megközelítési idejéről. A Közép-budai térségben a Hűvösvölgyi úton utazóknak, míg Dél-Pesten a Liszt Ferenc repülőtér felől érkezőknek való információszolgáltatás valósult meg. A táblákon megjelenített adatokhoz rendszámfelismerő kamerákat használnak. A vizsgált járművek adatait és rendszámait a rendszer titkosítja, kódolva kezeli. [9]

Észak-Pesten még nem alakítottak ki hasonló tájékoztató rendszert, ezért munkámban ennek a hálózatnak a kiépítési tervét készítettem el. Dolgozatomban az M3 bevezető szakasza felől érkező forgalmat vizsgáltam meg a Budapesti Egységes Forgalmi Modell felhasználásával. Az eszköz telepítésével a Budapestre áramló közúti járműforgalom informáltságának javítása a cél. E rendszer kialakításának szükségességét elemzem.

Dolgozatomat három fő fejezetre osztottam fel. Az első részben először ismertetem a Magyarországon alkalmazott tervezési irányelveket, majd bemutatom a fővárosban eddig megvalósult rendszerek felépítését, működését és hálózati képét. A második fejezetben - a munkám fő részét képező - az M3 bevezető szakaszra tervezett VJT (Változtatható Jelzéseképű Tábla) által kiírt csomópontokat, és rendszer elemeket tervezem meg. Végül a harmadik fejezetben további bővítési lehetőségeket javaslok, mellyel a már meglévő rendszer bővíthető. A szakdolgozatomban fogom majd részletesen elemezni azokat a terveimet, amelyeket az utolsó fejezetben javaslok.

1. Budapesten eddig megvalósult VJT rendszer

A változtatható jelzésekű táblák kihelyezése az Európai Unióban, így Magyarországon is általánosan meghatározott irányelvek szerint történik, melyeknek betartása a gazdaság és a társadalom érdeke.

1.1. Tervezési irányelvek, előírások

Az európai közlekedésnek jelentős mértékű kihívásokkal kell megküzdenie ahhoz, hogy teljesíteni tudja a gazdaság és a társadalom igényeit. Ezek közül a legfontosabbak: a közúton történő torlódások, valamint az ehhez szorosan kötődő környezetszennyezés csökkentése. A forgalmi dugók az úthálózatok több mint 10 %-át érintik az Európai Unióban, ami évente kb. 0,9-1,5% GDP kiesést jelent. A közlekedés környezetszennyezésre gyakorolt káros hatásának nagyobb része a közúti közlekedésből fakad. [1]

Az Európai Közösségek Bizottsága 2009-ben kiadott rendelkezésében tervezési irányelveket állapított meg a közlekedés fenntarthatósága, valamint fejlesztése számára. A kiadott dokumentumban kiemelték az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazásának bevezetésének szükségességét. [1]

A lisszaboni stratégia, továbbá a 2001. évi Fehér Könyv félidei felülvizsgálata hangsúlyozza az innováció szerepét a fenntartható, hatékony és versenyképes európai mobilitás ügyében. Ezzel is nyomatékosítva, hogy a mai világban az emberek tevékenységük során milyen gyakran kényszerülnek helyváltoztatásra. A mobilitás napjainkban a közlekedés technikai fejlődésével együtt nő. [1]

Ezen kihívások, és tények ismeretében a szakág legfontosabb célkitűzései egyértelműen megállapíthatók. Fontos szem előtt tartani, hogy a fejlesztésekkel a közlekedés tisztábbá, hatékonyabbá, energia-hatékonyá és biztonságosabbá váljon. [1]

Az új infrastruktúra elemek kialakítása nem fogja elég gyorsan meghozni az elvárások kielégítését. A közlekedési pályák csökkenő építési üteme, a növekvő mobilitás igény kapacitás hiányhoz vezet az utakon. A gyors reagálás, és a meglévő problémák

megfelelő kezelésére innovatív megoldások szükségesek. Az intelligens közlekedési rendszerek koncepciója egyike az ilyen megoldásoknak. [1]

Intelligens közlekedési rendszerek (ITS) olyan információs és kommunikációs megvalósításokat jelentenek, melyek a különböző közlekedési módok és a köztük lévő kapcsolatok kapcsolódásának lehetőségeit alakítják ki. Ezzel jobb tájékoztatást, biztonságos és összehangoltabb közlekedési hálózat használatot nyújtanak a különböző felhasználók számára. [2]

A közúti, forgalmi és utazási adatok optimális felhasználására az Európai Direktíva intézkedési keretet fogalmazott meg. Ebben az EU egészére kiterjedő multimodális, valós idejű utazási információs szolgáltatás felépítését tette szükségessé azzal a feltétellel, hogy a közúton közlekedők számára díjmentesen hozzáférhető, általános, közlekedési információk szolgáltatása valósuljon meg. [1]

1.1.1. Magyarországi célok

Az Európai Unió célkitűzéseivel összhangban a Magyar Közlekedéspolitika is hasonló célokat határozott meg a 2003-2015 közötti időszakra. Ezek közül a legfontosabb a gazdaságilag hatékony, társadalmi igényeknek megfelelő, korszerű, biztonságos és környezetbarát közlekedési rendszerek megteremtése. Mindebből következik, hogy a létesített rendszerek fő feladata az életminőség javítása, a területi különbségcsökkentés, valamint az EU-ba való területi integráció. Kialakításuk mellett fontos a gazdaságilag hatékony üzemeltetés és fenntartás.[3]

Tervezéskor prioritási tengelyek azok az útvonalak, ahol valamilyen közlekedési mód összekapcsolás van (intermodális csomópontok), illetve a gazdaságilag intermodális központok. A kitűzött célok elérésének eszközei a meglévő úthálózatok, korszerű technológiák, ITS technológiák továbbá a valós idejű utazási információs rendszerek alkalmazása. [3]

Az Easy Way projekt lehetővé tette az ITS rendszerek és szolgáltatások közötti együttműködést. Munkafázisaiban többek között megvalósult a fővárosi multi-modális információs rendszer alapja, továbbépült a főváros és az autópályák forgalomirányító központjainak együttműködése. Megvalósult a forgalomszabályozó és információs rendszerek kiépítése a budapesti autópályák bevezető szakaszain. [3]

Az ismertett elvárásokat és irányelveket alkalmazva a fővárosi közútkezelőként eljáró Budapesti Közlekedési Központ Zrt. és az annak tulajdonában lévő, üzemeltetést ellátó BKK Közút Zrt. egyre több helyen alkalmazza az intelligens közlekedési rendszereket. Ezek elsősorban az út menti változtatható jelzésekű tábláknál látható, de a forgalomirányítás területén is tapasztalható változás az elmúlt évekhez képest. A városban egyre több helyen kerülnek kihelyezésre VJT-k, illetve a forgalomfüggő, valamint a tömegközlekedést előnyben részesítő csomópontok száma is nő.

1.2. A VJT fogalma, típusai

Változtatható jelzésekű tábláknak olyan táblákat nevezünk, melyeknek mutatott képe valamilyen módon megváltoztatható. Működtetés alapján két csoportba sorolhatjuk az eszközöket: mechanikus, vagy fénytechnika elven működő. Mechanikus elvet alkalmaznak a rolós, a forgólapos, a prizmás, illetve a forgólamellás táblák, míg fénytechnikát használnak a fény raszteres, száloptikás, belső megvilágítású és világító diódás táblák. A legtöbb ilyen tábla több kép jelzésére alkalmas, azonban ma már a forgalombefolyásolásban a legelterjedtebbek a fénytechnikai elven működő táblák. [4]

Függetlenül attól, hogy milyen irányítási módot használunk a tábláknak megfelelő távolságból láthatóknak, felismerhetőnek, a kiírt szövegnek vagy képnek érthetőnek kell lennie. A tábla láthatósága forgalombiztonsági szempontból is fontos: autópályák esetében a nagyobb sebesség, míg városi úthálózatnál a kisebb követési távolság miatt. Felismerhetőség és érthetőség szempontjából minden esetben az egyszerű, és rövid kiírásokra kell törekedni, illetve, hogy a járművezetők számára értékes információk kerüljenek kiírásra. [4]

A VJT-k hálózati szabályozást tekintve a dinamikus, kollektív, útmenti szabályozási csoportba tartoznak. Ezek alapján elsődleges feladatuk, hogy minden járművezető számára valós idejű információkat nyújtsanak, illetve megfelelő utasításokat adjanak adott forgalmi helyzetekben. [4]

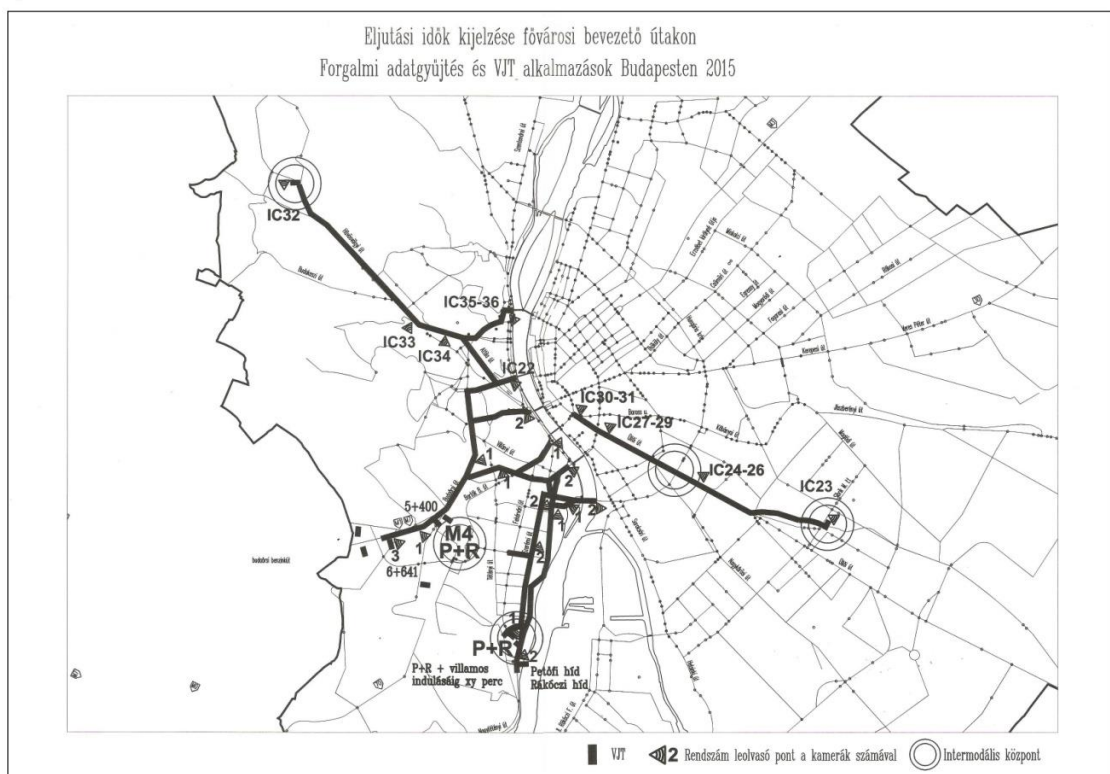
Lehetnek fix telepítésűek, vagy hordozhatóak. A fix telepítésű táblákat Budapesten elsősorban az autópályák bevezető szakaszain (M1-M7), főbb útvonalakon (pl. 6os út) vagy parkolóházak előtt figyelhetjük meg. Építkezések, útmenti munkavégzések alkalmával a mobil táblák használatát részesítik előnyben. Ezek általában utánfutóra

szerezhető eszközök. Előnyük a szállíthatóság, és a forgalmi viszonyokhoz való gyors programozhatóság.

