



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar Út és Vasútépítési Tanszék

Tudományos Diákköri Konferencia 2020.

Budapesti városi, - és elővárosi gyorsvasúti rendszerek integrált közlekedésfejlesztési lehetőségeinek vizsgálata

Az M3-as metró és a 142-es sz. Lajosmizsei vasútvonal kölcsönös átjárhatóságának részletes vizsgálata

Molnár Levente, BSc



Egyetemi konzulensek:

Dr. Vinkó Ákos, adjunktus, Út és Vasútépítési Tanszék

Vasvári Gergely, adjunktus, Út és Vasútépítési Tanszék

Farkas Balázs, doktorandusz, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Külső konzulens:

Pap Zsigmond, BKK infrastruktúra vezető

Kivonat

Budapest elővárosi és a városi vasúti közlekedési rendszere a történelem során párhuzamosan, az adott kor követelményeinek és közlekedéspolitikai stratégiáinak megfelelően, eltérő módon fejlődött, és ez a folyamat még ma sem fejeződött be. A közlekedési rendszer több eltérő szolgáltatási színvonalú és műszaki paraméterű egymástól elszigetelt vasúti rendszert tartalmaz, amelyek integrálása elengedhetetlen a főváros egyre növekvő agglomerációs forgalmának hatékony kiszolgálásához.

A kutatás szakirodalmi munkarésében kiemelt szerepet kapott Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiájának bemutatása, a különböző korok koncepcióinak összehasonlítása, illetve a főbb fejlődési irányok és a mai kor kihívásainak kiemelése. A fentiekén túlmenően a vonatkozó szabályozás és külföldi gyakorlati példák tanulmányozásával összefoglaltam a vasúti átjárhatóság legfontosabb alapelveit és lehetőségeit.

A kutatás második részében a meglévő hazai városi-, és elővárosi gyorsvasúti rendszerek eltérő műszaki követelményeinek átfogó vizsgálata alapján megfogalmaztam a rendszerek közötti átjárhatóság alapvető műszaki feltételeit, illetve egy potenciális alkalmazási helyszíneken keresztül javaslatot adok a budapesti városi gyorsvasúti hálózat átjárhatósággal kapcsolatos fejlesztési lehetőségeire. A javasolt helyszínen saját online és helyszíni felmérések, illetve üzemeltetői (BKK, MÁV Zrt.) adatok alapján meghatároztam az utazási igényeket, vizsgáltam az átjárhatóság megvalósításának pálya és jármű oldali műszaki feltételeit, valamint a felmért utazási igényekhez igazodó új menetrendet is szerkesztettem. Ezek után a PTV Visum programjában változatonként létrehoztam az új nyomvonalakat, majd a megtervezett menetrend alapján az Egységes Forgalmi Modell (EFM SV04) felhasználásával Budapest egészére kiterjedő forgalmi szimulációt futtattam le.

A forgalmi szimuláció eredményei, illetve az átjárhatóság műszaki feltételeinek szisztematikus vizsgálata után egy megfelelően kiválasztott helyszín integrált közlekedésfejlesztési lehetőségeit részletesen is vizsgáltam. Az utazási igényfelmérésen alapuló menetrendváltozatok és az átjárhatóság helyi körülményeit figyelembe vevő műszaki változatokra költség-haszon elemzést is készítettem. Az összesített eredmények alapján minősítettem a vizsgált gyorsvasúti rendszerek átjárhatósággal elérhető szolgáltatási színvonal változását, valamint a vizsgált projekt megvalósíthatóságát.

Abstract

Budapest's Suburban and Urban Rail Rapid Transit systems have developed in parallel throughout the history, in different ways according to the transport strategy of the present government, and this process has still not ended. The transport system of Budapest includes various rail transit modes with several service levels and technical parameters, their integration is necessary to create an effective transport service for the growing agglomeration of Budapest.

At the first part of the study, I conducted a research for Budapest Transport Development Strategies, and I made a comparison of the concepts of different ages. I summarized the basic interoperability requirements through foreign caseworks and by the help of technical specifications.

In the second part of the research, I summarised the basic technical requirements for interoperability between the existing urban and suburban railway systems in Budapest. Then, I came up with a suggestion by the help of a rating criterion scheme, to potential places in Budapest, where the connection of different railway systems would be beneficial.

Based on my own online and on-site surveys, as well as the data provided by the operators (BKK, MÁV Zrt.), I determined the travel demand and examined the technical specifications of interoperability concerning the whole vehicle-track system on the previously selected project locations.

After that, in the PTV Visum program, I created the new routes and connections for each research project, and based on the self-planned new timetable, a traffic simulation is proceed covering whole Budapest, using the database Unified Traffic Model of BKK (EFM SV.04).

After the traffic simulation and analysis of technical specifications, I ranked the interoperable projects based on both the improvement of quality and on feasibility of the projects.

Tartalomjegyzék

1. Budapest városi- és elővárosi kötőtpályás közlekedési rendszerének fejlődése	5
1.1. Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiája a kezdetektől napjainkig	5
1.2. Budapest elővárosi, és városi közlekedésének általános konfliktusai	12
2. Kötőtpályás rendszerek és kölcsönös átjárhatóságuk	13
2.1. Városi- és elővárosi vasutak általános csoportosítása	13
2.2. Vasúti rendszerek közötti kölcsönös átjárhatóság, intermodalitás	18
2.3. A városi- és elővárosi gyorsvasúti rendszerek eltérő műszaki paramétereiből adódó inkompatibilitások	19
3. Hazai és külföldi esettanulmányok városi vasúti rendszerek közötti átjárhatóságra	21
3.1. Külföldi esettanulmányok átjárhatóságra	21
3.2. Hazai esettanulmányok átjárhatóságra	24
4. Budapesti potenciális vizsgálati helyszínek kijelölése	31
4.1. A kijelölés és a lehatárolás módszertana	31
4.2. Potenciális vizsgálati helyszínek	32
5. Az M3-as metró és a Lajosmizsei vasútvonal átjárhatóságának részletes vizsgálata	40
5.1. A kiválasztott vizsgálati helyszín bemutatása, a lehatárolás indoklása	40
5.2. Az átjárhatóság forgalmi feltételeinek vizsgálata	43
5.2.1. Az M3-as metró jelenlegi kapacitásának vizsgálata	43
5.2.2. Utazási igényfelmérési adatok feldolgozása	44
5.2.3. Menetrendi javaslatok ismertetése	48
5.3. Az átjárhatóság műszaki/üzemi feltételeinek vizsgálata	56
5.3.1. Műszaki megoldás javaslatok I. - A pályainfrastruktúra illesztésének lehetőségei	57
5.3.2. Műszaki megoldás javaslatok II. - A jármű illesztésének lehetőségei	66
5.3.3. A kidolgozott menetrendekhez igazodó javasolt műszaki megoldások	76
5.4. A javasolt projektváltozatok költség-haszon elemzése	90
6. A projektek összehasonlító értékelése	114
7. A tanulmány összefoglalása	116

Bevezetés

Áttekintés

Budapest, és a hozzá tartozó agglomeráció lakossága napjainkban meghaladja a két és félmillió főt. A főváros lakossága évről évre érezhetőleg az agglomeráció felé irányul, ami magyarázattal szolgál a városhatárt átlépő napi rendszeres utazások folyamatos növekedésére. 2011-es népszámlálási adatok alapján már akkoriban Pest megye lakosságának 61,8%-a ingázott az agglomeráció és a belváros között. [28]

Ennek a növekvő utazási igénynek a kiszolgálásához feltétlen szükséges a közösségi közlekedés, azon belül is a kötöttpályás vasúti rendszerek integrált fejlesztése. A témával kapcsolatban fontos megemlíteni a jelenleg is kidolgozás alatt álló Budapesti Agglomerációs Vasúti stratégiát [10], amely ennek a problémakörnek a megoldását tűzte ki célul.

A vasúti „*átjárhatóság*” vagy *interoperabilitás*, mint a közlekedéspolitikai sokszor használt fogalma európai kontextusban jellemzően a nagyvasutakra értendő. Az Európai Unió számára kiemelt szempont az egyes tagállamok vasúttársaságainak egységes infrastruktúra-fejlesztése ahhoz, hogy a határokon átnyúló vasúti szolgáltatások műszaki feltételrendszere kiszámítható és biztosított legyen.

Az átjárhatóság második szintje az országon belüli, a legtöbb esetben egymástól függetlenül üzemelő vasúti rendszerek közötti átjárhatóságra vonatkozik. Az integrált közlekedésfejlesztési projektek elsősorban a klasszikus meglévő kötöttpályás rendszerekre épülnek. A folyamatosan növekvő utazási igényeknek megfelelő szolgáltatási szint biztosítása érdekében a hagyományos keretek között üzemelő elszeparált vasúti rendszerek (közúti vasút, városi,- és elővárosi gyorsvasút, nagyvasút) apránként kezdenek felbomlani és egységes vasútfejlesztési koncepció mentén folyamatosan egy összefüggő hálózattá alakulnak át.

Célkitűzés

A kutatási munkám során célom felkutatni és vizsgálni azokat a potenciális budapesti helyszíneket, ahol lehetőség adódik a városi gyorsvasúti hálózat kiterjesztésére a már meglévő infrastruktúra hatékony felhasználásával, valamint szeretnék egy általános választ adni arra kérdésre, hogy Budapest viszonylatában van-e létjogosultsága az átjárható vasúti rendszerek létesítésének. A fenti cél elérése érdekében az általam felvázolt lehetséges helyszíneket megvizsgálom műszaki valamint forgalmi megvalósíthatóság szempontjából, majd a PTV Visum makroszimulációs program és az EFM (Egységes Forgalmi Modell SV.04. [13]) segítségével utazási igényeket határozok meg. A meglévő és az új

integrált közlekedési rendszerek összehasonlításából meghatározom a megtakarított időmennyiséget, amelyek alapján költség-haszon elemzést végzek. Az általam ajánlott potenciális helyszínek előzetes műszaki és forgalmi vizsgálata után, egy kiválasztott helyszínrre vonatkozóan alváltozatokat dolgozok ki, valamint részletesen ismertettem az átjárhatóság lehetséges műszaki megoldásait és azok várható költségigényét. A fentiekén túlmenően kiemelt céloom választ kapni arra a kérdésre, hogy az átjárhatóság megvalósíthatósága során milyen szinten szükséges beavatkozni az illesztendő vasútvonalak pályainfrastruktúrájába. Van-e olyan lehetőség, hogy elég csak a járművet illeszteni, vagy mindenképpen szükséges egy átfogó beavatkozás mindkét vasúti alrendszert illetően?

1. Budapest városi- és elővárosi kötöttpályás közlekedési rendszereinek fejlődése

1.1. Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiája a kezdetektől napjainkig

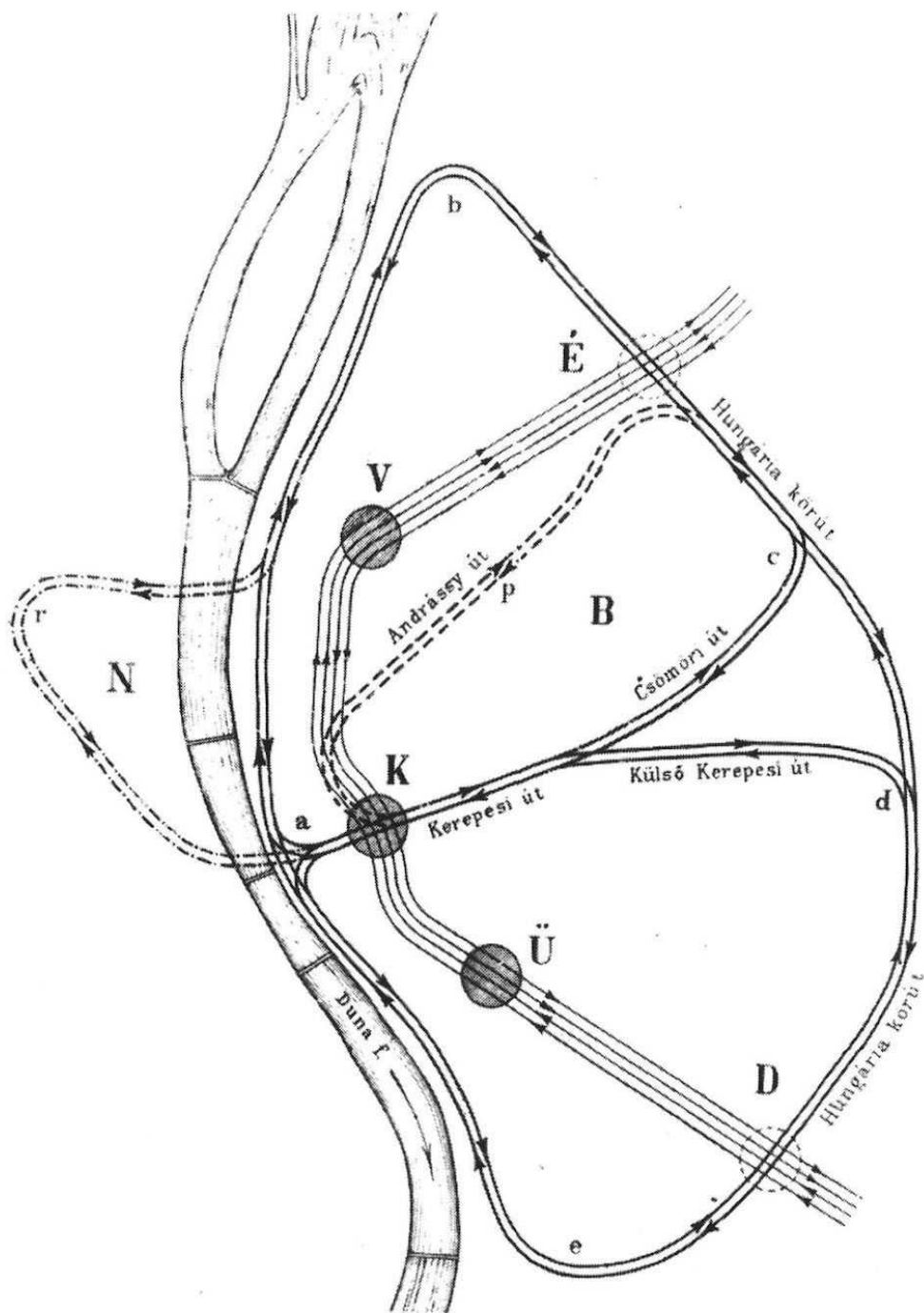
Az ismertetésem során a történelmi korokat három részre osztottam, a kialakult közlekedési stratégia irányzatoknak megfelelően.

A kezdetektől a második világháborúig

Magyarország az első vasútvonalán 1846. július 15-én indult meg a fogalom, a vonalak pár évtizeden belül behálózták az egész országot. Budapest tekintetében a korszak első felében publikált elképzelésekben nem foglalkoztak önálló városi gyorsvasúti rendszerek kialakításával, hanem inkább egy egységes hálózat részeként, az agglomeráció irányából érkező nagyvasúti vonalakat vezették volna át a belvároson keresztül. Ez érthető is, mivel akkoriban a városon belüli forgalmi igények teljes mértékben kielégíthetőek voltak a felszíni közlekedés korabeli eszközeivel (omnibuszok, lóvasutak, közúti vasutak). Az első földalatti vasút gondolatával a már londoni tapasztalatokkal rendelkező Balázs Mór foglalkozott, amikor a hatóságok nem engedélyezték felszíni villamos vasút építését az Andrassy úton. A Siemens és Halske cég tervei alapján készült földalatti vonal 1896-ra épült meg, amivel megelőzte a kontinensen fekvő fővárosokat, de még New Yorkot is. Budapest nagyvasúti hálózata a XIX. - XX. század fordulóján már alkalmatlan volt az elővárosi közlekedés lebonyolítására, ezért jelentős számban épültek villamos és -helyi érdekű vasútvonalak, az akkoriban még szervezen a fővároshoz nem tartozó területek becsatolására, Budapest egykori peremvidékéről, sok esetben már meglévő villamosvonalak folytatásaként. Zipernowsky Károlyt megihlette az építés alatt álló Millenniumi Földalatti Vasút, ennek kapcsán alkotta meg társával 1895-re az Első Magyar Metropol Vasút tervét. Ebben három főirányt jelölt ki a földalatti vasutak számára, amelyek átfogták az akkori Budapest legforgalmasabb részeit, kapcsolatot teremtve a pályaudvarok között. A XIX. sz. második felében London, New York, Chicago és Párizs metróépítési lázban égtek, 1897-re Zielinski Szilárd

is megalkotta a budapesti „Magyar Metropol Vasút” tervét. A századfordulón számos mérnököt foglalkoztatott Budapest gyorsvasúti kötőpályás közlekedési rendszerének fejlesztésével. A kidolgozott közlekedési koncepciókban sokszor merült fel a nagy budapesti pályaudvarok eredeti helyükről való kimozdítása. Abban az időszakban a MÁV, valamint a Mérnök Egylet tagjai is számos tervvel álltak elő, amiket Zielinski a Budapest forgalmi viszonyainak rendezése c. publikációjában egyenként bírálta el. Zielinski felismerte az átmenő pályaudvarok jelentőségét, amiről munkásságában is írt, a kor egyik legkomolyabb elképzelése is tőle származott. 1902-ben publikálta művét, amiben megalkotta a budapesti fővasút tervét. Abban az időben, szerte a világon, a városi vasútfejlesztések kiemelkedő szempontjai közé tartozott a pályaudvarok városközpontba való áthelyezése, jellemzően város alatti alagutakkal kialakított központi átmenőpályaudvar(ok) létrehozásával. A tervei szerint a mai Rákosrendező és Kőbánya-Kispest állomások helyén üzemi pályaudvart létesített volna, és ezeket egy 4 vágányú, villamosított vasúti alagúttal kötötte volna össze, aminek a nyomvonala a Nyugati pályaudvarig gyakorlatilag megegyezik a mai M3-as metró nyomvonalával. A vasút mentén a Nyugati pályaudvaron kívül még három új megállót létesített volna a belváros területén. Ezek kedvező kapcsolatot biztosítottak volna mind a távolsági mind a helyi utazóközönség részére. Zielinski ezzel a tervével megalapozta a budapesti vasúti stratégia alapjait, amelyek a mai napig érvényben vannak. (1. ábra)

Zielinski Tervét 1912-re Garády Sándor dolgozta tovább. Megálmodott egy Duna alatt átmenő vasúti alagutat Kelenföld és a Nyugati pályaudvar között. Aztán jött az első világháború, és a tervek a fiókban maradtak. 1930-ban Wittenbart Győző porolta le a terveket. Az elképzelése szerint két új pályaudvar épült volna: Rákosrendezőn az Északi főpályaudvar, amelyet a dél felől érkező vonatok végpontjaként jelölt meg, valamint a Déli főpályaudvar, a Dunapart teherpályaudvar helyén (a mai Művészetek Palotája) az észak felől érkező vonatok számára. A két főpályaudvar között földalatti szakaszt javasolt két belvárosi megállóhellyel. Az 1930-as évektől kezdve kezdett teret hódítani egy kifejezetten városi forgalmat ellátó gyorsvasúti hálózat tervezése. Az eddigi elképzelések a nagyvasúti vonalak meghosszabbítását tűzték ki célul a városközpont felé, viszont innentől kezdve megjelentek a független kialakítással bíró elképzelések is. Ebben az időben a HÉV vonalak tekintetében is történtek változások, a vonalak üzemeltetési hovatartozásának tekintetében. Kemény Ignác 1931-es tervében szerepelt a Duna jobb parti körvasútjának kiépítése a Déli pályaudvar és Óbuda állomások között. 1934-ben Pieri Cézár, a MÁV műszaki főtanácsosa átmenő rendszerű központi személypályaudvar építését javasolta. (3. ábra)



1. ábra. Zielinski Szilárd fővasúti terve [42]

A nyomvonal terve gyakorlatilag megegyezik a napjainkban tervezett Nyugati - Kelenföld vasúti alagút tervével, azzal a különbséggel, hogy a terveiben a Keleti pályaudvar megszűnt volna. Egy 1940-ben megjelent terv alapján összekötő alagút épült volna Rákospalota-Újpest és Ferencváros állomások között, szintén részben a mai M3-as metró nyomvonalán. A független földalatti gyorsvasúti vonalak közül elsőként az észak–déli irányú vonal megépítését javasolták. A mai 2-es metró a II. világháború után került az első helyre, mivel a lebombázott Duna hidak miatt igény volt egy Duna alatti vasúti összeköttetésre.

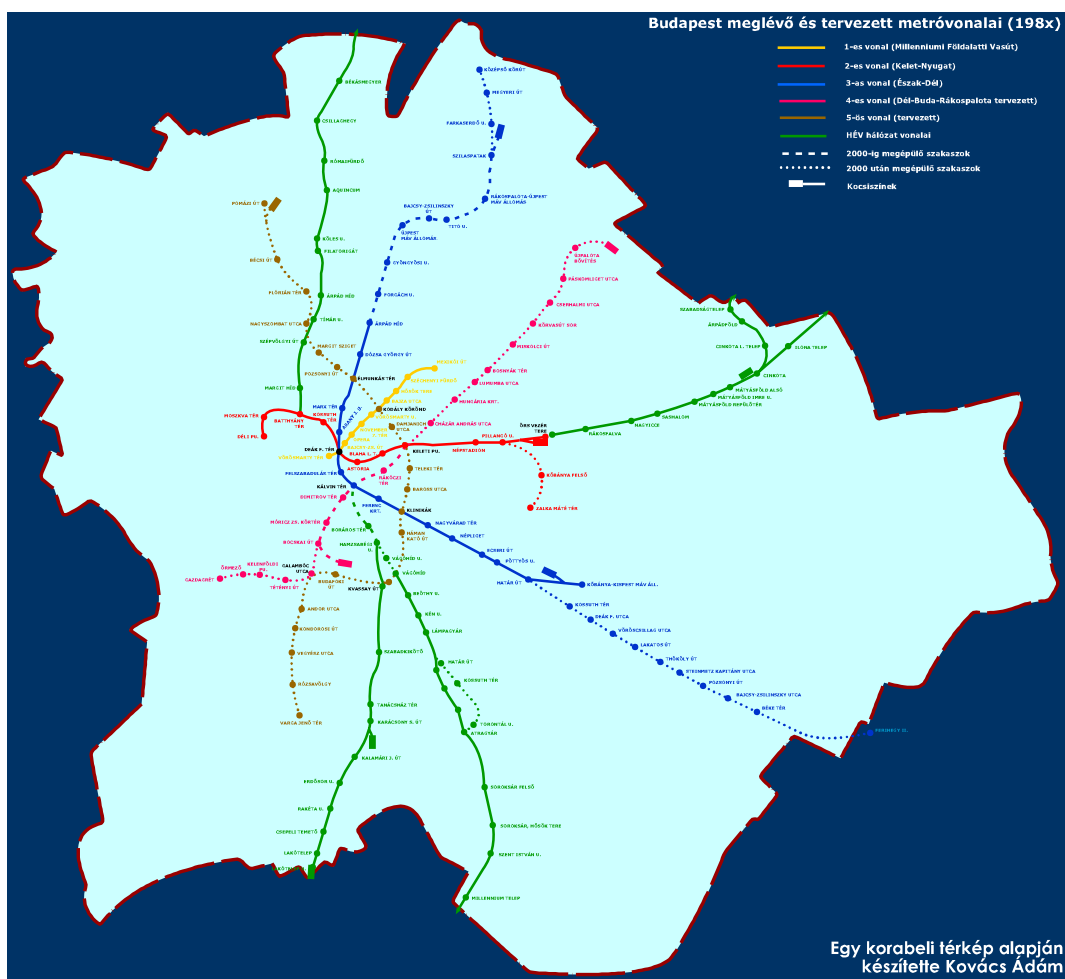


2. ábra. Pieri Cézár, a MÁV műszaki főtanácsosának javaslata egy, a Duna alatt átívelő vasúti alagútra [42]

A második világháborútól a rendszerváltásig

A második világháború után jórészt a budapesti vasúti fejpályaudvarok jelenlegi helyzetének a megtartásával készültek tervek. A Fővárosi Közmunkák Tanácsa 1945-ben javasolta tervében a meglévő pályaudvarok meghagyása mellett a kelebiai MÁV- és a ráckevei HÉV-vonalak összekötését a Közvágóhíd térségében, és innen földalatti továbbvezetését a Nagykörút alatt, a Nyugati pályaudvar érintésével. Ez az elképzelés tekinthető a korszak utolsó nagyvasúti földalatti elképzelésének, a negyvenes-ötvenes évek fordulójától a tervek nagy része már kizárólag a főváros helyi közlekedésére készült, a nagyvasút alkalmazását Budapest belső forgalmában nem látták célravezetőnek. Ebben az időben a kötöttpályás közösségi közlekedés utasteljesítménye nagymértékben növekedett, így elkerülhetetlennek látszott, hogy a forgalom nagy részét útszinttől független közlekedési eszközökkel biztosítsák. Az akkori Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium jóváhagyásával készült el a Nagy-Budapest új földalatti gyorsvasúti hálózatának a terve, a moszkvai metró mintájára. A szocialista rendszer jelentősen lenézte az eddig épült budapesti földalatti vasúti hálózatot, amit a következő idézet is alátámaszt: „Így tehát nem ezt a földalattit kellett egyszerűen meghosszabbítani, hanem újat, valóban szocialista jellegű Metropolitaint, földalatti gyorsvasutat kell Budapesten építeni, amely Nagy-Budapest dolgozó tömegeinek gyors, olcsó és kényelmes utazását biztosítja.”[40] Az akkor kijelölt főirányok már nem

voltak újkeletűek, mivel ezek az irányok már a földalatti vasút század elején készült építési terveiben - és azt követően is - fellelhetők. Ez kézenfekvő volt, mivel a földalatti vasút javasolt nyomvonalai követték az akkori forgalom, illetve az utasszállítási igény kialakult főirányát. A metró elnevezés is ebben az időben kezdett bejönni a köztudatba a “Metropolitan railway” rövidítése alapján. A várva várt kelet-nyugati vonal építése 1950-ben indult meg, azonban gazdasági-politikai válság következtében az építkezések két évtizeden át elhúzódtak. A második megvalósult gyorsvasúti hálózati elem az észak-déli irányú vonal volt, viszont ennek az építése sem haladt zökkenőmentesen. Annak érdekében, hogy a metróvonalakat minél jobban kihasználják, a korábbi hosszú vonalakat¹ feldarabolták, azok metróra ráhordó viszonylatokká váltak, így megnőtt a kényeszerű átszállások száma. A villamosvonalak visszavágásával a kötőpályás hálózat integráltsága romlott, az átszállások nehézkesek lettek. A közlekedéstervezés nem az utazók kényelmét, hanem az üzemi, üzemeltetési szempontokat helyezte előtérbe. A korban nagyszabású tervek születtek a gyorsvasúti hálózat bővítésére, de ezeknek csak a töredéke valósult meg.



3. ábra. A gyorsvasúti hálózat fejlesztési javaslatjai a 80-as években [32]

A legtöbb vitát kiváltó elképzelés azonban az M4-es metró terve volt, ami a 70-es évekbeli M4-es

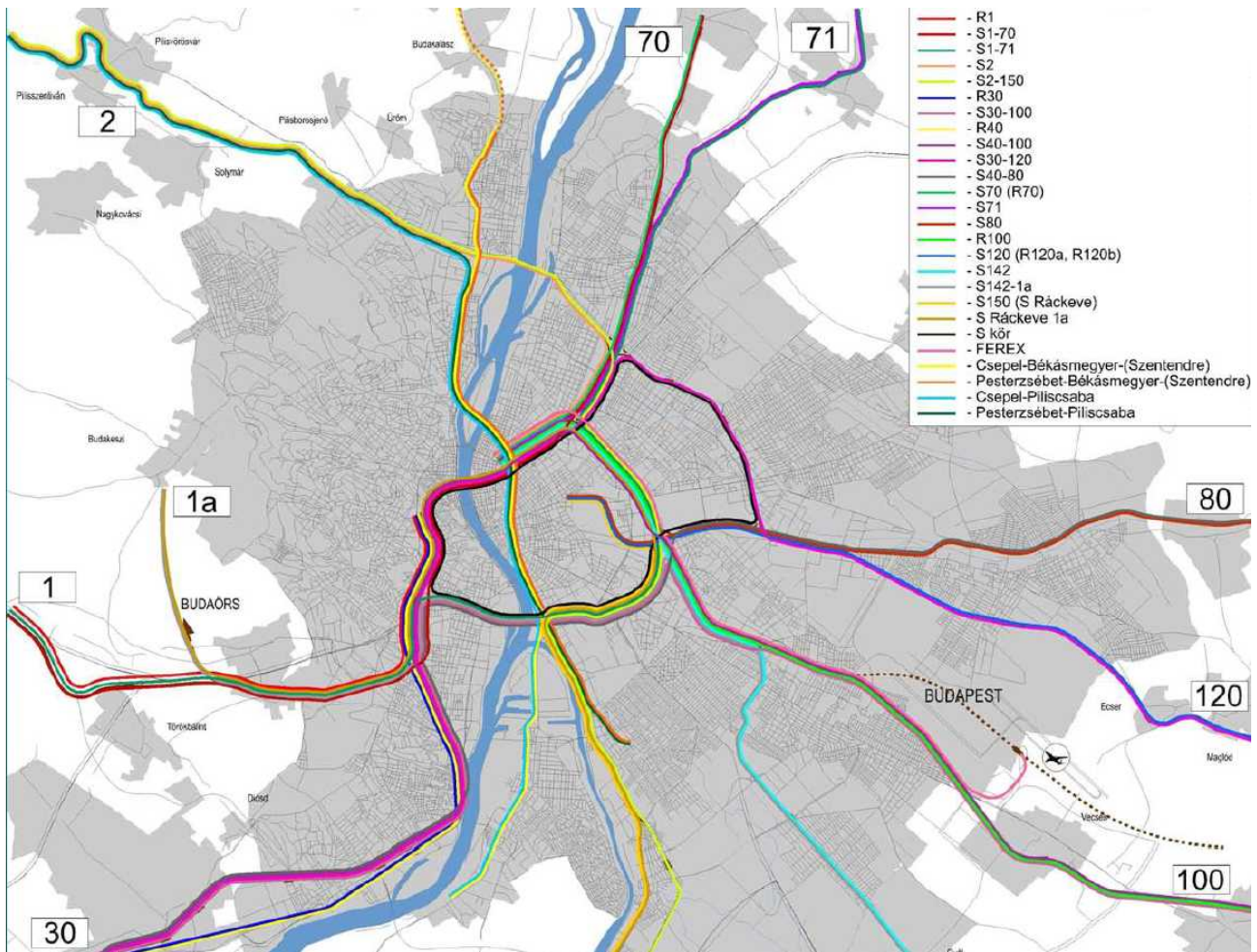
¹busz, villamos

metró terve és M5-ös vonal összevonásából származtatható.

A rendszerváltástól napjainkig

Amikor az első két metróvonalunk épült, a rendszer nem foglalkozott a közlekedés átfogó vizsgálatával, belekényszerítette az országot a keleti eszmék átvételére, ezért az M2-es és M3-as vonal szigetüzemként épült ki. A két üzem az akkori kor eszméjének megfelelően épült, nem is merült fel egy olyan vasútüzem létrehozása, ami alkalmas lenne az agglomerációs nagyvasúti forgalom város alatti átvezetésére. Az M4-es metró a rendszerváltás utáni legnagyobb infrastruktúra beruházásnak tekinthető Budapest esetén. A terve először 1972-ben fogalmazódott meg, míg a jelenlegi kialakítással megegyező tervek 1996-ra készültek el, azonban ezek a tervek 10-15 évvel korábbi közlekedési koncepciói nyomait hordozták, amelyek már abban az időben sem voltak korszerűnek nevezhetőek. Ebben az időszakban született meg Ács Balázs és István György átfogó koncepciós terve, miszerint a tervezett alagutat fel lehetne használni a “régi álom”, azaz a Duna alatt átmenő vasúti alagút ². Az elképzelés egy műszakilag megalapozott, a világ számos pontján működő vasúti hálózatot hozott volna létre, ami bekapcsolta volna az agglomerációs forgalmat a már jelenlegi infrastruktúra felhasználásával. A mottójuk: “Hosszú metrót, olcsón”. Végül az M4-es metró megépült a jelenlegi formájában, azóta is várva a folytatásának lehetőségeit. Az ezrendfordulótól kezdve fokozatosan változott a korábbi szemlélet, amelyek a kidolgozott közlekedési stratégiákon is meglátszódtak. Tervek születtek az elővárosi vasútvonalak városi közlekedésbe való integrálására (S-Bahn koncepció). (4. ábra)

²Abban az időben számos tanulmány született a témában



4. ábra. A 2007-es S-Bahn koncepció távlati térképe [2]

Újkeletű gondolatok születtek a budapesti pályaudvarok megreformálása érdekében. Egyes koncepciók új főpályaudvar létesítését tűzték ki célul pl.: a Ferencvárosi pályaudvar helyén. Az S-Bahn koncepciók fő alkotóeleme rendre a Kelenföldet és Nyugati pályaudvart összekötő alagút lett, de minden koncepcióban egy kicsit máshogy képzelte el a megvalósíthatóságát. Budapesten a rendszerváltás után először 2001-ben készült átfogó közlekedési rendszerfejlesztési terv, amely már a városhatáron túli területek bevonásával is foglalkozott. A jelenlegi legfrissebb fővárosi közlekedésfejlesztési stratégia a Balázs Mór-terv Budapest 2014 és 2030 közötti időszakra vonatkozik, amely már a fenntartható városimobilitás-tervezés szellemében készült. A jelenleg is futó Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia keretén belül zajlik a teljes elővárosi vasúti rendszer átgondolása, megreformálása, amely részben a korábbi S-Bahn koncepciókat veszi alapul. [42][51][24][32][31][10][2][8][30]

Közlekedésfejlesztési koncepciók meghatározó iránya

A történelem során kialakult közlekedésfejlesztési koncepciók fő irányvonalai a következőképpen alakultak:

- (1) Egységes nagyvasúti és városi gyorsvasúti hálózat fejlesztési koncepciója (nagyvasúti vonalak belvároson keresztülvezetése, fejpályaudvarok megszüntetése)

- (2) Önálló városi (földalatti) gyorsvasúti hálózat fejlesztési koncepciója (egyéb kötőpályás rendszerektől független hálózat)
- (3) Nagyvasúttal közös / szigetüzemű elővárosi gyorsvasúti hálózat koncepciója
- (4) Ma: Kölcsönösen átjárható vasúti rendszerek koncepciója

„A kezdetek kezdetén még nem volt szükséges vasúti átjárhatóságról beszélni, a köztes időkben hallani se akartak róla, a jelenben pedig muszáj foglalkoznunk vele.”

1.2. Budapest elővárosi, és városi közlekedésének általános konfliktusai

A budapesti közösségi közlekedés európai szinten közel sem mondható elmaradottnak, ezt a 2017-es Eurostat adatai is igazolják. A jelentésből kiderül, hogy 2017-ben a Budapesten közlekedők mintegy 66%-a a tömegközlekedést választotta. Az adatokból megállapítható, hogy a közösségi közlekedéssel szembeni elégedettség évről évre növekszik. 2015-ben a megkérdezettek 67%-a volt megelégedve a budapesti tömegközlekedéssel. [39]

Hátrányként említhető meg, hogy a rendszer számos helyen szétagolt, így az átszállásmentes utazások csak kevés esetben érhetőek el. Ahol át kell szállni, ott sok esetben jelentős távolságot kell megtenni a két közlekedési eszköz között.

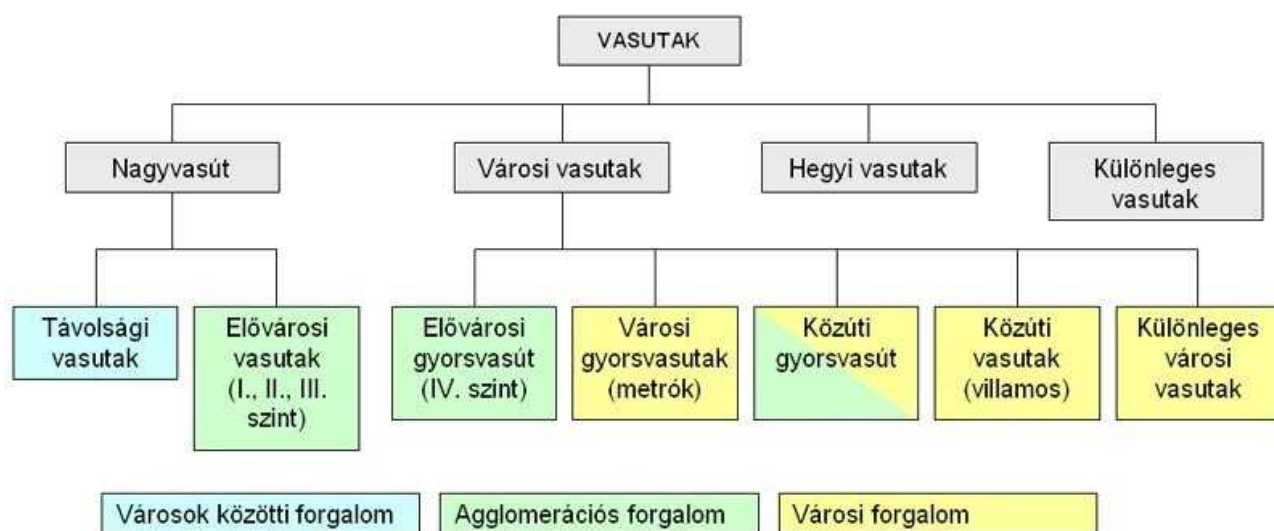
Az átszállások száma és minősége nagy mértékben befolyásolja az utazási hajlandóságot. Alapvetően az átszállás két részből áll: az első jármű megállójából a másik jármű megállójáig történő sétából, valamint a másik járműre történő várakozás idejéből. A sétálási időt jelentősen befolyásolja az adott átszálló csomópont mérete. Egy kicsiny, egyszerű csomóponton a sétálás maximum 1-2 percet vesz igénybe, ahol sokszor a közös peronos átszállás sem kizárt. A gyaloglási távolságok a csomópont méretével, és a befutó közlekedési ágak arányában folyamatosan növekszik, akár 5 perc is lehet. Egy 2004-es kutatás alapján Budapesten az átszállás a legriasztóbb dolog a tömegközlekedésben, így ennek csökkentése az egyik legfontosabb cél.

A napi ingázásokat tekintve megállapítható, hogy az utazók konstans időt töltenek utazással. Egy 1982-es holland kutatás eredményeként ez az átlagos idő 65 és 85 perc között, 75 percre adódik. [21] Ehhez képest egy friss 2018-ban publikált, a Delfti Műszaki Egyetem által végzett kutatás szerint az emberek átlagosan 55,6 percet töltenek el utazással [33]. A két eredmény eltérése a szolgáltatás színvonalának növekedésének tudható be. Érdekes, hogy a saját felmérésem alapján Budapest esetén ez az érték 77 percre adódott. Az általam mért adatok közvetlenül nem hasonlíthatóak össze a holland eredményekkel, mert az én esetemben a mintavételezés csak az agglomerációból történő ingázásra terjedt ki, de érzékelhető különbség mutatkozik a jelenlegi holland és a budapesti eredmények között.

Az utazási igényfelmérésem módszertanát és a kapott eredményeket a **4. fejezetben** részletesen ismertetem.

2. Kötőpályás rendszerek és kölcsönös átjárhatóságuk

A vasúti rendszerek klasszikus megjelenési formáit az (5.ábra) szemlélteti.



5. ábra. A vasúti rendszerek klasszikus megjelenési formái [46]

Kutatási témámban elsősorban a városi gyorsvasúti- és az arra ráhordó/ csatlakozó agglomerációs forgalom kiszolgálására épülő hagyományos vasúti rendszerek integrált közlekedésfejlesztési lehetőségeivel foglalkozom. Az eltérő szolgáltatási szint biztosításának a következtében a *közúti vasutak*, valamint *közúti gyorsvasutakkal* jelen kutatómunkám keretében nem foglalkoztam, de ez nem azt jelenti, hogy elővárosi koncepció szinten nem éri meg velük foglalkozni. Budapest esetén a vasúti rendszerek egyedüli egységes pontjának a nyomtávolság tekinthető, ami történelmileg szerencsésen, azonosan 1435mm-re alakult ki. Több európai város közlekedési rendszerében viszont eltérő nyomtávolságú vasúti hálózatok alakultak ki (pl.: Kassa, Liberec).

2.1. Városi- és elővárosi vasutak általános csoportosítása

Közúti vasút

A közúti vasút (angol szakirodalmi rövidítéssel SCR vagy TW)³, vagy villamos ismertetője, hogy sok esetben a közúti forgalommal közös pályán, esetenként zárt pályán a közúti forgalomtól elkülönítve

³Streetcar, Tramway

üzemelnek. A járművek jó menetdinamikus tulajdonsággal rendelkeznek, a sebességüket elsősorban a pálya környezete befolyásolja. A járművek hossza országonként azon belül városenként és viszonylatonként is eltérő lehet. A jármű hossza és az ülőhely-állóhely aránya jelentősen befolyásolja a befogadóképességet. A közúti vasúti járművek esetén ez az arány 20 és 40% között változik. A jó menetdinamikai tulajdonságoknak köszönhetően a járművek átlagos menetsebessége 15 és 30 km/h, maximális haladási sebességük 50-60 km/h, azonban ezt inkább csak külvárosban, zárt pályán képes elérni a jármű. Az új járművek szinte kizárólag alacsonypadlós kivitelben készülnek, egyes esetekben ultra alacsonypadlós megoldásként, (pl.: a bécsi Siemens ULF (Ultra Low-Floor)). A történelem során a kapacitás növelése érdekében esetenként emeletes villamosokat alakítottak ki, sok városban növelték a járművek hosszát vagy a járatok sűrűségét, de ezzel a legtöbb esetben üzemeltetési problémákat okoztak vagy éppen megbénították a város közlekedését. A fenti okok miatt számos nagyváros az 1950-es években a villamosokat buszokkal és trolikkal váltotta fel, de sokhelyütt még a mai napig is nagy szerepet játszik a villamos közlekedés (pl.: Bécs, Prága, Toronto). Ezzel a megoldással szemben voltak városok, ahol magasabb szolgáltatási szintű vasúttá fejlesztették a hagyományos közúti vasúti rendszereket, esetenként föld alatti nyomvonalat kialakítva a kritikus belvárosi vonalszakaszokon. Ezt a megoldást a német nyelvterületen „*StadtBahn*”-nak nevezik. Az 1990-es években jött a hagyományos villamosok második „fénykora”, kifejezetten a történelmi belvárosokban, esetlegesen megszűnt villamosok nyomvonalán, de ezek a legtöbb esetben csak turista attrakciós céllal épültek.

Városi- és elővárosi közúti gyorsvasút

A „*light rail*” (angol szakirodalmi rövidítéssel LRT⁴) megnevezés egy összefoglaló név, ami a hagyományos nagyvasutakat, a városi és elővárosi gyorsvasutakat, valamint a közúti vasutakat is magába foglalja. Ezen rendszerek kifejezetten az agglomerációs és a városi forgalmat hivatottak ellátni. Definíció szerint: “A Light rail az a közösségi közlekedési ág, amit a városban és a várost környező régióban használnak. A nagyvasúttal és a metróval szemben bizonyos mértékben alkalmas a nyilvános térbe való integrálásra, esetenként a közúti közlekedéssel való összefonódása is ”

A „*light rail*” vasúti rendszer magába foglalja a legtöbb esetben a villamos üzemű, nagy kapacitású, magas utazási színvonallal rendelkező járművet és a jármű által használt, a legtöbb esetben közúti és egyéb forgalomtól elzárt vasúti pályát. Ez a közlekedési mód az elmúlt pár évtized alatt lett meghatározóvá a városi közlekedésben. A közlekedő járművek általában 18-42 m hosszban fordulnak elő, az ülőhelyarányuk 20-50%-ig terjed. A járművek nagy gyorsítóképességgel rendelkeznek, maximális sebességük elérheti a 80-100 km/h-t is, de a viszonylag sűrű (400-800 m) megállótávolságok miatt

⁴Light Rail Transit

átlagosan 18-40 km/h üzemi sebességre képesek. Jelenleg Magyarország területén kimondottan „*light rail*” rendszer nem található, leginkább a Csepeli HÉV csepeli, valamint a Gödöllői HÉV Gödöllői szakasza hasonlítható ehhez a kategóriához.

Városi gyorsvasút

A városi gyorsvasutak (angol szakirodalmi rövidítéssel RRT⁵) minden felszíni közlekedéstől elszigetelten, a város területét a legtöbb esetben a föld alatt szelik át. A városi gyorsvasút köznyelvi megjelenési formája a metró. A legfőbb jellemzői közé tartozik, hogy a nyomvonala mindentől teljesen elszeparált, más közlekedési móddal szintbeli keresztezés nem lehet rajta, általában alagútban a város sűrűn lakott övezetei alatt fut. Ezek a rendszerek a legtöbb esetben automata vagy félautomata rendszerrel üzemelnek. A szerelvények a legtöbb esetben 35-50 m hosszúak, széles kocsi egységekből állnak, amelyek az adott gyorsvasúti vonalnak megfelelő hosszúságban állnak össze 100-120 m hosszú szerelvénné. A járművek maximális sebessége 70-80 km/h, átlagsebességük 25 és 60 km/h között változik. A hagyományosan metrónak nevezett gyorsvasút vágányai jellemzően végig a föld alatt helyezkednek el, erre példa a moszkvai vagy akár a budapesti metróhálózat is. Ezzel szemben akadnak olyan gyorsvasúti rendszerek, amelyek kizárólag a föld felett futnak acélszerkezeteken, ezek viszont jellemzően jelentős zaj és rezgésterheléssel járnak (pl.: Miami, Bronx, Brooklyn) (6.ábra). Ezek a szerkezetek jobbra a múlt század elejéről valók, a modern gyorsvasúti létesítmények már jobban próbálnak alkalmazkodni a környezetükhöz. Amennyiben magasvezetésben futnak, akkor a legtöbb esetben vasbeton műtárgyakat alkalmaznak, ami kevésbé gyakorol negatív hatást a környezetére.

Elővárosi gyorsvasút

Az elővárosi gyorsvasutak (angol szakirodalmi rövidítéssel RGT⁶) a távolsági vasutak lokális megjelenési formája, amelyek magas szolgáltatási szintet nyújtanak. A városi gyorsvasúti vonalak általában villamosítottak és sűrű követést tesznek lehetővé, a közlekedő járművek akár 160 km/h sebességre is alkalmasak lehetnek. A közlekedő járművek lehetnek mozdony vontatta szerelvények vagy napjainkban egyre inkább jellemző motorvonatok. (EMU, DMU)⁷ Az elővárosi vasutak Budapesten esetén átlagosan 50 km-es vonzáskörzetben üzemelnek.

A járműkövetési idők itt már ritkábbak, jellemzően 20, 30, 60 perc. A reggeli és az esti csúcsidőszak, amikor elsősorban az agglomerációs ingaforgalom a meghatározó, jelentősen kiemelkedik a többi időszakhoz képest.

⁵Rail Rapid Transit

⁶Regional (or commuter) Rail Transit

⁷Electric Multiple Unit, Diesel Multiple Unit



6. ábra. Acélszerkezetes magasvezetésű városi gyorsvasút Brooklyn (USA) utcái felett [9]

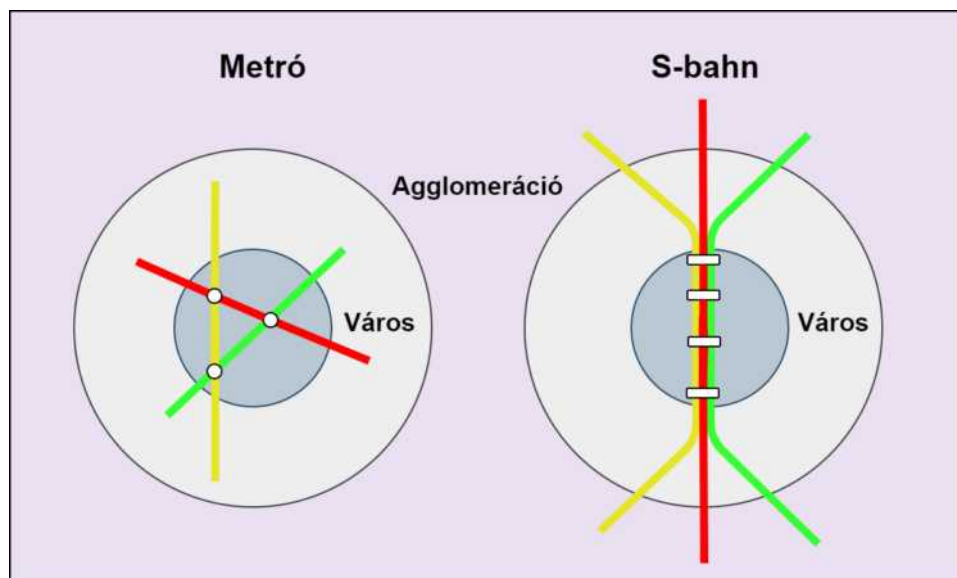
Néhány külföldi nagyváros (Tokió, Berlin, Koppenhága, Bécs) elővárosi gyorsvasúti rendszere a hagyományostól eltérő módon fejlődött. Az elővárosi viszonylat nem ér véget a településhatáron, vagy egy településhatárhoz közeli közlekedési csomóponton, hanem sűrű megállókiosztással feltárja a város belső magját is, viszont a szolgáltatás szintje és a járatok sűrűsége egy RRT rendszerével egyezik meg. A szolgáltatás típusának köszönhetően ezek a rendszerek kiterjedt területi lefedettséggel rendelkeznek.

Kiemelt példaként említhető Berlin közlekedési rendszere, azon belül is a harmadik sínről üzemelő „S-Bahn” hálózata, ami nagyon hasonlít egy városi gyorsvasúti rendszerhez. Ilyen esetben a csúcsidőszak már nem annyira kiemelkedő, mert már nem csak az ingázók fogják nagy számban használni. Az ilyen vegyes rendszerek célja ötvözni a városi gyorsvasúti és az elővárosi gyorsvasúti rendszerek előnyös tulajdonságait, megteremtve a kapcsolatot az RGR rendszerek között.

Az elővárosi gyorsvasúti rendszerek jelentős utasbefogadó-képességgel bírnak, itt már megjelennek az emeletes motorvonatok is, amelyek 30-40 százalékkal nagyobb befogadóképességgel rendelkeznek egy hasonló paraméterű hagyományos kocsihoz képest. Az átlagos utazási sebesség 30-tól 75 km/h-ig terjed, maximális sebesség akár 160 km/h is lehet.

Hibrid vasúti rendszerek

S-Bahn koncepció



7. ábra. A városi gyorsvasúti-, és az S-Bahn rendszerek hálózati koncepciói közti különbségek (saját szerkesztés az alábbi kép mintájára [41])

Ez a vasúti szolgáltatás átmenetet képez a hagyományos városi gyorsvasutak és az elővárosi gyorsvasutak között. Az agglomerációs forgalmat kiszolgáló viszonylatok nem érnek véget a belváros peremén fekvő pályaudvarokon, hanem a gyorsvasúthoz hasonlóan feltárják a belvárost, annak főbb kereskedelmi központjait, csomópontjait. A belvárosi szakaszon jellemzőek az 500 - 1000 m-es

megállótávolságok, míg a külső szakaszon inkább a 2000- 4000 m-es megállótávolság dominál. Az S-Bahn hálózati struktúra egyik ismertetője, hogy a metró rendszerektől elérően, a legtöbb viszonylat egy fő irányon, ún. „Stammstrecke”-n keresztül tárja fel a várost, ahová az összes elővárosi vonat összefut, így a közös belvárosi szakaszon sűrű, akár 4-5 perces követést biztosítva. (7.ábra)

Tram Train koncepció

A Tram-Train egy általános, népszerű megnevezés, ami technikailag nem feltétlenül helyes megnevezése annak a modellnek, ami kombinálja a városi közúti gyorsvasúti hálózat és a hagyományos nagyvasúti rendszert. A városok növekvő területe, valamint a város és az agglomeráció közötti forgalom növekedése vezetett a rendszer kifejlesztéséhez. A közúti gyorsvasúti járműveket jellemzően kétáramneműre tervezik (vagy diesel vontatására), és felszerelik mindkét vasúti üzem biztosítóberendezésének megfelelően. A városon belül a helyi villamos vagy közúti gyorsvasúti vágányokat használja, majd egy összekötő vágányon keresztül a csatlakozik a nagyvasúti hálózathoz, amin keresztül eléri az agglomeráció településeit, és eközben közösen közlekedik a távolsági és tehervonatokkal.

2.2. Vasúti rendszerek közötti kölcsönös átjárhatóság, intermodalitás

A világ nagyvárosainak településszerkezete az idők során jelentős változásokon ment keresztül. Nőtt a területük, üzleti negyedek, irodaházak tömkelege alakult ki. Ennek hatására számos eddigi elővárosi gyorsvasúti rendszer kezdett városi gyorsvasúti irányba orientálódni, ezzel egy hidat hozva létre a két rendszer között (pl.: párizsi RER⁸). A városi vasúti üzemek fejlesztésének két lehetséges iránya van. Első esetben teljesen új vonalat hozunk létre, vagy a másik esetben meglévő infrastruktúra hatékony továbbfejlesztésével hozunk létre jobb közlekedési rendszert, az új rendszer építési költsége nélkül. [50] Az átjárhatóság elsődleges célja, hogy a már kevésbé hatékonyan üzemelő vasúti rendszereket egyesítve hatékonyá tegye.

Az átjárhatóság témakörével hazai viszonylatban is fontos és érdemes foglalkozni. Számos előzetes tanulmány született hasonló rendszerek létrehozására, ezek közül pár kiemelkedő elképzelés: M2-es és a H8-as HÉV összekötése, a fogaskerekű meghosszabbítása a Széll Kálmán térig, M5-ös metró és a kelebiai vonal kapcsolata, stb. Kiemelkedő példaként említhető a szegedi Tram Train, amely már a megvalósítás végső fázisaiban jár.

A vasúti rendszerek közötti kapcsolatnak négy lehetséges szintjét vázolnám fel. A nulladik szint, amikor még nincs közvetlen kapcsolat két vasútüzem között, és az átszállások is körülményesek a két üzem között Erre példa a Gödöllői HÉV és az M2-es metró kapcsolata. Az első szint, amikor még továbbra sincs közvetlen kapcsolat két vasútüzem között, de adott a közös peronos átszállás

⁸Réseau Express Régional

lehetősége. Az átjárhatóság második szintje, amikor ténylegesen megvalósul a két üzem kapcsolata, ebben legalább az egyik vasútüzem járműve alkalmas a másik vasútüzem területén való közlekedésre.

2.3. A városi- és elővárosi gyorsvasúti rendszerek eltérő műszaki paramétereiből adódó inkompatibilitások

Az átjárhatóság tekintetében figyelembe veendő jellemző eltéréseket táblázatos formában foglaltam össze. (1. és 2. táblázat)

		Metró	HÉV	Nagyvasút
Úrszelvény	Mérete [mm]		4000(3600)	4000
	Biztonsági tartalék [mm]	30	100	-
Peronok	alkalmazható peronmagasságok [cm]	110	40	55
	átlépési távolság maximális értéke [mm]	115	115	290
	Peronok hossza [m]	80-120	120 -	150-250
Minimális vágánytengely távolságok [m]		3,4	4	4,2
Pályasebesség	Maximális (jellemző) [km/h]	80	80	100, 120, (160)
Tülemelés	Maximális értéke [mm]	140	90	150
Tengelyterhelés [kN]	általánosan	180	225	225
	Kivételes esetben, MÁV által járt pályán	225	-	-
Vízszintes körívsugár legkisebb minimális tervezési értéke	Új vágány esetén	400	-	-
	Meglévő forgalmi vágány esetén	300	350	300
	Üzemi vágány esetén	200	150	200
	Járműtelepen	150	100	150
Függőleges körívsugár legkisebb minimális tervezési értéke	ajánlott [‰]	30	20	változó
	maximális [‰]	40	25 (34)	30-35
	megálló ajánlott [‰]	3	0	1,5
	megálló max [‰]	5	1,5	5
	Lejttörés szükségessége [‰]	2	2	2,5
	Ajánlott pályaoldali lekerekítő ívsugár [m]	5000	4000	minél nagyobb
	A jármű által bejárható legkisebb lekerekítő ívsugár [m]	3000	2000	1500
Jellemző pályaszerkezet		betonlemez	nyitott, zúzottköves, keresztaljas	nyitott, zúzottköves, keresztaljas
Vontatási feszültség		750V DC	1100V DC	25 kV 50Hz
Szintbeli keresztezés		tiltott	van	van

- nem állt rendelkezésre adat/nem értelmezhető

1. táblázat. A vizsgálandó vasúti rendszerek eltérő paramétereit - pálya alrendszer oldal

A táblázatban vázolt pálya és járműparaméterek alapján látható, hogy a jelenlegi vasútüzemek a nyomtávolság kivételével, ami egységesen 1435 mm, szinte minden műszaki paraméterben, „még ha nem is jelentős mértékben”, de eltérnek egymástól.

	Metró		HÉV	Nagyvasút	
	Alstom szerelvény	Felújított orosz metrókocsi	MXA	Flirt	BHV ingavonat
Hossz [m]	100 (80)	115,9	53,43	74	158(5+1), 182(6+1)
padlómagasság [cm]	114	114	82,5	60	600 (1120)
Engedélyezett legnagyobb sebesség [km/h]	70	70	70	160	120
Jármű szélessége [mm]	2780	2694	2680	2880	2832
járműszilárdság [kN]	500	500	1000 kN	1500	2000/1500
legkisebb pályaiávsugár	80	60	60	100	150
vezetőfülke megközelítése	utastér + vezetőállás ajtó		csak az utastérből	csak az utastérből	mozdony/utas térből
áramellátás	harmadik sín		felsővezeték	felsővezeték	
OVSZ által előírt ülőhely arány	min 25%		min 33%	-	
állóhely [fő/m ²]	5	5	7	3	-
ajtók típusa 1/2 szárnyú	2 szárnyú	2 szárnyú	2 szárnyú	2 szárnyú	1 szárnyú

*a zárójeles értékek az M4-es metróra vonatkoznak

- nem állt rendelkezésre adat

2. táblázat. A vizsgálandó vasúti rendszerek eltérő paraméterei - jármű alrendszer

Az eltérő pálya-jármű paraméterek közül az *úrszerelvény*, a *jármű szilárdság*, a *peronmagasság* és a *vontatási áramnem* közti különbségek tekinthetőek a leginkább kritikusnak az átjárhatóság szempontjából.

Műszaki paraméterek tekintetében a HÉV és a hagyományos nagyvasúti üzem áll legközelebb egymáshoz.

Amikor a MÁV kezelésébe kerültek a Budapest környéki HÉV vonalak, sokan vélték, hogy a nagyvasútba történő integráció volt a döntés fő célja, azonban a MÁV-HÉV Zrt. által kiírt új járműtender I. üteme [52] alapján az új HÉV szerelvények csak bizonyos paraméterei közelednek a nagyvasúti üzem követelményeihez.

Az új járművek kompatibilisek lesznek az eddig csak a nagyvasúton alkalmazott, az Átjárhatósági Műszaki Előírás (ÁME) által is előírt Sk+55 cm-es peronmagassággal, de a jármű vonatatási feszültsége 1500 V egyenáramra lesz kialakítva. Ezt az energiaellátási megoldást a városi környezetben a védőtávolságok biztosíthatósága indokolja. A fentiekből egyértelműen látszik, hogy a jövőben nem cél a két vasúti rendszer teljeskörű egyesítése, ezek a járművek alapvetően csak a vonal belső forgalmát hivatottak ellátni. A járműbeszerzések II. ütemében tervben van kétáramnemű járművek beszerzésére is, amely járművek már alkalmasak lesznek mindkét vasútüzemben való közlekedésre. Ezzel megteremtve a kapcsolatot a két, műszaki paramétereiben fokozatosan egymáshoz közeledő vasútüzem között.

Itt megjegyzendő, hogy MÁV járművek már korábban is közlekedtek a HÉV vonalán menetrend-szerinti forgalomban is, azonban ezekben az esetekben inkább ideiglenes kényszermegoldásként funk-

cionáltak, nem használták ki a közös infrastruktúra adta lehetőségeket. A következő fejezetben két esetet is bemutatok a MÁV és a HÉV rendszer átjárhatóságáról.

Szembetűnő lehet a HÉV üzem esetén alkalmazott túlemelés mértéke, ami látványosan eltér a nagyvasút és a metró üzemben engedélyezett túlemeléstől. A Budapesti HÉV vonalakon közlekedő járművek, magas súlypontjuk miatt, borulékonyabbak egy hagyományos vasúti járművel szemben, ráadásul ezt a hatást tovább erősíti az álló utasok magas részaránya is. A fenti szabályozással lényegében mérsékelni szeretnék a túlemelt pályáivben kis sebességnél fellépő túlemeléstöbbletet.

A dolgozatomban javaslatot fogok tenni különböző műszaki megoldások ajánlásával, amelyek segítségével ezek az eltérő paraméterek áthidalhatóak. (5.3. fejezet)

A vasútüzemekre vonatkozó előírások

Az előírások és szabályozások felépítése hierarchikus. Minél magasabb szinten tekintünk egy szabályozásra, tartalma annál nagyobb témakört ölel fel, és csak általános elveket fogalmaz meg. Konkrét műszaki javaslatok csak az alsóbb hierarchia szinteken jelennek meg, viszont ekkor már sokkal szűkebb hatáskörben. Az előírások legfelső szintjén találhatóak a törvények, majd a hatósági rendeletek. A mi esetünkben, az országos vasúti hálózatra vonatkozólag az OVSZ (Országos vasúti szabályzat) I. kötete rendelkezik, aminek hatálya az országos közforgalmú és saját használatú vasutakra terjed ki, valamint az OVSZ II, ami a városi közlekedés vasútüzemeire vonatkozó általános elveket és előírásokat foglalja össze.

Az üzemeltetők az országos rendeletek alapján dolgozzák ki a saját utasításkészletüket.

3. Hazai és külföldi esettanulmányok városi vasúti rendszerek közötti átjárhatóságra

3.1. Külföldi esettanulmányok átjárhatóságra

Karlsruhe, Németország: Közúti vasút - Elővárosi gyorsvasút, nagyvasút

[26]

A Tram Train, avagy a Karlsruhe-i modell a németországi Karlsruhe városáról kapta a nevét. Itt alkalmaztak először speciális modern járműveket, amelyek egyaránt alkalmasak a közúti vasúti és a nagyvasúti pályán való közlekedésre is (8. ábra). Ez volt az első rendszerek egyike a világon, ahol tudatosan foglalkoztak a vasúti átjárhatóság gondolatával.

Karlsruhe belvárosa messze található a vasútállomástól, az új rendszer bevezetésével viszont az elővárosokból az utasok átszállás nélkül egyenesen a sétálóutcába érkezhettek. Az utasok körében



8. ábra. A jármű kialakítása jelentősen eltér, mégis ugyanazt a vasúti pályát használják [27]

nagy sikert aratott, hiszen a bevezetés előtti 2000 fő/nap-ról 1993-ra 10 000 fő/napra majd 2005-re 16 000-re nőtt a Bretten és Karlsruhe között vasúton utazók száma. Kiemelendő eredmény, hogy az új utasok 40%-a korábban személygépkocsival közlekedett. A hálózat hossza azóta megtöbbszöröződött, számos város körüli vonalat vontak be a hálózatba.

A megnövekedett forgalomnak napjainkra kibontakozott a hátulütője is. A település utcáit ellepték a villamosok, így már a rendszer működőképességét feszegetik. Mivel a járművek hossza kötött, ezért a megnövekedett forgalmat csak a járatok sűrítésével lehetséges elszállítani, viszont egy szint után már egymást is akadályozzák a közlekedő szerelvények. Ennek következtében a bevásárló és sétáló utcák már nem nyújtották azt a kellemes és nyugodt városi környezetet, mint amilyen előtte volt. Erre a problémára komplex megoldást dolgoztak ki. A legforgalmasabb részen új alagutat terveztek, aminek építkezése a napjainkban is zajlik. Ezzel remélhetőleg jó időre biztosítják a település zavartalan közlekedését. A modellt később számos német város is átvette. Azóta már világ szerte terjed a rendszer alkalmazása, többek között Magyarországon is hamarosan elkészül a Szegedi Tram Train.

Tokió, Japán: Metró - Elővárosi vasút

Az urbanizáció hatására a XX. század második felétől Tokió agglomerációja jelentős növekedésnek indult, és ez gyors és hatékony közlekedésfejlesztést igényelt. A koncepció keretében főként az agglomerációból érkező vasútvonalak városi gyorsvasúti hálózattal való összekötése volt az elsődleges cél.

A XX. század első felében a tokiói kötőpályás közlekedés vázát a Yamanote nevű, a várost körülölelő vasúti gyűrű alkotta, amihez csatlakoztak az agglomeráció irányából befutó vasútvonalak, amelyek közül csak egy szelte át a gyűrűt. (9.ábra) Ebben az időben született a Vasúti Minisztérium új szabályozása, miszerint a magán vasúttársaságok, amik jellegében nagyon hasonlítottak a budapesti HÉV vonalokhoz, nem szelhetők át a Yamanote vonalat a belváros irányába. A körgyűrű által közbezárt területen kizárólag villamosok és városi gyorsvasutak létesülhettek, ezzel felesleges, nagy mennyiségű átszálló forgalmat generálva. Idővel a döntés hatására kisebb városközpontok alakultak ki a magánvasúti végállomások és a Yamanote vasútvonal találkozásában, ami viszont némiképpen csökkentette a város központjába ingázó utasmennyiséget.

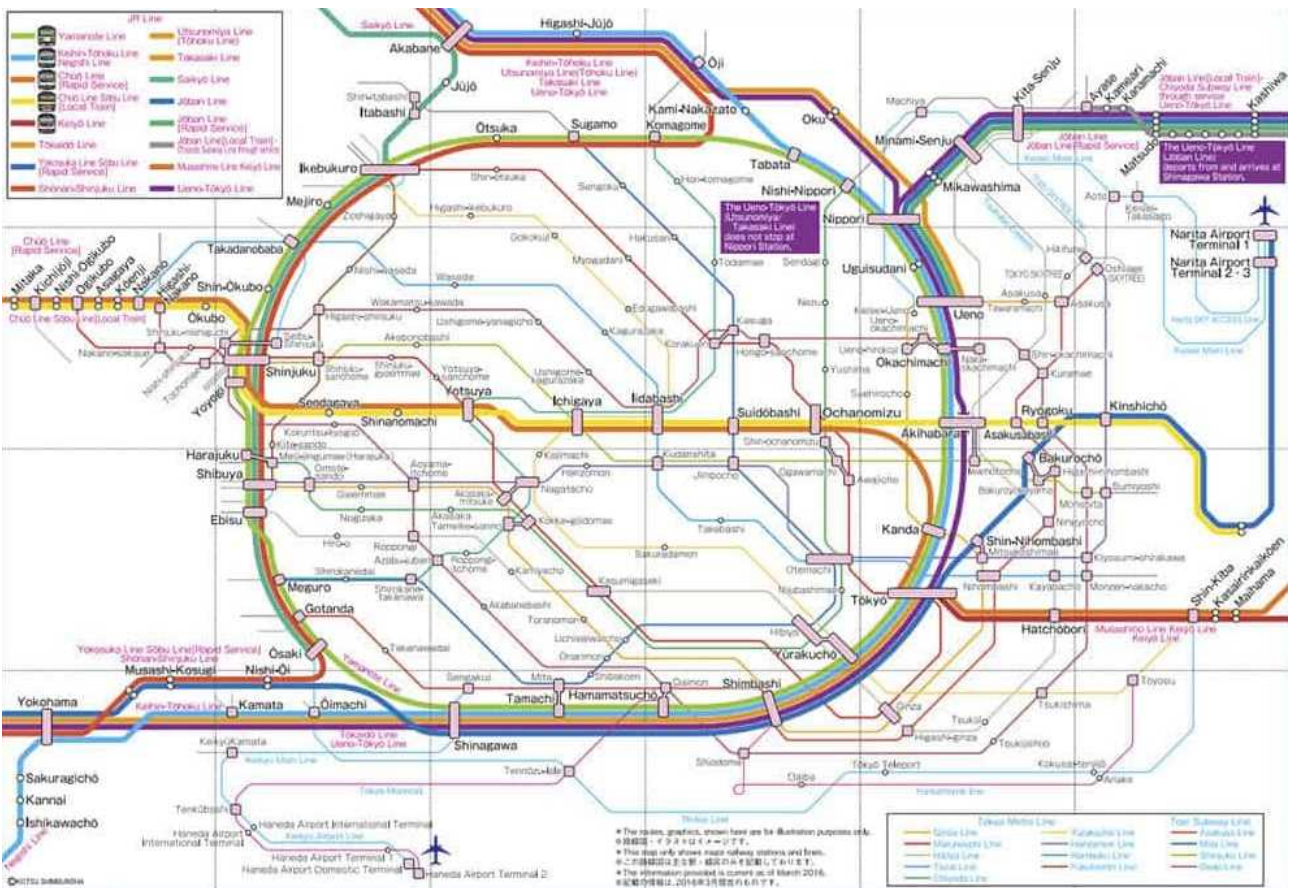
A II. világháború teljesen megváltoztatta az eddig kialakult helyzetet, a város lakossága csaknem megfeleződött, illetve az infrastruktúra is jelentősen megrongálódott. A város újjáépítésével egyetemben a közlekedésfejlesztés is felpörgött, beindult a motorizáció, új, önálló metróvonalak létesültek, sok esetben az egyre inkább megfogyatkozó villamosvonalak helyére.

Egy 1956-os Közlekedési Minisztériumi koncepció keretében új metróvonalak tervezését írták elő, amelyek végállomásának az agglomerációt tűzték ki, vagy pedig a már meglévő vasút- és metróvonalak összekötését javasolták. Ezek az összekötések a legtöbb esetben nehézségekbe ütköztek (pl.: nyomtávolság, vontatási feszültség, biztosítóberendezési eltérések miatt), de erőforrást és pénzt nem sajnálva nekivágtak a fejlesztéseknek. Akadtak olyan vonalak, ahol a teljes hálózatra kiterjedő nyomtávszélesítést⁹ hajtottak végre.

Az első átjárható rendszeren 1960-ban indult el a vasúti szolgáltatás, amelynek keretében az Asakusa metróvonalat kötötték össze a Keisei társaság fővonalával, ami a keleti agglomerációba nyúlik.

Annyira jól sikerült a kölcsönös átjárhatóságot biztosító fejlesztési projekt, hogy napjainkban Tokió 13 metrójából 10 átjárható más vasútüzemek számára, ezzel élhető körülményeket biztosítva a Föld legnépesebb városa számára. Az átjárható vasútüzemek kialakítása még a mai napig sem fejeződött be, folyamatos verseny folyik azért, hogy melyik magántársaság vonala szelje át a városközpontot, ezzel megsokszorozva az utazóközönségét. [30][19]

⁹Japán vasúthálózatának közel 86%-a keskeny nyomtávolságú (1067mm), azonban az új építésű vonalak és a városi vasutak már jellemzően normál nyomtávolsággal épülnek [25]



9. ábra. Tokió nagysebességű regionális -, elővárosi - és városi gyorsvasúti hálózata. A világoszöld körjárat a Yamanote vonalat ábrázolja [25]

3.2. Hazai esettanulmányok átjárhatóságra

Nagyvasút & HÉV - Újpesti Duna híd lezárása [11][23]

2008 júniusában megkezdődött az Újpesti vasúti híd felújítása, amelynek keretében több lehetőség is felmerült az esztergomi vasútvonal budapesti forgalmának fenntartása kapcsán. Az általánosan bevett buszos pótlás mellett, felvetődött az óbudai vasútállomást a Szentendrei HÉV-vel összekötő vágány használata, amihez több elképzelés is született. Először felmerült, hogy visszaépítik a korábban elbontott HÉV felsővezetékét Óbuda és a kaszásdűlői kiágazás között ¹⁰, ezzel egy óbudai átszállással, HÉV szerelvények segítségével bonyolítanák volna le a pótlást, vagy Kaszásdűlőn lett volna közös peronos átszállás, ez esetben dízel nagyvasúti szerelvényekkel. Ezek a megoldások nem bizonyultak megfelelőnek, mert a reggeli csúcsban tanítási időszak alatt nem állt volna rendelkezésre elegendő HÉV szerelvény a pótló viszonylat biztosításához, illetőleg képtelenség lett volna Kaszásdűlőn egész vonatnyi „utasáradatot” HÉV-re kényszeríteni. A leginkább kézenfekvőbb megoldásnak a dízel meg-

¹⁰A Szentendrei HÉV teherforgalmát Óbuda vasútállomásról szolgálták ki, ezért gyakorlatilag a teljes állomás vágányhálózata villamosítva volt HÉV rendszerű 1000V-os felsővezetékkel, hogy megkönnyítsék a tolatási mozgásokat a HÉV villanymozdonyai számára.

hajtású vasúti szerelvények Szentendrei HÉV-en történő közlekedtetése bizonyult. A vonatok a dízel üzem miatt nem mehettek be a Batthyány téri alagútba, ezért a régi margithídi végállomás megmaradt csonkját kihasználva fordultak vissza a szerelvények. (10.ábra)



10. ábra. Szerelvény fordulása a Margit hídi csonkavágányon [11] (balra); Az Óbudánál feljavított MÁV - HÉV összekötő vágány [45] (jobbra)

A forgalom megindulása előtt elengedhetetlen volt az 1 km hosszú összekötő vágány feljavítása 10, valamint a szükséges forgalmi feltételek megteremtése. Az eltérő forgalmi utasítás és jelzésrendszer problémáját prózai módon, vonalismerettel rendelkező kísérőszeméllyel, „pilótákkal” oldották meg. Tisztázni kellett a pályahasználat kérdéseit is, a végső egyezmény szerint a MÁV, mint alvállalkozó közlekedhetett a BKV vonalán.

Nagyvasút & HÉV – Siemens Desiro a csömöri HÉV-en



11. ábra. Desiro és HÉV szerelvény Csömör állomáson

A MÁV 80-as vasútvonalának elővárosi vonalszakaszának felújítása során mintegy kilenc hónapon keresztül szünetelt a vonatközlekedés Pécel és Aszód között. A 32 ezer fő lakosú Gödöllő 9 hónapra kénytelen volt a Gödöllői HÉV és a MÁV által biztosított pótlóbuszokkal megoldani a közlekedést. A lezárás alatt a Gödöllői HÉV vonalán elfogadták a vasúti menetjegyeket és bérleteket, valamint a reggeli órákban sűrítették a vonatok közlekedését.

A sűrítés következtében nem jutott elég szerelvény a csömöri vonal kiszolgálására, így a 2018 nyarán már bevált módszerhez ¹¹ folyamodva Siemens Desiro motorvonatokat járatnak a reggeli csúcsidőben Cinkota és Csömör között, hogy az itteni viszonylaton közlekedő, a Desironál nagyobb kapacitású szerelvények besegíthessenek a gödöllői forgalom lebonyolításában. (11.ábra) Napközben, amikor már nem volt szükség a sűrítésre, egy szerelvény oda- vissza ingázott a régóta forgalom nélkül maradt Csömör - Kavicsbánya - (Kerepes) vonalszakaszon. Habár Kerepes elég messze van a kavicsbányai becsatlakozás helyétől, itt volt az első állomás, ahol vissza tudott fordulni a szerelvény. A menet érdekessége az volt, hogy Kavicsbánya és Kerepes között hiába kétvágányú a pálya, Kavicsbánya elágazáson jelző és biztosítóberendezés hiánya miatt ¹² a Desiro vonatok csak a bal vágányt használták oda és vissza menetben is.

¹¹A Ráckevei HÉV-en is, hasonlóan szerelvényhiány miatt már közlekedtek Desiro motorvonatok

¹²Az elágazás váltóit kurbli segítségével lehetett csak állítani, így idő megtakarítása érdekében mindig csak egy váltót kellett állítani

A vonatokon hasonlóan a Szentendrei megoldáshoz, a motorvonat vezetője mellett egy „pilóta” is utazott, aki rendelkezett az adott szakaszra való vonalismerettel.

A vágányzár befejeztével eltűntek a vonatok a kavicsbányai szakasról, Csömör felé újra csak HÉV szerelvények jártak, minden visszaállt a régi kerékvágásba, de az elképzelés, hogy menetrend szerint legyen közlekedés Csömör és Kerepes között, azóta is igényként merül fel.

Nagyvasút & Közúti vasút - Szeged Tram-Train

A Szeged és Hódmezővásárhely közötti közlekedés napjainkban jobbára közúton zajlik. A települések között húzódó 2x2 sávós 47-es úton az átlagos forgalom meghaladja a 21000 egységjármű/nap értéket, a reggeli csúcsidőszakban gyakran alakulnak ki torlódások. Viszonyításképpen az M3-as út budapesti csatlakozó szakaszán van hasonló forgalom [29]. A két település között naponta több mint 80 pár busz közlekedik, de ezek is ki vannak szolgáltatva a kialakult dugóknak, ezért viszonylag gyakoriak az 5-10 perces késések. A térség vasúti szolgáltatása jelentős hátrányban van, a két település közti vonalon mindössze 1-2 óránként közlekednek a vonatok, így nem nyújt túl kedvező szolgáltatást az ingázni vágyó utazóközönség részére. A kialakult közlekedési problémák orvoslása érdekében 2007-ben készült egy megvalósíthatósági tanulmány, aminek keretében a vasútvonal fejlesztését tűzték ki célul, méghozzá hazánkban egy eddig ismeretlen módszer, a korábban már ismertetett „*karlsruhei modell*” alapján. Az elképzelés fő mozgatórugója, hogy Szeged és Hódmezővásárhely között olyan gyors villamosok közlekedhessenek a vasúti pályán, amelyek megfelelnek a vasúti közlekedés minimum feltételeinek, és emellett alkalmasak közúti vasúti forgalomban való közlekedésre is. Ennek keretében Szeged-Rókus vasútállomáson új összekötő vágány épült a nagyvasút és a villamos vágányai között, továbbá Hódmezővásárhelyen egy teljesen új villamosvonal is kialakításra került. A fejlesztéshez szorosan kapcsolódott a vasútvonal két település közötti rekonstrukciója is, ahol bizonyos szakaszokon kétvágányú pálya létesült, a sűrűbb követés biztosíthatósága miatt. Annak érdekében, hogy se a nagyvasúti, se a közúti vasút infrastruktúrájába ne kelljen beleavatkozni, ezért egy olyan speciális járművet alakítottak ki, ami alkalmas mindkét vasútüzemben való közlekedésre. A villamos kinézetű „*vasút villamos*” szerelvényen külön ajtók találhatóak, amik a peronmagasságnak megfelelően biztosítják minden esetben a szintbeli beszállás lehetőségét.

Vélhetőleg a jövőbeli tapasztalatok egyértelműen fogják mutatni a „*vasút villamos*” sikereit, és hamarosan több nagyobb városunk esetén is találkozhatunk majd hasonlóan átjárható vasúti rendszerekkel.



12. ábra. Az első elkészült Stadler Citylink jármű [38]

További érdekességek

A Budapesten található, mára már elszigeteltnek tekinthető vasútüzemek a 70'-es évekig még nem különültek el olyan mértékben, mint ahogy ez napjainkban tapasztalható. A villamos vonalakon jártak HÉV szerelvények is, egy időben a Szentendrei HÉV esetén a mai Bem József térről, villamos vágányokról indultak a járatok. A korai HÉV vonalak tulajdonképpen a villamosokkal voltak azonosak, csak a vontatási feszültség és a fékrendszer volt eltérő. Aztán idővel a BKV gyorsvasúti koncepciók mentén járműszinten eljutott egy kvázi gyorsvasúti szintig. Viszont a forgalmi, műszaki, és biztosítóberendezési elemek sok esetben ma sem különböznek lényegesen egy villamos vonalétól.

A BKV villamos vonalain napi rendszerességgel közlekedtek tehervonatok, amelyek a MÁV pályáról érkezve a villamos vasúti vágányokon érték el a városon belüli ipartelepeket. (13)

Ebben az időben a közúti vasúti felépítmény úgy volt kialakítva, hogy a hagyományos vasúti járművek is közlekedhessenek rajtuk, Manapság ez már nem lenne kivitelezhető az újonnan bevezetett speciális, a nagyvasúttól jelentősen eltérő pályaszerkezeti megoldások miatt (pl.: felfutós- és álfelfutós kitérők).

3.2.0.1. A Nyíregyházi villamos



13. ábra. Tehervonat nagyvasúti kocsikkal a Széll Kálmán téren a Déli pályaudvar irányából [47]

A Nyíregyházi kisvasút a Tram Train rendszer klasszikus megjelenési formája közé tartozott. A vasútvonal egykoron keresztül ment Nyíregyháza főutcáján, ahol korábban gőz, később dízel mozdonyok húzták a személy és tehervonatokat a városon keresztül. A megnyitás után pár évvel a vonal városi szakaszát villamosították Sóstó állomásig, így ezen szakaszon az eddigi meglévő forgalmat villamosok segítségével sűrítették. A város főterén keresztül haladó vonalat és a villamos közlekedést 1969-ben szüntették meg, helyette a város peremén haladt már az új nyomvonal. (14. ábra)

Felújítás alatt lévő PXV kocsit vittek Szombathelyről Szentendrére.

Üzemi menetek formájában a HÉV járművek gyakran megfordulnak a MÁV pályahálózatán, erre példa a hetekben történt PXV HÉV motorkocsi hazatérése Szentendrére szombathelyi felújítása után. A járművet a MÁV-HÉV 2 Bobo-ja vontatta. (15. ábra)



14. ábra. Villamos motorkocsi és mozdony-vontatta szerelvény Nyíregyháza belvárosában [47]



15. ábra. HÉV szerelvénymenet a MÁV Veszprémi vonalán. Fotó: Kovács Roland

4. Budapesti potenciális vizsgálati helyszínek kijelölése

4.1. A kijelölés és a lehatárolás módszertana

A rendszerek közötti átjárhatóság legfőbb célja egy átszállásmentes elővárosi gyorsvasúti rendszer létrehozása a meglévő vasúti rendszerek felhasználásával. Budapesten belül a gyorsvasúti törzshálózatot kizárólag a metró alkotja. A munkám során ennek a hálózatnak a kiterjesztését tűztem ki célul a már meglévő vasúti infrastruktúrát felhasználva, a vasútüzemek pályainfrastruktúrájának és/vagy járműállományaának az igazításával. A választott helyszínek a legtöbb esetben a város peremterületén helyezkednek el, a városivasutak jelenlegi végállomásánál. A kiválasztás legfőbb szempontja az volt, hogy a hálózat kiterjesztését lehetőleg komolyabb infrastruktúra beruházás nélkül el lehessen érni. A felmerülő helyszínek másik kiválasztási szempontja az előbb említett ponttal ellentétes, miszerint olyan elővárosi vasúti hálózatokat kerestem, amelyek nem érik el a város magját, hanem a peremterületek határánál érnek véget, átszállásra kényszerítve az utazóközönséget. A Millenniumi föld alatti Vasúttal, annak ellenére, hogy hazai viszonylatban metrónak számít, a kutatómunkám során nem foglalkoztam, a többi budapesti metróüzemtől jelentősen eltérő jellege miatt, így a későbbiekben a metró megnevezés alatt csak az M2, M3 és az M4-es vonalakat fogom érteni. A potenciális helyszínek kijelölését minden esetben részletes utazási igényfelmérés előzte meg, amely során saját felmérési adatokat (online kérdőívek, helyszíni utasszámlálás) és az üzemeltetők szolgáltatott adatait is felhasználtam. A potenciális helyszíneken nem állt módomban minden felmerülő lehetőséggel részletesen foglalkozni, ezért a következő fejezetekben bemutatásra kerülő lehetőségek közül egy általam kiválasztott példán végigvezetve fogom ismertetni a felmerülő műszaki és forgalmi lehetőségeket, a potenciális megoldásokat.

Online utazási igényfelmérő kérdőívek

A dolgozatomban a műszaki megvalósíthatóság lehetséges módzatai mellett elengedhetetlennek tartottam utasforgalmi és utasigény-felmérés készítését, még ha jelen esetben nem is álltak rendelkezésemre olyan eszközök és erőforrások, amikkel reprezentatív eredményeket kaphattam volna. A felméréseim csupán kiindulási alapot adnak az elképzeléseimhez, a jövőben, amikor a viszonylat koncepció szintű vizsgálatára kerül sor, megkerülhetetlen feltenni mindenekelőtt azt a kérdést, hogy szükség van-e rá, kell-e, érdemes-e egyáltalán foglalkozni vele.

A kutatási időszakom alatt összesen 6 darab Google Form alapú kérdőívet készítettem, ezzel lefedve az összes potenciális beavatkozási helyszínt. A kérdőíveket Facebook felületen terjesztettem, amelyekre összesen több, mint 2000 kitöltés érkezett. Az utazóközönséget kikérdeztem utazási

céljaikról, szokásaikról, valamint arról, hogy hogyan vélekednek az általam megalkotott „fiktív” viszonylatok szükségességéről. A felmérésben azt is megkérdeztem, hogyha megvalósulnának a vizsgált projektek, akkor a rendszeres ingázásaik során melyik megállóban szállnának le.