Fix telepítésű táblákat használnak az eljutási idők kijelzésére. Ezek olyan egységek, melyek adott útszakaszon megmutatják a közlekedők számára mennyi idő alatt érnek el a táblán kijelzett csomópontig. A kiírt időtartamokat a forgalom figyelése mellett változtatják, így lehetőséget adva az autósoknak más útvonalak választására.

1.3. Megvalósult rendszerek

Az alábbi 1. ábrán látható Budapest jelenlegi, várható utazási idő kiírására szolgáló VJT hálózata. A térképen jól megfigyelhető, hogy az eddig telepített táblák lefedik a Budapestre érkező forgalmasabb útvonalakat. Dél-Budán az M1-M7 valamint a 6-os út fővárosi szakaszán kerültek kihelyezésre. A Közép-budai térségben a Hűvösvölgyi úton a 61-es villamos végállomásánál, míg Dél-Pesten a Ferihegyi gyorsforgalmi úton a KÖKI terminálnál szolgáltatnak információt a közlekedők számára.



1. ábra Budapest VJT hálózata

(forrás:[5])

A rendszer elemeit csoportosíthatjuk elhelyezkedés, valamint működést tekintve is. Elhelyezkedés szerint: Dél-budai, Közép-budai, Dél-pesti alrendszeréről beszélhetünk. Működésüket tekintve csoportosításuk a kihelyezett kamera intelligens feldolgozó rendszerén alapul. Az itt „Dél-budai” rendszerként nevezett szakasz kamerái intelligens feldolgozó rendszert tartalmaznak, míg a másik két alrendszer kameráiban ez a feldolgozó rész a központban került elhelyezésre, valamint a használt szoftverük is eltérő. A gyakorlatban is ezt a csoportosítást alkalmazzák a szakemberek. [6]

Létesítésük időpontját tekintve a Dél-Budán kiépített rendszer valósult meg először. A Dél-Pesten, valamint a közép-budai térségben kiépített rendszert egy időben helyezték üzembe. Az utóbbiak jelenleg tesztüzemben működnek.

1.3.1. Kijelzett idő megállapítása

A táblákon kijelzett időt a rendszer kamerák segítségével állapítja meg. Ezek a kamerák az 1. ábráról leolvasható helyeken: a táblák előtt, a vizsgált útszakaszok közbenső pontjain, illetve a kijelzett úti cél előtt vannak. Működési elvüket tekintve rendszámpárosításon alapulnak. A rendszer figyeli a belépési pontokon (tábláknál) a hálózatra belépő járművek rendszámait, majd ezeket hasonlítja össze a közbenső és a kilépési pontoknál áthaladó rendszámokkal. A kamerák útszakaszok eljutási idő adatait rögzítik. A különböző útvonalra kijelzett utazási idő (travel time) e szakaszok adatainak összegéből adódik össze, így lehetővé téve azok dinamikus változásainak gyors követésére. A megbízhatóság, valamint a hiba elkerülés miatt egy időablakon belül legalább 3 autó ideje szükséges az érvényes méréshez. A vizsgálat időablaka változó. Nagy forgalom esetén 6 perc, kis forgalomnál 15 perc. A nagy és kicsi forgalom nagyságok határát előzetes elemzésekkel, tapasztalati úton határozták meg a szakemberek, a különböző útvonalakra más-más értékekkel. [5]

A kiírt eljutási időknek alsó és felső korlátja is van. Ennek oka a forgalombiztonság, és a rendszer stabil tartományon tartása. Alsó korlátja az optimalizált útvonalra jellemző sebességgel van kapcsolatban. Ez kb. 7-8 perc, ezek után percre kerekítve írja ki a kapott adatokat. A felső korlát kb. 25 percnél van. Az ennél nagyobb időket már nem írja ki a tábla. Ennek oka a forgalom vezetése, illetve hogy az autósok ne válasszanak egyéb hálózati alternatívákat. Túl nagy idő kiírása esetén előfordulhatnak olyan esetek,

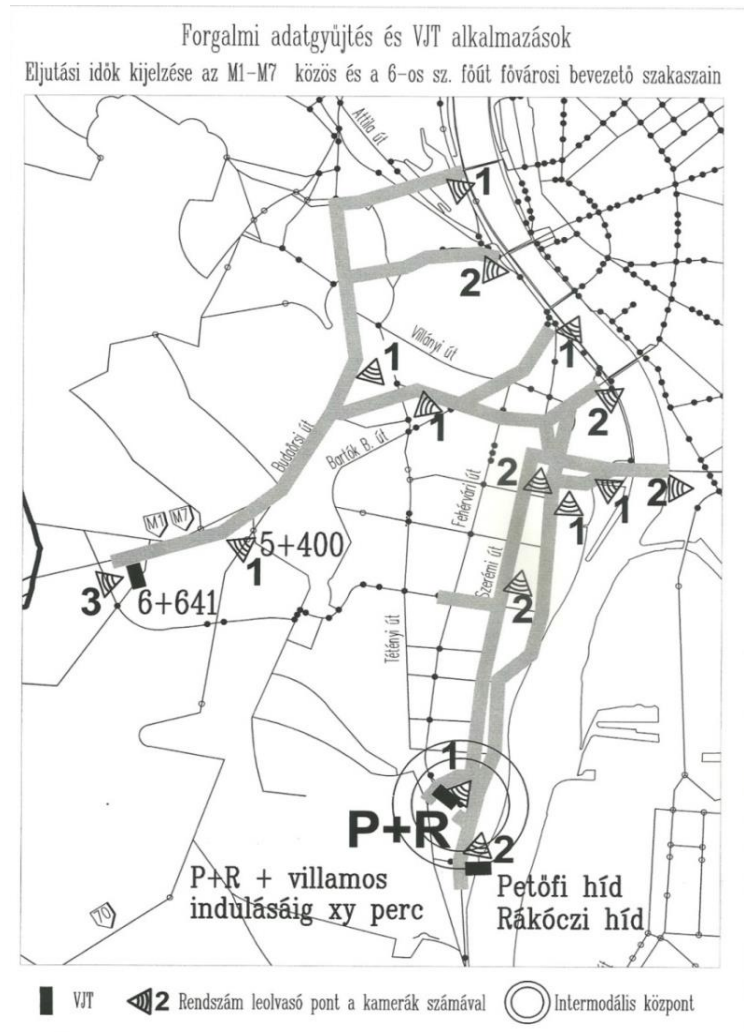
hogy a hálózat addig optimális tartományban működő útjai a kapott forgalmat nem tudják biztonságosan levezetni, így ezeken a helyeken torlódás alakulhat ki, míg az eredeti útvonalakon eközben szabad áramlási sebesség elérése is lehetséges.

A kamerás rendszer érzékeny a különböző járműtípusokra, követési távolságra. A kisebb járműveket (pl. motorkerékpár) nem érzékeli, valamint a nagyobb járművek által kitakart autók rendszámát sem képes feldolgozni. Az eszközök helyileg fix telepítésűek, valamint a beállított távolságot ritkán változtatják meg

A táblák információinak hitelessége miatt a kamerák központból vezérelhetőek. Itt megnézhető az adott útvonalak tényleges forgalma, valamint a táblák által kiírt információ is. A túl nagy vagy kis értékek tartós kiírásakor úszó kocsis mérést alkalmaznak, mellyel ellenőrizhetőek az adatok. Ilyen esetek előfordulhatnak nagyobb viharoknál, vagy a kamerák mechanikus megsérülésekor.

1.3.2. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazások Dél-Budán

Az eljutási időket kijelző változtatható jelzéseképű táblák kiépítésének első szakaszában a „Dél-budai” alrendszer valósult meg (2. ábra). Ennek oka elsősorban az utak nagymértékű kihasználtsága volt. A fővárosba az M1-M7 autópályák felöli forgalmi áramlás, valamint a Budáról Pestre való átjutás nagyfokú igénye indokolta a különböző hidakhoz való eljutási idők kijelzését ezeken az útvonalakon.



2. ábra Dél-Budán kialakított rendszer

(forrás: [5])

Működését tekintve a kihelyezett rendszámfelismerő kamerák intelligens feldolgozó rendszere elemzi, és dolgozza fel az adatokat, majd kiírja a számolt időtartamokat. A forgalomfigyelő része sebesség és forgalomnagyság mérés alapján vizsgálja az adott forgalmi helyzetet. A tábla, valamint a kamerák a központból hozzáférhetőek. [6]

A rendszer kiépítésének kezdetén a Bkk Közút Zrt. az eljutási időkon kívül több információt is közölt az autósokkal. Ilyen volt az Erzsébet híd sávlezárása, vagy egy baleset a belvárosban. Később ezt az információt soknak találták, és a közlekedőknek az utazási idő lényegesen értékesebb információ lett. Ennek értelmében a táblák alapesetben az eljutási időket írják ki, azonban az információ közlésének ez a formája is megmaradt. Ezt alkalmazzák az M1-M7 bevezető szakaszon kihelyezett táblánál,

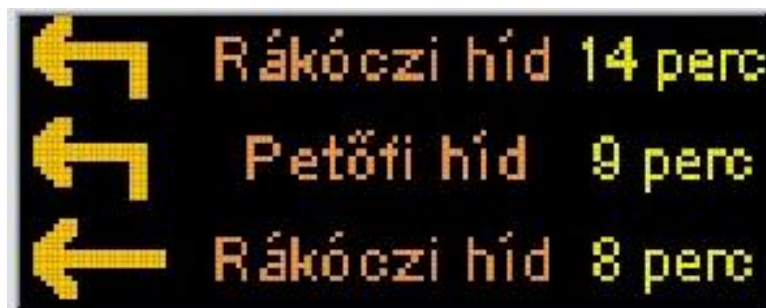
mellyel a Budaörsi úton most is zajló építkezés következtében kialakult sávelterelés jelezhető előre.

Az 2. ábrán látható, hogy a területen 3 VJT tábla kihelyezése valósult meg, azonban ezek bővítése folyamatban van. A közeljövőben olyan táblák telepítése fog megvalósulni, melyek a közlekedőknek információkat szolgáltatnak a legközelebbi P+R lehetőség helyéről és foglaltságáról. E mellett az utazási idők kijelzésének rendszere bővítés alatt van az Egér út integrálásával is.

Az M7 autópálya bevezető szakaszán Érd közelében az M0 csomópont előtt és az M1 autópálya Budaörs-Biatorbágy kihajtó környezetében a Magyar Közút Zrt. üzemeltet VJT táblákat. Fejlesztési lehetőség a két üzemeltető együttműködésével az M0 délnyugati szektorának bevonása is az utazásbefolyásolásba. A két üzemeltetett rendszer adatszeréje, integrációja elősegítheti a későbbiekben, hogy az autósok már hamarabb, a főváros határán kívül döntést hozhassanak úti céljuk más útvonalon történő eléréséhez

Budapest határán belül elhelyezett táblák a Duna hídjainak elérési idejét mutatják a közlekedők számára.