4.2. Potenciális vizsgálati helyszínek

Mint már említettem, számos helyszínt jelöltem ki a kutatásom során, ahol a jövőben vélhetően érdemes lenne az átjárhatósággal foglalkozni. Ezek között szerepelnek sokat, vagy éppen egyáltalán nem vizsgált helyszínek. A lehetőségek közül számos példa saját javaslaton alapul, ezért ezen esetekben elvégeztem a Google Form alapú felmérést, hogy meggyőződjek a térség utazási igényeiről. Ezen elképzelések bemutatását saját szerkesztésű ábrákon mutatnám be.

A.) Gödöllői H8 HÉV - Nyugati pu. - Kelenföld vasúti alagút



16. ábra. A Gödöllői HÉV városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

A Gödöllői (H8) HÉV jelenlegi végállomás az Örs vezér téren található, az M2-es metró végállomásától alig száz méter távolságra. Az elmúlt évek során több alkalommal is felmerült a két rendszer összekötése, ám ebben a folyamatban a mai napig nem történt előrelépés, a tervek egy ideje feledésbe merültek. [7]

Az Örs vezér téri végállomástól a belváros irányába a Kerepesi út mentén található a 100a vasútvonal hídja a Nyugati pályaudvar irányába, ami a tervezett Törökőr megállóhely [43] magasságában ível át az útpálya felett. A vasúti pálya fekvése az úttengelyhez képest kedvező szöget zár be, így a

geometriából adódik a lehetőség, hogy valamiképpen a Nyugati pályaudvar irányába folytatódjon a jelenlegi HÉV vonal, ezzel integrálva a nagyvasúti hálózatba Budapest területén. (16. ábra)

Az utazók hajlandóságát a térségből a 24. ábra f grafikonja szemlélteti.

B.) A tervezett M5-ös metró koncepció



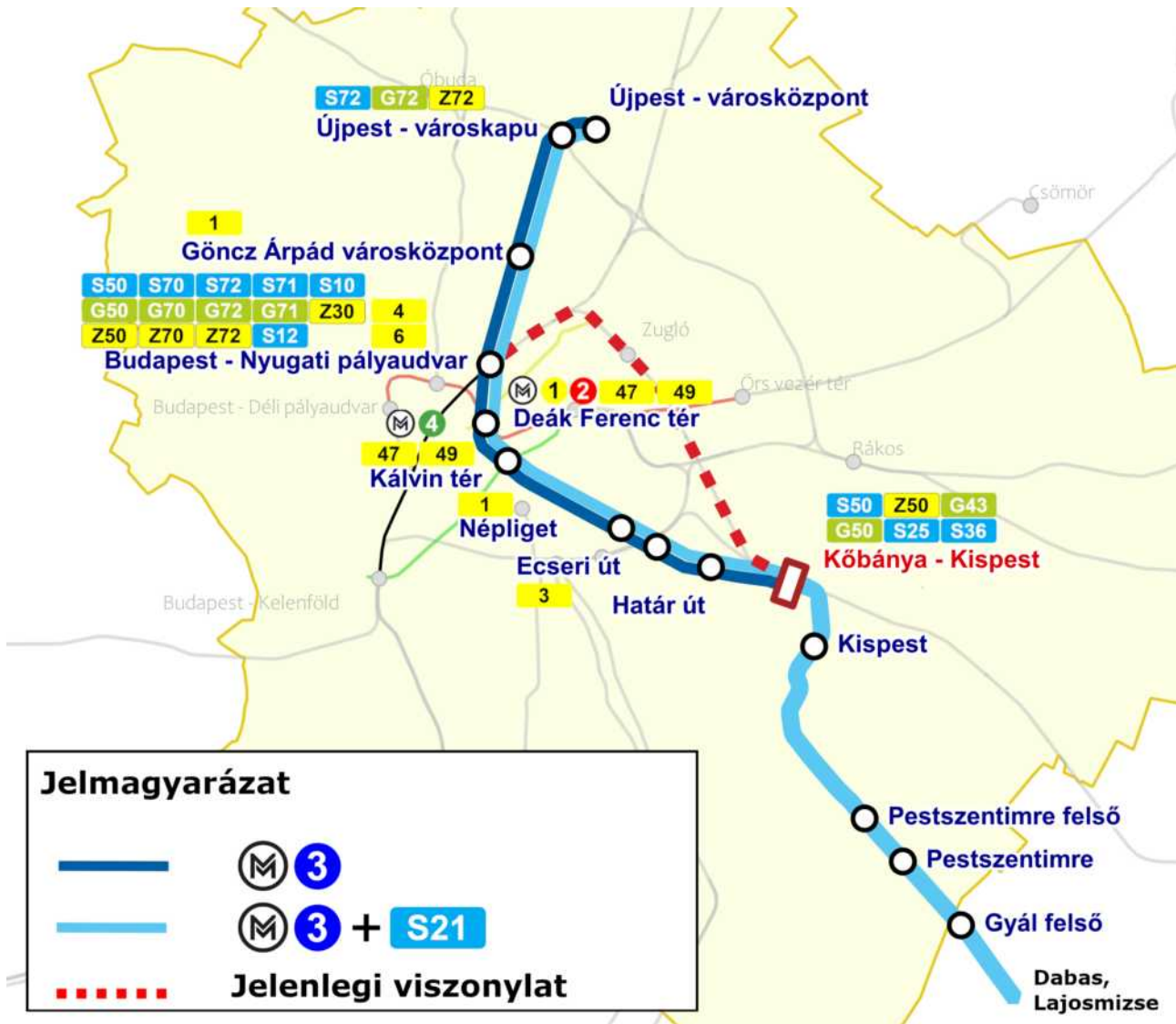
17. ábra. Az M5-ös metró tervezett nyomvonala [35]

2020 februárjában írták ki a tendert az M5-ös metró Kálvin téri vezető nyomvonalának a megtervezésére. Ez a vonal első sorban a Ráckevei valamint a Csepeli HÉV városi közlekedésbe való integrálásáról szól, de a tervezés során felmerült az igény arra, hogy a MÁV Kunszentmiklós-Tass irányából érkező személyvonatai a Kálvin téri végállomásra érkezzenek. Ennek keretében a tervezett metró olyan paraméterekkel fog épülni, hogy könnyedén megvalósulhasson az átjárhatóság a két vasútüzem között.

A metró további tervezett folytatása, hogy a Szentendrei HÉV is integrálva legyen a hálózatba, ezzel egy, a várost átszelő vasútvonalat hozva létre, hasonlóan a tokiói példához. Ehhez a vonalhoz a Főváros északi részén csatlakozna az Esztergomi vasútvonal, hasonlóan, mint a Kunszentmiklói vonal esetén. (17. ábra)

C.) Az M3-as metró északi és déli szakaszának meghosszabbítása

*C1.) Az M3-as metró és a 142-es sz. Lajosmizsei vasútvonal összekötése



18. ábra. A Lajosmizsei vasútvonal városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

A Lajosmizsei vonal jelenleg Budapest egyetlen nem villamosított, leginkább elhanyagolt elővárosi vonala, ahol nagy igény és szükség lenne a fejlesztésre. A metró végállomása közvetlenül a vasútvonal mellett található, így potenciális lehetőségként merül fel a vasútvonal és a metróüzem közötti átjárhatóság megteremtése. A jelenlegi metróvonal jóval kedvezőbb belvárost is érintő kapcsolattal rendelkezik a jelenlegi nagyvasúti nyomvonallal szemben. A vasútvonal fejlesztése kapcsán érdemes megfontolni a két üzem közötti kapcsolat megteremtésének a lehetőségét. (19. ábra)

Az utazók hajlandóságát a térségből a 24. ábra a grafikonja szemlélteti.

***C2.) Az M3-as metró és a 71-es sz. Veresegyházi vasútvonal összekötése**



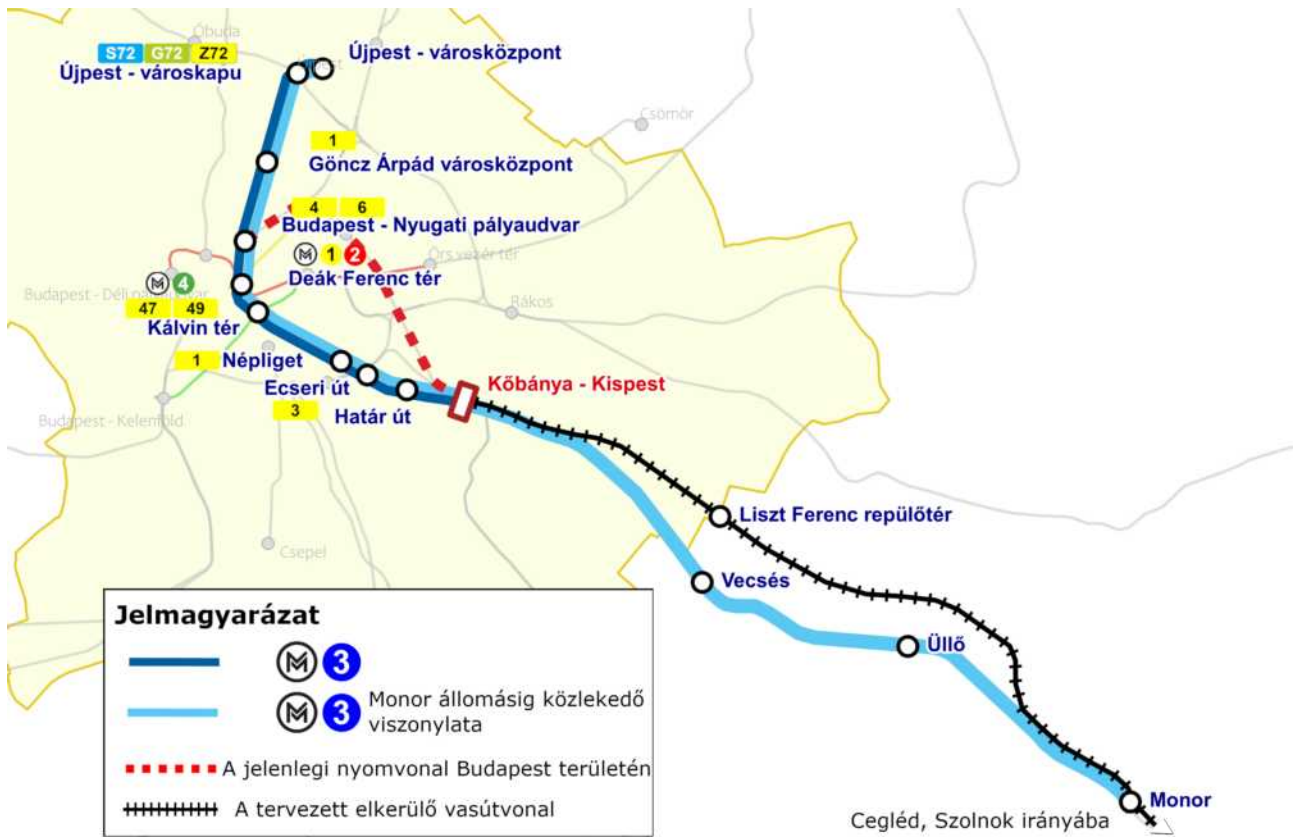
19. ábra. A Gödöllői HÉV városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

A vonal forgalma a Nyugati pályaudvarig a 70a vonalon zajlik, ezzel megterhelve a jelenlegi vasúti kapacitást. az M3-as metró jelenlegi végállomása közel esik Rákospalota-Újpest vasútállomáshoz. A 71-es vonalon csak személyszállító vonatok közlekednek, viszonylag sűrű követéssel, ráadásul tervben is van a vonal jövőbeli kétvágányúsítása. A vasútvonal metróval történő összekötése új területeket tárna fel a vonalon utazók részére, így akár az utasforgalom jelentős mértékben is növelhető. az M3-as metró fejlesztései között szerepel a Rákospalota-Újpest állomásig futó kéregalagút, aminek folytatása a 14-es villamos lenne. Ezzel a változattal összerakva a vonal fő iránya Vác lehetne, mellékága egy elágazó műtárggyal a 14-es villamos jelenlegi vonala. (?? . ábra)

A vasúti átjárhatóság vizsgálatának a tekintetében kedvezőbb helyzetben lennének, ha a metró megépült volna eredeti hosszában, ugyanis a vonal közvetlenül érinti Rákospalota-Újpest vasútállomást,

ahol két forgalmas elővárosi vasútvonal, a Váci, valamint a Vereseyházi vasútvonal futnak össze.

C3.) Az M3-as metró és a 100-as sz. Ceglédi vasútvonal összekötése



20. ábra. A Gödöllői HÉV városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

A Budapest - Cegléd vasútvonal jelenleg Budapest legforgalmasabb elővárosi vasútvonala, naponta megközelítőleg 36 ezer utas fordul meg rajta. A vasútvonal kapacitása már kimerült, ezért tervben van egy új, két vágányú vasútvonal megépítése a jelenlegi nyomvonallal párhuzamosan, a Liszt Ferenc repülőtér érintésével. (20. ábra)

D.) Az M4-es metró - 1a, 80a, 120a vasútvonal összekötése

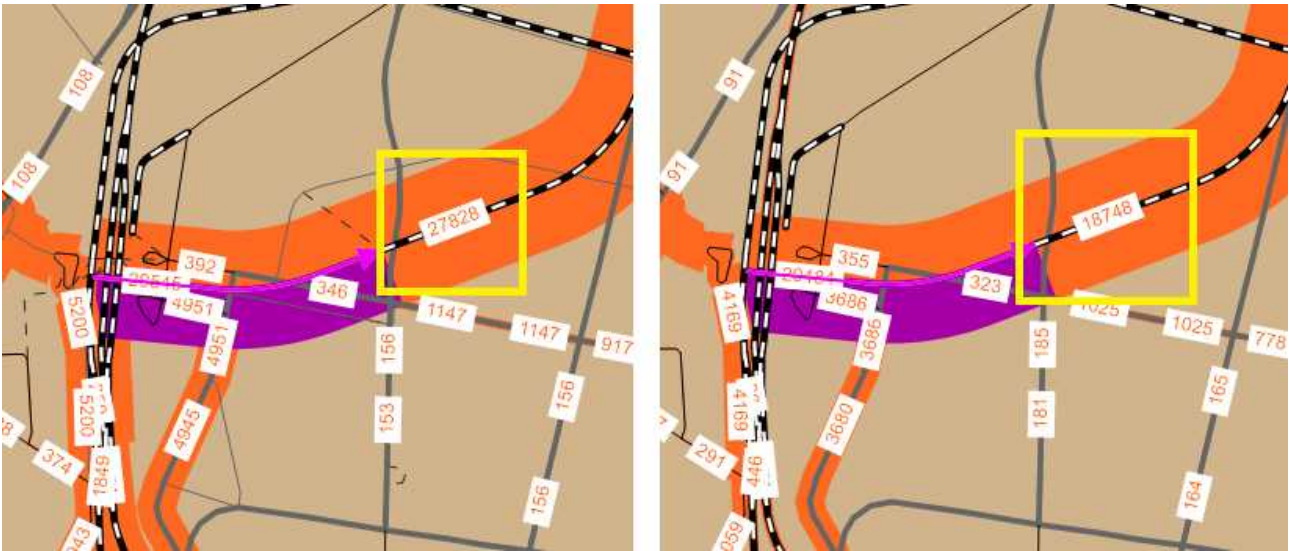


21. ábra. A Gödöllői HÉV városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

A tervezés alatt álló Nyugati pu. - Kelenföld vasúti alagút budapesti közlekedésre gyakorolt hatását még nem tudjuk biztosan meghatározni, csak következtetéseket tudunk levonni. Az alagút megnyitásával gyakorlatilag vasúton átszállás nélkül átszelhető lesz a város, a vonal rengeteg jelentős csomópontot fog érinteni (Kelenföld, Nyugati, Zugló, stb.). Jelenleg az agglomeráció irányából Budapest felé közlekedő vonatok utatóközönségének több mint 50%-a Kelenföldön leszáll, majd onnan tovább folytatja útját az M4-es metróval. Amennyiben a jövőben megvalósul az összekötő alagút, az M4-es metró jelentős utascsökkenés várható. A munkám során ezt a tényt a modellezés segítségével is alátámasztottam. Az alagút megnyitásával a metró jelenlegi 60 ezer fős utasszáma mintegy 1/3 részben csökkenne, ami viszont komoly problémát jelentene a projekt megtérülésére nézve. (22. ábra)

Az M4-es metró utasforgalom megtartásának egyik lehetséges megoldása, ha egyes nagyvasúti viszonylatokat leviszünk a metróalagútba, így mesterségesen forgalmat generálva a vonalnak. (21. ábra)

A Budaörsön keresztül vezetett új nyomvonal kedvező lehetne az 1-es vonal forgalmi szempontjából is, ugyanis a Budaörs - Kelenföld szakasz jelenleg is kapacitásproblémákkal küszködik.



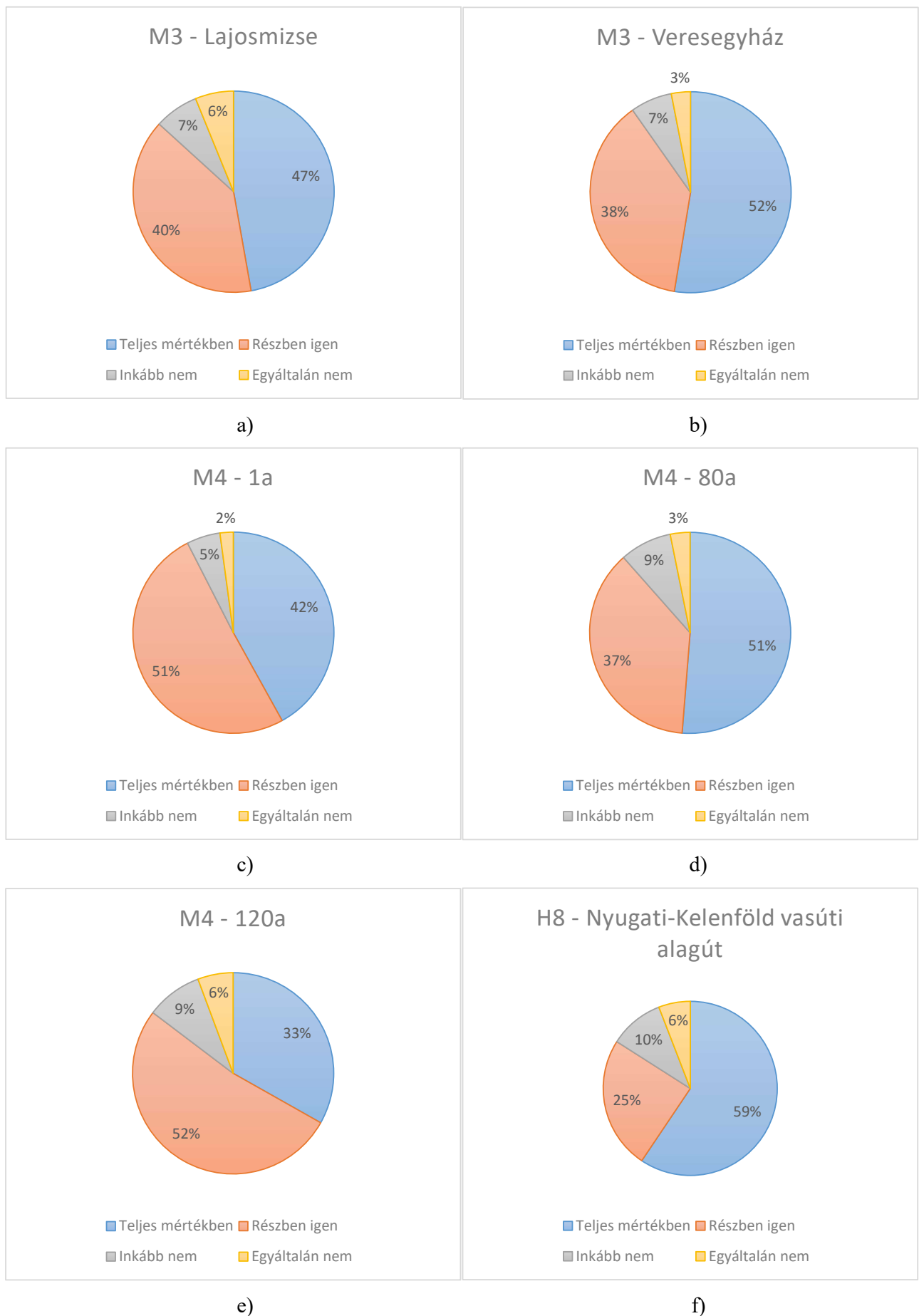
22. ábra. A Visum programban kimutatható a jelentős utasszám csökkenés az M4-es metró esetén. A jelenlegi állapot (balra); Az alagút üzembehelyezése esetén (jobbra)

E.) M2-es metró - H8, H9-es HÉV



23. ábra. A Gödöllői HÉV városi közlekedésbe való integrálásának potenciális lehetősége

Az M2-es metró és a Gödöllői HÉV összekötésének a kérdését lakossági körökben mindig csak „lerágott csontként” emlegetik, annak ellenére, hogy valóban nagy potenciál lenne a Gödöllői HÉV városi kötőtpályás közlekedésbe való integrálásában. (23. ábra)



24. ábra. Az alábbi kérdésre adott válaszok eredménye az utazóközönség megkérdezése után: Személyes véleménye szerint ez a fejlesztés pozitív hatást gyakorolna a vasútvonalra?

5. Az M3-as metró és a 142-es sz. Lajosmizsei vasútvonal kölcsönös átjárhatóságának részletes vizsgálata

5.1. A kiválasztott vizsgálati helyszín bemutatása, a lehatárolás indoklása

Az átjárhatóság követelményeinek részletes vizsgálata céljából az M3-as metró és a Lajosmizsei vasútvonal összekötését választottam ki, többek között azért, mert Budapest esetén metró és nagyvasút összekötése - tudomásom szerint - még nem volt vizsgálva.

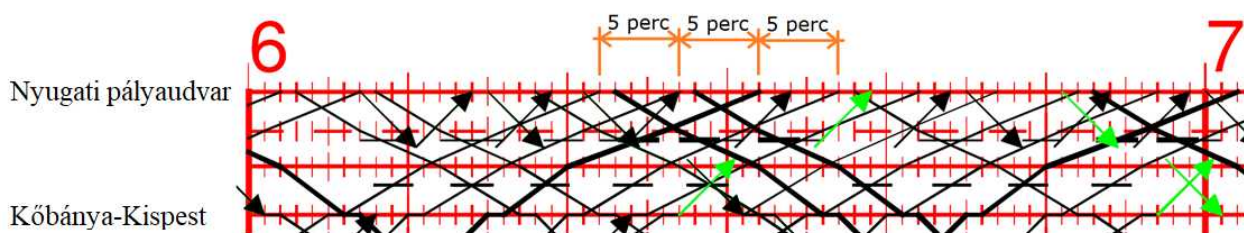
A projekt esetén a Google Form előzetes utazási igényfelmérésem nem várt sikereket hozott. Az utazóközönség közel 87%-a támogatná, ha megvalósulna ez a fejlesztés. Az eredményekből az is kiderül, hogy akik nem támogatják, azoknak a többsége Zugló vasútállomásig utazik rendszeresen. Ha őket kivonjuk a számításból, még ennél is kedvezőbb eredményeket kapunk. Ezt a szelektálást azért tehettem meg, mert a vizsgált változataim közül mindegyik esetben megmaradna az alap nagyvasúti szolgáltatás Lajosmizse és a Nyugati pályaudvar között.

A kiválasztás szempontjai

Az M3-as metró jobb belvárosi kapcsolatokkal rendelkezik a jelenlegi Kőbánya-Kispest – Nyugati pályaudvar vasútvonalnál, ezért sokak számára kedvezőbb utazási lehetőségeket nyújthat.

Műszaki fejlesztés, kapacitástartalék

A jelenlegi Kőbánya-Kispest – Nyugati pályaudvar között húzódó nagyvasúti vonalszakasz erősen kapacitáshatáron mozog, így abban az esetben, ha sűríteni szeretnénk Lajosmizse irányába a forgalmat, elengedhetetlen ennek a szakasznak a többvágányúsítása.



25. ábra. Menetrend részlet a MÁV szolnoki vasútvonalának menetrendi tervezetéből [49]

A 25.ábrán látható, hogy a csúcsidőszakban a vonatok 5 perces időközökben követik egymást, így nem is állna rendelkezésre kellő kapacitástartalék. Az ócsai és a táborfalvai betétjáratok is sok esetben csak Kőbánya-Kispest vasútállomásig közlekednek a kapacitásproblémák miatt.

Ezzel szemben kedvező lehetőséget nyújt az M3-as metró végállomása, ami a Lajosmizsei vonal becsatlakozásánál ér véget. A metró feltételezéseim szerint rendelkezik kellő kapacitással, jármű és

utasforgalmi téren is, főleg abban az esetben, ha a vasútvonalra csatlakozó járatok nem betétjáratként, hanem jelenleg is közlekedő viszonylatok meghosszabbításaként közlekednének.

Ezeket a felvetéseimet a műszaki és forgalmi vizsgálatok során alaposan körbejárom, ami alapján megállapítható, hogy valóban igazak-e a felvetéseim.

A 142. sz. Lajosmizsei vasútvonal általános ismertetése

A Lajosmizsei vonal jelenleg Budapest egyetlen nem villamosított, leginkább elhanyagolt elővárosi vonala, ahol nagy igény és szükség lenne a fejlesztésre. A vonal teljes hosszában egyvágányú, a biztosítóberendezések 1-2 kivételtől eltekintve kizárólag állomástávolságú követést tesznek lehetővé, így a kapacitás növelése érdekében ezek mindenképpen fejlesztésre szorulnak. Jelenleg a vasútvonal a Kőbánya- Kispest (tövábbiakban: KöKi) vasútállomáson csatlakozik a Budapest - Cegléd vasútvonalba, így éri el a Nyugati pályaudvart. Ezt a közös szakaszt leszámítva a vasútvonal üzeme homogén, csupán személyvonatok használják a pályát, teherforgalom elsősorban csak az alsóbb szakaszokat érinti.



26. ábra. A Lajosmizsei vasútvonal jelenlegi szolgáltatási színvonala [22]

A jelenleg hivatalosan Kőbánya-Kispesttől Kecskemétig tartó vonal 86,5 kilométer hosszú, ebből a legnagyobb része, 62,2 kilométer az elővárosi szakasz, az alsó, kecskeméti rész csak 24,3 kilométer.

A kutatómunkám során ebből kizárólag az agglomerációs forgalmat érintő elővárosi vonalszakasz-
zal foglalkoztam.

A vasúti pálya zúzottkő ágyazatú, a teljes hosszában beton keresztaljas felépítménnyel. A maxi-
mális engedélyezett sebesség 60 km/h ami viszonylag kevés helyen érhető el a leromlott pályaállapot
miatt. A vonalon kizárólag helyi személyforgalom zajlik, napközben órás ütemben Lajosmizse és
Budapest között, a csúcsidőszakban órás ütemben Ócsa/ Táborfalva és Budapest között. [22]

A vonalon számos szintbeli átvjáró található, Budapest területén meglehetősen sűrűn helyezkednek
el.

Az M3 metróvonal általános ismertetése

Az M3-as metróvonal avagy az észak–déli metróvonal Budapest leghosszabb vonala. A budapesti
föld alatti vasút építéséről 1950-ben hozott kormányhatározat már említést tesz az észak–déli vonal
nyomvonaláról. A tervek szerint a vonal déli végállomása Kispesten, a Vörös Csillag Traktorgyárnál
lett volna. Végül a vonal déli végállomása Kőbánya-Kispest vasútállomás lett, amit eredetileg szárny-
vonalnak szántak. A Határ úti metróállomás is úgy épült meg, hogy onnan a vonal Kispest felé, az
Üllői út irányába bármikor továbbépíthető.



27. ábra. A Metrovagonmas által felújított „panda” becenevű szerelvények [22]

A metró tervezésének kezdetén az északi végállomása a jelenlegi Újpest- központ helyett, az akkoriban épülő káposztásmegyeri lakópark lett volna. Budapest életében ez lett volna az első eset, hogy egy időben történik infrastruktúra fejlesztés és ingatlan beruházás is, ám hasonlóan a déli tervekhez, ez is meghiúsult, ezek után épült ki a 14-es villamos a lakópark forgalmának kiszolgálására. Az M3-as vonal építése 1970-ben kezdődött meg; jelenlegi forgalmi hossza 16,3 km, építési hossza 17,3 km, állomásainak száma 20. A vonalon jelenleg a felújított 120 m hosszúságú orosz metrókocsik közlekednek. (27. ábra) A pálya felépítménye a teljes vonal hosszában betonlemez szerkezetű, amit a felújítás során teljes mértékben újjá építettek. A szerelvények gyorsítása és lassítása automatikusan történik a 90-es években telepített AVR¹³ rendszer segítségével, a megengedett sebesség (70 km/h) ellenőrzését is az automatika irányítja. A jelenleg is zajló rekonstrukciós munkálatok során ezeket, a mára már korszerűtlennek tekinthető, berendezéseket nem cserélték ki, csupán apróbb karbantartásokat végeztek rajtuk. Az ehhez tartozó vezérlési információkat egy ún. programszőnyeg közvetíti a jármű felé, ami a két pályasín között fut a vonal teljes hosszában. [6]

5.2. Az átjárhatóság forgalmi feltételeinek vizsgálata

5.2.1. Az M3-as metró jelenlegi kapacitásának vizsgálata

A metró jelenlegi kihasználtságának a vizsgálatához, még a lezárás előttről, 2014-ből álltak rendelkezésemre a BKK által szolgáltatott felmérési adatok.

A számlálási adatok alapján a metró legforgalmasabb időszakában (7:00-8:00) a legtöbb utas egy állomásközben 15 ezer főre adódott a Határ úttól a belváros irányába eső szakaszon. A vizsgált időintervallumban a metró rendelkezésre bocsájtható kapacitása 26 ezer fő/óra/irány volt, ami azt jelenti, hogy 2014-ben közel 40% tartalék kapacitást volt a metró legszűkebb keresztmetszetén.

Állomások gyalogos-forgalmi átbocsátóképességének helyszíni vizsgálata

Az M3-as metró legforgalmasabb állomása az utazási adatok alapján a Deák Ferenc tér. Ahhoz, hogy magam is megbizonyosodjak a megálló időben történő kiürüléséről a következő szerelvény érkezéséig, két alkalommal is helyszíni számlálást végeztem 7 és 8 óra között. A metró aluljáróból két irányba lehet elindulni, a felszín felé vagy az M2-es metró irányába. A saját méréseimet az M I./6-os táblázat tartalmazza.

A reggeli csúcsidőszakban összesen 4 mozgólépcső üzemel a felfelé vezető irányba, így viszonylag gyorsan megtörténik az állomás ürítése. A mozgólépcsők elméleti kapacitása óránként 6500 és 8000 utas között mozog, attól függően, hogy mekkora az emelőmagysága és a sebessége. [18] A saját méréseim eredménye alapján átlagosan 1 perc alatt 50 ember elszállítására alkalmas egy mozgólépcső,

¹³Automatikus Vonatvezérlő Rendszer

ez óránként 3000 utast jelent, ami jelentősen kevesebb, mint az elméleti kapacitás. Ez az eredmény tökéletesen szemlélteti a budapesti utazóközönség azon szokását, hogy a mozgólépcsőnek kizárólag csak az egyik oldalára állnak, utat engedve 2-3 siető ember részére, ezzel gyakorlatilag megfelevezve a kapacitást. Ennek ellenére a jelenlegi teljesítmény mellett, a szerelvények 2 perces követése esetén is képes a 4 üzemelő mozgólépcső 400 ember elszállítására, ami két befutó szerelvény érkezése esetén sem jelenthet problémát. A Deák téren a 2014-es adatok alapján a legtöbb leszálló 7 és 8 óra között az egyik irányból 3200 a másik irányból 3100 utas volt. Ezzel egy időben a közlekedő viszonylatok száma mindkét irányba 23 szerelvény volt, így megkapjuk, hogy 1 szerelvényről átlagosan 140 utazó szállt le a csúcsóra alatt a megállóban. Ezek alapján megállapítható, hogy 2014-ben még volt elegendő tartalék kapacitása a megállónak.

Az akkori utasforgalomhoz mérten belátható, hogy egy azóta történt 10-20%-os forgalom emelkedés sem haladná meg a szükséges kiürítési időt két egymást követő szerelvény között, így vélhetően nincs akadálya annak, hogy növeljük az utazók számát a viszonylaton.

Amennyiben a későbbiekben torlódások alakulnának ki a metrómegállóban, ösztönözni kell az utazókat, hogy változtassanak utazási szokásaikon, és ne egy nyomban álljanak fel a mozgólépcsőre, ezzel biztosítva a mozgólépcsők elméleti szállítóképességét.

5.2.2. Utazási igényfelmérési adatok feldolgozása

Google Form felmérések

A Google Form alapú kérdőívet (28) 431 fő töltötte ki 2020 nyarán. A kérdőívet a térség Facebook csoportjaiban osztottam meg, így lényegében sikerült lefednem a teljes vonzaskörzetet. A kérdőív kialakítása során fa-gráf struktúrát alkalmaztam, a válaszadások függvényében mindenki a saját utazási szokásainak megfelelő kérdéseket kapta. A döntő kérdés a vasútvonal használatával kapcsolatos volt. Itt az utazóközönség 63,1%-a azt választotta, hogy napi rendszerességgel, vagy hetente legalább 2-3 alkalommal igénybe veszi a vasút szolgáltatásait.



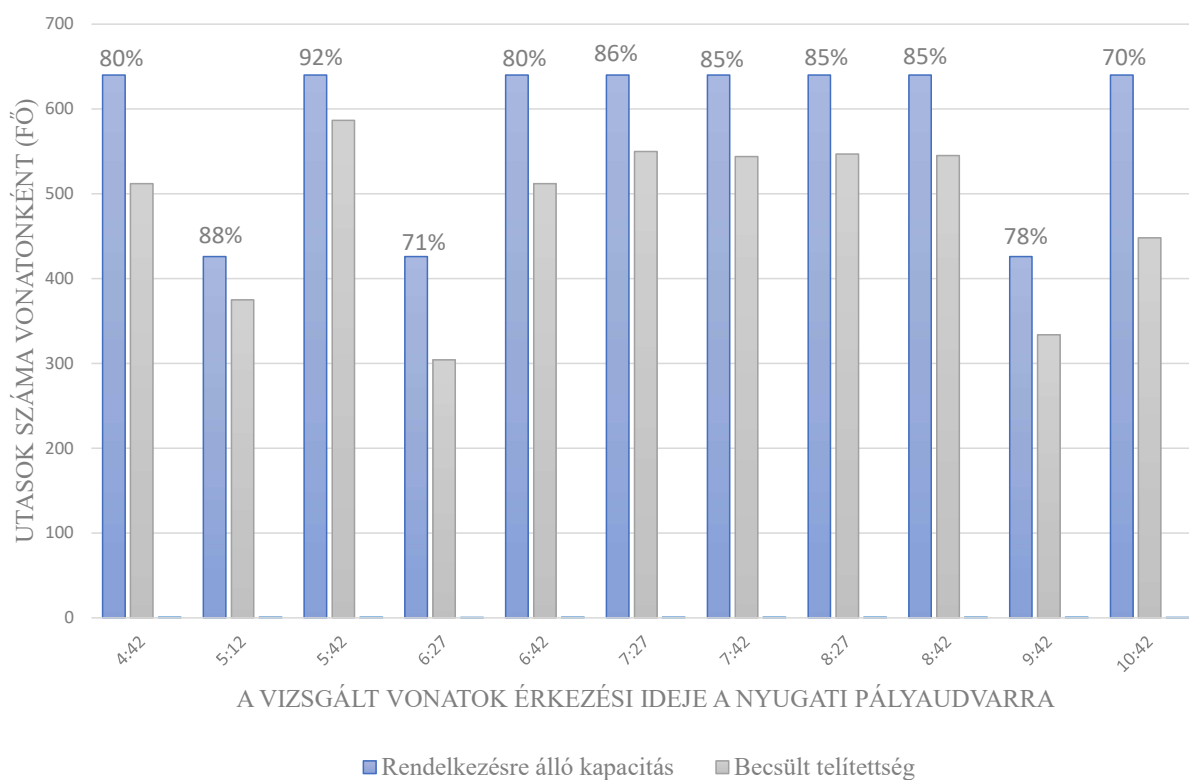
Utazási igényfelmérés a lajosmizsei vasútvonal vonzaskörzetében

28. ábra. A kérdőív előlapja

A kérdőív reprezentatívnak tekinthető, mert a vonal jelenlegi utasforgalma irányonként kb. 1700 fő, a kérdőívet érdemben kitöltők száma pedig 264 főre tehető, így feltételezem, hogy sikerült kikérdeznem az utazóközönség közel 15%-át.

A vasútvonalon közlekedő viszonylatokon egy előzetes telítettség becslést (29. ábra) is végeztem az utazóközönség által adott válaszok alapján, amelyeket az M III.-as melléklet tartalmaz. A kérdések során pontos képet kaptam a kitöltők napi szokásairól, hogy rendszeres utazásaik során melyik vasútállomáson szállnak le Budapest területén belül, majd onnan mivel közlekednek tovább. (30. ábra)

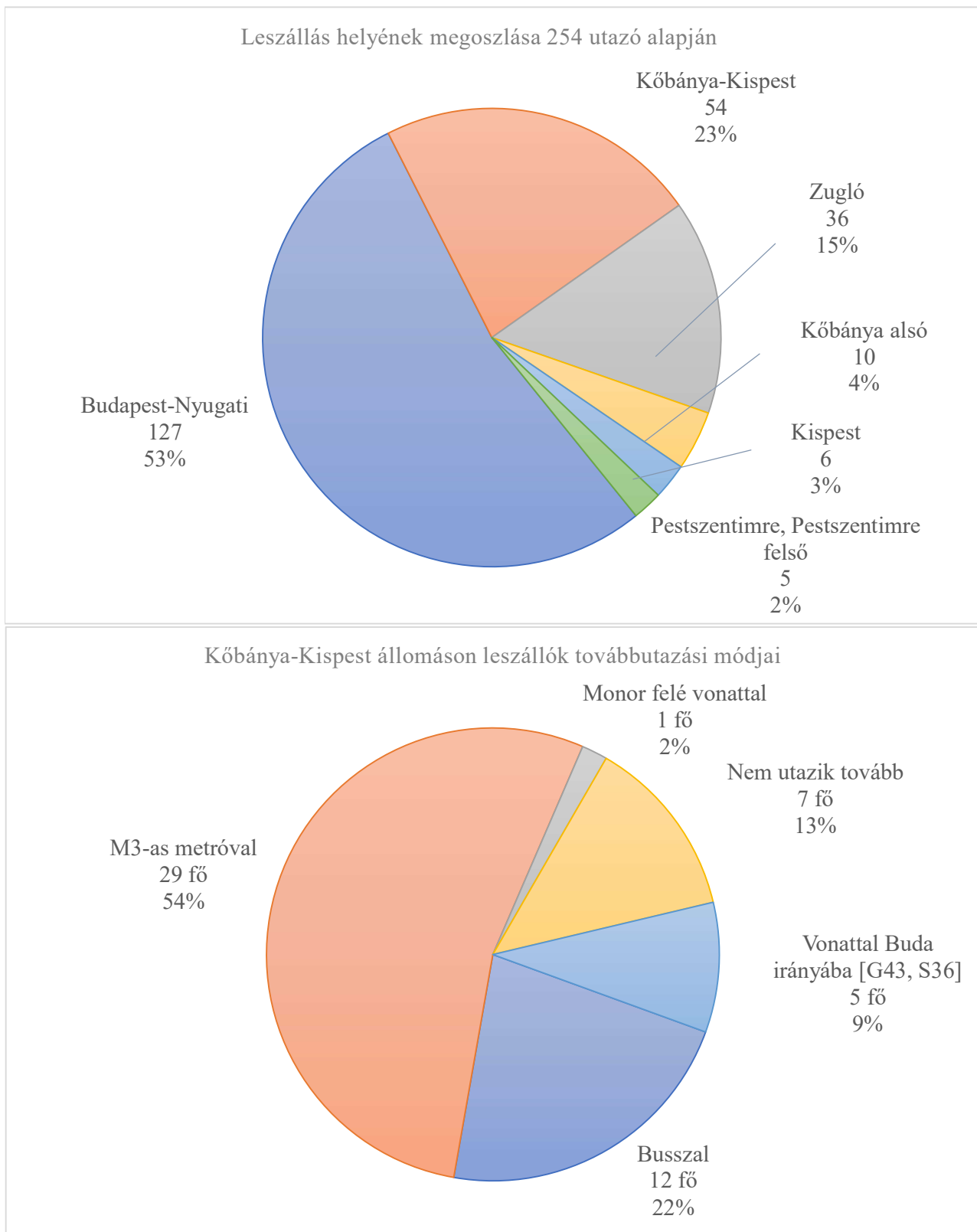
Szerelvények telítettsége a kitöltők meglátása szerint a Lajosmizsei vasútvonalon Budapest irányába



29. ábra. Továbbutazási módok Kőbánya-Kispest vasútállomásról

A kérdések során a fejlesztésekkel kapcsolatban is kikérdeztem az utazóközönséget. Itt azt érdemes tudni, hogy a kérdések olyan esetre voltak kihegyezve, hogy minden szerelvény, ami a vasútvonalon közlekedik, Budapesten belül az M3-as vonalát használja. Ezáltal a válaszokból pontosan megállapítható volt, hogy ki az akinek mindenképpen a mostani útvonal a kedvező a fővároson belül.

A 31. ábra alapján a Nyugati pályaudvar jelentősen kiemelkedik, az itt leszállók többsége továbbutazik a 4-es 6-os villamossal, vagy pedig nem közlekednek tovább.



30. ábra. Budapesten belüli leszállási helyek a lajosmizsei személyvonatokról (felül); Továbbutazási módok Kőbánya-Kispest vasútállomásról (alul)

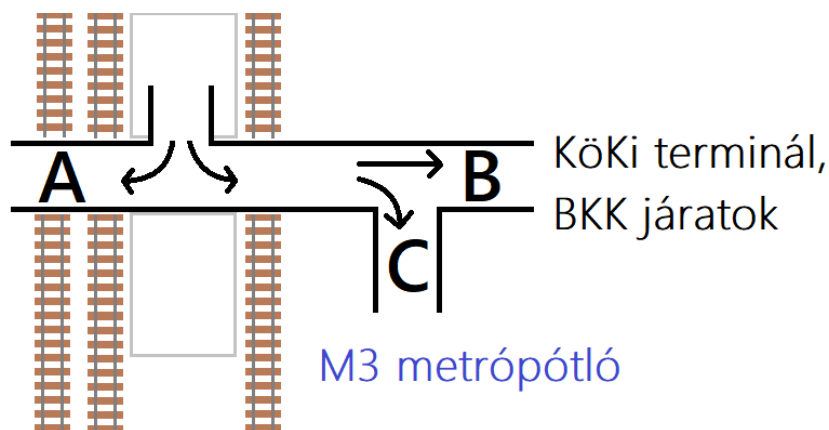


31. ábra. Leszállók megoszlása abban az esetben, ha a viszonylatok kizárólag a metró útvonalán közlekednének

Helyszíni utasszámlálás

Annak érdekében, hogy meggyőződjek a vasútvonalról a metróra átszállók arányáról, 2 reggel is helyszíni utasszámlálást végeztem Kőbánya-Kispest vasútállomás területén egy fős segítség kíséretében. Két pont adódott, ahol a tömeg két irányba oszlott. Az egyik, ahol feljöttek az állomási vágányoktól, a másik, ahol a metrópótló buszok lépcsője volt. (32. ábra)

A számlálások eredményeként bebizonyosodott, hogy a vonatról leszálló utasoknak közel 50%-a a metróval közlekedik tovább Kőbánya-Kispest állomáson. A 7:08-as S21-es vonat esetén ez az érték meglehetősen kevesebb, azonban az a vonat csak Ócsáról betétjáratként közlekedik, és KöKi a végállomása. Ebben az esetben az A irányba közlekedő utasok a legközelebbi Nyugati pályaudvar irányába közlekedő vonatra szálltak át.



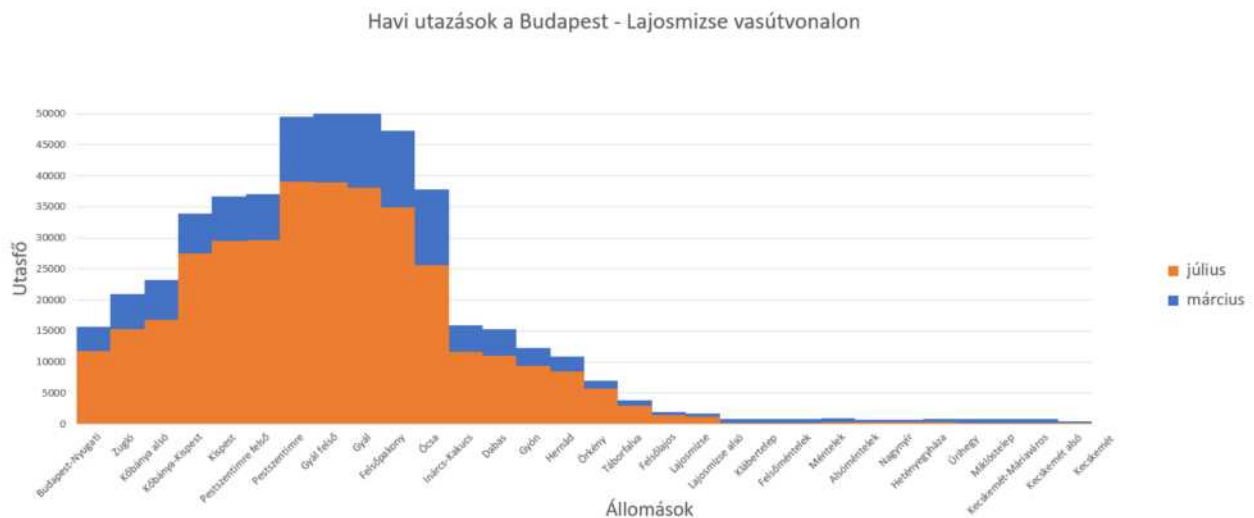
32. ábra. KöKi vázlatos rajza a főbb utasszámlálási irányok feltüntetésével

5.2.3. Menetrendi javaslatok ismertetése

Mivel a projekt fő célja, hogy az agglomerációs terület kötöttpályás közlekedési rendszerét vonzóvá tegyük, ezért egy kedvező menetrend kialakításával kezdtem a tervezési folyamatot. Az utazási igények meghatározásához a PTV Visum programját használtam fel, amiben különböző menetrendi változatokon futtattam le szimulációkat. A szimulációs eredményeket felhasználva tudtam arra következtetni, hogy meddig van értelme növelni a járatszámokat a Lajosmizsei vonal esetében. A vizsgálatok során öt menetrend változatot dolgoztam ki, amelyek egyre sűrűbb követés mellett egyre magasabb szolgáltatási szintet biztosítanak.

A vasúti és az egyéb tömegközlekedési módok járműveivel kapcsolatban is elmondható, hogy a legkedvezőbb és a leginkább gazdaságos, ha minél többet mozgásban vannak. Általában a járműgyártó cégek is előre meghatározott napi futásteljesítmény alapján tervezik meg a jármű karbantartási ciklusrendjét. A későbbiekben a lehetséges alváltozatok kiválasztásánál az is szempont volt, hogy azok a járművek, amelyek a csúcsidőszakot lefutották, és még nincs meg a napi előírt futásteljesítményük, azok mennyire praktikusan alkalmazhatóak a metróüzemen belül, vagy akár más vasútvonalak kiszolgálásában.

A munkám során a MÁV-Start Zrt. által nyújtott havi jegyértékesítésből származó ún. viszonylatmátrix adatokat is felhasználtam. A szolgáltatott adatok nagy segítséget nyújtottak a kutatásom során megtalálni azt az állomást, ahonnan a betétjáratok kialakítása a leginkább célszerű.



33. ábra. MÁV-Start Zrt. jegyértékesítésből származó adatai (2019)

Kezdetben a betétjáratokat csak Budapest közigazgatási határig közlekedtettem, majd megjelentek az ócsai betétjáratok. Ócsa az a település, ahol jelentős utaslépcső látható, az utasok több mint 50%-a ezen az állomáson száll le. Logikus lenne, hogy a betétjáratok végállomás Ócsa legyen, erre mutat majd példát a III. menetrendi javaslat. Azonban a kedvező utazási feltételek megteremtéséhez azt az

állomást kell választani fordulóállomásnak, ahol az utasok 33%-as száll le. Jelen tekinteten ez Hernád és Örkény könyékére adódik, azonban a költségek visszafogása érdekében Dabast jelöltem ki az utolsó két változat fordulóállomásának, de ebben az esetben is egyes szerelvények csak Inárcs-Kakucs állomásig közlekednek.

Közös menetrendi elemek

Minden menetrendi javaslat alap vázát a Budapest és Lajosmizse között fél óránként közlekedő viszonylatok adják.

A kezdeti menetrendi javaslatok során ezek a viszonylatok kizárólag hagyományos vasúti szerelvényekből állnak, majd a IV. javaslat esetén már ezen viszonylatoknak csak a felét adják, legvégül pedig kizárólag a hibrid szerelvények. Véleményem szerint a fél órás követés a minimum elvárások közé tartozik egy korszerű infrastruktúra fejlesztés után Budapest elővárosában.

Egyes javaslatok esetén, ahol a sűrítés kizárólag nagyvasúti üzem segítségével történik, a fél óránként érkező vonatoknak be kellene férniük a Nyugati pályaudvar és KöKi között fellépő szűk keresztmetszetbe. Azonban, hasonlóan a mostani helyzethez, problémába fogunk ütközni a Kőbánya-Kispest - Nyugati vonalszakasz csúcsidőszak alatti telítettsége miatt. Ebben az esetben az egyik lehetséges megoldás, hogy a csúcsidőszak alatt minden második szerelvény csak Kőbánya-Kispest vasútállomásig közlekedik, és itt az utazóközönség továbbutazási igény esetén átszáll egyéb Nyugati pályaudvar felé közlekedő vonatra. Ehelyett a megoldás helyett az én javaslatom az lenne, hogy a csúcsidőszak alkalmával a Nyugati pályaudvarra be nem férő vonatok szerelvényei közlekedjenek tovább Kelenföld vasútállomás irányába a déli körvasúton keresztül, ezzel sűrítve a reggeli G43-as és S36-os viszonylatokat. A Déli körvasúti vonal évről évre nagyobb szerepet kap a személyszállítás tekintetében. Jelenleg is folyik a vonalon az Összekötő vasúti híd fejlesztése, amihez a későbbiekben új megállók létesítése is társulni fog.

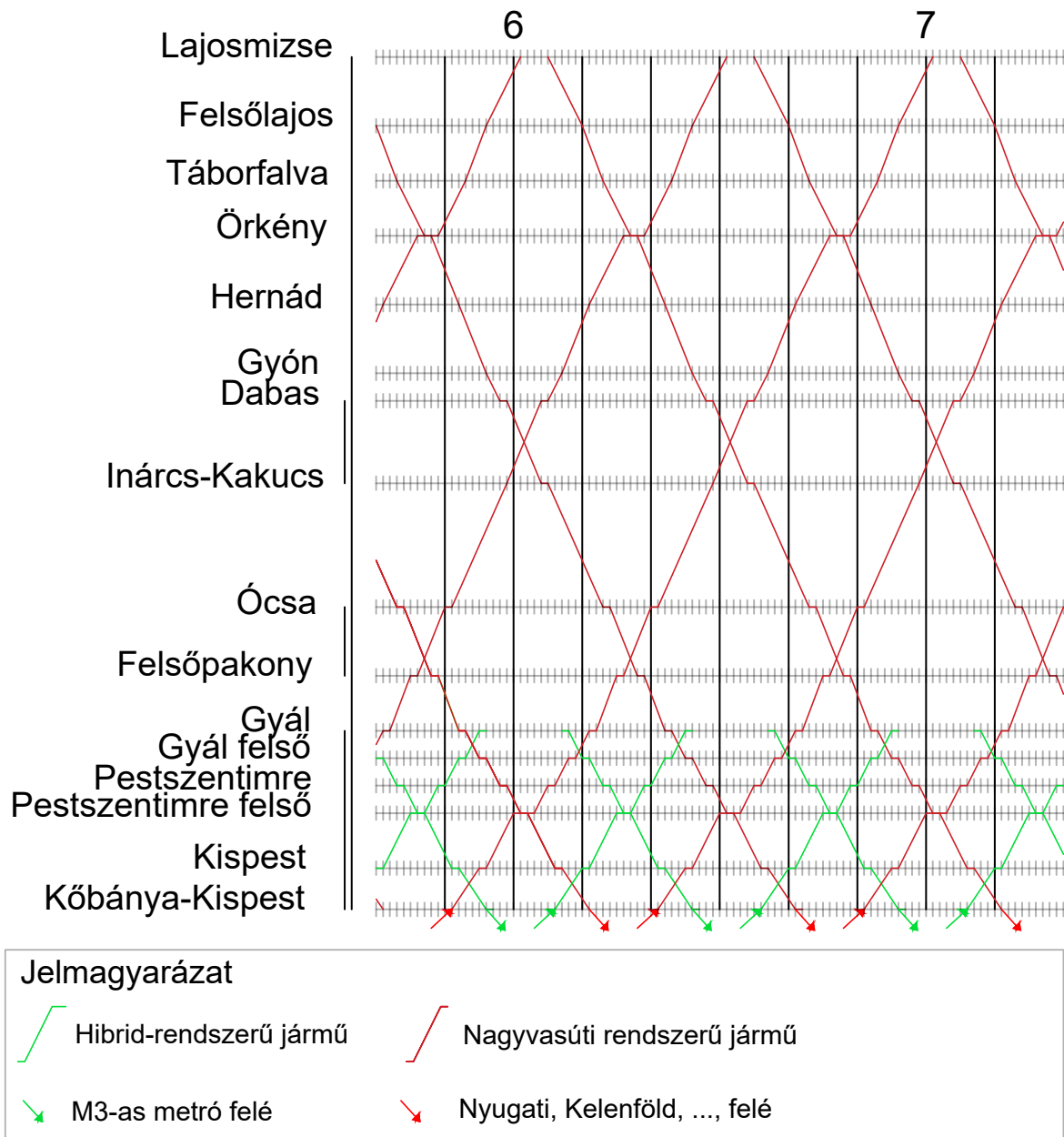
5.2.3.1. Menetrendszerkesztés alkalmazott módszertana

A vasútvonal leromlott állapota miatt az átjárható üzem kialakításához a teljes vasútvonal rekonstrukciója is hozzátartozik. A felújítás pedig magával vonja a menetidő csökkenését is. Jelen esetben, a leromlott pályaállapotoknak köszönhetően, a fejlesztés hatására a menetidő akár a felére is csökkenhet. Ahhoz, hogy az új vasútvonalra menetrendet tudjak szerkeszteni, ki kellett számolnom az új menetidőket. A vasútvonal tervezési sebességét 100 km/h-ban határoztam meg, amit a városi szakaszon 80 km/h-ra korlátoztam le. A vasútvonal Budapestet elhagyva az Alföld területén fut, így nincsenek a vonalvezetésben jelentősebb emelkedők.

A menetidő meghatározásához két állomás között a mai modern járművek megadott névleges gyorsulási és lassulási értékeit használtam fel, amit egységesen $1,1 \text{ m/s}^2$ -nek vettem fel. Ezzel

meghatároztam, hogy mekkora távolság alatt éri el a jármű az engedélyezett sebességet, megállás esetén pedig mekkora út szükséges a megállásához a megengedett sebességről. Két megálló távolságából kivontam ezt gyorsulási és a lassítási hosszokat, a fennmaradó távolságon pedig úgy vettem, hogy a jármű egyenletes mozgást végez.

5.2.3.2. I. menetrendi javaslat - Gyáli metróüzem



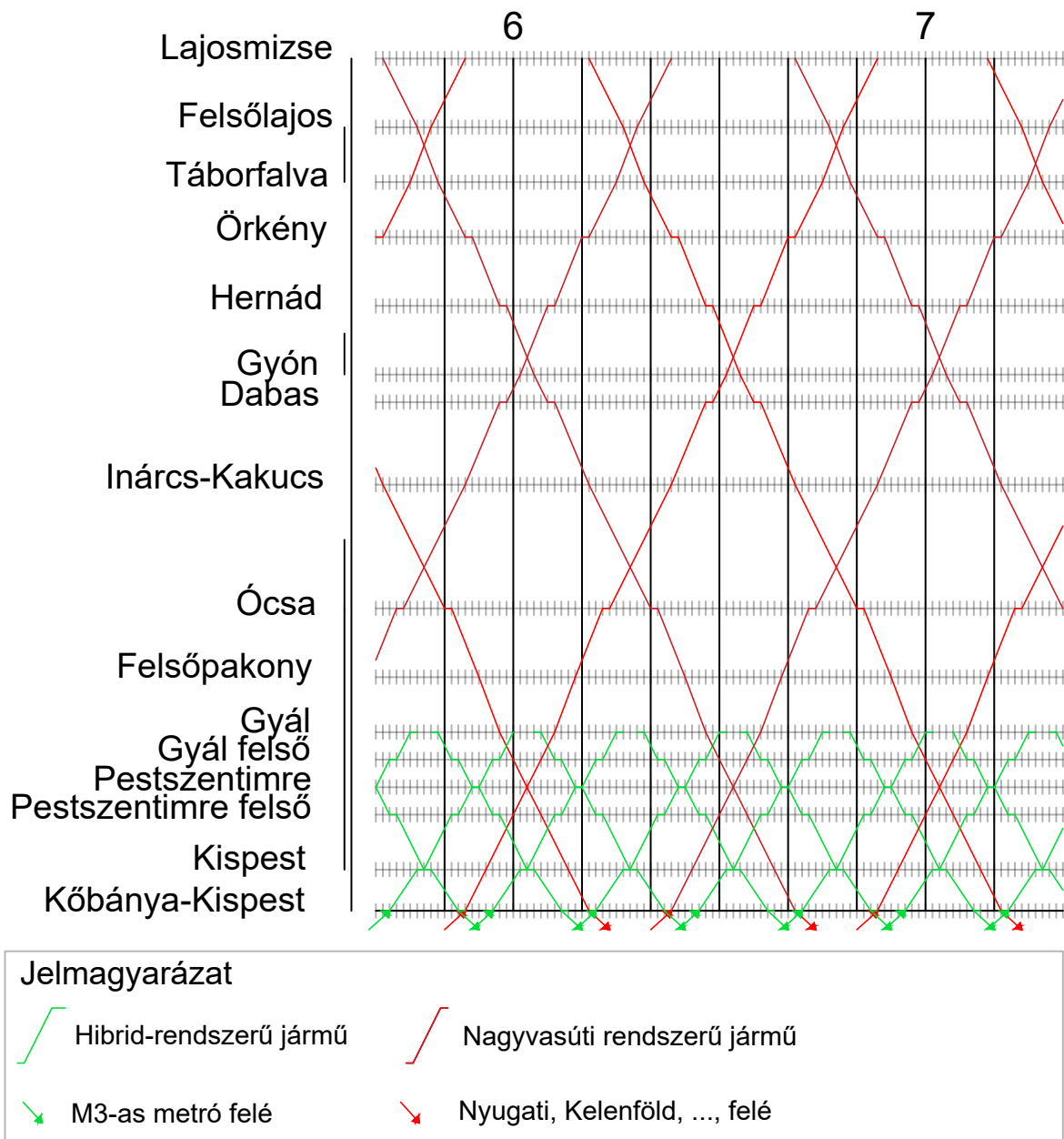
34. ábra. Az I. menetrendi javaslat csúcsidei menetrendábrája

Az I. menetrendi javaslat célja kizárólag az, hogy valóban minden műszaki megoldás bemutatásra kerüljön. A későbbiekben látható lesz, hogy kimondottan kedvezőtlen ez a megoldás, illetve a jövőbeli fejlesztési lehetőségei sem túl kielégítőek. A menetrend az alap lajosmizsei viszonylatokon kívül a

metró által sűrítésre kerül, egy a nagyvasúttól független, párhuzamos vágányon.

A menetrendi javaslat hátrányaként említhető meg, hogy a 15 perces követés miatt pont Kispest és Kőbánya-Kispest állomások közé adódik egy vonattalálkozás, emiatt muszáj annak a szakasznak is kétvágányúnak lennie az 5.3.-as fejezetben ismerttetendő műszaki eltérések következtében. Lajosmizsén a vonatok fordulása kimondottan kedvezőtlen, a forduló szerelvényeknek 1 óránál is hosszabb fordulódő alakult ki.

5.2.3.3. II. menetrendi javaslat - Gyáli zónázó rendszer



35. ábra. A II. menetrendi javaslat csúcsidei menetrendábrája

A II. menetrendi javaslat célja az volt, hogy bemutassam milyen lehetőségek vannak zónázó rendszer létrehozására a vizsgált vonal esetében. Ezt a megoldást ötvöztem hibrid rendszerű jármű-

vek közlekedtetésével Gyál állomásig, ahol hasonlóan az I. javaslatához, egy fordulóállomás került kialakításra.

A Google Form felmérések alapján kimutatható, hogy a Budapesti céllal rendelkező utazóközönség csupán 5%-a száll le Gyál és Kőbánya-Kispest vasútállomások között, ezért a II. menetrendi javaslat során, a távolsági utazóközönségnek kedvezve Budapest külső szakaszán zónázó viszonylatot alakítottam ki Gyál és KöKi állomások között.

A menetrend szerkesztése során a reggeli csúcs alkalmával nem volt lehetőségem az ütemes menetrend elveit követni a KöKi és Kispest közötti szűk egyvágányú keresztmetszet miatt.

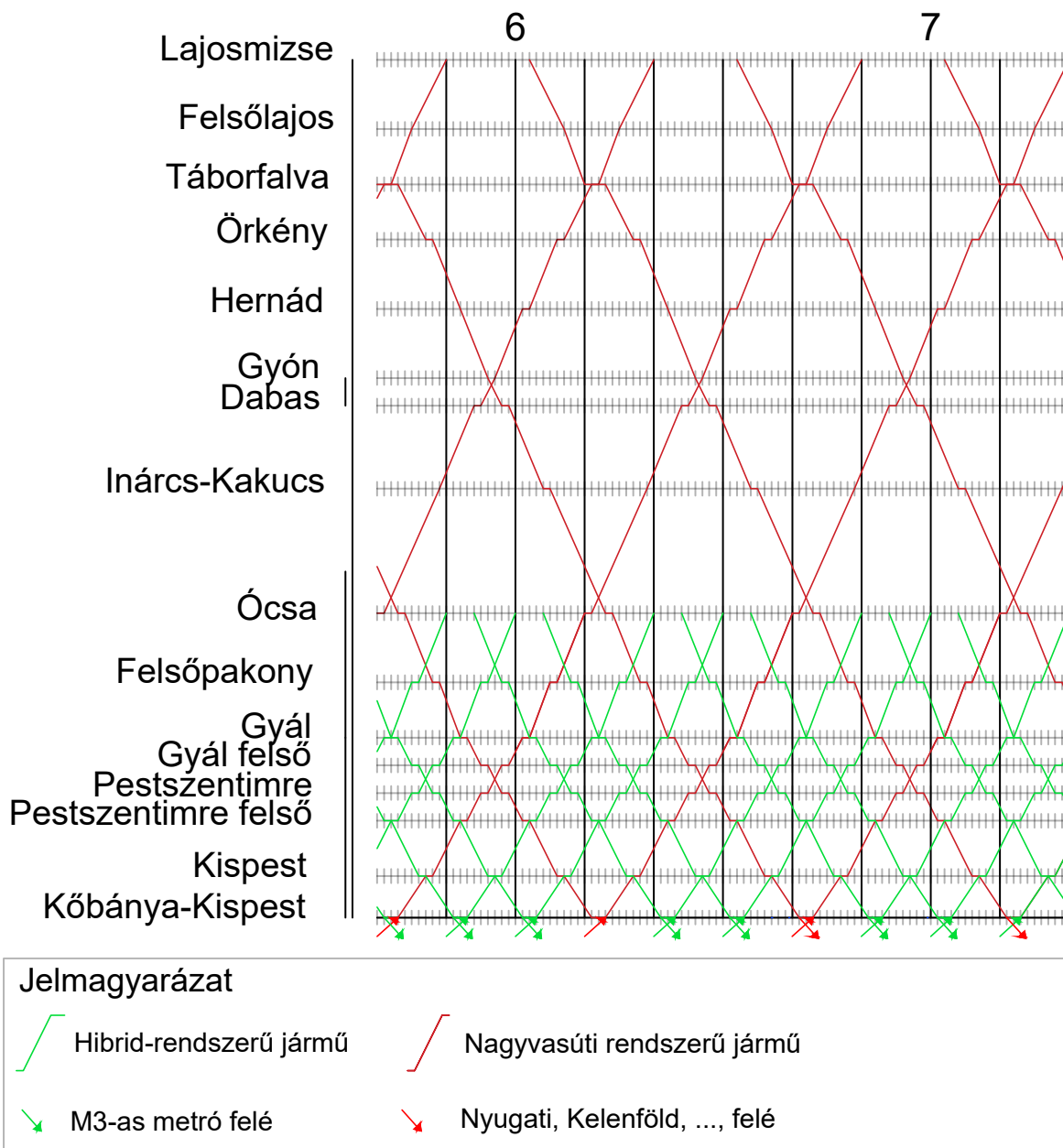
A zónázó rendszer Gyál állomástól történő bevezetése időben nem nyújt jelentősen kedvezőbb szolgáltatást, a változat esetén az extra peronokat hivatott kiváltani. Amennyiben Ócsa lenne a zónahatár, ott már 7-8 perc takarítható meg Kőbánya-Kispest állomásig.

5.2.3.4. III. menetrendi javaslat - Ócsai 10 perces járatsűrítés

A menetrendi javaslatok betétjáratainak a végállomása ettől a javaslattól kezdve Ócsa, amely a MÁV-Start által szolgáltatott utazási adatok alapján a vasútvonal a legkiemelkedőbb utaslépcsővel rendelkező állomása.

Amennyiben zónázó rendszer nélkül szeretnénk olyan menetrendet megalkotni, ahol a viszonylatok egyenletesen követik egymást, mindenképpen szükség van a két vágány biztosítására KöKi és Kispest állomások között. Ez esetben módosítani szükséges az eddigiekben fixnek vett Lajosmizsei vonatokat is, annak érdekében, hogy normális fordulódők alakuljanak ki Lajosmizse állomáson. Ez esetben újabb kétvágányú pálya szükséges egy újabb szakaszon, Dabas és Gyón között. Ócsa és Inárcs-Kakucs állomások között 3 km-es szakaszon lenne szükség további kétvágányú szakaszra.

A II. javaslattal ellentétben itt már a kétvágányú pályaszakasznak köszönhetően lehetőség adódott ütemes menetrend kiszerkesztésére.



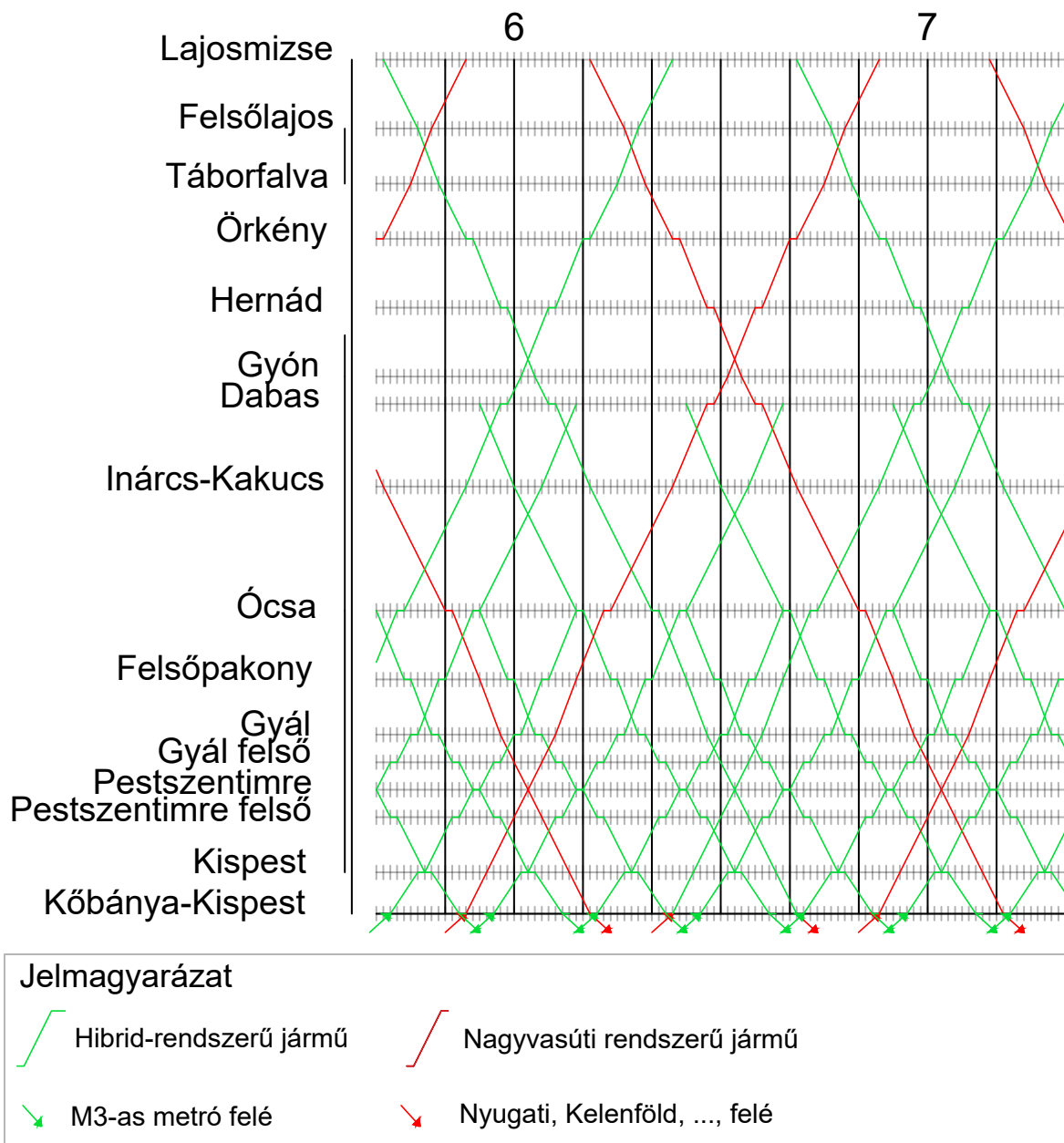
36. ábra. A III. menetrendi javaslat csúcsidei menetrendábrája

5.2.3.5. IV. menetrendi javaslat - hibrid és nagyvasúti üzemű zónázó viszonylat

A menetrend keretein belül megvalósul a zónázó rendszer a II. menetrendi javaslatban említettek szerint. Ebben az esetben akár 10 perc is megtakarítható Ócsa és Kőbánya-Kispest állomások között.

A menetrend ábráján látható, hogy a hibrid járművek már a vonal teljes hosszában közlekednek, ezzel kiváltva a fél órás ütemben közlekedő vonatpárok egyikét.

Minden második Ócsa állomásig közlekedő betétjárat a csúcsidőszak alkalmával Dabas állomásig közlekedik, ezt az utazóközönség és a fordulóidők kedvező kialakítása is indokolja.

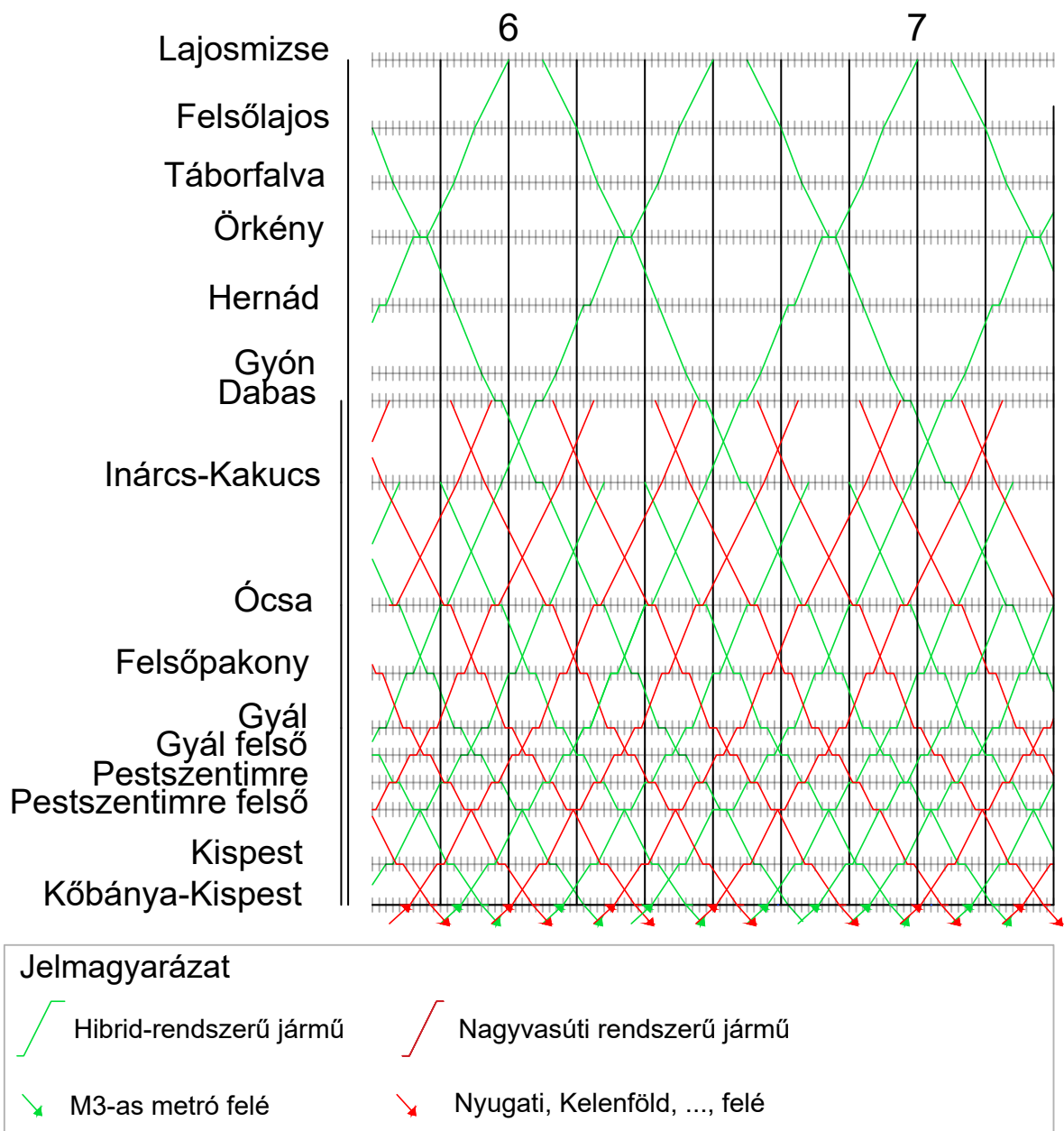


37. ábra. A IV. menetrendi javaslat csúcsidei menetrendábrája

5.2.3.6. V. menetrendi javaslat - Ócsai 7,5 perces járatsűrítés

Az V. menetrendi javaslat esetén a Lajosmizséig közlekedő viszonylatokat kizárólag a hibrid járművek szolgálják ki. Inárcs-Kakucs állomásig óránként 2 hibrid betétjárat fordul, aminek köszönhetően a belváros 15 percnél elérhető a térségből.

Ennek köszönhetően az ábrán pirossal jelölt nagyvasúti betétjáratok erősíthetik a gyűri irányú közlekedési folyosókat. A viszonylat kiválóan megfelel a Martonvásár és Kőbánya-Kispest között közlekedő G43-as vonat meghosszabbításaként. További lehetőségként akár egy Vác vagy Piliscsaba állomásig közlekedő viszonylat is felmerülhet. A nagyvasúti betétjáratok részére Dabas állomáson került fordulóvágány kialakításra.



38. ábra. Az V. menetrendi javaslat csúcsidei menetrendábrája

A sűrű követés eredményeképpen Inárcs-Kakucs és Kőbánya-Kispest állomások között 7,5 percenként követik egymást a szerelvények.

Lajosmizse esetén a szerelvények fordulása 5 percre adódik, ami a hibrid rendszerű jármű választása mellett megoldható, viszont egy Flirt motorvonat esetén kevésnek számítana. A dabasi fordulás kiserkesztésénél ezeket figyelembe vettem, 9 perc elegendő egy Flirt motorvonat fordulásához.

Egy tekintetben mégis kedvezőtlen a javaslat, ugyanis az Ócsáig közlekedő hibrid betétjáratok kénytelenek 25 percet tartózkodni a fordulóállomáson. Erre megoldás lehet, hogy a fordulási pontot ebben az esetben kitoljuk Inárcs-Kakucs állomásig, így lerövidítve a fordulóidőt. Ebben az esetben viszont új kétvágányú szakasz betervezése szükséges Ócsa és Inárcs-Kakucs állomások közé is.

5.3. Az átjárhatóság műszaki/üzemi feltételeinek vizsgálata

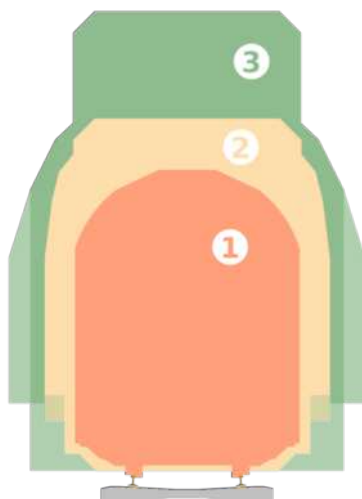
A műszaki megoldások kiválasztása terén, az eltérő utasítások és előírások következtében, minden megoldás kiválasztásánál el kell dönteni a jelenlegi szabályozások hatáskörét, és amennyiben ez nem lehetséges, új szabályozás megalkotását kell előterjeszteni. Nem tartom célravezetőnek, ha egy fejlesztési koncepciót a jelenlegi szabályozások alapján tekintünk elvetendőnek, holott esetleg a világ más hasonló helyi adottságú részein sikerrel alkalmazzák őket.

A két rendszer közötti átjárhatóságot a két alrendszer irányából, a pályainfrastruktúra és a járművek illesztése szempontjából vizsgáltam meg, majd foglalkoztam ezen megoldások együttes alkalmazásával is.

Első esetben csak tisztán a pályainfrastruktúra igazításával foglalkoztam, miszerint az egyik vasútüzem infrastruktúráját oly mértékig alakítjuk át, hogy a másik vasútüzem járművei azt bármilyen beavatkozás nélkül tudják használni. A másik esetben a közlekedő jármű igazítását vizsgáltam, hogy a jelenleg közlekedő járművek kisebb átalakításokkal, vagy esetleg átalakítás nélkül képesek-e használni mindkét vasút infrastruktúráját vagy pedig egy teljesen új jármű szükséges.

A harmadik eset, amikor mindkét alrendszer igazításával egy közös megoldást hozunk létre. Az esetek közös megoldásait csak egyszer ismertetem a konkrét alkalmazási példák bemutatásakor.

Mielőtt bemutatnám a lehetséges műszaki megoldásokat, szeretnék előzetesen néhány alapfogalmat ismertetni. (39.ábra)



39. ábra. Az OVSZ I. által meghatározott szabadon tartandó tér, úrszelvény és rakszelvény egymásra vetített képe [53]

- *A szabadon tartandó tér fogalma:* (1) A vágánymenti építmények elhelyezésekor figyelembe veendő szelvényméret

- Az *úrszelvény* fogalma: (2) Az úrszelvény a vágány mentén a vasúti járművek és a rajtuk lévő rakományok akadálytalan áthaladásához szükséges tér vágánytengelyre merőleges, ívben fekvő vágányoknál - sugárirányú keresztmetszete. Az úrszelvénybe, illetve a szabadon tartandó térbe semmiféle tárgynak, vagy létesítménynek benyúlnia nem szabad.
- A *rakszelvény* (járműszerkesztési szelvény) fogalma: (3) A rakszelvény, vagy járműszerkesztési szelvény azt a keresztmetszeti szelvényt jelenti, amelyet a jármű és annak rakománya elfoglalhat, kitölthet. A jármű, vagy a rakomány részei legfeljebb a rakszelvény által meghatározott határvonalig nyúlhat.

5.3.1. Műszaki megoldás javaslatok I. - A pályainfrastruktúra illesztésének lehetőségei

Ebben az esetben kizárólag a pályoldalal infrastruktúra elemek módosításával biztosítjuk a kölcsönös átjárhatóságot, ami azt jelenti, hogy a jelenleg közlekedő járműveknek szerkezeti módosítás nélkül alkalmasnak kell lenniük a vasúti üzemek közötti átjárásra. Amennyiben ez nem lehetséges, ott külön ismertetem a járműoldali egyedi elvárásokat.

A.) A metró pályainfrastruktúra illesztése a nagyvasúti üzem járműveihez

A budapesti metró esetén a körszelvényű alagút belső átmérője szabja meg a legszűkebb korlátot, a nagyvasúti járművek mérete, és ezzel együtt az úrszelvényük is lényegesen nagyobb kiterjedésű. (40.ábra)

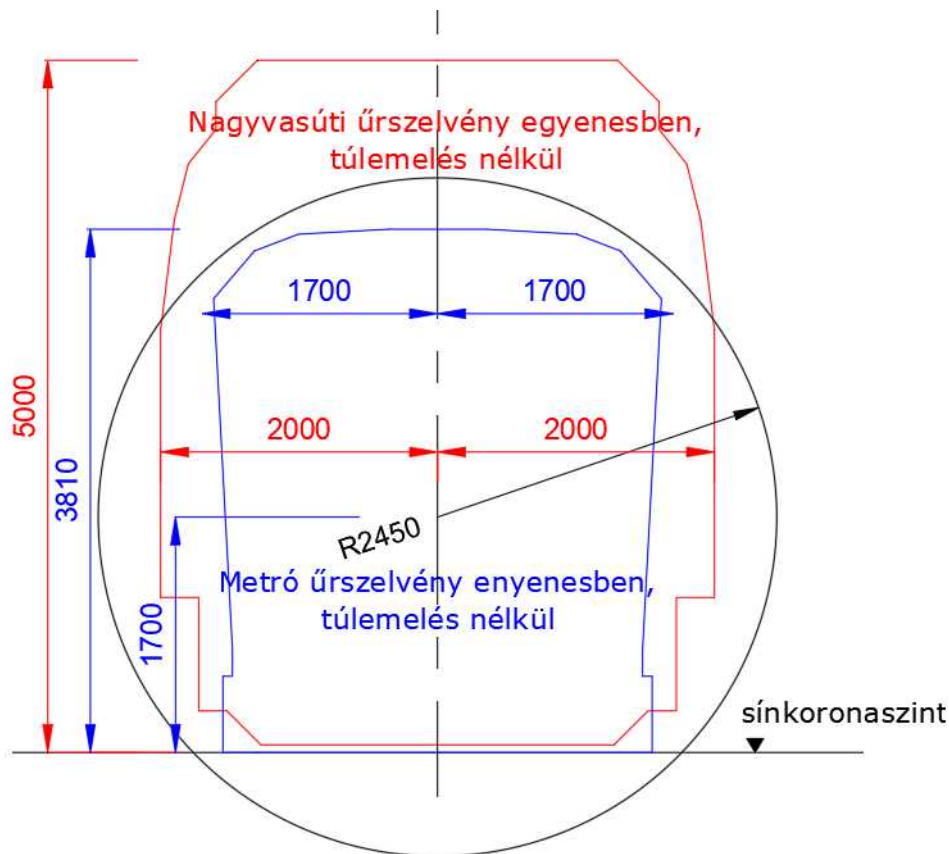
A vizsgált befogadó méretek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a budapesti metró mélyvezetésű alagútjai alkalmatlanok nagyvasúti járművek közlekedésére, ezért ez a megoldás már a vizsgálat elején elvetésre került, ez a lehetőség csak jelentős költségek árán valósulhatna meg, egy új alagút fúrásával.