A térképen (2. ábra) 1. táblaként (3. ábra) jelölt VJT a Leányka utcai felüljáró felől a Kitérő úton haladók részére a Szerémi – Kitérő csomópont előtti útcsatlakozásban helyezkedik el, GPS koordinátái: 47.4383034,19.0400729. A VJT a belvárosba tartóknak nyújt információt. Alap esetben a Rákóczi híd és a Petőfi híd elérési idejét jelzi ki. A tábla információi alapján az autósok dönthetnek, hogy a Szerémi utat vagy a Budafoki utat választják a Rákóczi híd eléréséhez. A tábla kijelzője full mátrix, 2.4x1 méteres felületű, 20 mm pixeltávolságú, 120x50 pixeles.[5]



3. ábra Kitérő útnál elhelyezett tábla

(forrás: [5])

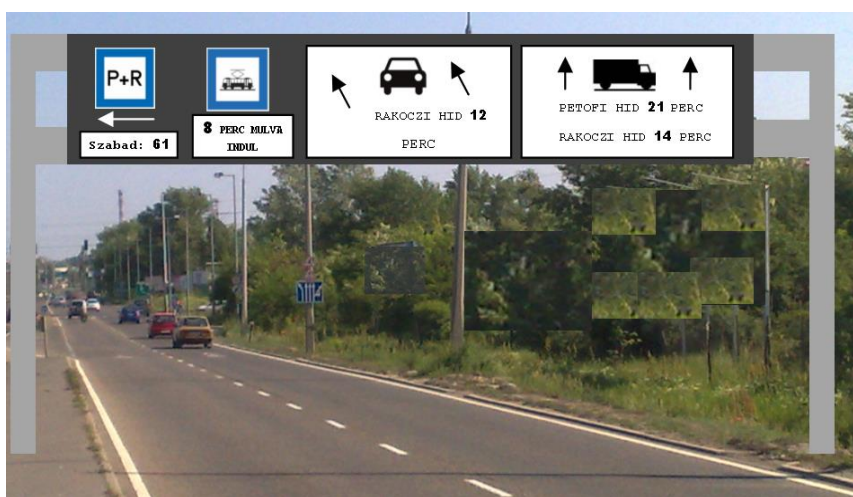
Második tábla (4. ábra) a 6. számú főút fővárosi bevezető szakasza, a Hosszúréti patak hídjától kb. 90 méterre a városközpont irányában helyezkedik el, GPS koordinátái: 47.4314474,19.0416613. A befolyásolható forgalom a Budapest városközpontja felé haladók. A tábla alap beállításaként a Petőfi híd és a Rákóczi híd elérési idejét mutatja. Ennél a táblánál is az autósok 2 útvonal közül választhatnak a Rákóczi híd eléréséhez. Full mátrix, 6x1.4 méteres felületű, 25mm pixeltávolságú, 240x56 pixeles.[5]



4. ábra 6. számú főúton kihelyezett tábla

(forrás: [5])


A kihelyezett tábla az útvonalat nem ismerők számára félrevezető lehet. A járművezetők, ha szigorúan a tábla irányítását követik, a tábla után lévő kereszteződésben fordulnak balra, azonban a tábla képe a következő kereszteződésre utal. A félrevezető képet dupla nyilas jelzéssel el lehetne kerülni. Az eredeti tervekben kb. 11 óra irányába mutató egyenes nyíl jelölte a továbbhaladási irányokat (5. ábra).



5. ábra 6-os számú főút táblájának eredeti látványterve

(forrás: [5])

A harmadik tábla (6. ábra) az M1/M7 fővárosi bevezető szakaszán található, a 6+641-es szelvénynél, bal pálya (Egér út – Kamaraerdei út csomópontok között, a Budaörsi úti virágpiac magasságában), GPS koordinátái: 47.4597764,18.994173, amellyel a Budapest városközpont felé tartó forgalmat lehet befolyásolni. Alapesetben a tábla a Petőfi híd, az Erzsébet híd és a Lánchíd elérési időit mutatja. A kijelző maga 2 db (két szélén) RGB színes táblák, full mátrixvezérlés 40x64 képponttal, és középen egy darab monokróm, szintén full mátrix, 208x72 pixeles. A pixeltávolságok 25mm. [5]

	Petőfi híd	19 perc	
	Erzsébet híd	11 perc	
	Lánchíd	--	

6. ábra M1/M7 bevezető szakaszán elhelyezett tábla

(forrás:[5])

A full mátrix táblák előnye, hogy az összes pixele, a tábla egész felületén, szabadon programozható, így tetszőleges szöveget, vagy képet kiíráthatunk vele. Az üzemeltetéshez, felügyelethez szükséges mérőrendszer kameráinak a kommunikációját a saját zárláncú tv hálózat és a buszsáv figyelés optikai kábeleinek szabad kapacitásaihoz illesztve tervezték meg. A tábla felépítése és elemeinek intelligenciája miatt a különböző meghibásodásokat érzékelni tudja. Hiba esetén a központnak hibaüzenetet küld, központtal való kommunikációs kapcsolati hiba esetén pedig törlődik a kijelzett kép. [7]

A Dél-budai alrendszer elemeit az alábbi felsorolásban, valamint az 1. táblázatban írtam le.

A Dél-budai rendszer elemei:

- Intelligens rendszámolvasó kamera 22 db;
- Áttekintő kamera infrával 15 db;
- VJT tábla 3 db (2db új+1 db meglévő);
- Meglévő optikai hálózat; új optikai hálózat
- Switchek és média konverterek a hálózati elemek csatlakoztatásához;

- Adatbázis szerver; Scala rendszer;
- ITS VUK szoftver (központ). [9][7]

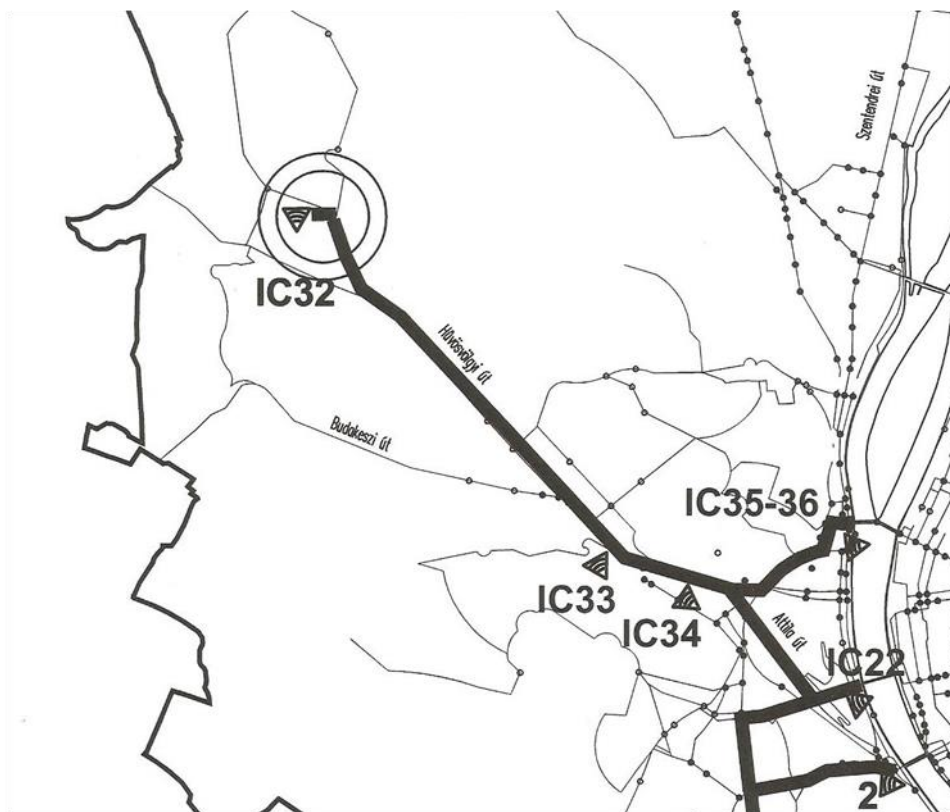
1. táblázat Dél-budai alrendszer elemei

(forrás: [7])

Mérés helye	Rendszámfelismerő (intelligens) kamerák	VJT tábla
M1-M7 bevezető 6+641 km szelvény	3	1
M1-M7 bevezető - Lapu utca 5+400 km szelvény	1	
6-os út (Duna u.- Kőtár u. között)	2	1
6-es út - Hajó u.		
6-es út - Feltáró u.		
Szerémi út - Kitérő út	1	1
Szerémi út - Galvani út	2	
Szerémi út - Dombóvári út	1	
Budaörsi út - Dombóvári út	1	
Dombóvári út -Rákóczi hídi felhajtó (Vízpart utca, Nádorkert)	1	
Rákóczi híd pesti lehajtója (1-es villamos)	2	
Petőfi híd - Goldmann György tér	2	
Kosztolányi Dezső tér előtti portál (Tas vezér utcánál)	1	
Szabadság híd - Szent Gellért tér	1	
Budaörsi út - Fehérló utca	1	
Hegyalja út - Krisztina krt.	2	
Lánchíd (Calrk Ádám tér)	1	
Összesen:	22	3

1.3.3. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazás a Közép-budai térségben

A budapesti VJT rendszer kiépítésének második ütemében valósult meg a Közép-budai térségben kiépített rendszer (7. ábra). Ez az eddigiekhez hasonlóan eljutási időkről ad tájékoztatást a városközpontba tartók számára. A képen látható, hogy az IC 22 kamera a dél-budai rendszernek is része, ezzel a 2 különálló rendszer hálózati összekapcsolása megvalósult.



7. ábra Közép-budai térségben kialakított rendszer

(forrás [5])

Működési elvét tekintve különbözik a Dél-Budán használt rendszertől. A forgalomfigyelésre, rendszámfelismerésre használt kamerák feladata a forgalmi adatgyűjtés, az adatok továbbítása. Az utazási idők számítására alkalmas feldolgozó szoftver a központi szerveren került elhelyezésre. [6]

Ennél a rendszernél az adatok GSM hálózaton keresztül jutnak el a központi szerverre, ezért a mutatott képük, valamint a közölt információjukban sok akadozás (jelkiesés) van, ebből következik a pontatlan számolásuk is. A valós időben és valós helyen mért

adatok eltérnek a központi gépen figyelt adatoktól. Mérések alkalmával a kézi számolással nagyobb forgalmakat mértünk, mint a gépi számlálással. [6]

A táblát (8. ábra) a 61-es villamos végállomásánál létesítették, GPS koordinátái: 47.544469,18.963507. Ennek elsődleges indoka a városba északról érkezők nagy száma volt. A tábla kihelyezése előtt egy P+R parkoló is létesült az állomásnál, így a felhasználók dönthetnek úgy, hogy a nagy eljutási idő miatt inkább a tömegközlekedést részesítik előnyben úti céljuk megközelítésére.



8. ábra A Hűvösvölgynél elhelyezett tábla

(forrás: [7])

A tábla ugyan szabadon programozható, jelenleg azonban egyszínű kiírással rendelkezik s csak eljutási időket szolgáltat, más útvonalajánlásokat nem ad. A tábla alap beállításként a Széll Kálmán tér, a Lánchíd valamint a Margit híd elérési időit mutatja. Az útvonalon található első két mérési szakasz mindhárom iránynak azonos (Hűvösvölgytől a Széll Kálmán térig). A Lánchídhoz való eljutási időt az Attila út, és az Alagút menetidőivel számolja, míg a Margit híd megközelítését a Margit körúton át érzékeli. A rendszer friss kiépítettsége miatt az adatok megbízhatósága nem a legjobb. Várhatóan a közel jövőben ezt javítják.

A 8. ábrán látható, hogy a Lánchíd megközelítési ideje nincs kiírva. Ennek oka a rendszerben lévő hibaszint. Ha az egységek közül nem működik a belépési vagy a kilépési ponton elhelyezett kamera, akkor a kiírt idő helyett egy vonal jelenik meg, tartós probléma esetén a teljes sor törlésre kerül. Jelenleg a Clark Ádám téri építkezések miatt az ottani mérőhely nem tud üzemelni.

A Közép-budai térségben megvalósult rendszer elemei:

- Intelligens rendszámolvasó kamera 6 db;
- VJT tábla 1 db;
- Meglévő optikai hálózat;
- Új optikai hálózat;
- Switchek és média konverterek a hálózati elemek csatlakoztatásához;
- Adatbázis szerver;
- Scala rendszer;
- ITS VUK szoftver (központ).[9][6]

A 2. táblázat az intelligens kamerák mérési helyeit, és a tábla kihelyezésének helyét mutatja. A táblázatban a Hűvösvölgyi tábla információinak megjelenítésére szolgáló eszközök vannak feltüntetve. A Lánchídnál lévő kamera a Dél-Budán létesített hálózat eleme is.

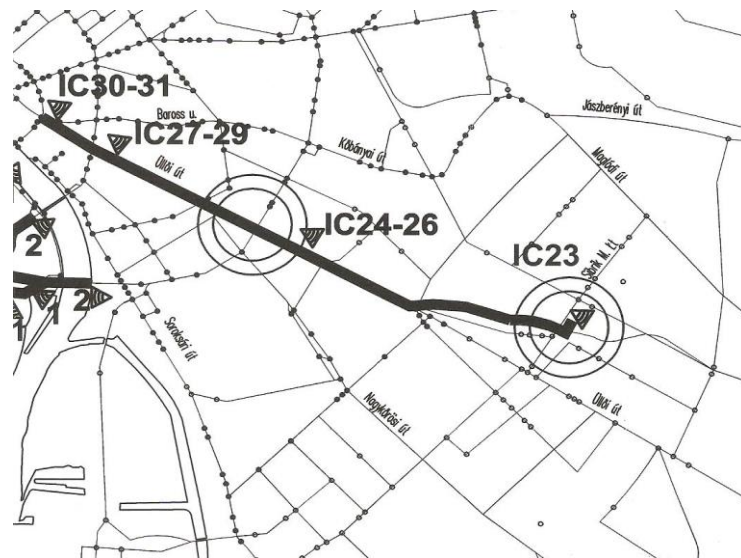
2. táblázat Közép-budai alrendszer elemei

(forrás: [7], saját szerkesztés)

Mérés helye	Rendszámfelismerő (intelligens) kamerák	VJT tábla
Hűvösvölgyi Portál	1	1
Budagyöngye 1 sáv	1	
Szilágyi E. fasor - Ezredes utca keresztmetszet 1 sáv	1	
Margit híd Budai hídfő	2	
Lánchíd (Clark Ádám tér)	1	
Összesen:	6	1

1.3.4. Forgalmi adatgyűjtés és VJT alkalmazás Dél-Pesten

A budapesti utazási idők kijelzésére alkalmas eszközök kiépítésének második ütemében valósult meg a Dél-Pesten kiépített rendszer (9. ábra). A tábla létesítésével a Liszt Ferenc repülőtér felől érkezők kapnak utazási információkat a főbb körutak, ill. a városközpont eléréséről.



9. ábra Dél-Pesten kialakított rendszer

(forrás [5])

Az infrastruktúra működési elve, valamint használt szoftvere azonos a Közép-Budán kialakított rendszerével. Hasonlóan az ott ismertekkel, a kihelyezett kamerák videó jelet küldenek a központi szerverre, a jelek feldolgozása itt történik.[6]

Elhelyezkedését tekintve a tábla a Ferihegyi gyorsforgalmi úton a KÖKI Terminálnál található (10. ábra), GPS koordinátái: 47.462654,19.151147. A befolyásolható forgalom a városközpont felé tartó irány.

HUNGÁRIA KÖRÚT	5 perc
NAGYKÖRÚT	12 perc
KÁLVIN TÉR	17 perc

10. ábra KÖKI Terminálnál elhelyezett tábla

(forrás: [7])

Utazásbefolyásolási okokból a VJT táblával egy keresztmetszetben P+R előjelzést is üzemeltetnek.

Az eszköz eltérően a többi táblától nem hidak elérési időit mutatja, hanem főbb keresztmetszeteket. A Ferihegyi repülőtérre vezető út, majd az Üllői úthoz kapcsolódva az Üllői út a mért (optimalizált) útvonal. Kijelzett főbb keresztmetszetei: Hungária körút, Nagykörút, Kálvin tér. A mutatott adatok megbízhatósága magas.

A Dél-pesti rendszer elemei:

- Intelligens rendszámolvasó kamera 9 db;
- VJT tábla 1 db;
- Meglévő optikai hálózat;
- Új optikai hálózat;
- Switchek és média konverterek a hálózati elemek csatlakoztatásához
- Adatbázis szerver;
- Scala rendszer;
- ITS VUK szoftver (központ) [9]

A 3. táblázat az intelligens kamerák mérési helyeit, és a tábla kihelyezésének helyét mutatja. A táblázatban a KÖKI Terminálnál elhelyezett tábla információinak megjelenítésére szolgáló eszközök vannak feltüntetve.

3. táblázat Dél-pesti rendszer elemei

(forrás:[7], saját szerkesztés)

Mérés helye	Rendszámfelismerő (intelligens) kamerák	VJT tábla
KÖKI VJT Portál	1	1
Üllői út- Könyves Kálmán krt.	3	
Üllői út- Ferenc krt.	3	
Üllői út- Kálvin tér	2	
Összesen:	9	1

2. Hálózati továbbfejlesztés az M3 autópálya irányába

A fővárosban kialakulóban lévő eljutási idők kijelzésére alkalmas változtatható jelzésekű táblák továbbfejlesztésének következő ütemében az M3 bevezető szakaszára terveznek VJT-t. Az eszköz létesítésével az autópálya felől érkezők információkat kapnak a városközpont különböző csomópontjainak elérésére, ezzel segítve az útvonal-, és eszközválasztást Budapest városközponti területein. A mérőhálózat kiépítésével egy új rendszer jön létre, mely segíti a korszerű, fenntartható közlekedést.

2.1. Helyzetelemzés

A rendszer elemeinek tervezése és kiépítése előtt szükséges ismerni a szakaszra jellemző körülményeket, elvárásokat és lehetőségeket. A jelenlegi helyzet elemzésével egyértelművé tehető az elérendő célok, valamint hatékonyabb forgalomkezelési tervek készíthetőek.

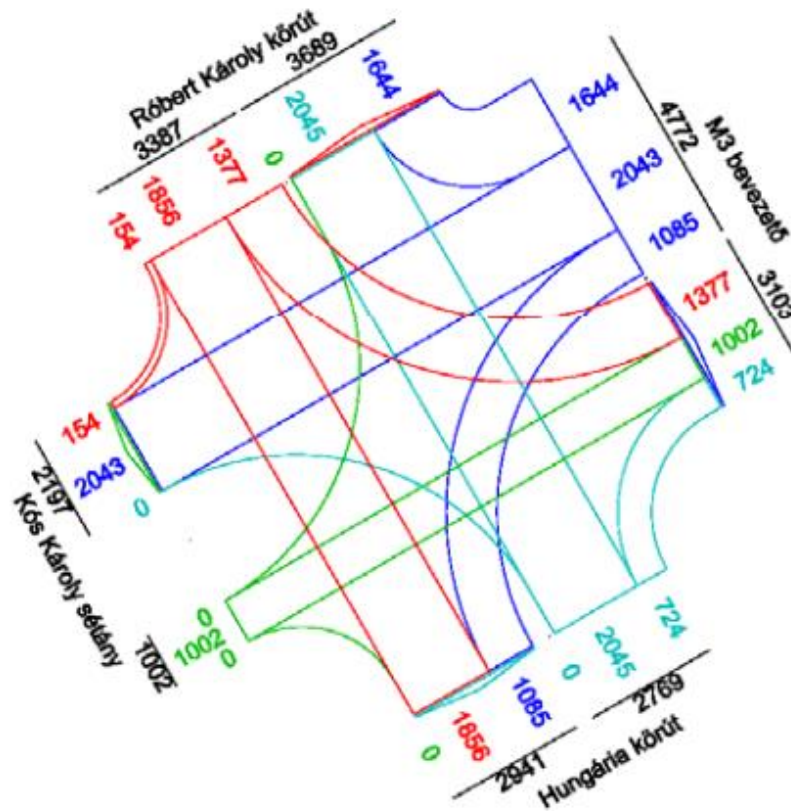
2.1.1. Problémamegfogalmazás

A mai világban az idő fontos szerepet tölt be mind a gazdaság, mind a társadalom területén. A közlekedésgazdaságban az időnek GDP teremtő szerepe van, így elengedhetetlen annak vizsgálata. Társadalmi területeken az emberek nem szeretnek várakozni. Ezen két okból kifolyólag az utazással töltött időnek nagy szerepe van a mindennapi életben.

Elsődleges problémaként kiemelhető a szakaszra jellemző megnövekedett forgalom, mely a reggeli és a délutáni csúcsforgalomban fokozott terhelést jelent az úthálózatnak, a városrészeknek. A növekvő terhelés az eljutási időket is megnöveli. Forgalomirányítás szempontjából a reggeli csúcsforgalom a meghatározó, mivel a városba beáramló forgalom a főváros úthálózatait telíti. [10]

A reggeli forgalomra gyakorolt hatást az M3-as – Hungária krt. csomópontján az alábbi 11. ábra szemlélteti. A felvétel a 2014. évi adatok alapján a reggeli csúcsidőszakban, 7:00-9:00 óra között készült. A feltüntetett értékek az útvonalra jellemző

járműkategóriák, és kanyarodási irányok felhasználásával készült. Az M3 felől érkező forgalom 4772 egységjármű/óra (E/h) terhelést jelent az adott időszakban. [11]



11. ábra Reggeli forgalomáramlás az M3 bevezető- Hungária krt. csomópontban (E/h)
(forrás:[11])

A fent már bemutatott 11. ábra értékei alapján látható, hogy a befelé haladó forgalom 3 irány felé oszlik szét. Rendszámfelíráson mérés alapján:

- Hungária körút felé 1085 E/h, a körút reggeli forgalmának 58%-a
- Róbert Károly körút felé 1644 E/h, a körút reggeli forgalmának 45%-a
- Kós Károly sétány felé 2043 E/h, a sétány reggeli forgalmának 92%-a. [11]

A terhelések növekedésével ezen útvonalakon az elérhető sebesség csökken, és az utazási idő nő.

A többi probléma, mely az úton fennáll a forgalom nagyságából, valamint abból ered, hogy a járművezetők figyelmen kívül hagyják a KRESZ szabályait. A torlódások az emberek türelmetlenségéhez, figyelmetlenségéhez, fegyelmeztetlenséghez vezetnek,

melyből a balesetek kialakulnak. A telített forgalom légszennyező, környezetszennyező és zajszennyező hatású. Ezeknek a megoldásait jelen dolgozatomban nem részletezem, kizárólag, mint elérési célokként említem.