B.) A nagyvasúti pályainfrastruktúra illesztése a metró üzem járműveihez

Ebben az esetben a kialakított infrastruktúrának meg kell felelnie a metróüzem sajátosságainak. Legszigorúbb értelemben véve olyan mértékig kell átalakítani a vasúti infrastruktúrát, hogy a jelenleg a metróban közlekedő járművek számára is alkalmassá tegyük, Az alábbiakban a lehetséges műszaki megoldásokat ismertetem:

1. Úrszelvény, peronok elhelyezkedése

A peronok az úrszelvény vertikális értelemben vett kritikus pontjai. Abban az esetben, ha a metró üzemhez alkalmazkodó járműveket szeretnénk közlekedtetni a vasúti infrastruktúrán a megállóhelyeken ki kell alakítani az üzem sajátosságainak megfelelő, maximum 120m hosszúságú Sk+110 cm magasperont. A metróüzem magasperonjaiba azonban belemetsz a nagyvasúti



40. ábra. A budapesti föld alatti gyorsvasút (Metró) és a vasúti űrszelvény egymáshoz viszonyított méretei (M2, M3)

jármű járműszerkesztési szelvénye, aminek következtében ha egy vágányra metró üzem szerinti magasperont alakítunk ki, azon többé vasúti jármű nem közlekedhet.

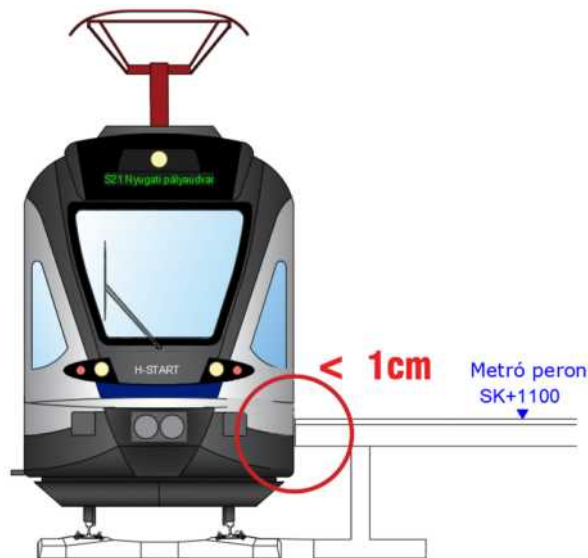
A nagyvasúti jármű és a metró peronjának egybelógását a 41. ábra szemlélteti.

Amennyiben mindkét vasútüzem szeretné használni ugyanazt a vasúti pályát, egyéb műszaki megoldásokkal alkalmassá kell tenni a peron által határolt vágányszakaszokat. Abban a tekintetben szerencsésnek tekinthető a helyzet, hogy csak az állomás vagy megállóhely hosszában szükséges valamilyen mértékű beavatkozás, ahol az utasperonok találhatóak.

A peron kialakításának lehetséges változatai

(a) Peronkialakítás vágányfonódással

Vágányfonódásról akkor beszélhetünk, ha két egymással párhuzamos vágány űrszelvényei egymásba nyúlnak. A vasutak csak különleges esetekben alkalmazzák ezt a megoldást, mivel hiába áll rendelkezésre mindkét vágány, egyszerre egy időben csak egy szerelvény közlekedhet rajtuk. Emiatt csak indokolt esetekben kizárólag szűk keresztmetszet esetén (pl.: híd, alagút), illetve eltérő nyomtávolságú vágányok közös nyomon vezetett szakaszain alkalmazzák.



41. ábra. Stadler Flirt nagyvasúti motorvonat és az sk+110 cm magas metróperon kritikus keresztmetszeti elrendezése (alig kevesebb mint 1 cm hézag található a peron és a jármű között)

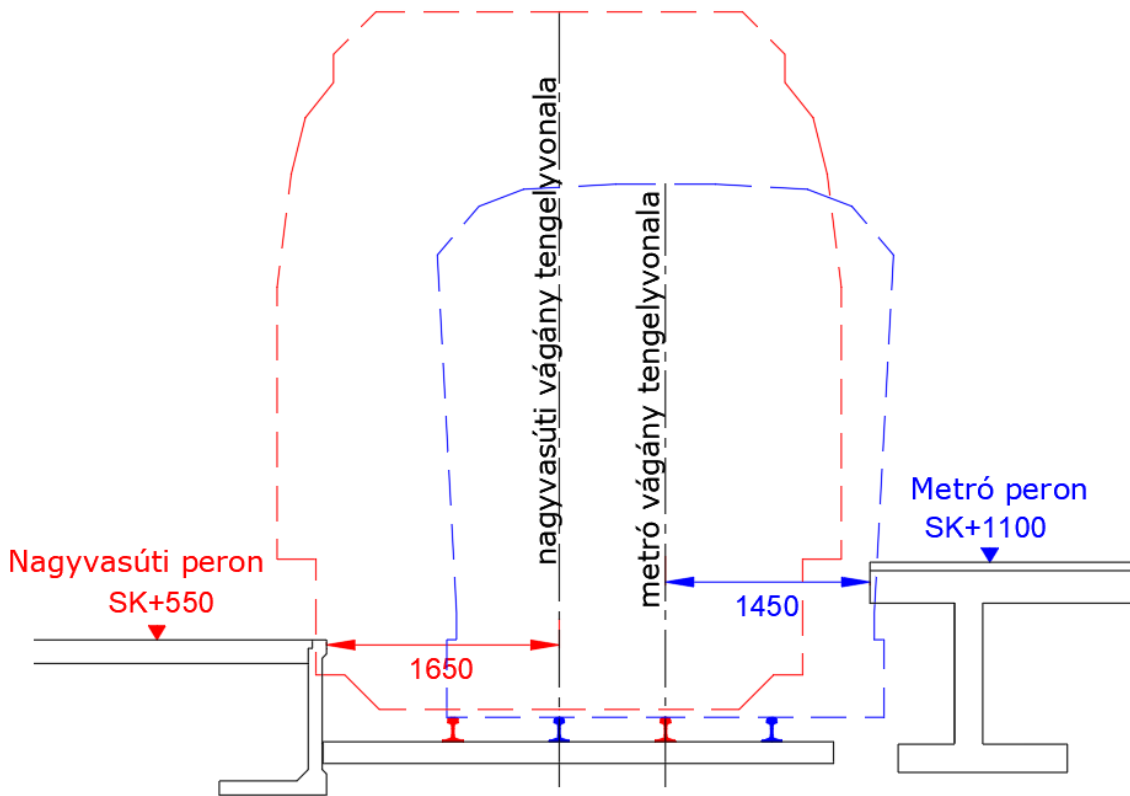


42. ábra. Vágányfonódással kialakított peron a New Jersey Transit egyik állomásán [17] (balra); Hármass fonódással kialakított peron a Kasseli Tram train vonalán [16] (jobbra)

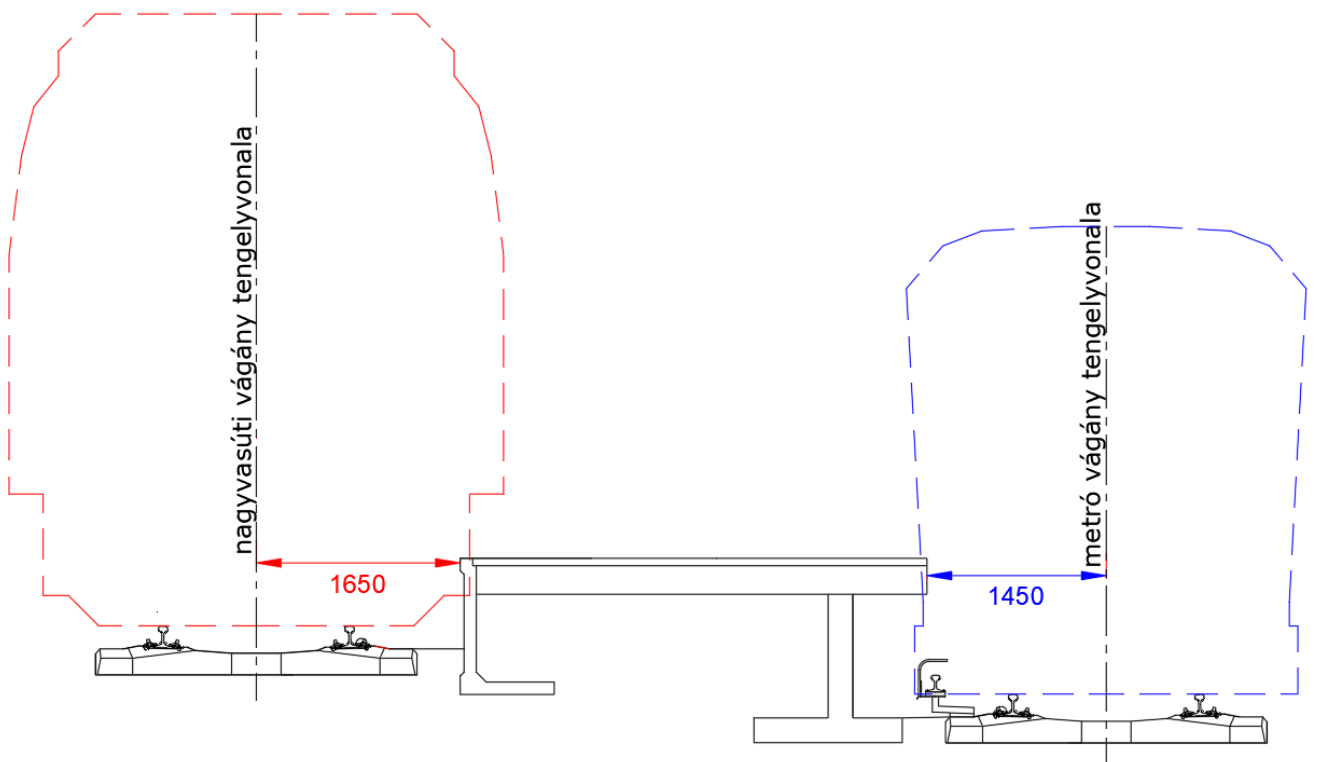
Az Egyesült Államok egyes elővárosi vasútvonalain, ahol egyaránt folyik intenzív teher- és személyforgalom és az ott közlekedő személyvonatok magasperont igényelnek, előszeretettel alkalmazzák a peronos vágány vágánytengelyének eltolását fonódással oly mértékig, hogy a tehervonatok számára a szükséges úrszelvény biztosítható legyen. (42. ábra)

A vágányfonódás számos formája közül a jelenlegi helyzetben a legkedvezőbb kialakítást a 43. ábra szemlélteti, ahol a két megoldást kombinálva az egyik vágány mellé a metró peronja a másik vágány mellé a nagyvasúti jármű peronja kerülne.

Nagyvasúti űrszelvény egyenesben,
túlemelés nélkül



43. ábra. A két vágány fonódásának egyik lehetősége egymással szemben lévő peronokkal



44. ábra. Peronkialakítás a peron két oldalán eltérő magasságokkal

A két vágány vágánytengelyének egymáshoz képesti elhúzását ebben az esetben olyan mértékűnek kell megválasztani, hogy az egyik vágányon közlekedő szerelvény járműszerkezési szelvénye ne metsszen bele a másik vágány peronjába. Ebben az esetben a metró peronja a kritikus pont, amitől megfelelő távolságban kell elhúzni a nagyvasúti vágány tengelyvonalát.

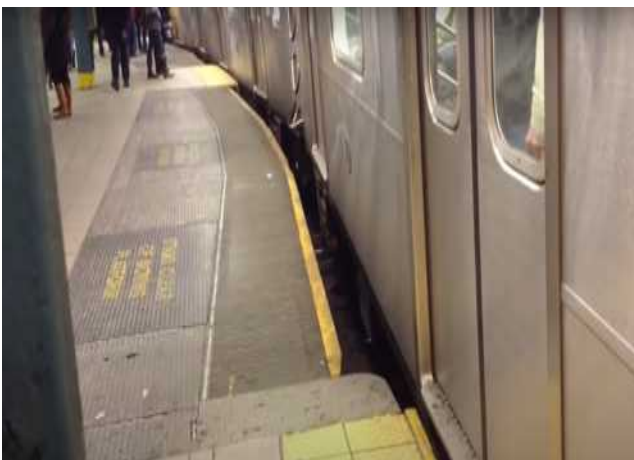
Amennyiben a későbbiekben ez a megoldás kerül alkalmazásra nem szabad megfeledkezni arról, hogy ezt a különleges kitérőt a magyarországi jogszabályoknak megfelelően betervezés előtt először engedélyeztetni szükséges.

(b) Peronkialakítás két oldalon eltérő peronmagassággal

Ezt a megoldást első sorban állomások esetén érdemes alkalmazni, ahol a metró és a nagyvasúti szerelvények mindig a számukra megfelelő vágányra érkeznek, így a vonatkereszt könnyedén lebonyolítható eltérő üzemű vonatok találkozása esetén is. Ha az állomáson azonos üzemű szerelvények keresztezése is be van tervezve, akkor szükséges legalább kétperonos vágány azonos kialakítással. (44. ábra)

(c) Peronkialakítás "peronhézag" kitöltéssel

Magyarországon, sőt Európában is igen ritka megoldások egyike, amikor az átlépési távolságot nem a járműből kinyíló lépcső, hanem a peron segítségével igazítjuk. Erre első sorban íves kialakítású állomásokon van szükség, ahol szintbeli beszállást szeretnénk biztosítani, viszont a jármű lépcsője nem teszi lehetővé a biztonságos beszállást a járműbe. Ez a probléma kifejezetten hosszú forgócsap távolságú járműveknél következik be, ahol a kocsiszekrény közepén is található ajtó (pl. londoni metró Bank állomás). (46. ábra)



(a) A peron a jármű érkezésekor



(b) A peron a jármű megállása után

45. ábra. Peronkitöltő elem a New Yorki metró South Ferry állomásán.

Különösen veszélyes helyek esetében ezért alkalmazzák a különféle megoldással működő "peron kitöltő elemeket", amik a szerelvény beérkeztével igazodnak a jármű kialakításához. (45. ábra)



46. ábra. Átlépési hézag a londoni metróban a híres "Mind the Gap" felirattal [34]

Az eddigi példák inkább csak metró üzemekre vonatkoztak, viszont kutatásom során az Egyesült Államokban sikeresen találtam nagyvasútnál alkalmazott megoldásokat is. Ezt a módszert olyan vasútvonalak esetén alkalmazzák, ahol egyaránt van teher- és személyforgalom is. (47. ábra) A képen látható, hogy a magasított peron hossza csupán csak pár méter, amely szakaszt az USA-ban használatos két peronmagasságra alkalmas járművekkel szolgálják ki, (50. ábra) ezzel minden szerelvény első kocsija esetén biztosítják a szintbeli beszállás lehetőségét.

(d) **Peronkialakítás peron-eltolással**

Egy vasúti pálya rekonstrukciója során sok esetben alapvetően is szűk szabályozási szélesség áll rendelkezésre, így egy állomás átépítés alkalmával nem ritka a környező telkek kisajátítása. Hosszirányban általában mindig több hely áll rendelkezésre, ezért célszerű és praktikus megoldásnak tűnik a peronok egymáshoz képesti eltolása a vágány mentén.

Ilyen megoldást alkalmaztak a Stuttgarter városi gyorsvasúti üzemében is. Stuttgart fokozatosan vonta ki a forgalomból a régi, keskeny nyomtávolságú, hagyományos villamos járműveket, illetve ezzel párhuzamosan építették át a hálózatot normál nyomtávolságúra,



47. ábra. A Massachusetts államban található West Natick állomás kísérleti peronja

esetenként fonódó vágányokat létrehozva. Folyamatosan álltak forgalomba a modern magaspadlós, normál nyomtávolságú járművek, és ezalatt az időszak alatt, a közös használatú szakaszokon mindkét járműnek rendelkezésre állt a megfelelő peronmagasság. A folyamatosan átalakuló üzem napjainkra elkészült, a teljes vonalhálózaton kiépült a normál nyomtávú pálya és ezzel együtt a magasperon is. (48.ábra)

A nagyvasút és a metró esetében azonban a korábban már ismertettek alapján látható, hogy a metró peron esetén hasonlóan fellép az úrszelvény probléma.

Első lépésben a metró peronját a nagyvasúti úrszelvényen kívülre helyeztem. Ennek hatására a metró üzemű jármű csaknem 40-45 cm távolságra kerül a peron szélétől, így a szükséges átlépési távolság biztosítására az előző fejezetben bemutatott módszer kifejezetten jól alkalmazható. Hátránya, hogy a rendszer kiépítése minden felszíni megállóban, minden ajtóhoz költséges és fenntartásigényes.

A másik megoldás, hogy a jármű felszereltségének segítségével hidaljuk át a távolságot egy kinyúló rámpa segítségével, viszont ezt a műszaki megoldást majd csak a jármű illesztésének vizsgálatakor részletezem.



48. ábra. Hagymányos közúti vasúti szerelvény az alacsony peron mellett, és a modern városi gyorsvasúti szerelvény a magasperon mellett

2. Energiaellátás

A budapesti metró járműveinek igénye szerint szükséges a harmadik sín kiépítése a teljes tervezési szakasz hosszában. A jelenlegi metróüzem, szintbeli keresztezések nélküli vonalvezetése tekintetében kedvező a helyzet, ugyanis amíg a vasúti pálya civilek elől elzárt területen fut, nincs meg a veszélye annak, hogy valaki véletlenszerűen odatéved (akár egy útátjáró esetén), ezzel akár áramütésnek kitéve magát. Az áramütés lehetősége kivédhető érintésvédelmi burkolat kiépítésével, de ez viszonylag költséges megoldásnak tekinthető.

Abban az esetben, ha a felszíni szakaszokon a szintbeli keresztezéseket megengedjük, az útátjárókban a sínek könnyedén megszakíthatóak, akár csak a londoni metró, vagy a berlini S-Bahn" esetében. Ehhez a kialakításhoz azonban új járművek beszerzése szükséges, amelyek szilárdságilag fel vannak készítve közúti járművel való ütközésre.

A budapesti metrókban, hasonlóan a londoni harmadik sínes elővárosi vasúthoz, az alkalmazott áramszedő felső tapintású (szemben pl.: a berlini S-Bahn esetén alkalmazott alsó tapintású harmadik sínnel) így fokozottan megvan az áramütés veszélye még védőburkolat alkalmazása esetén is.

Itt szeretném felhívni a figyelmet a harmadik sín alkalmazásával kapcsolatos üzemi tapasztalatokra. A Brit Vasút Üzemeltető és Fejlesztő vállalat (Network Rail) jelenleg a legnagyobb harmadik sínes vasúti hálózatot üzemelteti a világon. A cég a saját weboldalán írja, hogy az 1920-as években alkalmaztak először harmadik síneket a metróban, mert olcsóbb és könnyeb-



49. ábra. Elővárosi vasúti pálya harmadik sínnel villamosítva London külvárosában. A képen látható, hogy a sínek közé helyezett akadályokkal próbálják visszatartani az illetéktelen pályáralépést.

ben alkalmazhatóbb volt a felsővezetéknel. Napjainkban már nem telepítenek harmadik sínes rendszereket, hiszen a sín viszonylag nagy elektromos ellenállása miatt sűrűn kell betáplálni, és a betáplálási pontok kiépítése- fenntartása is költséges. Továbbá a felszíni szakaszokon vezetve kifejezetten balesetveszélyes és egy esetleges árvíz esetén a víz könnyedén tudja zárni az áramkört. [20]

3. Szintbeli keresztezések

A budapesti gyorsvasút esetén a metró üzem sajátosságai közé tartozik a teljesen elszigetelt vonalvezetés. A közlekedő járművek ütközési szilárdsága is ennek megfelelően van kialakítva. A metró üzemének kiterjesztése esetén a teljes tervezési hosszon keresztül biztosítani kell a szintbeli keresztezések kiváltását, a pálya elszigetelését.

4. Biztosító- és vonatbefolyásoló berendezések

A metró és a nagyvasút biztosítóberendezései az üzemi jellegükből fakadóan jelentősen eltérnek egymástól.

A nagyvasút esetében a vonatok követése ritkább, és szerelvények sebessége valamint a hosszuk is eltér egymástól. A közlekedő vonatok összetétele vegyes, ugyanazt a pályát használják teher és személyvonatok egyaránt. Csak Budapest belső területén akad 1-2 kivételes vonalszakasz, ahol kizárólag személyszállító vonatok közlekednek. A magasabb szolgáltatási szinten üzemelő vonalak esetében az állomásközpök térközszakaszokra vannak bontva és jobbra kétvágányúak, ezzel növelve a vonal átbocsájtó képességét.

Ezzel szemben a metróüzem teljesen homogén, a szerelvények hossza és sebességük is közel azonos. A metró esetében a viszonylatok követése lényegesen sűrűbb is lehet a nagyvasút esetében megszokottnál.

Amennyiben a két rendszer összehangolása a cél, meg kell határozni az igényeket, és ez alapján kiépíteni a biztosítóberendezések speciális függőségeit. Minél sűrűbb vonatközlekedést szeretnénk elérni, a térközöknek is annál sűrűbben kell elhelyezkedniük.

5.3.2. Műszaki megoldás javaslatok II. - A jármű illesztésének lehetőségei

Ebben az esetben egy olyan járműkialakítás meghatározása a cél, amely képes alkalmazkodni az eredeti kötött vagy opcionálisan módosított infrastruktúra adottságaihoz. A két vasútüzem közötti átjárhatóság megteremtésére egy olyan járművet keresünk, ami kölcsönösen megfelel mindkét vasútüzem igényeinek.

1. Járműszerkezeti szelvény, padlómagasság

Űrszelvények tekintetében az eddigiekben ismertetett műszaki megoldások alapján látszik, hogy a metró alagútjának a befogadó méretei lesznek a mértékadóak a jármű kialakítása tekintetében.

A járművek hossza a metró peronjai miatt 120 m hosszban vannak korlátozva, ezen hossz mellett kéne a legnagyobb befogadóképességet biztosítani, még hozzá olyan üléselrendezéssel, hogy az ülőhely-állóhely aránya megfeleljen egy HÉV vagy egy nagyvasúti üzem követelményeinek.

A peronmagasságokat figyelembe véve szintén a metró peronjai fogják adni a kritikus magasságot. Itt alapvetően azt a kérdést kell megfontolni, hogy szeretnénk-e mindkét peron esetében szintbeli beszállást biztosítani, vagy a külső szakaszokon lemondunk a szintbeli beszállás lehetőségéről. Kutatások bebizonyították, hogy szintben lévő peronok esetén az utas csere akár kétszer gyorsabb is lehet szemben egy olyan kialakítással, ahol akár 50 cm szintkülönbséget kell lépcsőkkel áthidalni[50]. Így belátható, hogy a metró zavartalan üzemének és a gyors utas cserék lebonyolításához első sorban a belső szakaszokon mindenképpen szükséges a szintbeli beszállás lehetőségének a biztosítása.

Az egyik megoldás szerint a két eltérő magasságú peront ugyanaz az ajtó szolgálja ki, opcionálisan lenyitható lépcsők segítségével. A Budapesten is közlekedő TW6000 ún. „Hannoveri” villamosok ezen az elven működtek eredeti üzemelési helyükön.

A másik megoldás egy olyan szerelvény kialakítása, ahol mindkét peronmagassághoz külön ajtó tartozik. Ilyen szerelvények (50. ábra) közlekednek New Jersey elővárosi vonalain, amelyek a várostól távol eső, csak alacsony peronnal rendelkező megállókat a lépcsővel rendelkező ajtókkal szolgálja ki, a város belső területein lévő, magasperonnal ellátott megállókat pedig a lépcső nélküli, szintbeli beszállást biztosító ajtókkal biztosítják. A szerelvények hátránya, hogy az ajtók sok helyet foglalnak

el.



50. ábra. A Bombardier eltérő peronmagassághoz igazodó speciális járműve [36] (balra); A Stadler két peronmagasságra nyíló KISS motorvonata [44] (jobbra)

Ehhez a megoldáshoz társul egy különleges peronkialakítási mód is, amivel biztosítják a mozgáskorlátozottak szintbeli beszállásának a lehetőségét. Fontos kiemelni, hogy ennek a megoldásnak az alkalmazása esetén feltétlenül szükséges az infrastruktúra alakítása is, de jobbnak találtam együtt ismertetni az eredeti elképzeléssel. Azokon a vonalakon, ahol ezek a szerelvények közlekednek, elsősorban az alacsony peronnal rendelkező megállóokban, az első kocsi magasságában pár méter hosszban rámpás magasperon került kialakításra. Amikor a vonat megáll a megállóban, az első kocsi ajtaja a magasperonra nyílik, a többi kocsi ajtaja pedig az alacsony peronra, ezzel biztosítva a mozgáskorlátozottak szintbeli beszállását. A pályainfrastruktúra kialakításánál ismertetett felhajtható peronokat ezekhez a rövid peronokhoz fejlesztették ki. Ezek a különleges szerelvények keskenyebb járműszerkezési szelvényel rendelkeznek, ezért a magasperon közelebb kerül a vágánytengelyhez, így belemetsz a nagyvasúti járművek járműszerkezési szelvényébe. A városi gyorsvasúti hálózaton, ahol csak ezek a járművek közlekednek ez nem számít akadálnak, viszont az elővárosi szakaszokon, ahol vegyesen közlekednek személy- és tehervonatok, a szabad úrszelvény biztosítása érdekében vágányfonódás helyett ez a megoldás került kialakításra.

Az eltérő magasságú peronok kiszolgálására készülnek a Stadler új emeletes, két peronmagasságot kiszolgáló képes KISS motorvonatai a Kalifornia állambeli Caltrain megrendelésére. (50. ábra) Ezek a járművek, hasonlóan a Magyarországon közlekedő KISS motorvonatokhoz, nagy befogadóképességük mellett elegendő ajtóval rendelkeznek a fel- és leszállás zavartalan lebonyolítása érdekében. A jármű alsó szintje alacsonypadlós, így tudja biztosítani a szintbeli fel- és leszállást az alacsonyabb peronokra, a forgóvázak feletti rész pedig a magas peronszint magasságában fekszik, ezáltal tudja biztosítani a szintbeli beszállást a magas peron esetén. A két szintet rámpa köti össze, hasonló eséssel, mint a Flirt motorvonatok forgóváza esetén.

A hamarosan Szegeden közlekedő Stadler Citylink járművei is hasonló elven kerültek kialakításra.

A közös üzemre tervezett járművek tekintetében ez a "két külső szintű ajtós elrendezés" kedvező megoldást nyújt, viszont egyelőre még nincs hazai tapasztalat afelől, hogy az utazóközönség hogyan fogadná ezt a kialakítást. Ami viszont egyértelműen hátránya, hogy a jelentősen eltérő úrszelvények miatt a peronok belógása még mindig problémát jelent. Abban az esetben, ha a metró jármű méreteihez igazítjuk az új járművet, túl nagy lesz az átlépési távolság a külső szakasz Sk+55 cm magas peronjai esetén. Erre a problémára nyújthat megoldást egy, az ajtók hosszában a szerelvényből kilógó rámpa, aminek a segítségével biztosítható lenne minden megállóban a biztonságos (előírt) átlépési távolság.

Erre jó példa a Brit Class 378-as sorozatú motorvonat, aminek a járószintjén az ajtók vonalában kinyúló rámpák találhatóak. (51. ábrák)



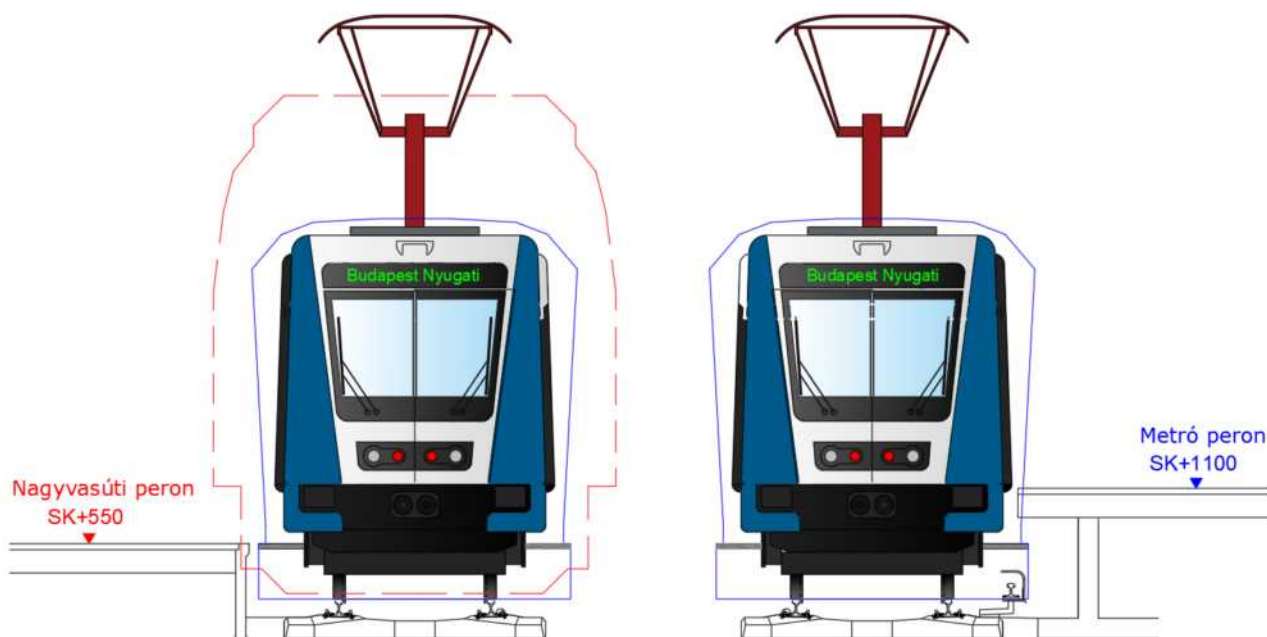
51. ábra. Class 378-as szerelvény kinyúló rámpákkal [14] (balra); A jármű kinyúló rámpája magasperon mellett [3] (jobbra)

Vizsgálataim során a 378-as járművekhez hasonlóan ellenőriztem, hogy ez a műszaki megoldás alkalmas lehet-e az alacsonyabban lévő ajtók tekintetében az átlépési távolság biztosítására. Amikor kisserkesztettem a lépcsőket, érdekes volt számomra, hogy a metró úrszelvény vonala tökéletesen illeszkedik a kinyúló rámpa kialakításához. (??-ábra) Annak ellenére, hogy az elképzelés jónak tűnik, a metróra vonatkozó utasítás egyértelműen előírja, hogy a jármű részeinek meghatározott távolságra kell lennie az úrszerelvény határvonalától.

Itt jegyezném meg, hogy a leeresztett áramszedő hasonlóan problémát jelenhet az alagútban való közlekedés esetén, ezért azt úgy kell kialakítani, hogy leeresztett állapotban se haladja meg a járműszerkezeti szelvény méreteit.

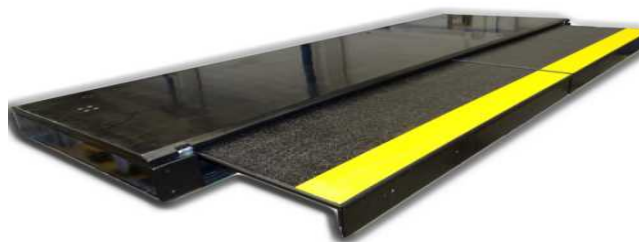
Amennyiben a fejlesztés a jövőben megvalósulna, javasolnám a kinyúló rámpa behatóbb vizsgálatát. Előzetes vizsgálataim alapján a kinyúló elem elférne a jelenlegi metró peronjának a szegélye és az áramszedő papucs között. (52. ábra) Ezt a harmadik sín kedvező pozíciója teszi lehetővé, hiszen

az összes metróperon konzolos megoldással lett kialakítva. A nyíltvonali szakaszok esetén azonban nem folytattam vizsgálatot a kutatásom során.



52. ábra. A vizsgált jármű nagyvasúti és metró rendszerű peron esetén

Amennyiben kiderül a későbbi vizsgálatok során, hogy a fix rámpás megoldás nem működőképes, akkor jöhetnek szóba a különböző szintben nyíló lépcső elemek. (45.ábra) Ezek ugyan megoldják a problémát, viszont növelik a beruházás költségét és az üzemi meghibásodások lehetőségét. A lépcsők alkalmazásával, még ha kis mértékben is, de növekszik az állomási tartózkodás ideje, mivel a jármű ajtaja csak a lépcső kinyílása után fog nyílni.¹⁴



53. ábra. Különböző gyártók, különböző megoldások szintben kinyíló lépcsői [37][15]

Azt, hogy melyik előírásnak megfelelő átlépési távolságot vesszük alapul, merőben függ a vasútüzem jogi besorolásától valamint a jövőbeli üzemeltetőtől is. Véleményem szerint viszont ilyen esetben mindenképpen érdemes a lehető legkisebb átlépési hézagot biztosítani.

¹⁴Ez jelenleg is így működik a mai korszerű járművek esetén.

Ha a jelenleg a metróvonalakon közlekedő járművekből indulunk ki, akkor például egy Alstom Metropolis szélességű jármű esetén (2780 mm) megközelítőleg 260 mm távolság áthidalása lenne szükséges a jármű utastere és a nagyvasúti szabványperon között, ami hozzáteszem így is megfelelne az OVSZ I. előírásainak.

Megoldási javaslat a hannoveri villamosok (TW6000) mintájára

A hannoveri villamosok esetén lehetőség nyílik magas illetve alacsony peron kiszolgálására. A járművek magyarországi beszerzése óta azonban csak a lépcsős megoldás van használatban. Budapesten nem alkalmazunk emelt közúti vasúti peronokat, így a jármű ezen funkcióját mi nem használjuk ki.



54. ábra. A TW6000-res villamos ajtaja lenyíló lépcsővel, és lenyíló lépcső nélkül. [5]

Ez a kialakítás azonban alkalmazható lehet a metró és a nagyvasúti üzem közötti kölcsönös átjárhatóság megteremtésére. A jármű méreteit a metróüzem paramétereinek megfelelően illesztjük, így a lépcső lenyílása nélkül biztosítható a szintbeli beszállás a szükséges átlépési távolság biztosítása mellett. Nagyvasúti, Sk+55 cm magas peronok kiszolgálása esetén, ha a lenyíló ajtó mellé egy kinyúló rámpa is társul a peron magasságában, akkor a szükséges átlépési távolság is biztosítható.

A hannoveri villamosokat viszonylag magas fellépési magasság jellemzi, ami meghosszabbíthatja az állomási utas cseréket. A közúti vasúthoz képest azonban a metró és a nagyvasút helyzete kedvezőbb. Egy hannoveri villamos sínkoronától mért padlómagassága 943 mm, a Budapesti közúti vasutakon alkalmazott legnagyobb peronmagasság sk+26 cm, ez esetben a kettő különbsége 68,3 cm. A metró és a nagyvasúti üzem esetén ez a magassági eltérés csak 59 cm-re adódik, amennyiben a jármű padlómagassága 1140 mm lesz, szóval az áthidalandó magasságkülönbség majdnem 10 cm-rel kevesebb.

2. Járműszilárdsági paraméterek

Annak ellenére, hogy a felsorolásom második elemeként van megemlítve, mondhatjuk, hogy a jármű szilárdsági osztálya az egyik legmeghatározóbb az átjárható vasúti rendszerek tekintetében. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, nincs is értelme foglalkozni a további műszaki megoldásokkal. A jármű szilárdsági értéke, azaz az ütközési szilárdsága (3.ábra) vasútüzemenként jelentősen eltérő, ezt az üzem sajátossága határozza meg. Egy közúti vasúti jármű esetén a kis sebességek miatt megengedhető a gyengébb kialakítású kocsiszekerény is, ezzel szemben egy üzemszerűen 160 km/h-val közlekedő vonathoz ha ütközésre kerül a sor, a járművet megfelelően fel kell rá készíteni. A budapesti metró üzem esetén, az üzem teljes függetlensége miatt nem szükséges az egyéb közlekedési módú járművekkel való ütközésre való méretezés. Abban az esetben, ha a metró jelenlegi járműállományának megtartása a cél, az infrastruktúrát oly mértékig szükséges alakítani, hogy szintbeli keresztezés ne legyen a vonalon. Ez könnyen belátható, hogy a városi szakaszokon mindenképpen külön szintű vonalvezetést igényel, sok esetben kéreg- vagy magasvezetésben.

Ha egy olyan járművet szeretnénk, ami alkalmas mindkét vasútüzemben való közlekedésre, akkor a szilárdsági osztályát a legkritikusabb értékek alapján szükséges megválasztani. Nagyvasút esetén az OVSZ I. előírásainak megfelelően ennek az értéknek el kell érnie a minimum 1000 kN-os ütközési szilárdságot, ami a C-III-as kategóriának felel meg. Erre az értékre lettek kialakítva a hamarosan Szeged és Hódmezővásárhely között közlekedő Citilynk szerelvények is.

Kategória	Ütközési szilárdság	Példa
C-I	2000 kN	mozdony és kocsi
C-II	1500 kN	motorvonati egység
C-III	800 kN	városi gyorsvasúti járművek
C-IV	400 kN	könnyű metró és modern közúti vasúti jármű
C-V	200 kN	hagyományos közúti vasúti jármű

3. táblázat. Ütközési szilárdsági kategóriák

3. Energiaellátás

A metróüzem területén történő közlekedéshez mindenképpen célszerű, ha a jármű képes a harmadik sínről áramot felvenni. A külső szakaszokon felsővezetékes, vagy akkumulátoros üzemmód lehetséges, a harmadik sín kiépítésének a feltételei körülményesek.

Az infrastruktúra adottságait kihasználva javaslom a jármű kétáramnemű kialakítását alsó és felső áramszedés lehetőségével. Erre a műszaki megoldásra számos példa létezik világszerte. Az athéni 3-as metró, ami a föld alatti szakaszon harmadik sínről, a felszíni szakaszán pedig felsővezetékéről kapja az áramot. Ebben az esetben a jármű praktikusán álló helyzetben vált áramnemet.

4. Vonatbefolyásolás, automata vonatvezérlés

Amikor a jármű metró üzemben közlekedik, mindenképpen a már kiépített rendszerrel egységes

(kompatibilis) vonatvezérlő és vonatbefolyásoló rendszerrel kell rendelkeznie. Amennyiben a jármű a külső szakaszon közlekedik, ott a MÁV előírásai szerint maximum 100 km/h- val közlekedhet vonatbefolyás nélküli vonalszakaszon, így az összekötés megtörténte után nem tartom feltétlen szükségesnek a vonatbefolyásoló berendezés kiépítését. Azonban ha erre kerül sor, akkor költséghatékonyság tekintetében 75 Hz-es vonatbefolyásoló rendszer kiépítését javaslom. A későbbiekben ha felmerül az igény a biztosító- és vonatbefolyásoló rendszer cseréjére, akkor érdemes egységes rendszert kiépíteni mindkét vasútüzem esetén.

Javasolt hibrid rendszerű jármű kialakítások

A műszaki megoldások ismertetése során javaslatot teszek három eltérő hibrid rendszerű jármű kialakításra, amelyek a későbbiek során alkalmazásra kerülnek a konkrét beavatkozási helyszínek bemutatása során. A járművek meg kell felelniük szerkezeti kialakításukban és méretükben a metróüzem kötöttségeinek, és ezzel egyidőben ki kell elégítenie a nagyvasúti üzem minimális követelményeit.

Az ülések elrendezése tekintetében minden megoldás során törekedtem egyfajta kompromisszumra, hogy a külterületről érkező, akár egy óránál is többet utazók számára elegendő ülőhely álljon rendelkezésre, emellett pedig alkalmas legyen a belvárosi területeken elegendő állóhely biztosítására és gyors utas csere lebonyolítására.

Általam javasolt jármű kialakítás - I. - Két peronmagasságra nyíló jármű

Mivel a kétszintű ajtós kialakítás jelentősen elrugaszkodik az eddig felvetődött lehetőségektől, ezért mindenképpen egy tervezett jármű bemutatásával szerettem volna alátámasztani a felmerült eset megoldását. Az általam javasolt jármű részben alacsony- részben magaspadlós szerkezettel rendelkezne. A 14-16 m hosszú egységei Jacobs forgóvázal kapcsolódna egymáshoz, így annak ellenére, hogy az egységek hossza rövidül, nem növekszik meg aránytalanul a forgóvázak száma, valamint nem módosul lényegesen a jármű ívekben történő mozgási tulajdonsága a jelenlegi metró szerelvényekhez képest.

A jármű ajtókiasztását igyekeztem mindkét vasútüzemnek megfelelően kialakítani, emellett pedig a megfelelő ülőhelyet is biztosítani a távolabbról érkező utasok részére.

Az általam javasolt jármű (55. ábra) egyszerre képes mindkét peronszintet kiszolgálni a peronmagassággal egyező ajtók nyitásával. A kocsiszekrény padló magassága 600 és 1140 mm között váltakozik, ezzel minden peronmagasság esetén biztosítva a szintbeli beszállás lehetőségét. A járművet az M3-as metróban közlekedő felújított orosz metrókocsik mintájára alakítottam ki, ezért a metróüzemben biztosítható a szükséges átlépési távolság bármiféle műszaki beavatkozás nélkül. Ezzel szemben az Sk+55 cm-es peronok esetén a biztonságos átlépés érdekében már minden ajtó esetén szükséges beépített kinyúló rámpa modul.

A jármű fedélzetén 308 ülőhely, és négyzetméterenként 3 fővel számolva megközelítőleg 480 állóhely áll rendelkezésre, így az ülőhelyek aránya 38%-ra adódik. WC beépítése esetén megközelítőleg 4 ülőhellyel kevesebbet lehet biztosítani. Az ülések elrendezése vegyes, ahol a metróüzem ajtajai találhatóak párhuzamos elrendezésűek, míg az elővárosi vonatrészben kupés elrendezésűek, ezzel több ülőhelyet biztosítva a távolabbról érkező utasoknak. A kialakítás alapjául a hamarosan Szegeden is közlekedő Citylink szolgált, ahol a középső befüggesztett részen nem találhatóak ajtók. A javasolt járműkialakítás esetén is hasonló a helyzet, ugyanis a peronmagasság függvényében egyszer az egyik kocsiegység lesz ajtó nélkül ellenkező esetben a másik egység. A szinteket áthidaló rámpák esése 17,5%, hasonlóan a Flirt járművek rámpájának meredekségéhez. Mivel ez a rámpa már meredeknek számít, ezért a kialakítás során a felénél rövid pihenőszakaszt szerkesztettem bele.

Általam javasolt jármű kialakítás - II. - Lenyíló ajtós jármű

A Hannoveri villamosok mintájára elkészítettem egy 120 m hosszúságú járművet hasonló ajtókiakítással, amely a metró úrszelvényének méreteihez igazodik. Ebben az esetben nincs gond abból, hogy nem lehet elegendő ülőhelyet biztosítani a sűrű ajtókiosztás miatt. A metró magasperonjai (Sk+110 cm) esetén szintben biztosítja a fel- és leszállás lehetőségét a megfelelő átlépési távolság mellett, nagyvasúti magasperon (Sk+55 cm) esetén pedig az ajtók nyílásával egy időben az ajtók alatt lévő terület lépcsővé alakul, ami biztosítja az alacsonyabban fekvő peron kiszolgálását, természetesen extra kinyúló lépcső biztosítása mellett, ugyanis ebben az esetben is jelentősen messze kerül a jármű oldala a nagyvasúti perontól. Hátránya, hogy a jármű csak a metróüzem területén biztosítja a szintbeli beszállást. A vonal többi területén minden esetben a lépcsők használatával lehet az utas cserét lebonyolítani, ezzel esetenként növelve az állomási tartózkodásokat. Opcionálisan kialakítható a jármű egyik végén egy olyan ajtó, amely kizárólag az Sk+55 cm magas peronmagasságra nyílik, ezzel biztosítva a mozgáskorlátozottak számára a gyors és biztonságos beszállást Sk+55 cm és Sk+110 cm magas peronok esetén egyaránt.