2.1.2. Célok, részcélok meghatározása

Változtatható jelzéseképű táblák kihelyezésénél fontos szem előtt tartani, hogy a létesítendő elem élettartama kb. 10 év. A táblák létesítési nehézségei, valamint árai erősen befolyásolják azon tervezési célokat, részcélokat, hogy milyen igényt elégítsen ki az eszköz.

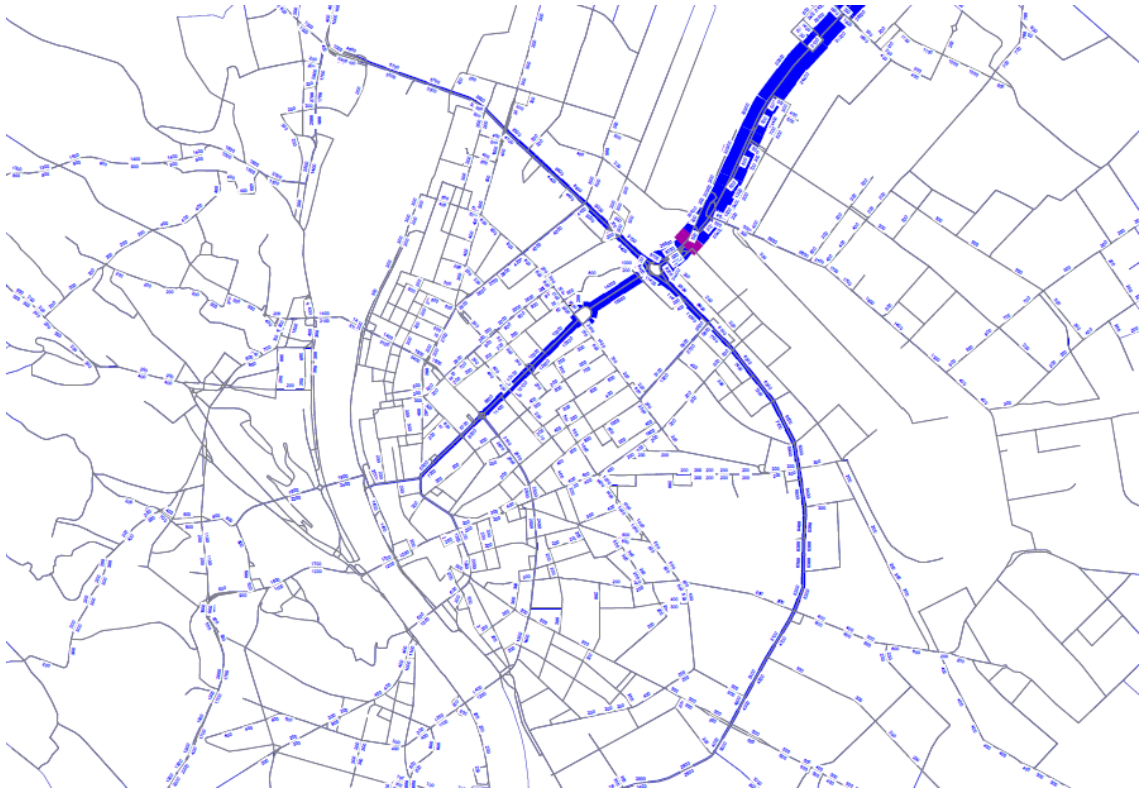
A tábla létesítésének helye az M3 bevezető szakaszának 6+200 km szelvénye, mely a Szilas pihenő utáni felüljárónál található, így kihelyezésével elvárt célok a torlódás mértékének csökkenése a bevezető szakasz városközpont felé tartó sávjaiban, valamint a városban. A célok közé sorolom a balesetek csökkentését, a környezetszennyezés mérséklését. Távollabbi elvárásaként fogalmazom meg az utazási információk bővítését, utazás-, és eszközválasztás befolyásolását. A dolgozatomban ezért elsősorban a torlódások minimalizálását, a szakaszon megengedett optimális sebesség elérését tűztem ki célként, valamint a bejövő forgalom városközpontra gyakorolt hatásának minimalizálását. [3]

2.2. VJT által megjelenített csomópontok

Az M3 bevezető szakaszra készülő VJT tervezésének első lépéseként a táblára kiírásra kerülő csomópontokat határoztam meg. Ehhez a Budapestre beáramló forgalmat vizsgáltam meg. A vizsgálathoz a Budapesti Egységes Forgalmi modellt használtam fel, melyben a bejövő forgalom áramlásának eloszlása van feltüntetve.

A forgalmi modell komplex adatsokaságból épül fel. Tartalmazza az egyéni és a tömegközlekedést, valamint magába foglalja a teherforgalmat is. Ezt súlycsoport alapján 4 kategóriába sorolják: <3,5 t, 3,5 t és 7,5 t között, 7,5 t és 12 t között, illetve >12t. A várost több kisebb zónára osztották fel, és a forgalmak induló és érkező övezeteit vizsgálták meg. Ez alapján készítették el a főváros egészére kiterjedő honnan-hová mátrixot.

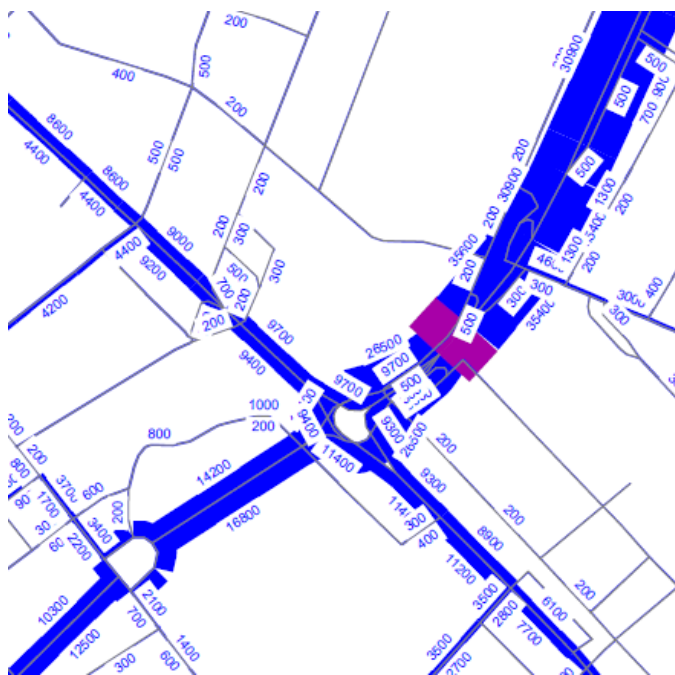
A modellből egy kis részletet kaptam meg, melynek kezdő zónája az M3 bevezető szakasza volt. A kapott értékek egy átlagos októberi hétköznapon mutatják az egyéni közlekedés áramlását.



12. ábra M3 bevezető szakasz forgalmának áramlása

(forrás: [12])

Az 12. ábrán és a melléklet 1. oldalán látható az M3 bevezető szakaszának forgalmi eloszlása a városhatáron belül. Ezek az értékek az egyéni közlekedés forgalmát mutatják egész napra vonatkoztatva, így mértékegységük egységjármű/nap (E/nap). Ennél a tervezésnél a fent már említett módon csak a bejövő forgalom vizsgálatával fogok foglalkozni a városi hálózatra gyakorolt terhelés miatt.[12]



13. ábra Forgalomterhelés az M3 bevezető - Hungária krt. csomópontban (E/nap)

(forrás: [12])

A képen (13. ábra) jól látható, hogy a befelé áramló forgalom eléri a 36000 E/nap értéket. A forgalom 3 irányba oszlik el a Hungária körutat elérve. Ebből:

- 27 % (9700 E/nap) a körúton északi irányba az Árpád híd felé halad.
- 32%-ot (11400 E/nap) tesznek ki a körúton déli irányba közlekedők.
- 41% (14200 E/nap) a városközpont felé közlekedők aránya. [12]

E terhelési százalékos megoszlások miatt a táblán elsőként a Hungária körút elérési idejét javaslom megjeleníteni. A csomópont forgalomelosztó jellege valamint a közelben lévő P+R lehetőség a járművezetők számára útvonalválasztást és eszközválasztást biztosít utazásuk folytatásához.

A Hungária körúton északi irányban a forgalmat vizsgálva megállapítottam, hogy az M3 bevezető szakaszáról jövő terhelés a Váci út - Róbert Károly körút csomópontig lényeges csökkenést nem mutat. A változás mindössze 15%. Ezért az útvonalat tovább vizsgálva olyan csomópontot kerestem, ahol ez a változás számottevő, valamint az útról elágazó keresztirányú utak terheltsége megnő. Ezt a pontot az Árpád híd budai hídfőjénél tudtam kijelölni. A keresztmetszet után az autópálya hatása az utak terheltségét 20%-nál jobban nem befolyásolja. Itt érvényesül az a gazdasági tervezési

szempontom is, mely a közlekedőknek biztosít eszközválasztási lehetőséget utazásuk közben. A csomópontban azonban jelenleg nincs P+R parkolási lehetőség. Kialakítására véleményem szerint szükség lenne a forgalmi adatok alapján. [12]

A Hungária körúton déli irányban ugyancsak e tervezési elvek alapján határoztam meg a kiírásra kerülő csomópontot. Ezen a részen a nehézséget az jelentette, hogy a forgalmi terhelések változása nem ugrásszerűen csökken.

A Hungária körút- Ajtósi Dürer sor kereszteződése a terhelési százalékokban a legmagasabb csökkenést mutatja, ez 33%. Mégis ezt a csomópontot a táblán nem javaslom megjeleníteni, a táblán elsőként megjelenített Hungária krt.- M3 bevezető közelsége miatt. A további útszakaszt vizsgálva a Hungária krt.- Kerepesi út csomópontig az M3 bevezető szakaszcélra jövő terhelés 7%-ot esik vissza, a Kőbányai út - Könyves Kálmán krt. csomópontig ez az érték újabb 6 %-ot csökken. Ezért az Üllői út- Könyves Kálmán krt. csomópontot választottam kiírandó szöveggé. A kereszteződés után az autópálya hatása a kezdeti érték 35%-a. Ebben a kereszteződésben is megvalósul a közlekedési eszközök közötti váltás lehetősége. Az autósok autójukat letéve választhatnak a metró, a villamos, és a különböző buszjáratok között úti céljuk megközelítésére. Lehetőség van a P+R szolgáltatás igénybevételére. [12]

A városközpont felé tartó irány vizsgálatoknál a forgalmi terhelések mellett figyelembe vettem a városközpont tehermentesítését is. A bejövő forgalmat az első nagyobb változásig vezetném. Ezek alapján az Oktogont jelöltem ki, mint táblára kiírandó keresztmetszetet. Az Oktogon után a centrum felé tartó forgalom a kezdeti forgalomnak a 40%-a lesz. A Nagykörutat az adatok alapján az autósok 20%-a választja további utazási szakaszként. A maradék 40% százalék az Andrássy utat keresztező utcákban oszlik szét. [12]

Ezek alapján megterveztem a változtatható jelzésekű tábla kiírásának csomópontjait: Hungária körút, Oktogon, Árpád híd, Üllői út. Az alábbi 14. ábrán látható a tábla tervezete, a feltüntetett időértékek példaként egy átlagos hétköznapi reggelre vonatkoznak.

Hungária körút	16 perc
Oktogon	26 perc
Árpád híd	28 perc
Üllői út	40 perc

14. ábra M3 bevezető VJT tervezett táblaképe

(forrás: saját szerkesztés)

2.3. Mérési pontok

Az utazási idők megbízható információ kiírásához komplex, több lépcsős forgalomvizsgálaton alapuló mérőrendszert javaslok. Ehhez rendszámfelismerő kamerák, és forgalomfigyelő detektorok szükségesek. Forgalomfigyelő detektorok segítségével a forgalomról információ nyerhető, és a rendszámfelismerő kamerák hibája esetén az utazási idő számításának alapjaként felhasználható. A várhatóan hosszabb rendelkezésre állás érdekében az újfajta mérőgomba kihelyezését javaslom az utakba, ez hosszútávon kifizetődő, célravezető megoldás lenne. A tervezés során azonban figyelembe vettem a jelenlegi budapesti mérőhálózatot is.

2.3.1. M3 bevezető szakasza

Az M3 bevezető szakaszán a rendszámfelismerő kamerák telepítését 3 helyen javaslom. Az egyik ilyen hely a VJT táblával egy vonalban, arra felszerelve lenne a legcélszerűbb. Ezzel a megoldással a hálózatra belépő összes jármű azonosítható lenne. A második mérőpont a Szerencs utcánál kerülne kialakításra, így a befelé áramló forgalomról már ott utazási idő kapható, mely dinamikus sebességszabályozásnál a rendszerbe visszacsatolható. A harmadik pontot a Hungária körút előtti útszakaszon, olyan helyen érdemes létesíteni, ahol a bevezető szakasz kettéválk, a sávok közti váltás már nem lehetséges. Ezzel a kialakítással a rendszer további kamerái a megfelelő kamerák adataival könnyebben összehasonlítható adatokat kapnak.

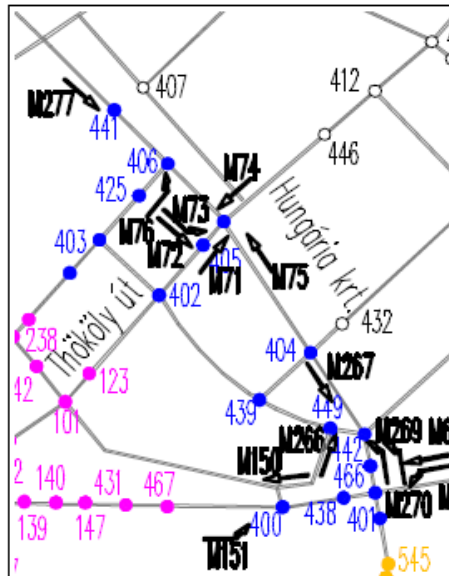
Ilyen módon a „travel time” adatok két részből adódnak össze: a bevezető szakasz, valamint a Hungária körút csomópontja utáni útszakaszok adataiból. Ezzel a kialakítással az M3 bevezető részének utazási ideje különválasztható a további útszakaszoktól, a szakaszra jellemző forgalomnagyság értékek, és sebességek vizsgálatával az minimálisra csökkenthető.

A forgalmi értékek méréséhez 3 helyszínt javaslok. A belépési pontot, a Hungária körúti csomópontot, valamint a Szerencs utcai kereszteződést. A belépési pontot a statisztikai időkiírás lehetőségének megvalósításához ajánlanám. Ez akkor is adna valamilyen becslést a Hungária körút elérési idejéhez, ha a rendszer valamely eleme nem működne. A Szerencs utcai detektorok a közbenső szakasról adhatnak információt, míg a Hungária körútnál elhelyezett detektorok a kilépő forgalom jellemző értékeiről. E 3 csomópont detektor adatainak ismeretével a statisztikai becslés a valóságnak megfelelő utazási időértéket szolgáltatna meghibásodott kamera esetén.

2.3.2. Mérőrendszer kialakítás a Róbert Károly krt. - Árpád híd vonalon

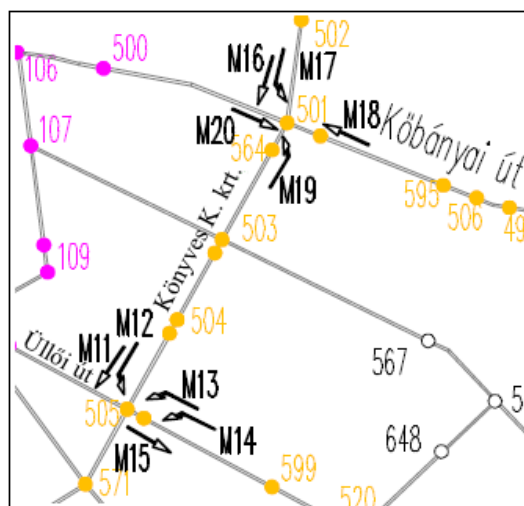
Az Árpád híd budai hídfőjének elérési idejének pontos kiírása miatt 3 helyen javaslok rendszám összehasonlításra alkalmas kamera kihelyezést. A Róbert Károly krt.- Lehel utca csomópontjában, a Róbert Károly krt.- Váci út csomópontjában, valamint kilépési pontként az Árpád híd budai hídfőjének sávjaiban. Ennek okai a fentebb részletezett terhelési százalécsökkenések.

Az alábbi 15. ábrán látható a jelenlegi észak budapesti mérési helyek egy része. A különböző színek jelölik, hogy milyen központi felügyelet van az adott mérési ponthoz hozzákötve. A kék színnel jelölt csomópontok az Észak Pesti alközpontoz tartoznak. A számok a mérési pontok helyét, és a mérőhely számát mutatják.



17. ábra Mérőhálózat a Hungária krt. déli részén

(forrás: [13])

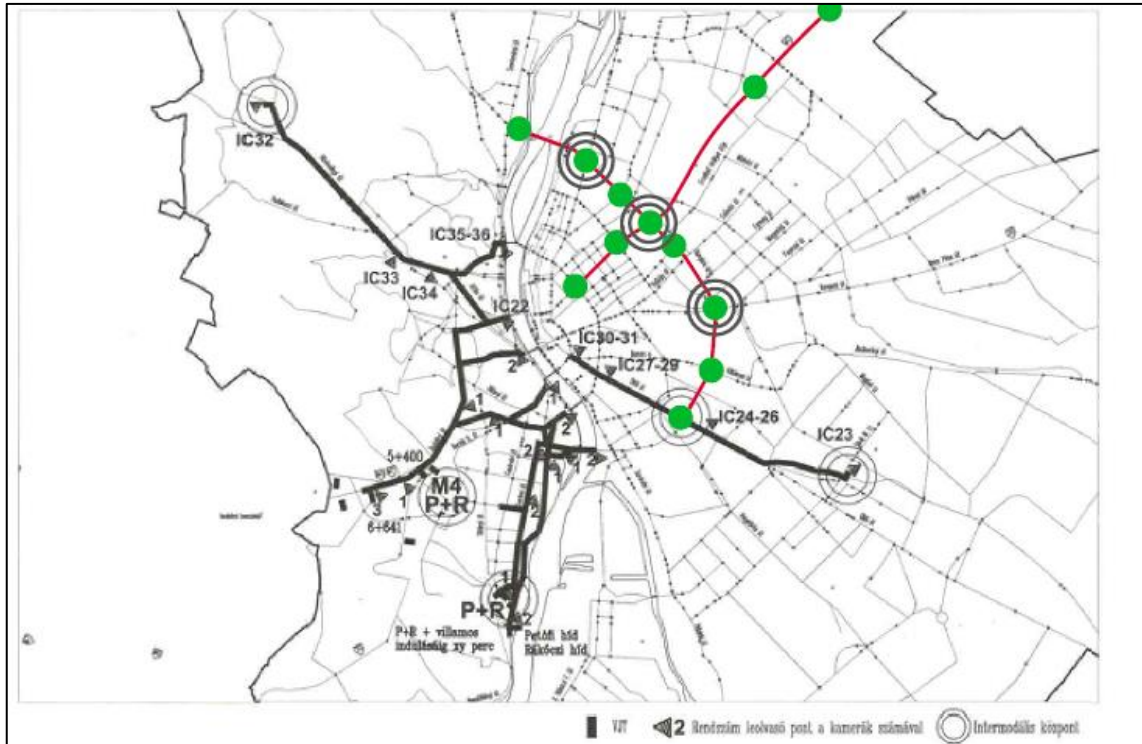


18. ábra Mérőhálózat a Kőbányai út és Üllői út Könyves K. krt. csomópontjaiban

(forrás: [13])

2.3.5. Hálózat kialakítás terve

A hálózat kialakítását az alábbi 19. ábra mutatja. A piros szín jelöli az útvonalakat, melyre az eljutási idők vonatkoznak, zöld pont jelöli azokat a helyeket, ahol rendszámfelismerő, és forgalomfigyelő detektor van, az intermodális csomópontokat 2 koncentrikus kör mutatja.



19. ábra Észak-pesti rendszer kialakításának tervezete
(forrás: saját szerkesztés)

A 4. táblázatban az intelligens kamerák mérési helyei, és a tábla kihelyezésének helye olvasható. A táblázatban az M3 bevezetőre tervezett tábla információinak megjelenítésére szolgáló eszközök vannak feltüntetve. Itt javaslok minden mérési helyre átnézeti kamera kihelyezést is, mellyel az irányító központból forgalomfigyelés lehetséges.

4. táblázat Észak-pesti rendszer elemei
(forrás: saját szerkesztés)

Mérés helye	Rendszámfelismerő (intelligens) kamerák	Átnézeti kamera	VJT tábla
M3 bevezető 6+200 km szelvény	2	1	1
M3 bevezető-Szerencs utca	3	1	
M3 bevezető- Hungária krt.	3	1	
Andrássy út- Dózsa György út	1	1	
Oktagon	2	1	
Róbert Károly krt.- Lehel u.	3	1	
Róbert Károly krt.- Váci út	3	1	
Árpád híd budai hídfő	3	1	
Hungária krt.- Ajtósi Dürer sor	3	1	
Hungária krt.-Kerepesi út	3	1	
Könyves Kálmán krt.- Kőbányai út	3	1	
Könyves Kálmán krt.- Üllői út (Elnök u. után)	3	1	
Összesen:	32	12	1

Olyan esetet vizsgáltam meg, melyben az összes csomópontban minden egyenesen tartó sáv fölé rendszámfelismerő kamerák telepítése lehetséges. Ez indokolja a kihelyezésre javasolt kamerák számát.

3. További fejlesztési lehetőségek

A hálózat forgalmi performanciájának további javítása lehetséges. Erre két javaslatot dolgoztam ki. Az egyik azt feltételezi, hogy az M3 bevezető szakaszán a táblánál belépő, és a Hungária körútnál kilépő járművek száma nem változik, míg a másik esetben a kilépő járműszám jelentős csökkenést mutat.

3.1. Dinamikus sebességszabályozás

Az eljutási idők csökkentésére, valamint a forgalom stabil tartományon tartására az eljutási idők kijelzése mellett olyan VJT kihelyezését is javaslom, melyen az adott útszakaszon betartandó sebességek vannak feltüntetve.

A sebességet szabályozó tábla a forgalom folyamatos vizsgálata mellett változtatja meg a kiírt értékeket. Ezzel az eszközzel a városhatárban egy szakaszra vonatkoztatva sebességszabályozást lehet megvalósítani. Hatására a hálózatra időegység alatt belépő járműszámot csökkenteni lehet, mely a belső területeken a forgalomsűrűség csökkenését eredményezi, ezáltal az elérhető sebesség nő, az utazási idő csökken. Ezt PTV Vissim programbeli szimulációval fogom vizsgálni, melynek eredményeit a szakdolgozatomban fogom ismertetni. A kapott adatokra olyan vizsgálatokat is végzek majd, melyben az utazási idő (travel time) értékek összefüggéseit vizsgálom a forgalom nagyság és forgalomsűrűség függvényében.