Annak érdekében, hogy az ajtókhöz odaférjenek a lépcső modulok, ezért ezt a járművet is Jacobs forgóváz kialakításával szerkesztettem meg. Az első és az utolsó kivételével így minden ajtó képes lenyílni az alacsonyabb peronmagassághoz szükséges fellépési magasság biztosításához.

A befogadóképessége a tervezett szerelvénynek nagyjából 300 ülőhely és 460 állóhely, az ülőhely-állóhely arány megközelítőleg megegyezik az előző jármű értékével.



55. ábra. Különleges felépítésű jármű, két különböző ajtómagasságra nyíló ajtókkal (Általam javasolt járműkialakítás I.)



56. ábra. Különleges felépítésű jármű, alacsony peronmagasságra lenyíló lépcsővel (Általam javasolt járműkialakítás II.)



57. ábra. Különleges felépítésű jármű, az ajtó magasságában kinyúló rámpával (Általam javasolt járműkialakítás III.)

Általam javasolt jármű kialakítás - III.

Ez a jármű az előzőekkel ellentétben csak a metró magasperonjait hivatott kiszolgálni, méghozzá úgy, hogy ne legyen szükség fonódott vágány kiépítésére a peronok mentén. A nagyvasúti űrszelvény vonalába visszavágott metró peron és a szerelvény között a járműbe épített kinyúló rámpák biztosítják a szükséges átlépési távolságot. A korábban már ismertetett, a gyártók által szolgáltatott termékek akár 40 cm-t is képesek áthidalni, ezáltal nem több mint 2-3 cm hézag marad az elem és a peron széle között.

Itt a jármű ajtó- és forgóvázrendezése jelentősen hasonlít az M2-es és az M4-es metróban közlekedő szerelvényekhez, azonban a műszaki tartalma sok tekintetben eltérő. A jármű képes felsővezetékes és harmadik sínes üzemre, a szilárdsága megfelel az OVSZ I. által előírt szilárdságnak, valamint a külső szakaszok miatt fel van szerelve átlépést segítő, automatikusan kinyúló rámpákkal.

5.3.3. A kidolgozott menetrendekhez igazodó javasolt műszaki megoldások

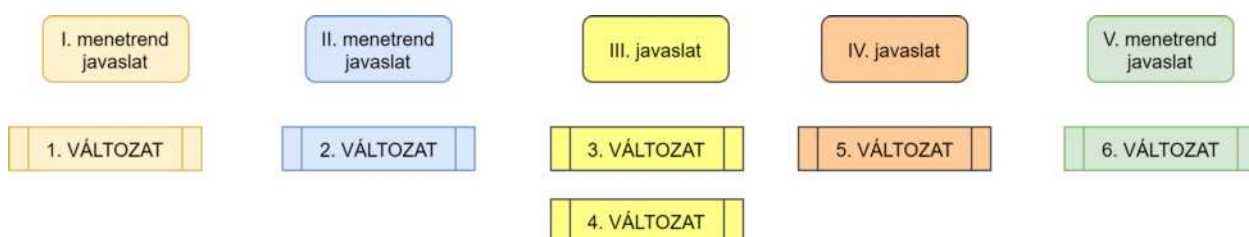
Az előző pontban vázolt műszaki megoldások valamint a kidolgozott menetrendek alkalmazásával összesen 6 db lehetséges változatot dolgoztam ki a vasútvonal fejlesztési lehetőségei közül. Mind a hat változat számos tekintetben eltér egymástól annak érdekében, hogy a lehető legtöbb műszaki megoldás bemutatásra kerüljön. Látható lesz, hogy ésszerűségi és praktikussági okokból három változat a műszaki vizsgálatok során elvetésre került, így összességében végül csak három változat kerül összehasonlításra.

Kihhasználva a vonal felújításának szükségességét a pálya oldali kötöttségekkel nem számoltam, minden változat esetén az annak leginkább megfelelő pályainfrastruktúrát alakítottam ki. Annak érdekében, hogy a kutatásom minél pontosabb és megalapozottabb legyen, ezért a vonal átépítése során minden költséget figyelembe vettem, kezdve az infrastruktúrától a járművek 30 évre terjedő üzemeltetési költségéig.

A változatok általános ismertetése

A kidolgozott menetrend alapján már meg lehetett határozni, hogy az igényelt forgalom lebonyolításához milyen infrastruktúra és jármű oldali beruházások szükségesek.

Minden változatot az előző fejezetben ismertetett, előre meghatározott menetrend alapján dolgoztam ki, amelyeket a következő féleképpen csoportosítottam. (58.ábra)



58. ábra. A menetrendi javaslatok, valamint a hozzájuk tartozó lehetséges változatok

A változatok bemutatása során elindulva kizárólag a pályainfrastruktúra módosításától, számos vegyes megoldást ismertetve jutunk el a kizárólagosan csak jármű oldali beavatkozásokat igénylő megoldásokig. A változatok előre haladásával folyamatosan növekszik a járatok sűrűsége, ezzel szemléltetve az egyes megoldások korlátait.

A műszaki megoldásokban az alkalmazott járműveket három kategóriába soroltam:

- Metró jármű
- Nagyvasúti jármű
- Hibrid jármű

A *metró jármű* kategóriába sorolandóak azok a hagyományos metrókocsik, amelyek a jelenlegi budapesti metróüzem elvárásainak felelnek meg. Ide tartoznak a felújított orosz metrókocsik és az Alstom járművek is. A járművek csak az Sk+110 cm magas peront tudják kiszolgálni amennyiben az infrastruktúra részéről a szükséges átlépési távolság biztosítva van.

A *nagyvasúti jármű* kategóriába a jelenlegi nagyvasúton közlekedő járművek tartoznak, a ma is közlekedő hagyományos szerelvényeket is beleértve. Ezek a járművek maximum Sk+55 cm magas peron kiszolgálására alkalmasak.

A *hibrid rendszerű jármű*, egy olyan kialakítású szerelvény, amely a metró- és a nagyvasúti üzem sajátosságait együttesen hordozza a kialakult igényeknek megfelelően.

5.3.3.1. Több változatra kiterjedő műszaki beavatkozások

(A) Különszintű átjárók, szintbeli keresztezések

A járatok sűrítésének a növelésével felmerül az igény a szintbeli keresztezések kiváltására, főleg a városi sűrűn beépített területek esetén. Tegyük fel, hogy vonatonként egy sorompó átlagosan 2 percet van zárva. Ebbe beletartozik az a vonat is, amelyik maximum sebességgel közlekedve a minimális lezárási időt veszi igénybe, valamint az is, amelyik az átjárón való áthaladás előtt megáll a megállóban, de már meghaladta az útátjáró behatási pontját. Ezekből kiadódik, hogy a csúcsidőszak alatt minden órában, irányonként 8 vonat esetén megközelítőleg fél óra hosszan vannak lezárva a sorompók. Természetesen ez csak az V. menetrendi javaslat esetén igaz, viszont a többi esetben is hasonló hosszúságú zárvatartási idők alakulnak ki.

A probléma megoldására a nagyobb forgalmú keresztezéseket mindenképpen érdemes kiváltani alul- vagy felüljáróval, és ott ahol ez nem lehetséges a lehető legjobb módszerekkel össze kell hangolni a közúti jelzőlámpás szabályozással. Esetenként érdemes megfontolni egyes útátjárók megszüntetését, több kisebb átjárót összevonva.

(B) Üzemi és kiszolgáló létesítmények Mivel minden változat esetében nagy mennyiségű új járműről beszélünk, ezért elengedhetetlen hozzájuk karbantartó és tároló bázis kijelölése. A felvázolt projektekben szerepelnek hagyományos és hibrid motorvonatok is egyaránt.

A Flirt motorvonat remekül bevált a magyarországi pályahálózaton, ezért a hagyományos motorvonatok tekintetében mindenképpen ilyen járműveket érdemes beszerezni, mert elegendő szaktudás és tapasztalat áll rendelkezésre a karbantartásukra és üzemeltetésükre egyaránt. A hagyományos vasúti járművek tárolására és karbantartására az istvántelki főműhelyt jelölném


meg első sorban. Amennyiben a jelenlegi csarnokban nincs már elegendő kapacitás az extra járművek kiszolgálására, javaslom a műhely bővítését az egykori Landler teherkocsi javító csarnok épületének felhasználásával.

A hibrid járművek esetében az 1. változat kivételével mindenképpen új járműtelep létesítése szükséges. Erre a legjobb lehetőség Kőbánya-Kispest állomáson a metró Kőér utcai telephelyén nyílik, ahol a jelenlegi tároló- és karbantartó bázis kerülne bővítésre. A legnagyobb járműszám a 6. változat esetén fordul elő, amiben összesen 16 új jármű tárolására alkalmas csarnok létrehozása szükséges. A többi változat esetén kevesebb jármű kezeléséről van szó, ezért részletesebben csak a 6. változatban szereplő járműigényeknek megfelelő kocsiszín kialakítást ismertetném. A szükséges csarnok mérete megegyezik a jelenlegi tároló csarnok méreteivel, ami 10 vágánnyal rendelkezik és 250 m hosszú, így összesen 20 szerelvény tárolását teszi lehetővé.

Ez a felvázolt lehetőség csupán elképzelés szinten került megtervezésre, tényleges megvalósítás esetén részletes szakági tervezést igényel.



 A jelenlegi tároló és javító csarnokok, líravágányok

 A tervezett tároló és javító csarnokok, líravágányok

59. ábra. Az új kocsiszín és javító bázis lehetséges elrendezése

(C) Vonalvezetési kérdések

A vonalvezetés során vizsgáltam minden keresztmetszetben a kétvágányú pálya létesítésének a lehetőségeit. A 60. ábrán megjelölt szakasz teljes hossza nem haladja meg az 1 km-t.

Itt a vonal Kőbánya-Kispest állomásról kihaladva lakóházakkal sűrűn övezett területen fut, amíg eléri az 50-es villamos kereszteződésénél található Kispest vasútállomást.



60. ábra. A szűk keresztmetszetű vonalszakasz térképrészlete, és egy kinagyított háromdimenziós nézete. (türkizkék - a vizsgálandó vonalszakasz)

Egyes általam szerkesztett menetrendek esetén ennek a szakasznak a kétvágányúsítása elengedhetetlen annak érdekében, hogy a tervezett forgalom le tudjon közlekedni rajta.

(a) Kéregvezetésű, kétvágányú alagút

Amennyiben ezen a szakaszon két vágányt szeretnénk létrehozni a szűkös szabályozási szélességből adódóan a felszínen ez nem kivitelezhető. Ebben az esetben a vasútvonalat a föld alá kell süllyeszteni a kérdéses vonalszakaszon, ezzel egyidejűleg megoldva a villamos keresztezés kiváltásának a problémáját is. A szűk keresztmetszet miatt, a kivitelezés során biztos szükséges lesz számos telek szélét kisajátítani, de az építkezés befejeztével az érintett tulajdonosok visszakaphatják az eredeti telküket. A felszín alatti vonalvezetés tervezésének kritikus pontja a Kőbánya-Kispest állomástól kezdődő rámpa kialakítása. Ha az állomás utolsó kitérőjének végpontját tekintjük kiindulópontnak, akkor alig áll rendelkezésre 200-250 m az előírások szerint szükséges 11 m alagútmélység biztosításához. Ebben az esetben az alkalmazandó esés 40‰-re adódna, ami mindkét vasútüzemben alkalmazható legnagyobb emelkedés értékét is meghaladja. Egy másik lehetőséget is felvázolnék, viszont ehhez már a teljes Kőbánya-Kispest vasútállomás átépítése szükséges, ami a fokozottan növekvő forgalom, és a tervezett reptéri vasút miatt előbb-utóbb elengedhetetlen.

Ebben az esetben a Lajosmizse felé vezető vágányok már az állomási peronok végénél elkezdenének lejtteni, ezzel több mint 800 m hosszon elérhető 13,5‰-es esés már kielégítő mind a metró, mind a vasútüzem számára. Ennek köszönhetően a vasútvonal tehervonati elkerülő funkciója is fenntartható, amire korábban már voltak kísérletezések a 140¹⁵-es vasútvonal vágányzárja idején.

(b) A felszíni vonalszakasz meghagyása, az útátjárók kiváltása

Ha nincs lehetőség ekkora infrastruktúra beruházásra, abban az esetben szükséges a metrendek átdolgozása az egyvágányú pályaszakasz átbocsájtó képességének figyelembevételével. (lásd. Budapest - Esztergom vasútvonal esetén az Újpesti vasúti híd.)

Ebben az esetben nem jelent problémát a KöKi felőli rámpa kialakítása. Ami viszont elkerülhetetlen, az a Kispest állomáson található szintbeli közúti vasúti kereszteződés végleges megszüntetése. Erre a legpraktikusabb megoldás az Üllői út villamos vágányokkal együtt történő lesüllyesztése a vasúti pálya alá. Ezáltal a vasúti megálló is közelebb kerülhetne a csomópontához, ezáltal jobb átszállási kapcsolatokat nyújtva.

(D) **Biztosító- és vonatbefolyásoló berendezések**

A biztosítóberendezések tekintetében két távlatot tűztem ki célul, egy közeljövőbeli változatot, ami a projektekkel együtt megvalósulna, és egy távlati változatot arra az esetre, amikor a jelenlegi Domino 67-es jelfogós biztosítóberendezés és az AVR rendszerű vonatbefolyásoló és vonatvezérlő berendezés cseréjére kerül.

(a) **Közeli változat**

Annak ellenére, hogy vannak problémák az AVR rendszer működésével, megfelelően látja el feladatát. Mivel a M3-as metró jelenleg is zajló felújítása kapcsán az AVR rendszer nem került cseréjére, ezért ezt a tényt a közel jövő esetében adottságként kezeltem. Amennyiben a jelenlegi metrókocsik közlekednének a vonal külső szakaszán, javaslom a rendszer kiterjesztését a külső vonalrészek esetében is.

(b) **Távlati változat**

A jövőben érdemes elgondolkozni egy egységes vonatvezérlő- és vonatbefolyásoló rendszer telepítésével, amely egyszerre képes kiszolgálni a metró és a felszíni szakasz forgalmát. Erre javaslatként az Európa szerte egyre jobban terjedő ETCS rendszer kiépítését javaslom a külső szakaszok esetében. Elsősorban ezt a rendszert az európai közlekedési folyosókon

¹⁵Cegléd - Szeged vasútvonal

építik ki, helyi forgalmú vonalakon való alkalmazása nem jellemző. Azonban annak révén, hogy egy, a jövőben jelentős elővárosi forgalommal bíró vasútvonalról beszélünk, biztonság szempontjából érdemes elgondolkozni a kiépítés lehetőségén. Amennyiben ez a rendszer L2¹⁶-es szinten kerülne kiépítésre, lehetőség nyílna a pálya menti jelzők elhagyására a vonal felszíni és felszín alatti szakaszán egyaránt, ezzel jelentős költség is megtakarítható egy átépítés során. Mivel a nagyvasúton közlekedő korszerű járművek jobbra fel vannak szerelve ETCS L2-es működésre alkalmas modullal, így a nagyvasúti járművek esetén sem probléma a vasútvonal jelző nélküli használata.

A metró esetén javaslom az M2-es és M4-es metrókban működő rádiós CBTC rendszer kiépítését fix blokkok alkalmazásával. Metró üzem esetén úgy vélem nincs szükség a mozgó blokkos rendszer kiépítésére, mivel a közlekedő járművek hossza, sebessége és megállási rendje is egységes.

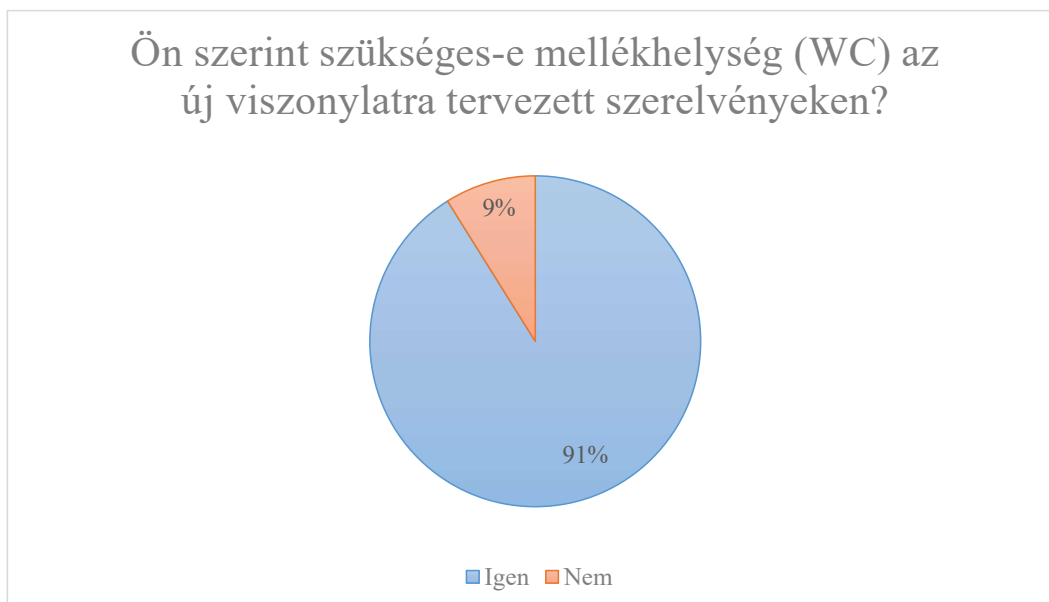
(E) Mellékhelyiségek, WC-k témaköre

A műszaki megoldások elemzése közben elengedhetetlennek tartottam figyelembe venni a mellékhelyiség (WC) kérdését. A metróüzem sajátosságaiból kifolyólag a rövid utazási idők miatt nincs szükség mellékhelyiségre, azonban, ha a szerelvény az agglomeráció távoli pontjait is kiszolgálja, akkor felmerül a kérdése a WC telepítésének. Költség és helytakarékosság szempontjából a legkedvezőbb változat az, ha egyáltalán nem tervezünk mellékhelyiséget a szerelvényekre. Az OVSZ I. ezt a témakört nem részletezi, azonban az OVSZ II. paragrafusa egyértelműen fogalmaz: „Helyi érdekű vasúti járműveknél - ahol az átlagos utazási idő a 30 percet meghaladja - WC kialakítását lehetővé kell tenni”. [1] Mivel Lajosmizségi az átlagos utazási idők jóval meghaladják a 30 percet, ezért mindenképpen szükséges a járművek fedélzetére mellékhelyiséget kialakítani.

A Stadler Flirt járműveiből kiindulva szennyvíz-tartályt elegendő 2-3 naponta üríteni, így a járműtelep kivételével máshová nem szükséges erre megfelelő infrastruktúrát kialakítani.

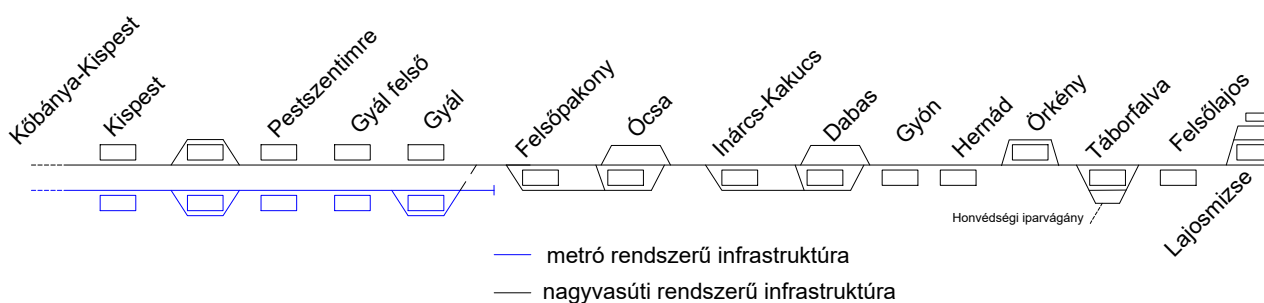
A WC kérdését a Google form felmérésemet kitöltők is egyértelműen megválaszolták. A 6 kérdőív esetén összesen 565 válasz született a kérdésre, ebből 512 ember, a kitöltők közel 90%-a szerint szükséges mellékhelyiség az új viszonylatokra. (61. ábra) Az eredmények hasonlóan mutatkoztak a Lajosmizsei vonal esetén is.

¹⁶Jelenleg az ETCS-nek 3 választható szolgáltatási szintje van, Magyarország esetén a Hegyeshalmi vasútvonal kivételével mindenhol az L2-es szint kiépítése van folyamatban



61. ábra. A Google Form felületen feltett kérdés, és a válaszok megoszlása

5.3.3.2. 1. változat - I. menetrendi javaslat



62. ábra. Az 1. változat torzított vonalábrája

Mint korábban említettem, az I. menetrendi javaslat inkább csak a műszaki megoldások szemléltetését szolgálja, nem ad ésszerű megoldást a két üzem közti átjárhatóság megteremtésére. Az első, és legfontosabb ismertetője, hogy nincs semmiféle átjárhatóság a két vasútüzem között, a metrót a vasútüzemtől elkülönített nyomvonalon, a vasútvonallal párhuzamosan vezetjük ki Gyál településig, ahol fordulóállomást alakítunk ki a betétjáratok részére.

Ez a változat forgalmi szempontból elfogadható, de kimondottan nagy kapacitástól, és a jövőbeli fejlesztés lehetőségétől esik el a vonal, mert hiába fut egymás mellett két vágány, mindkét vonal külön-külön alkot egy egyvágányú pályát. Ez a változat saját belátásom szerint sem életképes, csupán érdekességként vettem fel a dolgozatom során.

A pályainfrastruktúra ismertetése

A mellékelt torzított vonalábra (62. ábra) alapján látható, hogy a metró és a nagyvasúti üzem egymás mellett, függetlenül haladnak Gyál állomásig, ahol a metróüzemnek forduló állomása van.

A változat célja az volt, hogy szemléltessem azt a lehetőséget, amikor a metróüzemet bármilyen járműoldali beavatkozás nélkül meghosszabbítjuk egy felszíni szakaszon, egy az OVSZ I. előírásainak megfelelő vasútvonallal párhuzamosan. Az első és legfontosabb megoldandó probléma a járműszilárdsági paramétereinek kérdése. Mint már korábban említettem, ahhoz, hogy egy vasúti jármű közlekedhessen olyan felszíni szakaszokon, ahol szintbeli keresztezések találhatóak, bizonyos szilárdsági paramétereknek kell megfelelniük. Mivel ebben az esetben a jelenlegi metró járműveket szeretnénk alkalmazni, amelyek nem rendelkeznek hasonló tulajdonságokkal, ezért pályainfrastruktúra oldalról szükséges a kialakult ellentmondás feloldása. Gyál állomásig összesen 12 szintbeli útátjáró található, amelyek kiváltása elengedhetetlen a későbbi üzem biztosítása érdekében.

Peronok kialakítása tekintetében a vasútvonal teljes hosszában Sk+55 cm-es magasperon épülne ki, ezzel szemben a kézzel jelölt vonalon kizárólag a metróüzemhez alkalmazkodó Sk+110 cm-es magasperon épülne, ezzel kizárva a lehetőséget a kétvágányú pálya előnyeinek hasznosítása elől. A vonalon az egyvágányú pálya következtében szükség van mindkét vágány esetén egy-egy keresztezési lehetőségre, hogy a menetrendnek megfelelő vonatközlekedés lebonyolítható legyen. A menetrend alapján keresztező állomás Pestszentimre felső lenne, ahol rendelkezésre áll elegendő hely a plusz két vágány kialakítására, a jelenlegi megállóépület elbontásával.

Energiaellátás tekintetében nem is kérdéses, hogy a vasútvonal villamosítása, a meghosszabbított metróvonal esetén pedig a harmadik sín kiépítése szükséges. Mint korábban említettem, a felszínen vezetett harmadik sínnel kapcsolatos üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy nem érdemes a jövőben ilyen vasútzüzemet létesíteni, nem is beszélve a a járókelőket érő folyamatos áramütés veszélyéről. A vonal alapvetően városi környezetben halad, ahol rengeteg helyen keresztezi gyalogos átjáró. A gyalogos átkelőknél a harmadik sín megszakításával valamint tiltó táblák kihelyezésével vélhetőleg elkerülhető a balesetek nagytöbbsége, de véleményem szerint továbbra is kerülendő ez a kialakítás. (63. ábra) Megoldás lehet a vasútvonal teljes elkerítése, ezzel együtt a pálya alatt az igényelt helyeken gyalogos aluljáró létesítése szükséges.

az M3-as metróon közlekedő felújított szerelvények forgóváza nem alkalmas egy bizonyos mérték fölött a vasúti pályában keletkező síktorzulások felvételére, ami hátrányos lehet a nyíltvonali szakaszok zúzottkő ágyazatú felépítményei esetén.

A közlekedő járművek ismertetése

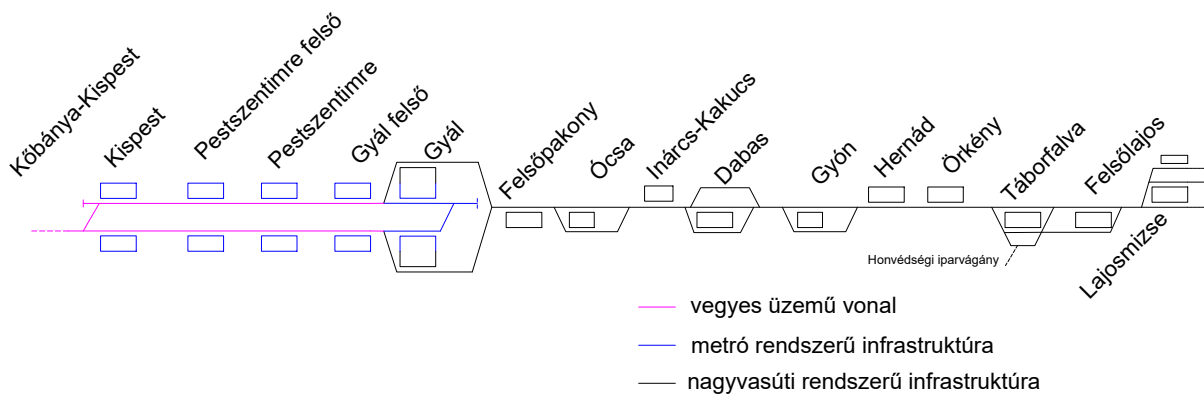
A két, gyakorlatilag különálló vasútzüzem két teljesen eltérő tulajdonságokkal rendelkező járművet igényel. A vasút esetében egyszerű a helyzet, a hazai viszonyok között már jól bevált Stadler Flirt motorvonat megfelelő az igények kielégítésére. A metróüzem esetén a jelenleg az M3-as metróon közlekedő járművek közlekednének, hiszen pontosan ebből a célból hajtottuk végre az imént felsorolt műszaki beavatkozásokat.



63. ábra. A vasútvonalon található számos illegális átjárók egyike

A változat alapvető célja az volt, hogy bemutassa az infrastrukturális szükségleteit annak a vasúti üzemnek, amely egy a metró üzem paramétereivel közlekedik felszíni szakaszon.

5.3.3.3. 2. változat - II. menetrendi javaslat



64. ábra. A 2. változat torzított vonalábrája

A 2. változatban a II. menetrendi javaslat által szemléltetett zónázó rendszerhez tartozó infrastruktúrát (64. ábra) és a hozzá tartozó járműparkot fogom ismertetni. Itt a külső szakasról érkező vonatok zónáznak Gyál és KöKi állomások között, a belső szakaszon a személyforgalmat a hibrid járművek szolgáltatják, amelyek Újpest-központ és Gyál állomások között közlekednek.

Az előző példával ellentétben, ahol csak a pályainfrastruktúrát lett volna szükséges illeszteni,

ebben a változatban beavatkozások szükségesek mind jármű, mind pályainfrastruktúra oldaláról is.

A rendszer problémáját jelenti, hogy a zónázú üzemen kívül nincs más lehetőség a vasútvonal kiszolgálására, nagyvasúti jármű a belső területet nem tudja kiszolgálni.

A pályainfrastruktúra ismertetése

A vonal belső szakaszán, helytakarékoság szempontjából, kizárólag az egyik vasútüzemnek megfelelő peron került kiépítésre. Annak érdekében, hogy a zónázó struktúra érdemben működőképes legyen, a peronok a hibrid rendszerű jármű kiszolgálására épültek ki. Mivel Gyál állomás a zónahatár, ezért onnantól kezdve nem is lenne szükség nagyvasúti rendszerű peronok kiépítésére. A peronok kialakítása a műszaki megoldások során már ismertetett módon, a nagyvasúti úrszelvényt nem érintve kerülnének kialakításra.

A közlekedő járművek ismertetése

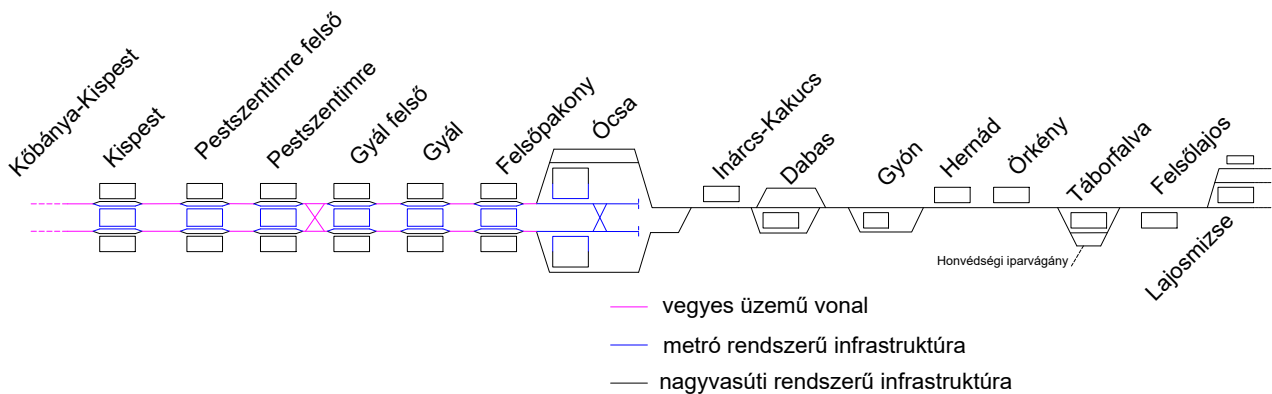
A különleges peronok kiszolgálására az általam javasolt járművek közül a III. megoldás lenne alkalmas. Méreteiben megegyezik egy hagyományos metrókocsi méreteivel, a padlómagassága tekintetében is azonos. A metró üzemen közlekedve az adottságainak köszönhetően képes szintbeli beszállást biztosítani, valamint harmadik sínről üzemelni. Amint a jármű elhagyja a jelenlegi metró szakaszt képes felsővezetékes üzemre, valamint az imént ismertetett peronok kiszolgálására, a jármű oldalából kinyúló rámpák segítségével.

A szerelvény kialakítása kedvező, mert egyben egy teljes értékű metrószerelvényt is magába foglal, így csúcsidőszakon kívül a metró belső szakaszain is teljes értékű szerelvényként járathatóak a szükséges futásteljesítmény elérése érdekében.

Helytakarékoság miatt kedvezőnek tekinthető a megoldás, mert nincs szükség mindkét vasútüzem peronjainak a kiépítésére. Természetesen ez egyben hátránya is a megoldásnak, mivel semmilyen körülmények között sincs meg annak a lehetősége, hogy a belső szakaszon nagyvasúti szerelvény utas cserét hajtson végre.

Annak ellenére, hogy a zónázó viszonylat kedvezőnek mutatkozik a külterületről érkező utazóközönség számára elvetésre került az értékelés során. Ilyen kialakítás mellett jelentős infrastruktúra kiépítési költségektől eshetünk el, viszont ezzel jelentős mértékben megváltoztatjuk a térségben kialakult közlekedési szokásokat. Az elrendezésnek köszönhetően nem lehet kialakítani olyan viszonylatokat, amelyek a teljes vonal hosszában személyvonatként közlekednek, mert a hagyományos nagyvasúti járművek a Budapesten belüli megállóknak többé nem tudnak megállni.

5.3.3.4. 3. változat - III. menetrendi javaslat



65. ábra. A 3. változat torzított vonalábrája

A vonalon Ócsa állomásig minden állomáson és megállóhelyen biztosítani kell a biztonságos utas cseréhez szükséges úrszelvényt mindkét vasútüzem járművei számára. Ebben a változatban az infrastruktúra oldaláról javasoltam jelentősebb beavatkozásokat.

A pályainfrastruktúra ismertetése

Pálya tekintetében a vasútvonalnak meg kell felelnie a metró és vasútüzem sajátosságainak a tervezett közös szakasz teljes hosszában. Ezt a megállóiban alkalmazott fonódások segítségével értem el.

A fonódó kialakítás kifejezetten kedvező, ha nem szeretnénk jelentős beavatkozásokat véghez vinni a jármű tekintetében. A vágányfonódással kialakított peronelrendezés a beszállás szempontjából biztosabb, mert fixen be lehet lőni a távolságot, de vajon a beszállási komfort megtérül-e valaha.

A megoldás hátránya, hogy minden eddigi megállóhely állomásként fog viselkedni a beépített fonódó kitérőszerkezeteknek köszönhetően.

A menetrend sűrűségének következtében kétvágányú pálya kiépítése szükséges KöKi és Kispest állomások közé.

A közlekedő járművek ismertetése

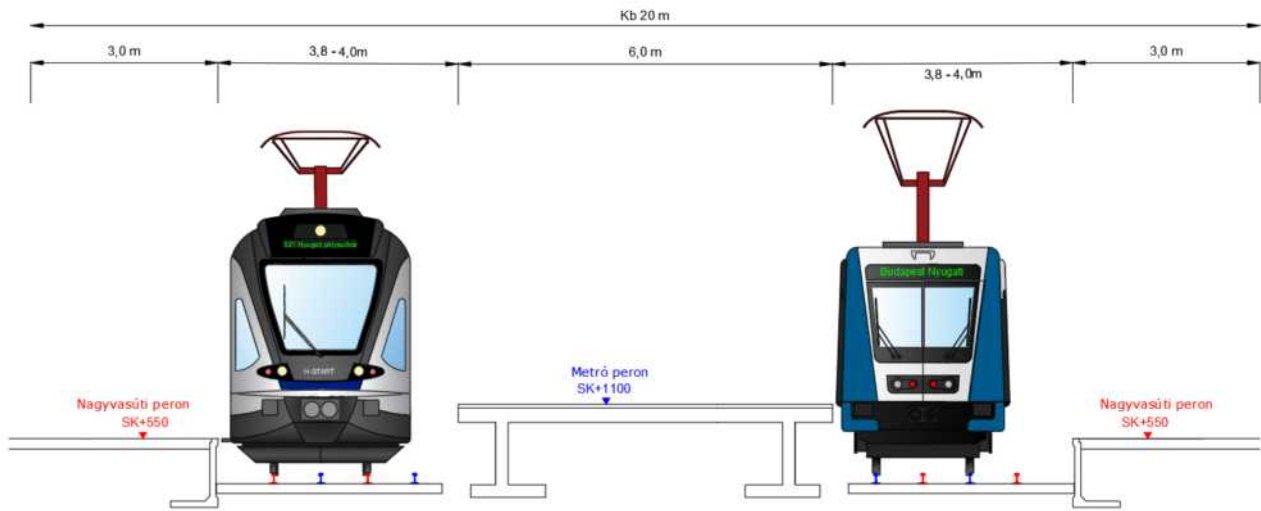
A vasúti forgalommal fonódva közlekedő hibrid rendszerű járművek felépítése mindössze szilárdság és a felsővezetékes üzemre való alkalmasság tekintetében tér el egymástól. Mivel a pályába épített fonódásokkal a jármű kellően közel tud kerülni a peronhoz ezért nincs szükség kinyúló rámpákra a hézag áthidalása érdekében.

Itt a közös használatú vágány miatt mindenképpen szükséges alkalmazkodni a nagyvasúti vontatási feszültséghez, tehát a járművet alkalmassá kell tenni a nagyvasúton használt felsővezeték üzemre.

A fonódással kialakított megálló elrendezés jelentős helyigénnyel rendelkezik az eddigi változatokhoz képest. (66. ábra) Főleg a sűrűn lakott területek közelében merül fel problémaként, ahol

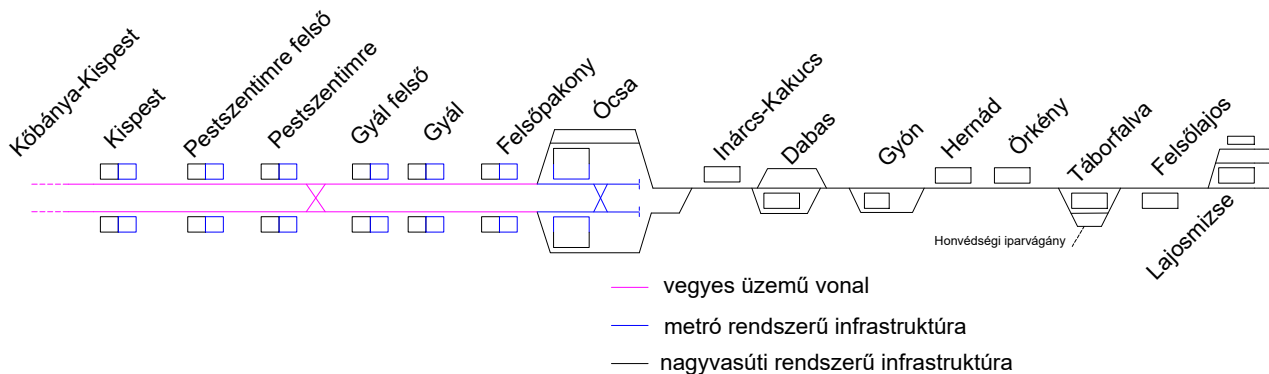
számos helyen szükséges területet kisajátítani.

Innentől kezdve minden változat esetén forgalmi kitérő került betervezésre Gyál felső és Pestszentimre megállóhely közé, a kétvágányú vonalszakasz közepére.



66. ábra. A különleges kialakítás miatt megnövekedett keresztmetszeti szélesség

5.3.3.5. 4. változat - III. menetrendi javaslat



67. ábra. A 4. változat torzított vonalábrája

A változat az előzőekben felmerült nagy hely-igény problémát hivatott orvosolni. A műszaki vizsgálataim során kiderült, hogy a Stuttgart városában működő eltérő szintű peronok párhuzamosan történő eltolása működőképes lehet a metró és a nagyvasúti üzem átjárhatósága szempontjából. Ehhez viszont egy összehangolt pályainfrastruktúra - jármű párosítást kell megvalósítani.

A pályainfrastruktúra ismertetése

A megállóban a nagyvasúti üzemhez tartozó Sk+55 cm magas peron kiépítése változatlan, azonban a metró üzemhez alkalmazkodó Sk+110 cm magas peron vágánytengelytől vett távolsága akkora, hogy már nem metsz bele a nagyvasúti úrszelvénybe. Az így kialakult hézagot a jármű és a peron

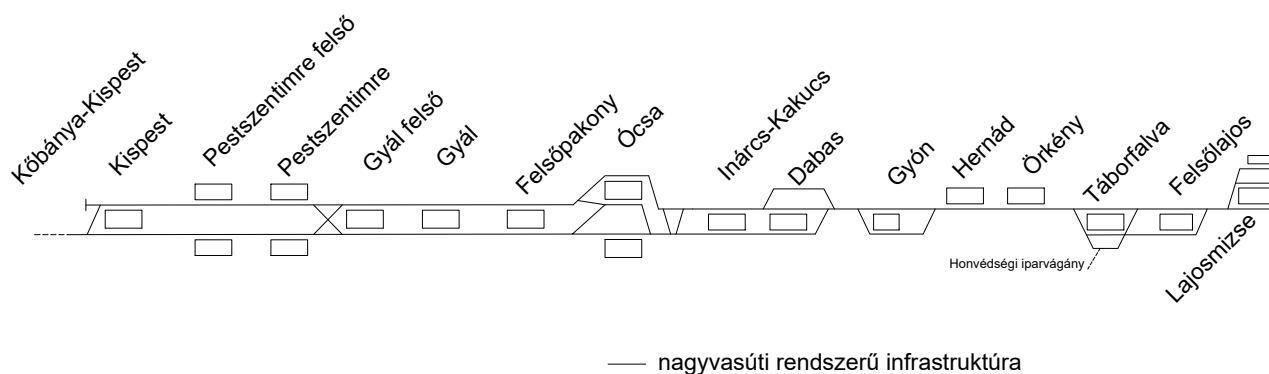
között, egy speciálisan erre a célra kialakított, hibrid rendszerű jármű segítségével lehetséges áthidalni. A menetrend sűrűségének következtében, hasonlóan az előző változat esetében, kétvágányú pálya kiépítése szükséges KöKi és Kispeszt állomások közé.

A közlekedő járművek ismertetése

A jármű szerkezeti kialakítása teljesen megegyezik a 2. változat esetén ismertetett kialakítással, amelyben az általam javasolt hibrid járművek közül a III. megoldás lenne alkalmas. A szerelvény minden megállóban az Sk+110 peronzakaszon állna meg, a hagyományos vasúti szerelvények pedig az Sk+55 cm magas peronok mellett.

Hasonlóan a 2. változathoz, a szerelvény kialakítása kedvező, mert egyben egy teljes értékű metrószerelvényt is magába foglal, így csúcsidőszakon kívül is bevethető forgalomba.

5.3.3.6. 5. változat - IV. menetrendi javaslat



68. ábra. Az 5. változat torzított vonalábrája

A változat alapját az 2. változathoz hasonlóan a zónázó rendszer bevezetése adja, ami az a kétvágányú szakasz elkerüléséhez szükséges. A menetrendi ábra alapján látható volt, hogy a IV. javaslat esetén már csak óránként egy nagyvasúti szerelvény közlekedik Lajosmizséig, a másik órák ütemben közlekedő viszonylat már hibrid rendszerű járművekből van kiállítva.