3.1.1. Fundamentális elmélet

A közlekedéssel szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény az eljutási idők csökkentése. A változtatható jelzésekű táblák jelzései is ezt próbálják elősegíteni. Az egységek működésének hatásvizsgálatakor a forgalmi modellezés hozza a leggyorsabb eredményt. Ebben a dolgozatrészben bemutatom a tervezésem alapját képező fundamentális elméletet. [15]

A makroszkopikus modellezés elsőrendű modelljét 1955-ben alkotta meg Lighthill- Witham- Richards. A modell egyik alapvető feltételezése a járművek megmaradása. Ezt diszkrét formában felírva az alábbi egyenlethez jutunk:

$$N_{PN}(k + 1) = N_{PN}(k) + T_s[Q_{in}(k) + Q_d(k) - Q_{out}(k)] \quad (1)$$

ahol k jelenti a diszkrét lépésközt és T_s (mértékegysége [óra]) pedig a diszkrét mintavételezési időt, ami a jelen munkában a jelzésterv ciklusideje. A gyakorlatban az (1)-es egyenlet jelenti az állapotváltozót a $[kT_s, (k + 1)T_s]$ időintervallum alatt. Az állapotot az $N_{PN}(k)$ mutatja, ami nem más, mint a vizsgált övezeten belüli járműszám, mértékegysége egységjármű óránként [egységjármű/óra]. A $Q_{in}(k)$ jelentése a zónába szabályozottan belépő összes járműszám, egységjármű/óra mértékegységben. Q_d kifejezés jelenti a szabályozatlan belépő forgalom összegét (mértékegysége szintén egységjármű/óra), $Q_{out}(k)$ kifejezés jelenti a zónából kiáramló összes járműszámot (mértékegység egységjármű/óra).[14]

Stacionárius áramlás valamint állandósult forgalomsűrűségek és sebesség estén a forgalom sebessége felírható a forgalomsűrűség statikus függvényeként. Számtalan sebesség-sűrűség függvény létezik a szakirodalomban az Underwood által megalkotott elmélet alapján például:

$$v(\rho) = v_{free} * \exp\left[-\frac{\rho}{\rho_{krit}}\right] \quad (2)$$

ahol v_{free} (mértékegysége [km/h]) jelenti az útvonalra adott forgalomnagyság mellett elérhető szabad áramlási sebességet, ρ_{krit} ([jármű/km]) a forgalomsűrűség kritikus értékét, stabil áramlás határát, ρ ([jármű/km]) a vizsgált forgalomsűrűség, $v(\rho)$ ([km/h]) az ezekhez tartozó áramlat sebességét. [15]

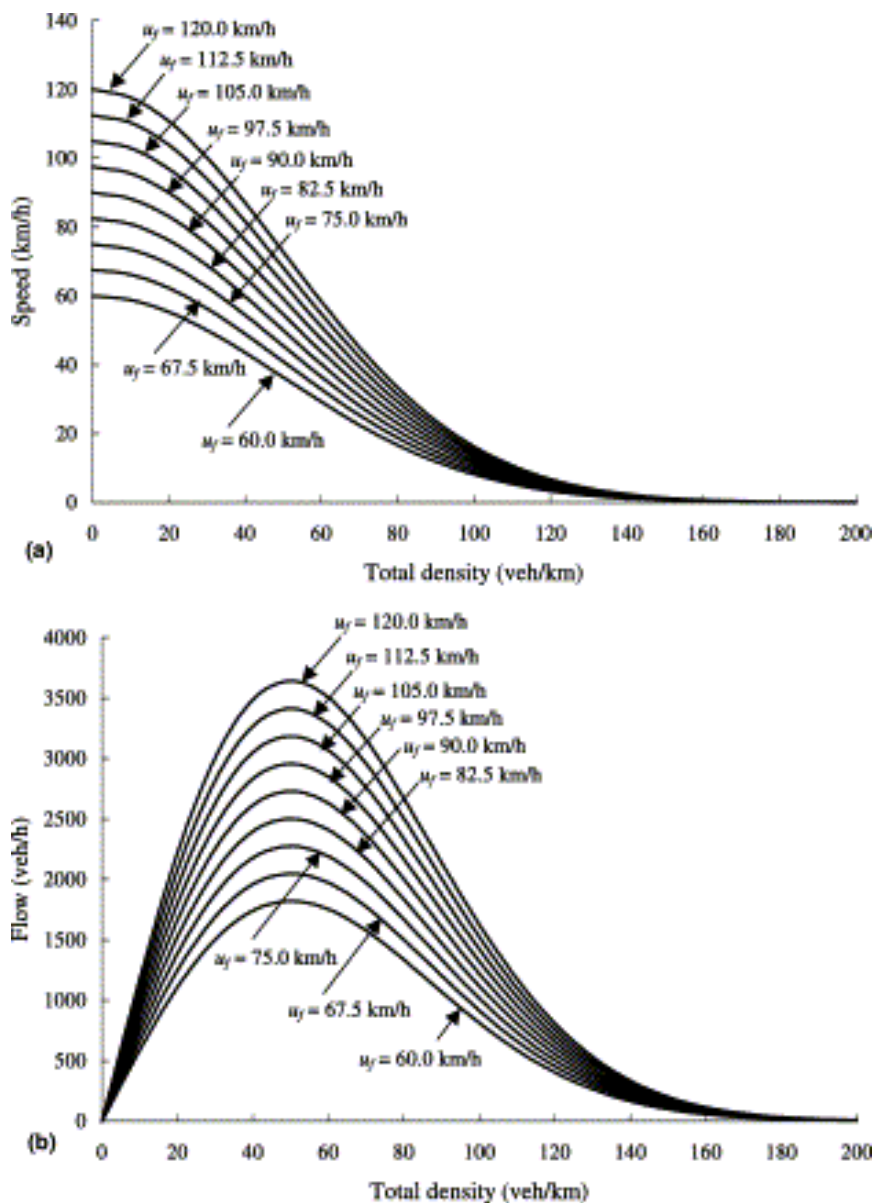
Fundamentális összefüggés diszkrét esetben:

$$q_i(k) = \rho_i(k) * v_i(k) \quad (3)$$

ahol: $\rho_i(k)$ [jármű/km] jelenti a k -edik lépésközben az i -edik szakaszra vonatkozó forgalomsűrűséget, $v_i(k)$ [km/h] az erre vonatkozó sebességet, $q_i(k)$ [db] a szakaszra jellemző forgalomnagyságot.

A fundamentális egyenlet és az egyensúlyi sebességfüggvény alkalmazásával a makroszkopikus egyensúlyi forgalomnagyság függvényhez jutunk. Ezt nevezik fundamentális diagramnak. (20. ábra) A diagramok a sebességet, és a forgalomnagyságot ábrázolják a forgalomsűrűség függvényében. [15]

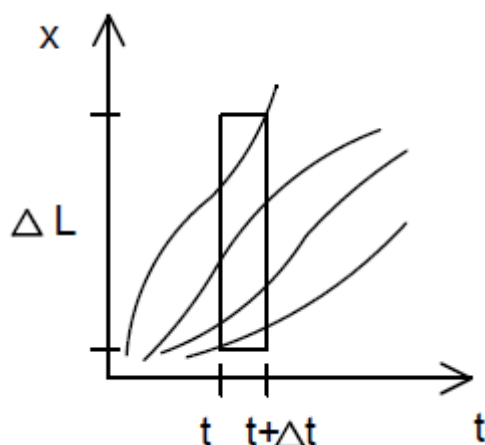
$$Q(\rho) = V(\rho) * \rho \quad (4)$$



20. ábra Fundamentális elmélet diagramjai

(forrás: [17])

Ezen elmélet ismeretében leírható az eljutási idők csökkentésének matematikai modellje, mint irányítási cél, melyet a 21. ábra szemléltet. A vízszintes tengely az időt, a függőleges tengely a megtett utat mutatja.



21. ábra Utazási idő csökkentésének vázlatos diagramja

(forrás: [15])

$$\rho = \frac{N(t, t + \Delta t)}{\Delta L} = \frac{N * \Delta t}{\Delta L * \Delta t} \quad (5)$$

ahol Δt a vizsgált időablak, ΔL a vizsgált úthossz, $N(t, t + \Delta t)$ a vizsgált időablakban a járművek száma.

Cél $\Delta t \rightarrow 0$ s minden jármű által eltöltött idő a vizsgált $\Delta L * \Delta t$ tér-idő ablakban. Így megkapjuk a sűrűségre vonatkozó egyenletet:

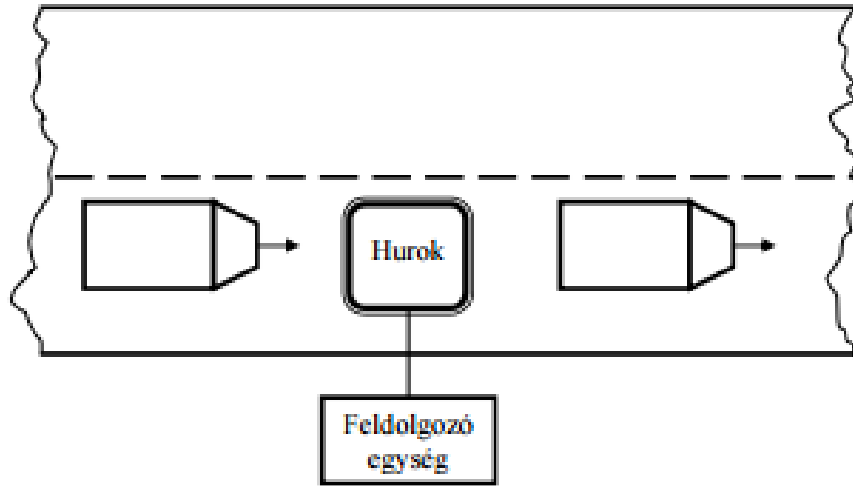
$$\rho = \frac{N \text{ db jármű által } \Delta L * \Delta t - \text{ben töltött idő}}{\Delta L * \Delta t \text{ ablak mérete}} = \frac{TTS_{\Delta L * \Delta t}}{\Delta L * \Delta t} \quad (6)$$

ahol TTS jelenti a teljes $\Delta L * \Delta t$ tér-idő ablakban eltöltött időt. Mivel $\Delta L * \Delta t$ adott, ezért TTS értéke akkor lesz minimális, ha ρ értéke is minimális, azaz $\rho=0$ amely értéknél $v = v_{free}$. [15]

3.1.2. Fundamentális diagram meghatározása az M3 bevezető szakaszán

A forgalom irányítás és befolyásolás megtervezésénél szükséges az adott útvonalak forgalmának ismerete. Ezekhez az adatokhoz jelenleg a városban több helyen létesült hurokdetektorokat használják fel. A hurkok által szolgáltatott adatok megbízhatósága

magas, ugyanakkor a város forgalmasabb útjain a nagyobb terhelés miatt nem mindegyik működik. A hurokdetektor működését a 22. ábra mutatja.



22. ábra Hurokdetektor működése

(forrás: [16])

A nagyobb megbízhatósággal rendelkező mérőgomba, jelenleg még nem található meg a városi utakon, de a Bkk Közút Zrt. a közeljövőben létesíteni fogja ezeket a forgalmasabb csomópontokban. Ezek előnye a nagyobb élettartam a kis méretük, kialakításuk miatt. A javasolt megoldásaimban is ezekkel az eszközökkel dolgoztam.

A detektor által küldött adatok a járműszám és foglaltsági idő, így a forgalomnagyság az alábbi módon számítható:

$$q = \frac{N}{T} \quad (7)$$

Ahol: q forgalomnagyság (jármű db/időegység), N adott ponton elhaladt járművek száma T megfigyelt időintervallum

Időbeli foglaltság (time occupancy): egy mértékegység nélküli paraméter (%), mely egy adott útszakasznak (pl. a hurokdetektor mérési keresztmetszetének) a járművek által történő, időbeli lefedettségi arányát adja meg. [15]

$$o_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T} \quad (8)$$

ahol t_i az i -edik jármű tartózkodási ideje a mérőhely felett, T pedig a megfigyelési időintervallum.

Szakdolgozatomban hurokdetektoros mérési eredményeket fogok felhasználni az M3 bevezető szakaszának fundamentális görbéjének meghatározásához. Elemezni fogom a foglaltsági időből kapott diagram és a fundamentális diagram közötti összefüggéseket.

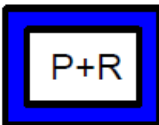
3.2. P+R lehetőség kijelzése

A járműszám, és az általa okozott terhelések tovább csökkenthetőek, ha a befelé áramló forgalom nagyságát mérsékeljük. Ennek legegyszerűbb módja, ha nem engedjük be a forgalmat az útvonalra. Azonban ilyen esetekben a járművezetők más utakat választanak úti céljuk elérésére, így az eddig forgalomtól mentes szakaszokon torlódások alakulhatnak ki.

Megoldást jelenthet, ha a járművezetők a parkolási lehetőségekről olvashatnak a kijelzőkön. Amennyiben az eljutási idők mellett a tábla információt ad a legközelebbi P+R lehetőség helyéről, és szabad kapacitásáról, akkor az emberek választási lehetőséget kapnak az eszközválasztásban. Eldönthetik, hogy úti céljuk elérésére a gépjármű közlekedést választják, vagy autójukat letéve tömegközlekedéssel utaznak tovább.

Erre az esetre 2 tábla kihelyezését javaslom, ami független az előző fejezetekben részletezett tábláktól, itt helyettük ezek a táblák kerülnének ki az M3 bevezetőre.

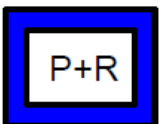
Az első tábla kihelyezési helye megegyezik az eljutási idő kiírására javasolt tábla helyével. Ez a Szilas pihenő utáni felüljárónál valósulna meg, a Budapest felé tartó sávokban. Táblaképe félig azonos az utazási idő táblaképéhez, azonban a jobb felén kiírásra kerülne a Mexikói útnál levő P+R parkoló. A parkoló elérési ideje helyett a távolságot jelenítené meg. Az alábbi 23. ábra mutatja az elem vázlatát.

Hungária körút	16 perc	 6 km 300 hely
Oktogon	26 perc	
Árpád híd	28 perc	
Üllői út	40 perc	

23. ábra P+R lehetőség kijelzése a Szilasi pihenő után kihelyezett táblán

(forrás: saját szerkesztés)

A második tábla (24. ábra) a Mexikói úti P+R lehajtó előtt 1 km-re lenne, a biztonságos sávváltások miatt. Ezen is kiíratnám az utazási időket a választott keresztmetszetekhez.

Hungária körút	8 perc	 1 km 200 hely
Oktogon	18 perc	
Árpád híd	20 perc	
Üllői út	32 perc	

24. ábra P+R lehetőség kijelzése a Hungária krt. előtt

(forrás: saját szerkesztés)

Ezzel a megoldással a bejövő forgalom nem csökken, így az M3 bevezetőn az eljutási idő sem változna. A rendszer hatására azonban a P+R parkoló utáni szakaszokon, hálózaton a terhelés és az eljutási idő csökkenthető, az elérhető sebesség növelhető, ha csak az ebből az irányból áramló forgalmat vesszük figyelembe.

Összegzés

A dolgozatom során az utazási idők kijelzésére alkalmas változtatható jelzésképű táblákat mutattam be. Első részében a fővárosban jelenleg működő rendszerek részeinek felépítését és működését vázoltam. Ismertettem, hogy jelenleg három területen alkalmaznak ilyen táblákat, azonban működésük alapján ezek különböznek egymástól. A táblaképük, valamint a rendszámfelismerő kamerák feldolgozó egységei alapján két csoportba lehet őket sorolni. A Dél-Budán alkalmazott eszközök eltérnek a Dél-Pesten és Közép-Budán létesített elemektől.

Munkám második részében hasonló rendszert terveztem meg az M3 bevezető irányába. Ehhez a Budapesti Egységes Forgalmi Modellt használtam fel. A forgalmi terheléseket vizsgálva meghatároztam a kihelyezésre kerülő tábla felirati tartalmát, melyek a Hungária körút, Oktogon, Árpád híd, Üllői út lettek. A rendszer stabil működéséhez olyan mérőhálózatot javaslok, mellyel megbízható információ megjelenítést tesznek lehetővé. Ehhez mérőhelyek kialakítása szükséges a Hungária körúton, a Róbert Károly körúton, a Könyves Kálmán körúton, és az Andrásy úton, melyek tervezésénél figyelembe vettem a meglévő mérőhálózat adottságait is. A forgalmi adatok vizsgálatához új mérőgombák kihelyezését javasoltam azokon a helyeken, ahol nem áll rendelkezésre jelenleg működő detektor.

Dolgozatom harmadik részében ismertettem azokat a megoldásokat, melyekkel a városba irányuló személygépkocsi forgalom, és eljutási idő csökkenthető. A befelé áramló forgalom csökkentésére olyan VJT felirati tartalmakat javasoltam az M3-as bevezető szakaszára, melyre az eljutási időkön kívül a Hungária körútnál (Mexikói út) lévő P+R parkoló távolsága, és szabad kapacitása is kijelvezhető. Ez a megoldás a hálózatra belépő forgalmat önmagában nem csökkenti, azonban a Hungária körút után ennek hatására már mérséklődne a forgalmi terhelés. Az eljutási idő csökkentésére másik megoldási javaslatom a dinamikus sebességszabályozó tábla kihelyezése volt. Ezzel az eszközzel a városi autópálya szakaszra vonatkoztatva sebességszabályozást lehet megvalósítani. Hatására a hálózatra időegység alatt belépő járműszámot csökkenteni lehet, mely a belső területeken forgalomsűrűség csökkenést eredményez, ezáltal az elérhető sebesség nő, az utazási idő csökken.

Munkám eredményeit összefoglalva megállapítom, hogy az eljutási idők csökkentését optimálisan a már meglévő és a tervezett rendszerelemek együttműködő, összehangolt működésével lehet a legkönnyebben, tartósan elérni. Mindezt a közúti forgalomirányító központ meglévő SCALA rendszer adottságainak felhasználásával, a szolgáltatások kiszélesítésével érhető el.

Végezetül köszönetet szeretnék mondani Dr. Tettamanti Tamásnak, Paróczy Jánosnak és a BKK Közút Zrt. dolgozóinak a munkámhoz nyújtott segítségért.

Irodalomjegyzék

- [1]. Európai Bizottság: Cselekvési terv az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazásának európai bevezetésére (2008)
- [2]. Európai Parlament: ITS Direktíva (Az Európai Unió Hivatalos Lapja,2010)
- [3]. Dr. –habil. Lindenbach Ágnes: Az intelligens közlekedési rendszerek európai tendenciái- Magyarország kapcsolódási pontjai a közúti közlekedésben (2014)
- [4]. Dr. Tóth János: A telematika eszközei a forgalmi menedzsment rendszerében,
URL:
<http://www.kukg.bme.hu/kukg/oktatas/bsc/tantargy/BMEKOKUA212/segedlet.pdf>
- [5]. Paróczy János: VJT dokumentáció
- [6]. Mayer József- BKK Közút Zrt. mérnökével történt megbeszélés alapján
- [7]. Siemens, AR Elektronika: Easy Way II.- Változtatható jelzésekű táblák telepítése
- [8]. BKK Közút Zrt.- Scala rendszerből exportálva
- [9]. Paróczy János- BKK Közút Zrt. létesítménymérnökével történt megbeszélés alapján
- [10]. Google Maps mérések alapján
- [11]. Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft.: Kós Károly sétány felülvizsgálata (2014)
- [12]. BKK Zrt.: Budapesti Egységes Forgalmi Modell
- [13]. BKK Közút Zrt. – Budapesti mérőhelyek térképe
- [14]. A. Csikós, T. Tettamanti, I. Varga: Nonlinear gating control for urban road traffic network using the network fundamental diagram (2014)
- [15]. Luspay Tamás, Tettamanti Tamás, Varga István: Forgalomirányítás (TYPOTEX Kiadó, 2011)
- [16]. Tettamanti Tamás. Luspay Tamás, Dr. Varga István: Közúti közlekedési automatika (2008), URL:
http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/kozutir1/kozuti_automatika_ver2.pdf
- [17]. G.C.K. Wong, S.C. Wong: A multi-class traffic flow modell-an extension of LWR model with heterogeneous drivers (Transportation Research Part A: Policy and Practise, 2002)

Ábrajegyzék

1. ábra Budapest VJT hálózata	8
2. ábra Dél-Budán kialakított rendszer	11
3. ábra Kitérő útnál elhelyezett tábla	12
4. ábra 6. számú főúton kihelyezett tábla.....	13
5. ábra 6-os számú főút táblájának eredeti látványterve	13
6. ábra M1/M7 bevezető szakaszán elhelyezett tábla	14
7. ábra Közép-budai térségben kialakított rendszer.....	16
8. ábra A Hűvösvölgnél elhelyezett tábla	17
9. ábra Dél-Pesten kialakított rendszer	19
10. ábra KÖKI Terminálnál elhelyezett tábla	19
11. ábra Reggeli forgalomáramlás az M3 bevezető- Hungária krt. csomópontban (E/h)	22
12. ábra M3 bevezető szakasz forgalmának áramlása	24
13. ábra Forgalomterhelés az M3 bevezető - Hungária krt. csomópontban (E/nap)	25
14. ábra M3 bevezető VJT tervezett táblaképe	27
15. ábra Jelenlegi mérőhálózat a Könyves Kálmán krt. északi részén	29
16. ábra Jelenlegi mérőhálózat a belvárosban	30
17. ábra Mérőhálózat a Hungária krt. déli részén	31
18. ábra Mérőhálózat a Kőbányai út és Üllői út Könyves K. krt. csomópontjaiban	31
19. ábra Észak-pesti rendszer kialakításának tervezete	32
20. ábra Fundamentális elmélet diagramjai	36
21. ábra Utazási idő csökkentésének vázlatos diagramja	37
22. ábra Hurokdetektor működése	38
23. ábra P+R lehetőség kijelzése a Szilasi pihenő után kihelyezett táblán.....	40
24. ábra P+R lehetőség kijelzése a Hungária krt. előtt	40

Táblázatjegyzék

1. táblázat Dél-budai alrendszer elemei	15
2. táblázat Közép-budai alrendszer elemei	18
3. táblázat Dél-pesti rendszer elemei	20
4. táblázat Észak-pesti rendszer elemei	33

Melléklet

Egyéni közlekedés (PrT) forgalomáramlási ábra [jm/nap]