A belső szakaszon minden lajosmizsei viszonylat zónázóként közlekedik, emellett hibrid járművek segítségével nagyjából 20 percenként biztosítva van Ócsáig a helyi forgalom kiszolgálása, továbbutazás esetén kedvező átszállási lehetőséget biztosítva. Azt, hogy a hibrid jármű képes Lajosmizséig közlekedni annak köszönhető, hogy itt már egy olyan megoldás került alkalmazásra, amely egyaránt képes alkalmazkodni mind a nagyvasúti Sk+55 cm magas, mind a metró rendszerű Sk+110 cm magas peronjához, a szükséges átlépési távolságot kinyúló rámpák segítségével biztosítva. Eddig látható volt, hogy abban az esetben, ha a pályainfrastruktúra alakításra kerül nehezen kezelhető helyzet alakul ki, ugyanis a peronkialakítások miatt hatalmas helyszükséglete lesz az állomásoknak, megállóhelyeknek, amennyiben mindkét üzem igényeit ki szeretnénk szolgálni. Ebben, és majd a következő

változat esetén is, számos eddig kiaknázatlan lehetőség adódik a jármű alkalmazkodó kialakításának a következtében.

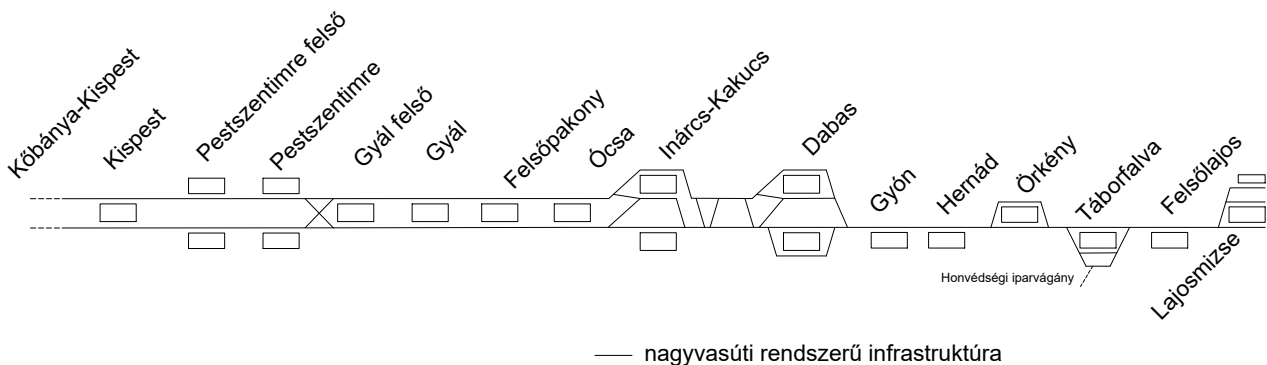
A pályainfrastruktúra ismertetése

A mindkét peronmagassághoz igazodó járműkialakításnak köszönhetően a pályainfrastruktúra oldal jelentős mértékben egyszerűsödik. Nincsen szükség fonódásra, eltolt és eltérő magasságú peronokra, a vasútvonal teljes hosszában a nagyvasúti előírásnak megfelelő peron épülhet ki. A zónázó rendszer bevezetésével kedvezően alakítható volt a menetrend is, így nincs szükség kétvágányú pálya kiépítésére Kőbánya-Kispest és Kispest állomások között.

A közlekedő járművek ismertetése

A megoldás során alkalmazott hibrid járműnek a két ajtómagassággal rendelkező 120m hosszú szerelvényt választottam, ami a javasolt járműveim közül az I. . A különleges járműkialakításnak köszönhetően ezek a szerelvények a vonal teljes hosszában közlekedhetnek. Annak ellenére, hogy ezzel a jármű kialakítással biztosítva van a rendszerek közötti átjárhatóság, a járművek más feladatok ellátására nem a legalkalmasabbak. Az ajtók számának hiánya miatt csak egy fél értékű vasúti és egy fél értékű metró üzemű járműnek tekinthető.

5.3.3.7. 6. változat - V.menetrendi javaslat



69. ábra. A 6. változat torzított vonalábrája

Mindegyik megoldás közül ez tekinthető a legkomplexebbnek a viszonylaton tervezett sűrű járatkövetésnek köszönhetően. A változat kulcsa az általam ismertetett II. járműkialakítás, amiben a hibrid rendszerű jármű, a hannoveri villamosok esetében már ismert, lenyíló lépcsős technológiával van felszerelve. Hasonlóan az előző változathoz, itt is csak a jármű oldaláról történnek beavatkozások.

A pályainfrastruktúra ismertetése

Az infrastruktúra, hasonlóan a 4. változathoz, jelentősen leegyszerűsödik, ugyanis nincs szükség a metró infrastruktúrájának megfelelő elemek kiépítésére, ennek következtében a szükséges terület is csökken. A menetrendi javaslatban alkalmazott sűrű követés miatt elengedhetetlen a KöKi és

Kispest állomások között a kétvágányú pálya kiépítése, ez az eddig bemutatott változatok alapján is körvonalazódott. Ha a kritikus vonalszakasz egyvágányú, akkor a legnagyobb járatsűrűséget kizárólag a zónázó rendszer bevezetésével érhetjük el, viszont ha ennél és sűrűbb követést szeretnénk, akkor már mindenképpen szükséges egy kétvágányú pálya kiépítése.

A sűrű járatkövetés tekintetében szintén érdemes lehetőleg az összes szintbeli keresztezés kiváltása a városi területen.

A közlekedő járművek ismertetése

A jármű kapcsán szintén számos kiaknázható lehetőség tárul fel az üzemeltetési helyszínt illetően. A metró területén a magas kocsiszekrényű hibrid jármű az adottságainak köszönhetően hagyományos metrószerelvénnyel közlekedhet. Amint a külső szakaszon halad, az Sk+55 cm magas peron esetén már a lenyíló lépcső segítségével biztosítja a magassági különbségek áthidalását. A szükséges átlépési távolság biztosítása pedig a lépcsők alatt kinyúló rámpa segítségével történik. A kialakításnak köszönhetően egyben teljes értékű metró és részben teljes értékű nagyvasúti járműről beszélünk, amely csúcsidőszakon kívül bárhol közlekedhet.

A jármű hátrányaként tekinthető, hogy nem tud szintbeli beszállást biztosítani Sk+55 cm magas peronok mellett, kivétel abban az esetben, ha egy ajtó arra a padlómagasságra kerül kialakításra a mozgáskorlátozottak biztonságos és gyors beszállása érdekében. Olyan szempontból szerencsésnek mondható a helyzet, hogy csak külterület esetén van szükség a lenyíló lépcsők alkalmazására, ahol a belső, metró vonalszakaszhoz nézve kevésbé számottevő az utas csere mértéke.

5.4. A javasolt projektváltozatok költség-haszon elemzése

5.4.1. A PTV Visum szoftver és az Egységes Forgalmi Modell ismertetése

5.4.0.1. 5.4.1.1. A szoftver bemutatása

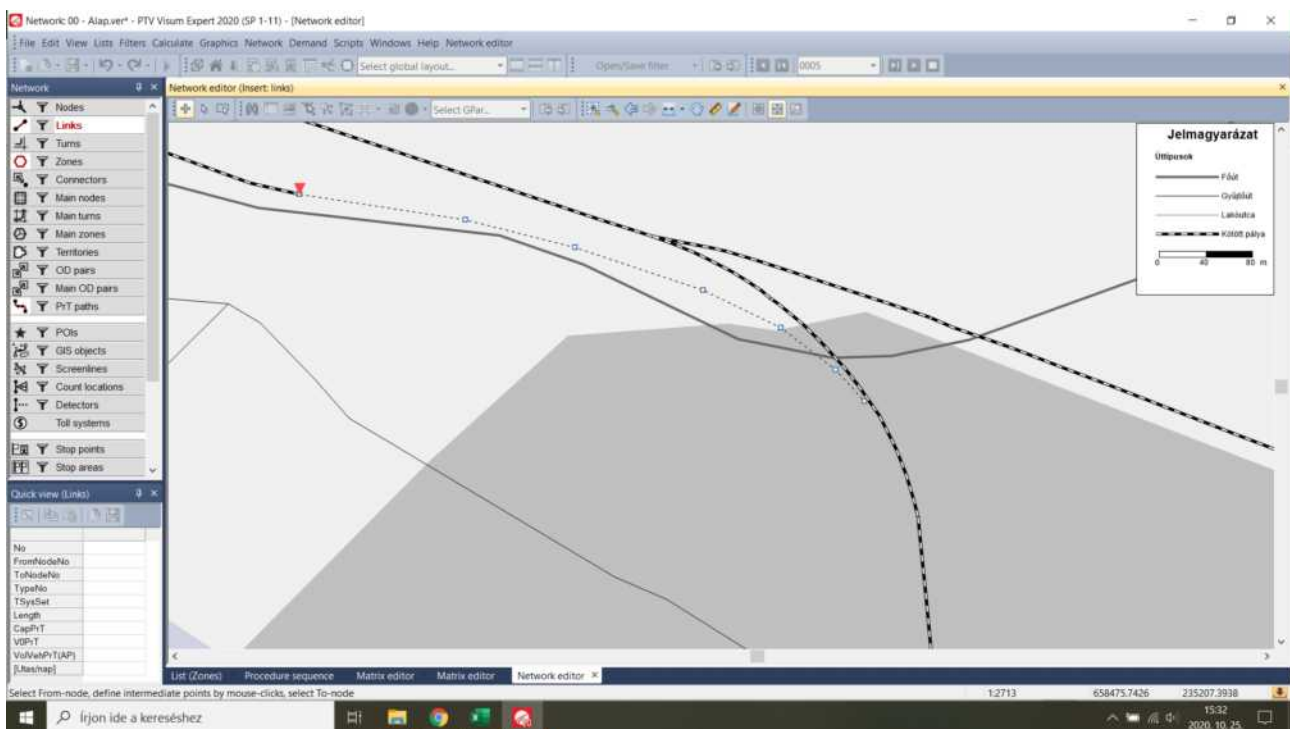
A PTV Visum szoftvercsomag egy gráf alapú makroszimulációs programcsomag, aminek segítségével egy városra vagy egy térségre teljes körű forgalmi szimulációt hajthatunk végre, és a betáplált forgalomfejlődési adatok alapján jövőbeli forgalom alakulások is becsülhetőek. A gráf élei a szoftverben „*Link*” néven, a csúcsai „*Node*” néven szerepelnek. Egy él tulajdonsága lehet a szakasz hossza, megengedett közlekedési módok (vasút, metró, személygépjármű, ...), megengedett sebesség, sávok száma, ... Alapvetően minden él irányítottként viselkedik, igény szerint a tetszőleges irány letiltható. A rendszer a megállókat külön kezeli a csomópontoktól, amelyekhez egy háromszintű struktúra tartozik.

5.4.0.2. 5.4.1.2. Az Egységes Forgalmi Modell ismertetése

A BKK Zrt. a KÖZOP-5.5.0-09-11-2011-0025 projekt keretében, a FŐMTERV Zrt., a Közlekedés Kft. és a TRENCON COWI Kft. által alkotott Modell Tercett Konzorciummal 2015 decemberére elkészítette a jövőbeni fővárosi és agglomerációs közlekedési beruházások vizsgálatára alkalmas Egységes Forgalmi Modellt (a továbbiakban EFM). Az integrált közlekedési modellt azért hozták létre, hogy biztosítsák vele a jövőben indítandó projektek szakmai megalapozását. Az EFM, mint stratégiai modell alkalmas jövőbeli beavatkozások hatásainak a vizsgálatára, forgalomtechnikai szabályozásra, komplex, több közlekedési módot érintő beavatkozások szimulálására. A modell reprezentatív eredményeket képes mutatni egyaránt Budapest és az agglomeráció területén. Az adatok forrása forgalomszámlálásból, terület leíró adatokból, infrastruktúra adatokból, közlekedési szokást leíró adatokból és a BKK Zrt. által végzett háztartásfelvételekből áll. A BKK Zrt. munkatársai által folyamatosan karbantartott, aktuális állapotot reprezentáló alapmodell mellett készült három távlati hálózati alapállapot és igénymodell, amelyek 2020-ra, 2030-ra és 2050-re a jelenleg legvalószínűbb jövőbeni közúti és közösségi közlekedési fejlesztéseket és a távlati időtávokhoz tartozó közlekedési igényeket tartalmazza. [13]

5.4.0.3. 5.4.1.3. Egy szimulációs futtatás bemutatása

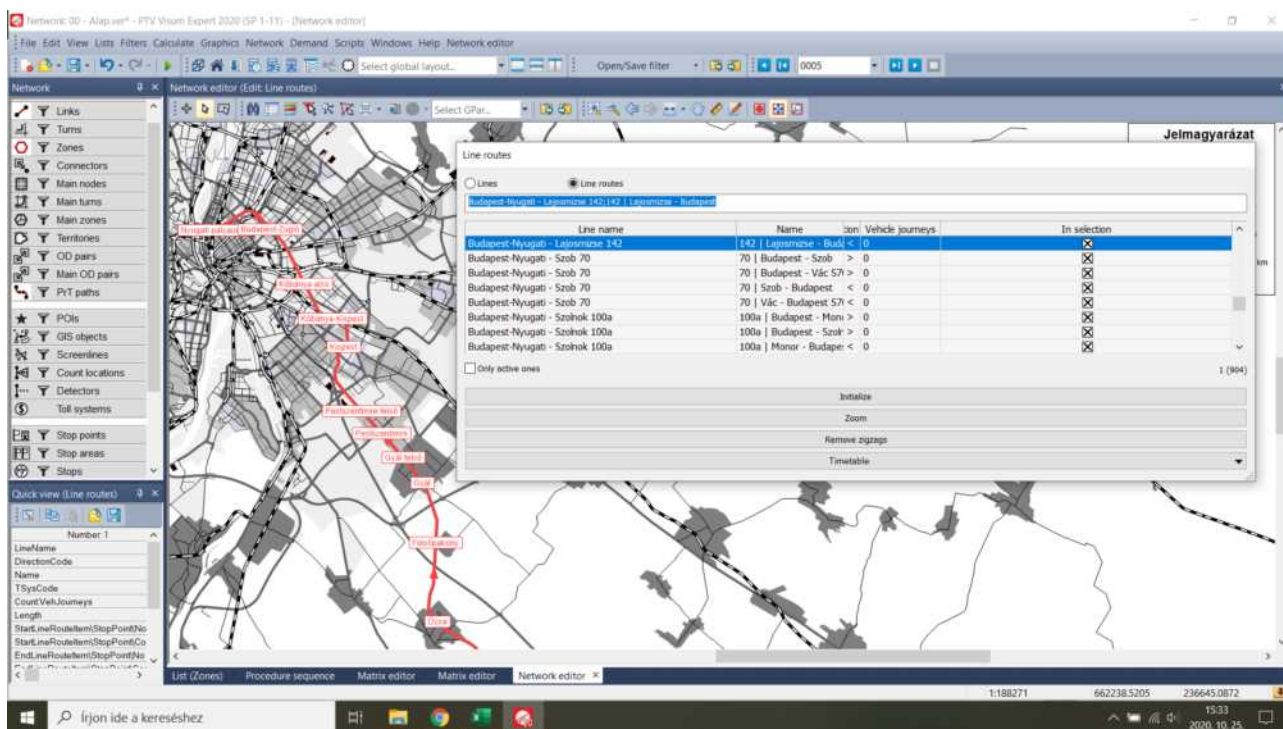
1. A két vasútüzem összekötése



70. ábra. Az M3-as metró összekötése a Lajosmizsei vasútvonallal

Ahhoz, hogy le tudjam modellezni a két vasútüzem közötti kapcsolatot egy élen keresztül kapcsolatot létesítettem közöttük.

2. Viszonylatok létrehozása

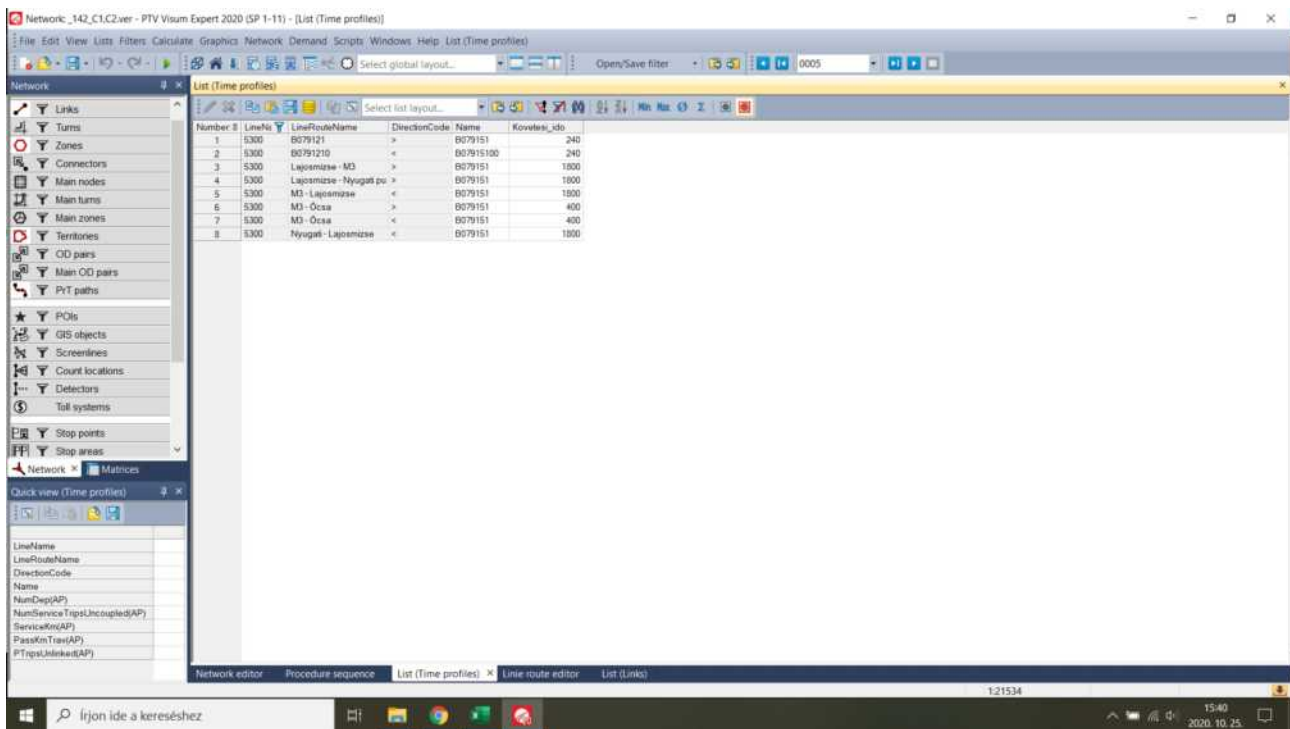


71. ábra. Az új viszonylat megalkotása

Azzal, hogy megcsináltam a két üzemet összekötő éleket, még semmi változás nem történt a rendszerben. Az új viszonylathoz létrehoztam egy „Line Route” elemet, amit kiterjesztettem mindkét vasútüzem teljes hosszában, az újonnan létrehozott összekötő-vágányon keresztül. Az EFM modell alapvetően megkülönbözteti a különböző közlekedési módokat (Vasút, HÉV, Villamos, Metró, ...), ezért el kellett döntenem, hogy az átjárt rendszert melyik kategóriába soroljam. Végül az egyszerűség kedvéért a metrót vettem alapul, mert Budapest területén sokkal több útvonal és objektum található, amik lassabbá tették volna a folyamatot.

3. Menetrendi beállítások, követési idő

A „Line Route” menetrendi szerkesztőjébe betápláltam kiszámolt új menetidőket, majd rátértem a követési idők beállítására.



72. ábra. Követési idők beállítása

Az EFM modell kizárólag a követési idők alapján dolgozik, így sok esetben nehéz munka volt az alából nem ütemezhető menetrend ütemessé alakítása. A menetrendi javaslatoknak megfelelően betápláltam a különböző járatok követési idejét, majd elindítottam a futtatást.

4. Futtatás

A kialakultak a végleges menetrendek alapján szimulációt futtattam a Visum program segítségével.

5.4.1.4. Nyereségek, bevételek összegzése

A megváltozott utazási igények meghatározására, valamint az abból származó hasznok számszerűsítésére a PTV Visum szoftverét és a BKK EFM modelljét használtam segítségül. Az agglomerációs területek lendületes fejlődése és egy fejlesztésen átesett modern vasútvonal két olyan tényező, mely alapján a jövőben utasforgalom-növekedéssel lehet számolni, amelyet a kutatásom során szimulációval támasztottam alá.

A három változat menetrendjére lefuttatott Visum szimulációs eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza. (4.ábra)

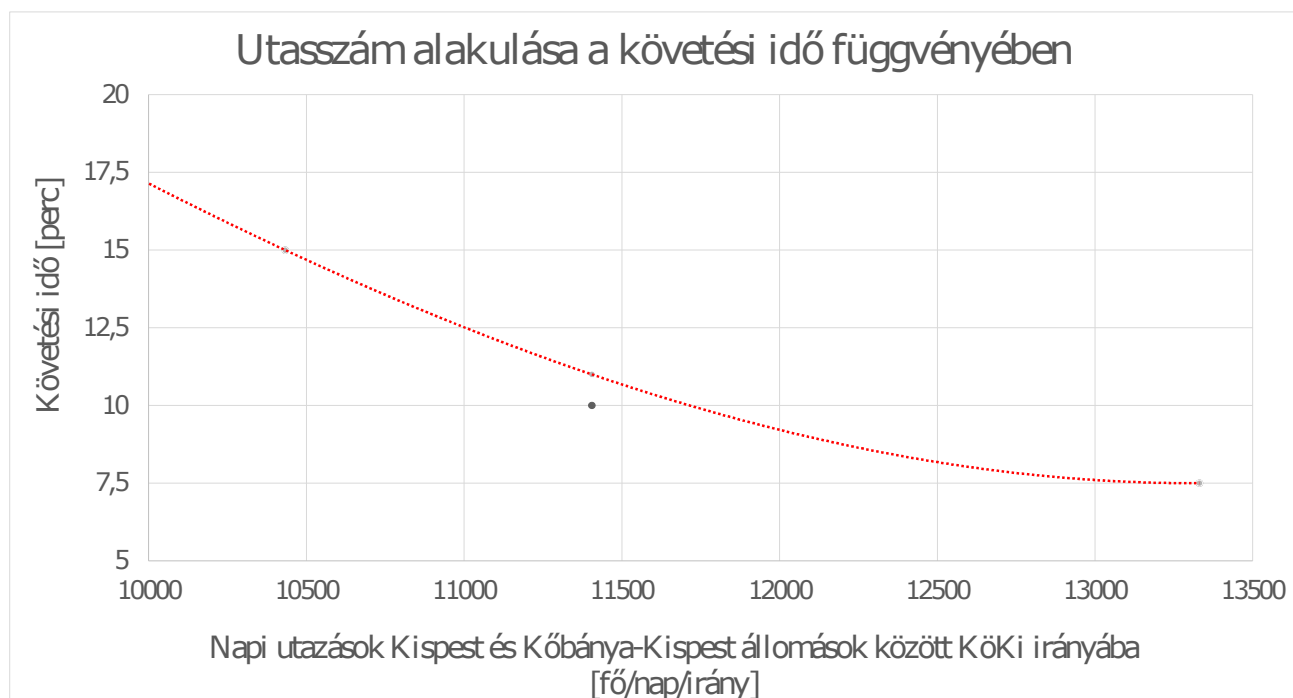
Viszonyítási alapul a fejlesztések hatására megnövekedett utazási eredmények mellé hozzárendeltem a jelenlegi állapotot is. A fentiekből megállapítható, hogy a belső szakaszon 6x -os, a külső szakaszon több mint 2x-es forgalomnövekedés is könnyedén elérhető. A Visum alapvetően egy adott

	Köki - Kispest	Kispest - Pestimre felső	Pestimre felső - Pestimre	Pestimre - Gyál felső	Gyál felső - Gyál	Gyál - Felsőpakony	Pakony - Ócsa
Jelenlegi állapot	1575	1599	1634	1741	1828	1864	1621
4. változat III. menetrend	11405	10546	8021	6003	4375	4122	3878
5. változat IV. menetrend	11462	10599	8061	6033	4397	4143	3897
6. változat V. menetrend	13331	11872	8566	6171	4191	4127	3882
Minden feltüntetett érték utas/nap/irányban értendő							

4. táblázat. Az utasmennyiség változása a fejlesztések hatására

„Line” típusra a teljes napi forgalmat írja ki, az irányonkénti érték az élre megfelelő irányban történő kattintás alapján érhető el. Mivel számomra egy irány forgalma érdekes, ezért a táblázat eredményei is ezt tartalmazzák. A program kötöttségei miatt nem állt módomban napszakonként vizsgálni a forgalmat, így a munkám során a teljes napi irányonkénti utasszámmal számoltam.

Az eredmények alapján látható, hogy a fejlesztésekkel jelentősen növeljük a vonal vonzóképességét. A három vizsgált változat legnagyobb utasszámát a követési idő függvényében grafikonon ábrázoltam, majd trendvonalat illesztettem rá, ezzel megkapva a vasútvonalra alkalmazható optimális követési idő meghatározására szolgáló görbét. (73.ábra)



73. ábra. A kapott görbe a követési idő és a napi befelé közlekedő utasszám függvényében

5.4.1.5. Utasperc-nyereség számítás

Mint minden, új viszonylat megnyitásával foglalkozó tanulmányterv esetén, a munkám során is a jövőben várható utazási idő rövidüléssel és egyéb járulékos pozitív hatásokkal számoltam. Az utazási

idő rövidülés és a beruházó bevétele között az utasperc-nyereség teremti meg a kapcsolatot. Ez a bevétel nem minden esetben mérhető anyagilag, lehet környezetvédelmi vagy közlekedésbiztonsági hatás, a környező úthálózati elemek forgalomcsökkenése, valamint a vasútvonallal párhuzamos buszjáratok üresedése is. A beruházó jelen esetben a Magyar Állam vagy az Európai Unió lehet. Az utasperc-nyereség a járművön eltöltött utazási időt hivatott kifejezni, amely alatt az utas produktív munkát tudna végezni, de az utazási körülmények miatt ezt nem tudja megtenni¹⁷. Azt, hogy 1 perc időmegtakarítás az hány Forint megtakarított munkadíjnak számít, ismernünk kell a térség átlagos jövedelmét.

Ennek a megállapításához Budapestre és Pest megyére lebontva 2012-es adatok álltak rendelkezésemre [12]. Ehhez ki kellett derítenem, hogy átlagosan évente hány százalékkal nőtt az átlagos jövedelem, aminek segítségével meg tudtam határozni, hogy a tervezési évben hány Forint lesz az átlagos órabér a vasútvonal mentén. KSH adatok alapján ez az érték kb. 5% volt évente [4], én is ezzel az értékkel számoltam a munkám során. A kapott értékeket végül átlagoltam, méghozzá először a két külterületi értéknek vettem az átlagát, majd pedig a kapott átlag és a belterületi jövedelem átlagát, mert az utazóközönségnek nagyjából a fele a városon belülről ingázik.

	2012-ben	ezek az értékek 2030-ban (x1,05 ¹⁸)
Gyáli kistérség	1000 Ft/óra	2407 Ft/óra
Dabasi kistérség	900 Ft/óra	2166 Ft/óra
XVIII. kerület	1250 Ft/óra	3008 Ft/óra
	átlag	2650 Ft/óra

5. táblázat. A térség átlagos jövedelmének meghatározása

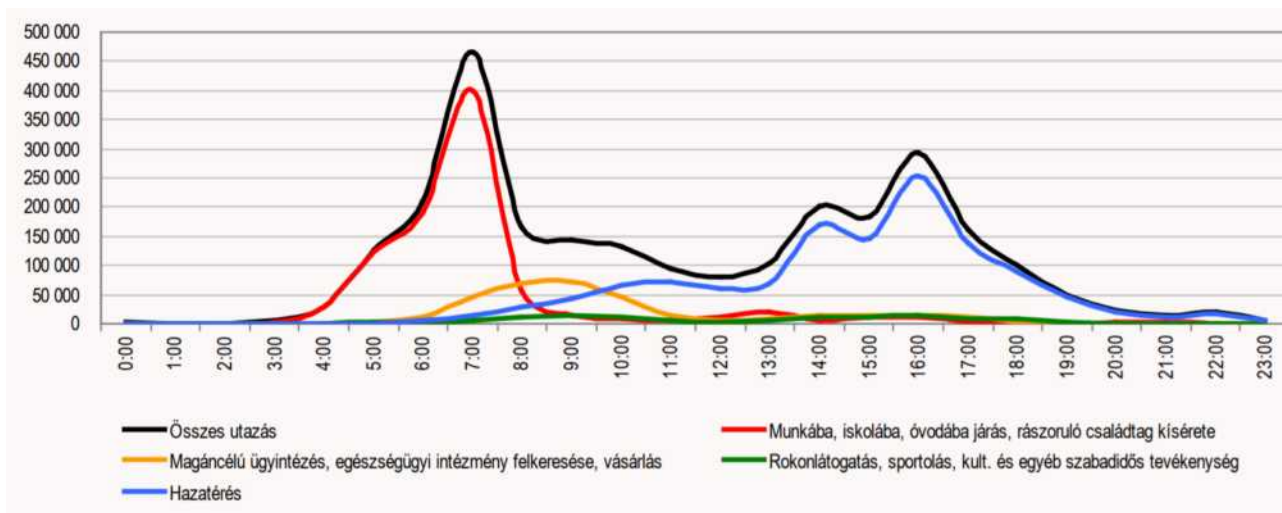
A jövedelem számítását 2030-ra végeztem el, amit a Visum-ban alkalmazott távlati évként is használtam. A 74.ábra alapján megállapítható, hogy a reggeli és a délutáni csúcs esetén szinte kizárólagos a hivatásforgalom, így a teljes utazóközönség esetén lehet a meghatározott órabérrel számolni.

Az utazási idő megtakarításának szemléltetése érdekében 10 potenciális budapesti úticélt jelöltem ki, amelyekre a továbbiakban a vizsgálataimat folytattam. Mivel a Google Form kérdőívem alapján az utasok megközelítőleg 80%-a pesti úti céllal rendelkezik, ezért ezt az arányt figyelembe vettem a helyszínek kiválasztása során.

A kiválasztott csomópontok

Göncz Árpád városközpont	Örs vezér tér
Nyugati pályaudvar	Móricz Zsigmond körtér
Deák Ferenc tér	Széll Kálmán tér
Kálvin tér	Kelenföld
Népliget	Flórián tér
Keleti pályaudvar	

¹⁷A mai modern járművek esetén már ez sem számít akadállyalnak



74. ábra. A reggeli és késő délutáni időszakban a hivatásforgalom szinte kizárólagos, a hivatásforgalmi utas-órabérrel lehet számolni

A kiválasztott helyszínek esetében először megnéztem a jelenlegi eljutási időket egyaránt a reggeli és a délutáni csúcsidőszak esetén is.

Az utazási idő számításához bevezetném az érzékelt várakozási idő fogalmát. Zárt helyek esetén, pl.: metró aluljáró esetén + 0 percet számoltam, fedett megállók esetén + 2 percet, viszont esőnek és szélnek kitett, olykor fedetlen várakozó-helyek esetén + 4 perccel növeltem az utazási időket.

A városon belül Gyál vasútállomás körzetét jelöltem ki referencia központnak. Először felmerült, hogy Pestszentimrét is válasszam, de a vizsgálataim során kiderült, hogy nagyjából ugyanazok a közlekedési folyosók állnak rendelkezésre mindkét központban 5-6 perc idő eltéréssel.

A reggeli csúcs meghatározása

Mivel a Visum szoftver a betáplált menetrendek hiányában egzakt módon nem határoz meg utazási időket, csak a követési idők alapján dolgozik, ezért a meghatározott utazási időket nem konkrét időpontokra dolgoztam ki, hanem a lehető legrövidebb utazási időre. a vonattal beérkező utasok közül 200 fő utazna Kelenföldre, de ebből nem derül ki, hogy pontosan ki és milyen időpontokban utazik. Ez annyiban számíthat, hogy Kőbánya-Kispest és Kelenföld között utazhat az M3-as és 4-es metróval, de ha éppen van csatlakozása a G43-as vonathoz, akkor egyértelműen azt választja. Annak érdekében, hogy ebből a problémából adódóan ne legyen kavargás, megkerestem a lehető legkedvezőbb eljutási lehetőséget, és az összes közlekedő utazási idejét azzal az értékkel számoltam.

A fejlesztés hatásának vizsgálata során is hasonló módszerrel jártam el, ebben az esetben viszont a kedvező szolgáltatási szint nyújtásának köszönhetően a bel- és külterületről utazók idejét egyesítve számoltam. A későbbiek során majd bemutatásra kerül, hogy az M3-as metró meghosszabbítása milyen hatást gyakorolna Pestszentimrétre és Gyál közösségi közlekedésére.

Amit azonban meg kellett különböztetnem, az 4. és az 5-6. változatok közötti viszonylat eltérések.

Mivel az első esetben a metróüzem csak Ócsa állomásig van kiépítve, ezért az utazóközönség azon részének, akik ettől kifelé laknak és az M3-as metróval folytatják az utazásukat, bele kellett számolnom az átszállás idejét is a menetidejükbe, hasonlóan a mostani helyzethez.

A délutáni csúcs meghatározása

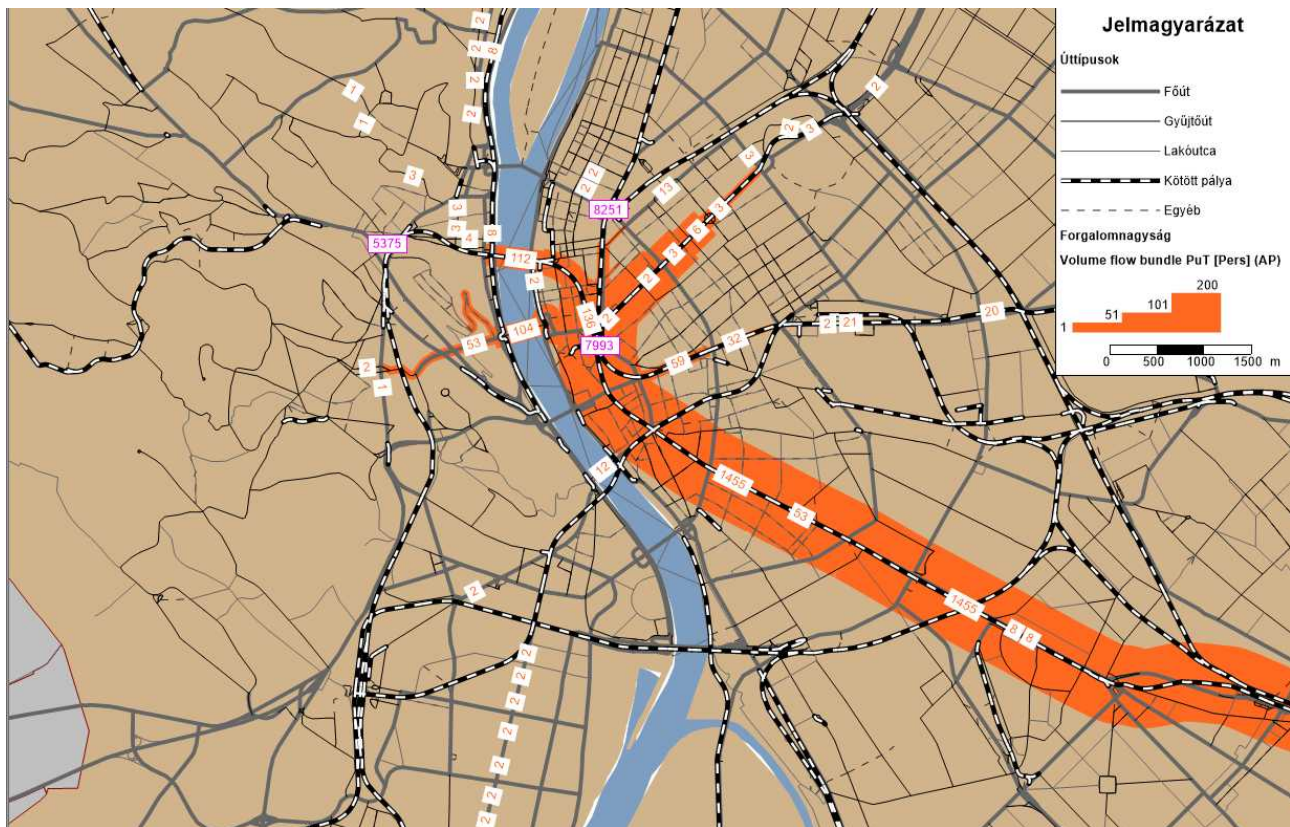
A délutáni csúcs esetén meghatározásánál már nem végeztem el az összes csomópontra az eljutási idő számítását, csupán egy közelítéssel éltem. A reggeli órákban minden perc számít, ezért az utazók pontosan kiszámolják, hogy mikor szükséges elindulni, hogy pontosan elérjék a közlekedési eszközt, amivel aztán pontosan beérkezik a munkahelyére a lehető legkevesebb idővesztés nélkül. Hazaút esetén azonban már sokkal rugalmasabbak az emberek, nincs előre meghatározott útvonal a hazautat illetően, sok esetben hazaindulás előtt ügyet intéznek, bevásárolnak vagy éppen kikapcsolódnak. Ennek függvényében a délutáni forgalom a reggeli csúcscsal ellentétben sokkal elnyújtottabb, ezért nem igényli ugyanazt a járatsűrítést mint a korai órákban. A közelítéshez külön szorzótényezőt határoztam meg kül- és belterület esetén egyaránt. Belterület esetén a délután folyamán is viszonylag sűrűnek tekinthető a buszközlekedés, Gyál területe 10 percenként elérhető a belváros irányából különböző útirányokon keresztül, ezért ebben az esetben minden utazás átlagosan 5 perccel hosszabbodik, ezért a reggeli eljutási időhöz képest 9 százalékkal tovább tart átlagosan a hazaút. Ezzel szemben, akik Gyálon kívülről érkeznek, már sokkal másabb a helyzet. A délutáni időszakban a vonat óránként jár, az Ócsa irányába közlekedő buszok 45 percenként, Dabas felé 15-30 percenként. Ezeket összevegyítve a délutáni többlet várakozási időt 20 percre tekintettem, ami egy 25%-os időtöbbletet eredményezett.

A célpontokba történő utazások számítása

Miután lefutattam a ráterhelést a teljes budapesti hálózatra, minden változat esetén leolvastam az általam kiválasztott célpontokra beáramló tömeget a „*Flow bundle*” funkció alapján. Minden változat esetén először a külterületről érkező utasokat számláltam össze, majd külön a belterületről érkezőket. Ehhez a „*Flow bundle*” menüpont alatti szűrőket vettem segítségül, aminek segítségével kiszűrtem az utazóközönségből a külső területről érkezőket. Hasonlóan jártam el azoknál a városi célpontoknál, ahol volt átutazó forgalom is egy távolabbi cél felé (pl.: Deák Ferenc tér). Ilyen esetben azokat a helyszíneket, amelyek a vizsgált csomópont után helyezkednek el, szűrők segítségével inaktívvá tettem, így egyetlen utazót sem számoltam össze többször.

A következő képen (75.ábra) egy példán szeretném bemutatni az utasszámlálás menetét a Deák Ferenc tér esetén. Itt azokat az utasokat szerettem volna összeszámolni, akik Gyáltól Kőbánya-Kispest irányába szálltak fel az új viszonylatra, és utazásuk során érintették a teret, de az azon túl lévő vizsgálati pontokon nem haladtak át.

Első sorban a szűrők segítségével kizártam a külterületről érkező utazókat, majd azokat a csomópontokat, amelyek a vizsgálatom tárgyát képezték. (Ezeket a képen látható lila téglalapok jelzik,



75. ábra. Gyáltól Kőbánya-Kispest állomásig felszálló utasok, akik a Deák Ferenc tér érintésével közlekednek a szám az a csomópont azonosítója.) Amint megtörtént a szűrőfeltételek összeállítása, lefuttattam a vizsgálatot, ami lényegesen gyorsabb a teljes ráterheléshez képest. A térképen az utazók áramlását a narancssárga sáv jelzi, a rajta szereplő számok pedig a külterületről érkező utasszámot. Tehát a Deák Ferenc térig összesen 1455 fő utazott a vizsgálat viszonylaton keresztül.

Először csak a városhatártól számoltam az utazóközönséget, ezek után következett a vasútvonal mentén jelentkező utazások összeszámlálása, hogy melyik megálló esetén hányan utaznának vonattal.

Legvégső soron azokat az utazókat számoltam össze, akik egyik potenciálisan kiválasztott célpon-
tot sem érintették. Az ő esetükben, csak Kőbánya-Kispest állomásig vizsgáltam. Itt olyan utazások merültek fel, hogy pl.: valaki Gyál állomásról utazik Kőbánya-Kispestig, majd onnan busszal a Wekerle lakótelepre. A vizsgált személy utazására kizárólag a vasútvonalon történt szolgáltatási színvonal emelkedés van hatással, a metróval való közvetlen kapcsolat nem játszik szerepet.

Az összes változat esetében kapott utazási eredményeket a következő alfejezetben összesítve ismertetem.

A Visum segítségével az összes vizsgálati helyszín esetén tudjuk, hogy a jövőben, ha megvalósulna a fejlesztés, hányan utaznának a vasútvonal Budapesten kívüli területeiről valamint Gyálról vagy Pestszentimréről a kijelölt célpontok irányába.

A költségvetési táblázat

A számított eredményeimet táblázatos formában ismertetem. (M I.) Az ábrán az első táblázat tartalmazza a Budapesten belül kiválasztott csomópontokat. Az első két oszlopában a már ismertetett jelenlegi eljutási idők találhatóak, majd a következőben a tervezett eljutási idők. Az azt követő két oszlop tartalmazza jelenlegi és a tervezett eljutási idők különbségét kül- és belterület esetén egyaránt. A Visum utazási adatok oszlop tartalmazza a programból leolvasott utazási adatokat. Az összes perc megtakarítás oszlopokban soronként összesoroztam az utasok számát a megtakarított percek számával. A következő lépésben a perceket megszoroztam az előző részben ismertetett átlagos jövedelem 1 percre jutó részével, ami megközelítőleg 34,7 Ft-ra jött ki. A kapott értékeket összegezve megkaptam, hogy naponta 2 086 000 Ft megtakarítást érhetünk el a kijelölt célpontok esetében.

A második táblázat tartalmazza a vonal külső szakaszáról érkezők időmegtakarítását. Mivel az előző esetben csak a közigazgatási határon belüli eljutási időket vettem figyelembe, a külterületről érkezők esetén ezt külön összegeztem.

A jelenlegi becsült eljutási idők szempontjából Felsőpakony kivételével mindegyik esetben a a Volánbusz jeleskedett eljutási idő tekintetében, azonban a reggeli csúcsidőszakban érdemes figyelembe venni, hogy akár fél órával ¹⁸ is nőhet a menetidő a városi dugók következtében. Az eljutási értékeket is ehhez mérten állítottam be, emellett figyelembe véve, hogy az utazóközönség egy része a vasutat választotta.

A tervezett eljutási idők az általam szerkesztett menetrendekről kerültek meghatározásra. Az időmegtakarítás számítása során hasonlóan jártam el az előző táblázathoz képest.

A 3. táblázat esetén azokat az utasokat összegeztem, akik igénybe veszik az új viszonylatot, viszont egyik kijelölt csomópontot sem érintik. Ezeket az utazásokat Gyál és Kőbánya-Kispest között számoltam össze, az utóbbi állomáshoz viszonyítva az eljutási időket. A további módszer azonos az előzőekben ismertetett eljáráshoz.

A 6. táblázatban a megtakarítások összegzésre kerültek. A három külön forrásból származó utasperc-nyereséget összegezve egy irányra 6 079 674,17 Ft-ot kapunk bevétel gyanánt. (6. ábra) Ezt a kapott értéket megszoroztam kettővel, hogy megkapjam a teljes napra vonatkozó értékeket. Annak ellenére, hogy meghatároztam a kifelé haladás idejét, éltem az egyszerűsítés lehetőségével, mivel a teljes utazási idő az eredeti és a távlati változatban is arányosan nő a megnövekedett várakozási idő ellenére is. Egy évben 252 munkanappal számolva a teljes évi megtakarítás 3 064 155 780 Ft Ft-ra adódik a 4. változat esetében.

A többi két változatra vonatkozó számításokat az 7. és a 8. táblázat tartalmazza.

¹⁸A Google utazástervező átlagosan 30 perccel több eljutási idővel számol

Irányonkénti megtakarítás:	6 079 674,17 Ft
Teljes munkanapi megtakarítás:	12 159 348,33 Ft
Éves megtakarítás:	3 064 155 780,00 Ft

6. táblázat. A 4. változat költségelemzése

Irányonkénti megtakarítás:	8 052 643,33 Ft
Teljes munkanapi megtakarítás:	16 105 286,67 Ft
Éves megtakarítás:	4 058 532 240,00 Ft

7. táblázat. Az 5. változat költségelemzése

Irányonkénti megtakarítás:	9 234 410,83 Ft
Teljes munkanapi megtakarítás:	18 468 821,67 Ft
Éves megtakarítás:	4 654 143 060,00 Ft

8. táblázat. A 6. változat költségelemzése

A meghatározott napi megtakarítások alapján látható a változatonkénti növekvő tendencia, ami a járatok követési idejével van összefüggésben.

A térség volánbusz hálózatát a fenti térképrészlet ismerteti. (76. ábra) Első lépésben feltérképeztem a terület eljutási lehetőségeit. A vasútvonal mentén négy nagyobb település volt Dabasig bezárólag, ahonnan közvetlen eljutási lehetőség nyílik Budapest, azon belül is a Népliget autóbusz-pályaudvar irányába. Az érintett települések a következők: Ócsa, Inárcs, Kakucs és Dabas. A Dabason túl eső településekről Budapest kizárólagosan átszállással érhető el. Felsőpakony a volán hálózatából kieső településnek számít, naponta mindössze 2 buszjárat érinti, és az sem biztosít közvetlen eljutást Budapest irányába, mindössze Gyállal létesít összeköttetést.

A volán járatok sok esetben kedvezőbb szolgáltatást nyújtanak a MÁV járataival szemben, mind utazási időben, mind járatsűrűségben is. A vasúton Budapest irányába 25, Lajosmisze irányába 19 járat indul naponta, és Dabasról eljutni a Népligetbe átszállásokkal együtt 1 óra 22 percre adódik, viszonyításképpen a buszok 1 óra 10 perces átlagos menetidejéhez képest. Az alábbi táblázatban (9. ábra) láthatóak a napi járatszámok a három vizsgált település esetén.

VOLÁN BUSZOK							
MUNKANAP	járatszám		távolság km	MEGTETT ÚT		NAPI KM	
	oda	viszsa		ODA	VISSZA		
	Ócsa - Bp	19	15	30	570	450	1020
	Dabas - Bp	38	32	40	1520	1280	2800
Inárcs - Bp	21	23	60	1260	1380	2640	
						6460	
MUNKA-SZÜNETI NAP	járatszám		távolság km	MEGTETT ÚT		NAPI KM	
	oda	viszsa		ODA	VISSZA		
	Ócsa - Bp	5	5	30	150	150	300
	Dabas - Bp	20	21	40	800	840	1640
Inárcs - Bp	10	10	60	600	600	1200	
						3140	
munkanapok száma		251	Éves megtett km		1621460		
munkaszüneti napok száma		114			357960		
		1979420	ÉVES LEFUTOTT KILOMÉTER ÖSSZESÍTVE				
FUTÁSKÖLTSÉG	1000	1 979 420 000,00 Ft	ÉVES FUTÁSKÖLTSÉG				

9. táblázat. A Volán jelenlegi üzemeltetési költségeinek becslése

Inárcs és Kakucs települések esetében azt érdemes megemlíteni, hogy a vasút elhelyezkedése kimondottan rosszul illeszkedik a település szerkezetéhez, ezért a későbbiekben a buszjáratok csökkentése mellett mindenképpen meg kell szervezni egy hatékony ráhordó buszhálózatot, akár közös peronos átszállás lehetőségét is megteremtve (77. ábra). Dabas esetén némileg kedvezőbb a helyzet, de ott is hasonló megoldásokkal kell eljárni.

Járatok ritkítása, megszüntetése

A fejlesztés hatására a jelenlegi buszok utasforgalma sok esetben a töredékére csökken a jelenlegihez képest, ez így volt az Esztergomi vasútvonal felújítása után is, valamint ezt a feltevést a Visum-os számításaim is alátámasztják (78. ábra). Mindhárom változat esetében figyelembe vettem, hogy az összes Budapest irányába áramló biztosítható utas kapacitás arányban legyen a mostani számokkal,



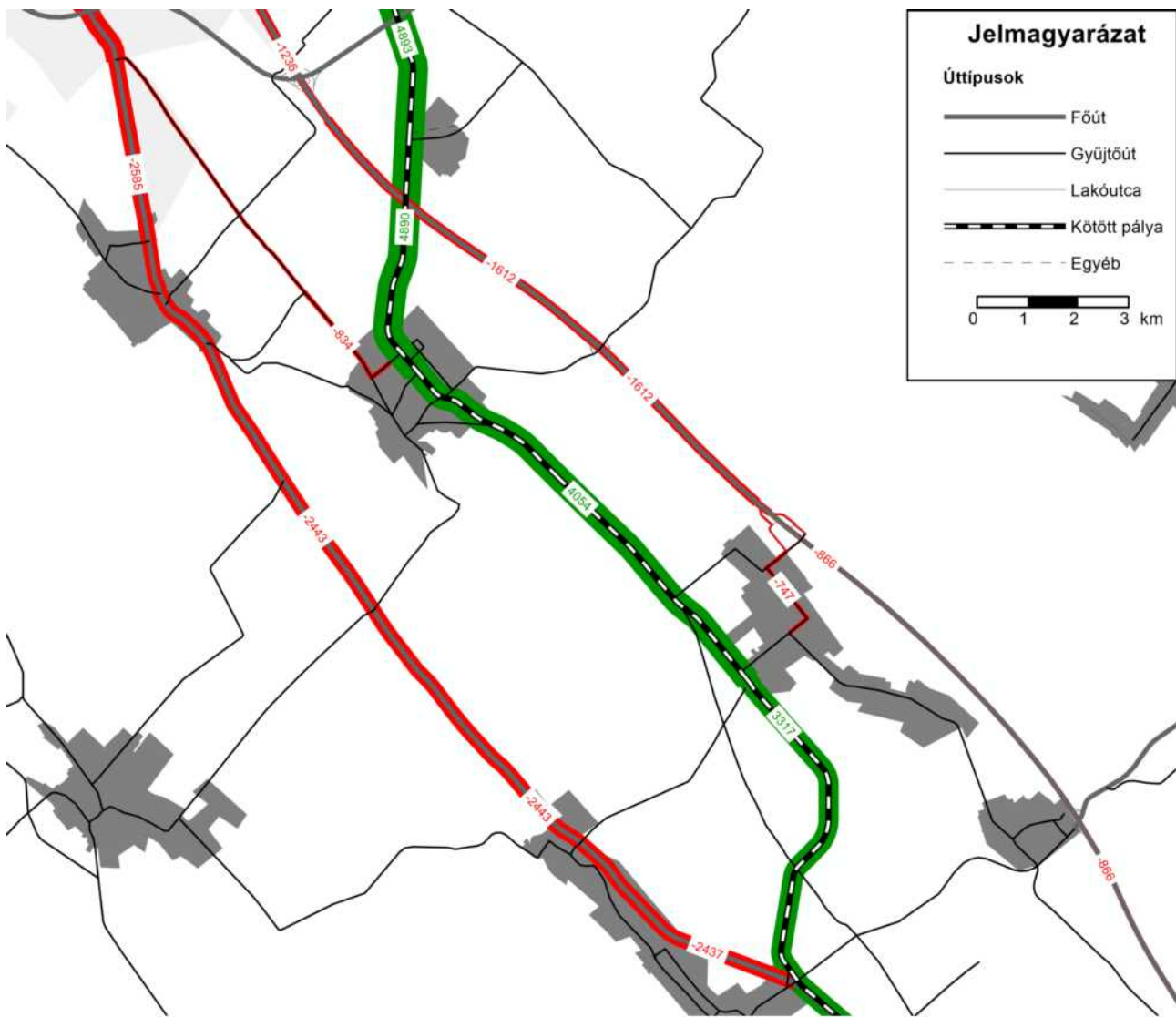
77. ábra. Pocsaj-Esztár vasútállomás intermodális csomópontja

tehát a buszjáratokat csak olyan mértékig szabad megszüntetni, hogy biztosítható legyen az elszállítandó utasmennyiség. A kordonponton belépő utasmennyiség ellenőrzést a reggeli csúcsidőszakban végeztem el, ehhez a Statisztikai hivatal adatai alapján reggel 5 és 8 óra közti 3 órát vettem alapul.

	Jelenlegi		Távlati tervek
	Buszok száma Budapest felé	Rendelkezésre álló férőhely	Rendelkezésre álló férőhely Bp. felé (~20%)
Dabas	12	660	132
Inárcs, Kakucs	9	495	99
Ócsa	5	275	0
	Vonatok száma Budapest felé	Rendelkezésre álló vonatférőhely	Rendelkezésre álló vonatférőhely
	3	800	~4000
	Összes férőhely (busz+vonat)	2230	4200

10. táblázat. A kordonponton belépő vizsgált járatok az 5. és a 6. változat esetén

A 10. ábra alapján látható az 5. és a 6. változat esetén a jelenlegi és a tervezett kínálat összehasonlítása. A táblázatban feltüntetésre kerültek a reggeli csúcs alkalmával induló buszok településenként, majd minden buszt 60 férőhelyesnek feltételezve meghatároztam, hogy a vizsgált 3 óra időtartam alatt mekkora a rendelkezésre álló férőhelyek mennyisége. Ezekkel együttesen ábrázoltam



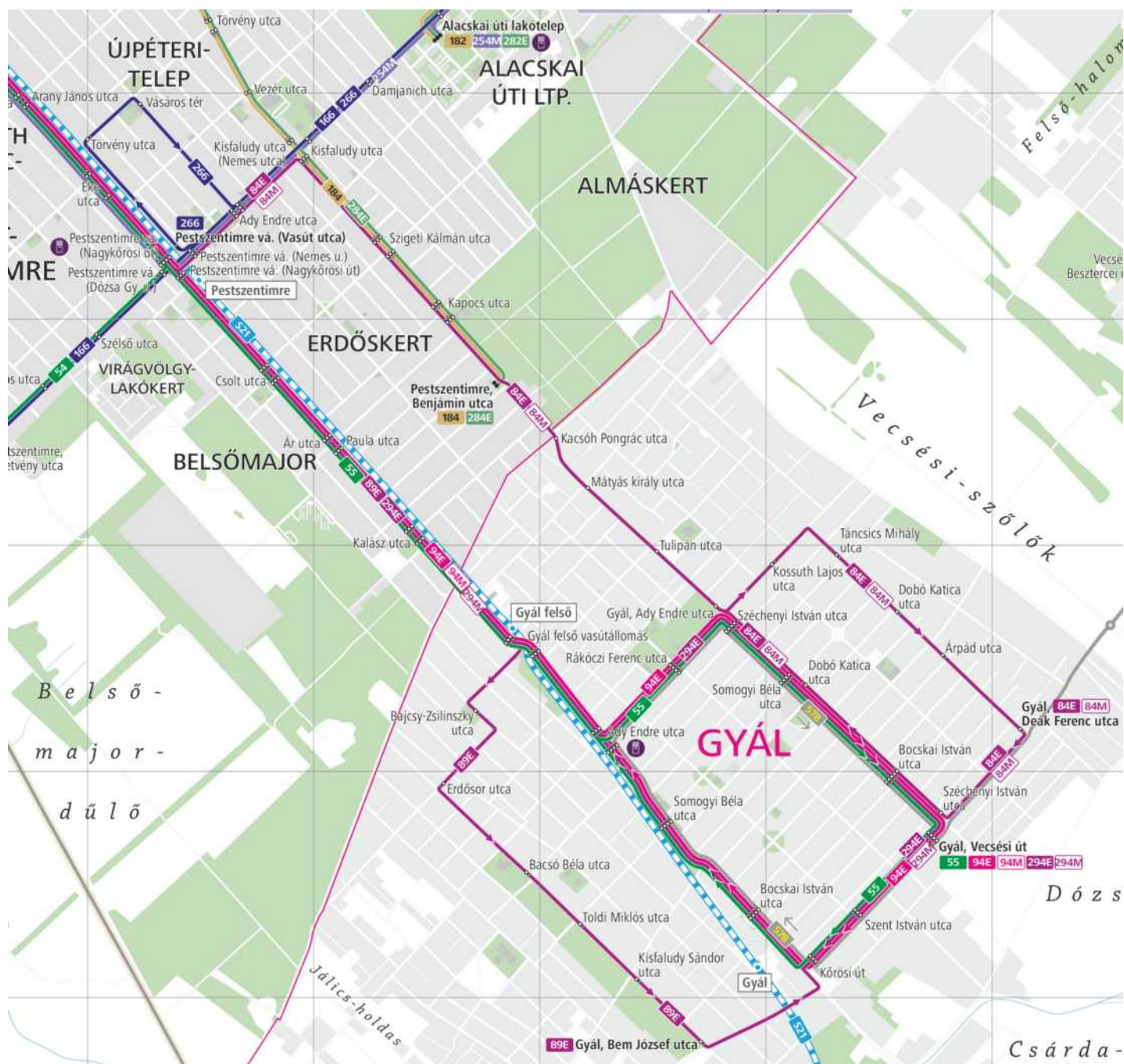
78. ábra. Tervezett állapot: A pirossal jelölt értékek a volán viszonylatú utazások csökkenését mutatják, a vasútvonal mentén húzódó zöld értékek a vonal utasszám-növekedését

a vasútvonal jelenlegi reggeli férőhely-számát, majd összegezve megkaptam, hogy reggelente 2230 férőhely van biztosítva a Budapest felé közlekedők részére.

A távlati tervek tekintetében 20%-ban határoztam meg a megmaradó buszok arányát, amibe beletartoznak az újonnan létrehozandó ráhordó viszonylatok is. Ócsa esetében a Visum-os adatok alapján nem tartottam szükségesnek a buszok fenntartását, mert a busszal utazók majdnem 88%-a áttért a vasúti közlekedésre. A fejlesztés hatására a buszközlekedést sikeresen vissza lehetne szorítani, emellett többlet férőhelyet is biztosítanának a viszonylatok azok számára, akik eddig az egyéni közlekedési módot választották.

A 4. változat esetén kedvezőtlenebb volt a helyzet, mivel a betétjáratok abban az esetben csak Ócsáig közlekednek. Ebben az esetben csak 1800 Férőhely állna rendelkezésre a 3 óra alatt, ami csak a buszok 60-70%-ának megszüntetését biztosítaná.

5.4.1.7. BKK járatok - felszabaduló közlekedési erőforrások



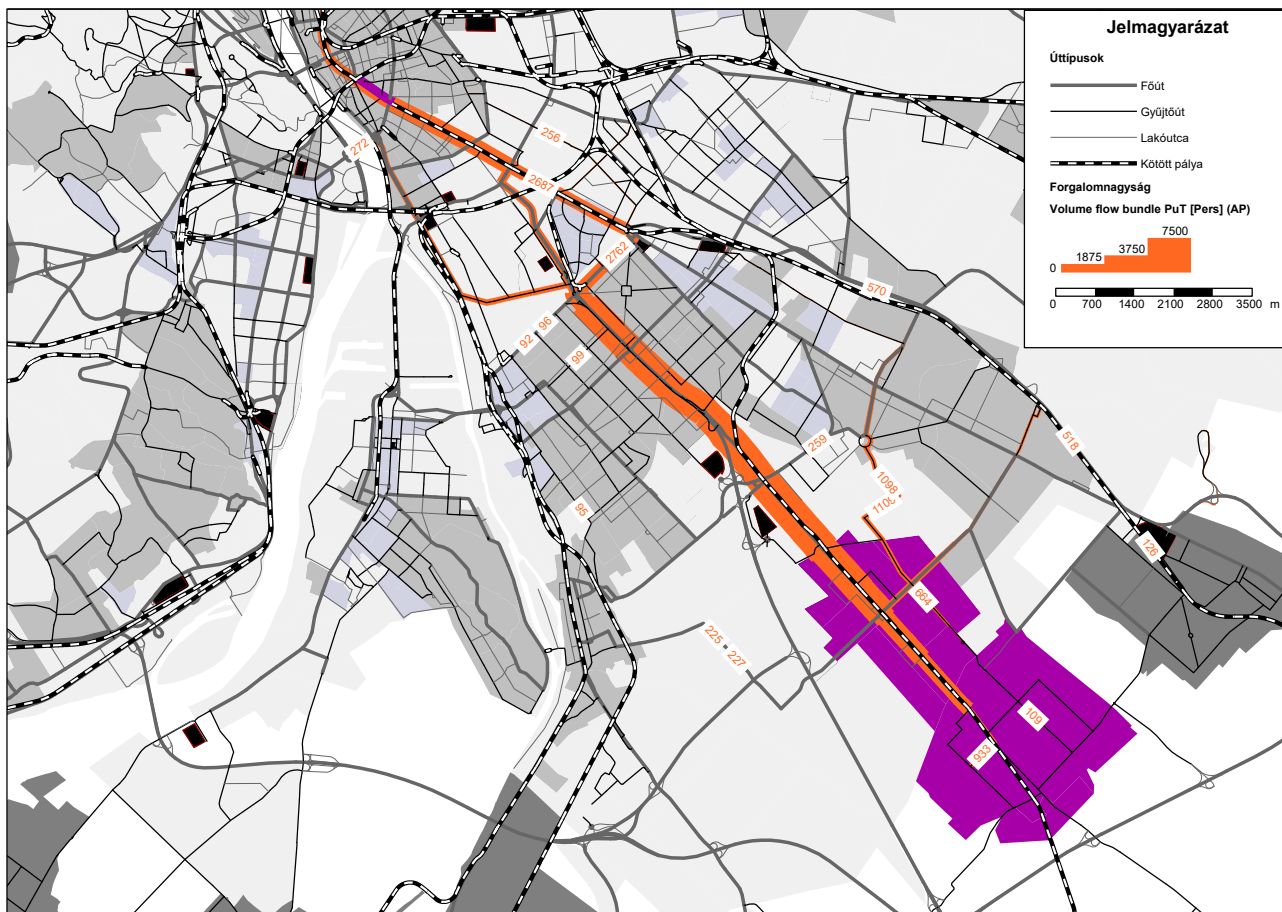
79. ábra. A térség buszos lefedettsége

Gyál és Pestszentimre területén a BKK járatai a vasúttal párhuzamos irányban szolgálják ki a térséget (79. ábra)¹⁹.

A környéki lakosság sok esetben a Határ útig közlekedő gyorsjáratokat használja a belvárosba való eljutáshoz. A szimulációs eredmények alapján látható, hogyha az M3-as metró meghosszabbításra kerülne Pestszentimre és Gyál magasságáig, akkor a helyi utazási szokások gyökeresen megváltoznának. Az EFM adatok alapján is látható, hogy a két érintett településrész forgalma gyakorlatilag

¹⁹A térképen látható „M” jelzésű buszok a metrópótlás idejére kerültek bevezetésre, ezek a felújítás végeztével beleolvadnak az „E” jelzésű buszokba

buszok segítségével történik, amelyek végállomása vagy a Népliget vagy a Határút. (80. ábra) A fejlesztés hatására a jelenlegi Határ útig közlekedő gyorsított járatok szükségüket vesztenék, ugyanis már Gyál és Pestszentimre területén lehetőség nyílna átszállni az M3-as metró irányába közlekedő szerelvényekre.



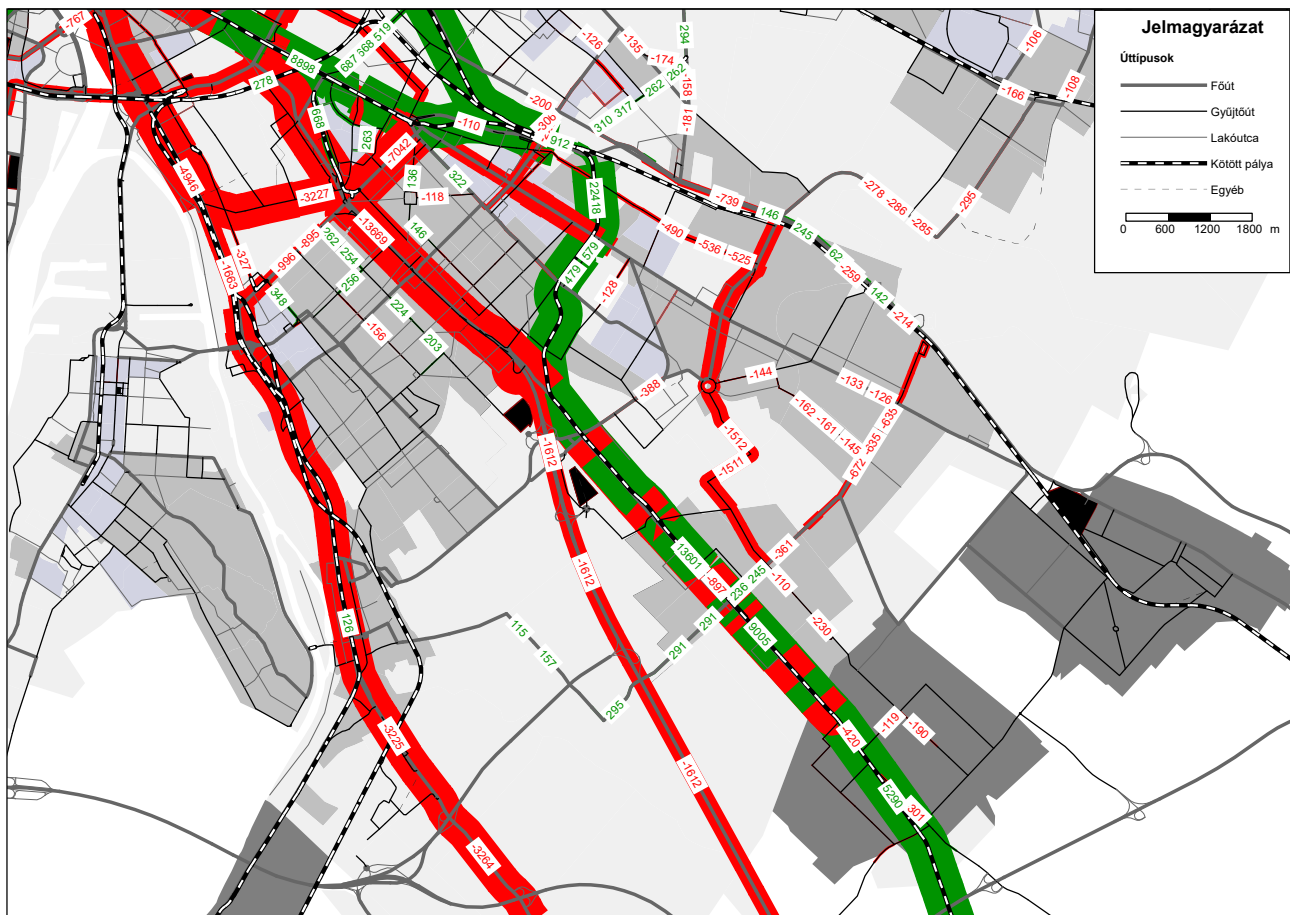
80. ábra. Jelenlegi állapot: A térségből az M3-as metróval utazók áradata

Járatok ritkítása, megszüntetése

Ebben a tekintetben a jövőre nézve érdemes egy átfogó koncepció keretében Gyál és vonzáskörzetének BKK busz járatainak átszervezése ráhordó viszonylatok kialakításával.

A 81. ábra alapján láthatóak a tervezett állapot szerinti utazási igény átrendeződések. A jelenlegi buszkorridort majdnem 14 ezer fővel kevesebben vennék igénybe, ezáltal a jelenlegi gyorsjáratok jelentős része szükségtelenné válna. Ezzel a fejlesztéssel számos busz kivonható a forgalomból, ezzel javítva a térség levegőminőségét és forgalmi leterheltségét.

A jövőben javaslom a 89E és a 284E busz kivételével az összes E jelzésű busz megszüntetését a térségben. A 84E, 294E és a 94E buszok szerepét vegyék át a 184-es és 284E jelzésű buszok, amelyek Gyálra legyenek meghosszabbítva, ott járják be az említett járatok útvonalát, és hordjanak rá Gyálra, valamint Gyál felső vasútállomásokra, ezzel erősítve a vasút szerepét a környéken.



81. ábra. Tervezett állapot: A pirossal jelölt értékek a jelenlegi busztvonalak forgalomcsökkenését szemléltetik, ezzel szemben zölddel a növekvő vasúti forgalom látható

BKK BUSZOK							
MUNKANAP		járatszám		távolság km	MEGTETT ÚT		NAPI KM
		oda	viszsa		ODA	VISSZA	
	84E+M	39	37	15,3	596,7	566,1	1162,8
	89E+M	43	40	14,7	632,1	588	1220,1
	294E+M	17	17	15	255	255	510
	94E+M	33	34	14,8	488,4	503,2	991,6
	55	48	42	19	912	798	1710
							5594,5
MUNKASZÜNETI NAP		járatszám		távolság km	MEGTETT ÚT		NAPI KM
		oda	viszsa		ODA	VISSZA	
	84E+M	16	16	15,3	244,8	244,8	489,6
	89E+M	20	19	14,7	294	279,3	573,3
	294E+M	42	40	15	630	600	1230
	94E+M	0	0	14,8	0	0	0
	55	37	34	19	703	646	1349
							3641,9
Éves megtett km							
munkanapok száma	251	1404219,5					
munkaszüneti napok száma	114	415176,6					
		1819396,1		ÉVES LEFUTOTT KILOMÉTER ÖSSZESÍTVE			
FUTÁSKÖLTSÉG	1000	1 819 396 100,00 Ft		ÉVES FUTÁSKÖLTSÉG			

82. ábra. A BKK jelenlegi üzemeltetési költségeinek becslése

5.4.1.8. MÁV járatok - felszabaduló közlekedési erőforrások

Annak érdekében, hogy a mostani és a tervezett állapot kellőképpen összehasonlítható legyen, ezért a jelenlegi MÁV által üzemeltetett járatok éves üzemelési költségeit is meghatároztam. Összeszámoltam a munkanapi és a munkaszüneti napok járatszámait, majd ezt megszoroztam a megtett távolsággal. A jelenleg közlekedő járművek futásköltségének 4500 Ft/km értéket határoztam meg, ebbe beletartozik dízelvontatású jármű üzemanyag költsége, a pályahasználati és jármű karbantartási díja is. (11. ábra)

VONATOK							
MUNKANAP		járatszám		távolság	MEGTETT ÚT		NAPI KM
		oda	viszsa	km	ODA	VISSZA	
	Ócsa - Bp	2	0	22	44	0	44
	Táborfalva - Bp	1	0	53	53	0	53
	Lajosmizse - Bp	22	37	73	1606	2701	4307
							4404
MUNKASZÜNETI NAP		járatszám		távolság	MEGTETT ÚT		NAPI KM
		oda	viszsa	km	ODA	VISSZA	
	Ócsa - Bp	0	0	22	0	0	0
	Táborfalva - Bp	0	0	53	0	0	0
	Lajosmizse - Bp	19	20	73	1387	1460	2847
							2847
		Éves megtett km					
munkanapok száma	251	1105404					
munkaszüneti napok száma	114	324558					
		1 429 962 Ft		ÉVES LEFUTOTT KILOMÉTER ÖSSZESÍTVE			
FUTÁSKÖLTSÉG	4 500,00 Ft	6 434 829 000 Ft		ÉVES FUTÁSKÖLTSÉG			

11. táblázat. A MÁV jelenlegi üzemeltetési költségeinek becslése

5.4.1.9. Jegy-eladások a jövőre való tekintettel

A vasúti személyszállítással kapcsolatban általános tény, hogy önmagában nem megtérülő a szolgáltatás. Magyarország tekintetében is hasonló a helyzet, egyedül a forgalmas elővárosi-, és néhány távolsági viszonylattal kapcsolatban mondtató el, hogy közel „nullára” jönnek ki az üzemeltetés költségei.

Ezért a jegy-eladások bevételét nem számoltam bele a tervezett költség megtakarításba. A pontos értékét alapból sem lehet egzakt módon meghatározni, továbbá az utazók jelentős hányada szállna fel Budapest közigazgatási határán belül, ahonnan a legtöbben az egyesített BKSZ bérlettel vennék igénybe a szolgáltatást.

A jegyértékesítéssel kapcsolatban viszont fontosnak tartom, hogy a térség tekintetében mindenképpen célszerű egy egységes tarifaközösséget létrehozni. Ez sokak számára vonzóvá tenné az utazást, már csak azért is, mert nem kell külön bérletet váltania arra a buszjáratra, amivel eléri a vasútállomást, valamint magára a vonatra is.

5.4.2. Költségek összegzése

5.4.2.1. Infrastruktúra beruházás költsége

A 12. táblázat tartalmazza az általam meghatározott egységárakat. A vasúti beruházások legkritikusabb pontja, hogy 1km vasúti pályát mekkora összegből sikerül felújítani. A vasútépítés ökölszabálya alapján 1 km felújításra szoruló vasúti pálya árát 1 milliárd Forintban határoztam meg. A Lajosmizsei vonal esetén a meghatározott érték mindenképpen helytálló, ugyanis egy alföldön vezetett vasútról beszélünk, és a vonal mentén komolyabb műtárgyak sem találhatóak. Ahol kétvágányú szakaszra volt szükség, ott a második vágány értéket a teljes vasúti pálya építési költségének a felével számoltam.

Tétel	Egységárak
1 km vágány	1 000 000 000,00 Ft
1km második vágány	500 000 000,00 Ft
120m Sk+55 peron, 3m széles	10 800 000,00 Ft
120m Sk+110 peron, 3m széles	21 600 000,00 Ft
XI-es kitérő	35 000 000,00 Ft
fonódó kitérő	23 000 000,00 Ft
1km kéregalagút	16 000 000 000,00 Ft

12. táblázat. Az infrastruktúra beruházás költségei változatonként

Egy XI-es kitérőtípus ára megközelítőleg 35 millió Forintba kerül, ehhez viszonyítva egy fonódott kitérő árát 23 millió Forintnak számoltam. Peronok tekintetében egy Sk+55 cm magas peron ára 20 ezer Ft/m²-re adódik, perontetővel együtt közel 34-40 ezer forintra. A vizsgált során 30 ezer Ft/SI árral számoltam. Sk+110 cm magas peronok árát egységesen 60 ezer Forint/SI-nek vettem, mivel magassága kétszerese a nagyvasúti peronméretnek.

A változatokba tételesen belekerült a kéregalagút is, amely árba beletartozik a két rámpa költsége is.

Olyan változat végül nem került értékelésre a műszaki megoldások közül, amelyik esetén fonódott rendszerű kitérő került alkalmazásra, mert nem tűnt praktikusnak a megállóhelyek kialakítása. A 12. táblázat tartalmazza az egyes változatokhoz tartozó tételek mennyiségét, a teljes infrastruktúra beruházás összegével együtt.

A kapott végösszegek alapján egyértelműen megállapítható, hogy jelentősen megnövekszik a beruházás összköltsége, amennyiben a városi szakaszon alagútban vezetjük a vasútvonalat.

5.4.2.2. Jármű beszerzési és üzemeltetési költsége

A szükséges jármű mennyiségének a számát a csúcsidőszakban közlekedő járművek alapján hatá-

Tétel	4. változat		5. változat		6. változat	
	Tételszám	Tétel ára	Tételszám	Tétel ára	Tételszám	Tétel ára
1 km vágány	62	62 000 000 000,00 Ft	62	62 000 000 000,00 Ft	62	62 000 000 000,00 Ft
1km második vágány	27	13 500 000 000,00 Ft	41	20 500 000 000,00 Ft	37	18 500 000 000,00 Ft
120m Sk+55 peron, 3m széles	23	248 400 000,00 Ft	23	248 400 000,00 Ft	23	248 400 000,00 Ft
120m Sk+110 peron, 3m széles	12	259 200 000,00 Ft	0	- Ft	0	- Ft
XI-es kitérő	23	805 000 000,00 Ft	23	805 000 000,00 Ft	25	875 000 000,00 Ft
fonódó kitérő	0	- Ft	0	- Ft	0	- Ft
1km kéregalagút	1	16 000 000 000,00 Ft	0	- Ft	1	16 000 000 000,00 Ft
		92 812 600 000,00 Ft		83 553 400 000,00 Ft		97 623 400 000,00 Ft

13. táblázat. Az infrastruktúra beruházás költségei változatonként

roztam meg, az átlagos futásteljesítményt pedig a teljes nap alapján vettem figyelembe.

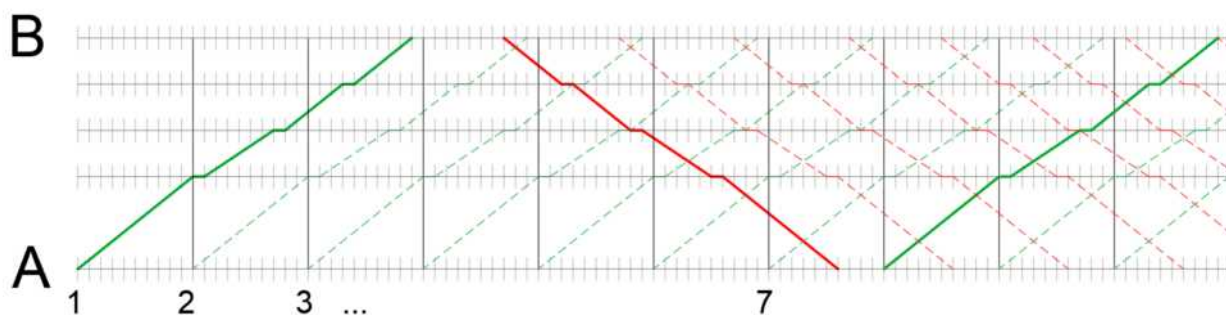
Az új járművek becsült beszerzési értéke

Az ár meghatározásának alapjául a MÁV Stadler flirt motorvonat beszerzési árát vettem, ami abban az időben 1,7 milliárd forintra adódott. Ezzel az árral számolva a Flirt motorvonat méterenkénti ára ²⁰ 22,7 millió forintra adódott. Ebből egy hagyományos 120 m hosszúságú szerelvény ára 2,8 milliárd Forint lenne. Hibrid járművek esetében mindenképpen többletköltségek lépnek fel, (pl.: extra ajtók, rámpák, lépcsők, áramszedő, stb.) ezért a különleges felszereltségek miatt ebbe az esetben 3,0 milliárd Forint egységárral számoltam.

Az egyszerűség kedvéért, a 6. változat kivételével minden vasútvonalon közlekedő járművet a 120m hosszúságú egységjármű árával számoltam. A 6. változat esetén a betétjáratok beszerzési árát Flirt egységárban számoltam, mivel azokra elegendő a rövidebb szerelvény kapacitása is.

A szükséges járműállomány meghatározási módszere

Minden változat esetén a hozzá rendelt menetrend alapján határozható meg a szükséges járműszám. A minimális szerelvény szükségletet úgy kapjuk meg, ha vesszük a reggeli legelső szerelvény indulásának, majd annak visszaérkezésének az idejét. Ebből a szükséges szerelvény szám az érkezés és indulás között leközeledett vonatok száma, valamint a kezdetben induló szerelvény.



83. ábra. Az alkalmazott szükséges szerelvény mennyiség meghatározása

²⁰A járművet 75m hosszúnak tekintetem

Tegyük fel, hogy a 10 perces követés napi 20 órán keresztül szolgáltatva van, és a vasútvonalunk 30km hosszú. Ezekből számítva a napi teljes lefutott km = üzemidő x óránkénti járatszám x megtett km x 2 = 20 x 6 x 30 x 2= 7200km

Ebből kiszámolhatjuk, hogy 1 járműnek naponta hány km-t kell megtennie abban az esetben, ha a minimum járműállományra törekszünk.

$$\frac{7200}{7} = 1028$$

Ezek alapján a járműveknek átlagosan 1028km-t kell naponta megtenniük. Ez az érték még a mai modern járművek esetén is magas, ezért törekedni kell a napi maximum 800km futásteljesítmény elérésére. A járművek számát növelve megkapjuk, hogy 9 jármű esetén már biztosítható a napi 800km-es futás egységesen minden jármű számára. Arról, hogy melyik jármű mikor és mennyit fusson, arról az üzemeltető fog majd a későbbiekben gondoskodni. A mai modern járművek rendelkezésre állása igen magas, 90% fölötti, ezért a mi esetünkben egy extra jármű szükséges a forgalom zavartalan biztosítása érdekében.

Annak érdekében, hogy a változatokhoz ki tudjam számolni az éves futásteljesítményt elkészítettem mindegyik esethez egy hétvégi menetrend javaslatot is, amelyek a mellékletben tekinthetők meg.

A változatokhoz szükséges járatszám és az átlagos futásteljesítmény kiszámításához először meghatároztam, hogy egyes viszonylatok egy órán belül milyen gyakorisággal valamint mekkora időintervallumon keresztül közlekednek.

Első körben meghatároztam viszonylatonként a fordulók számát, valamint a viszonylat üzemeltetésének az időtartamát (M I.4-es táblázat), ezeket az adatokat az elkészített menetrendekről olvastam le. Tartalmazza külön a hibrid és a nagyvasúti rendszerű járművekhez tartozó viszonylatokat egyaránt.

A következőkben meghatároztam az egyes viszonylatok összes futását a megadott időtartam alatt. (M I.5-öss táblázat) Fontos volt, hogy a hibrid és a hagyományos nagyvasúti jármű elkülönüljön a futásuk tekintetében, mert más lesz a két járműhöz tartozó üzemeltetési módszer.

A 14.táblázat alapján összegzésre kerültek a napi átlagos futásteljesítmények. A célom az volt, hogy a hibrid rendszerű járművek átlagosan napi 600 km-t fussanak a járművek naponta, ehhez a legközelebb a 6. változat áll. Nagyvasúti járművek esetén a táblázatban szemléltetett futásteljesítmény kizárólag a Lajosmizsei vonalra vonatkoznak, így ha kevésnek bizonyul a napi futásértéke egy járműnek, akkor technológia szinten beforgatható más, hosszabb viszonylatok élére is.

A beszerzendő járművek költségvonzata

Miután meghatároztam a szükséges járműmennyiséget minden változat esetén, az ismertetett árak alapján elvégeztem a változatok járművekre vonatkozó költségbecslését.

	Összes km		Csúcsóra alapján meghatározott járatszám	
	hibrid	nagyvasúti	hibrid	nagyvasúti
III.				
IV.	2280	5760	7	8
V. -Hibrid	5140	3200	13	4
V. -nagyvasúti	7140		14	
		3204		8

	Futás		km alapján szükséges járatszám		Ténylegesen szükséges	
	hibrid	nagyvasúti	hibrid	nagyvasúti	hibrid	nagyvasúti
III.						
IV.	326	720	7	8	8	9
V. -Hibrid	395	800	13	4	15	5
V. -nagyvasúti	510		14		16	
		401		8		9

14. táblázat. A szerelvények által megtett napi km, valamint a szükséges járműszám

Az ide vonatkozó adatokat az alábbi táblázat tartalmazza: (15. táblázat)

	Nagyvasúti járművek száma	Nagyvasúti járművek ára [Ft]	Hibrid járművek száma	Hibrid járművek ára [Ft]	Összes járműkötség [Ft]
4. változat	9	25 200 000 000 Ft	8	24 000 000 000 Ft	49 200 000 000 Ft
5. változat	5	14 000 000 000 Ft	15	45 000 000 000 Ft	59 000 000 000 Ft
6. változat	9	18 000 000 000 Ft	16	48 000 000 000 Ft	66 000 000 000 Ft

15. táblázat. A változatok járműállományának költségei

A járművek kilométerenkénti futásköltségének meghatározása

A számításaim során egy korszerű, modern, villamos vontatású motorvonat átlagos km-enkénti futásköltségét 3000Ft/km-ben határoztam meg.

Ehhez adódott hozzá a km-enkénti pályahasználati díj, amit a VPE²¹ által kiállított Hálózati Üzletszabályzat alapján 250Ft/km-ben határoztam meg. [48]

Az alábbi táblázatokban találhatóak változatokra vonatkozólag az éves futásköltségek 3250 Ft/km-enkénti árral számolva.

²¹ Vasúti Pályakapacitás-Elosztó Kft.

Üzemeltetési költség					
Munkanap			Munkaszüneti nap		
Tétel	Mennyiség	Felszorozott ár	Tétel	Mennyiség	Felszorozott ár
Nagyvasúti szerelvény; futás/nap [km]	5760	18 720 000,00 Ft	futás km/nap	5760	18 720 000,00 Ft
Hibrid szerelvény; futás/nap [km]	2280	7 410 000,00 Ft	BETÉT futás km/nap	960	3 120 000,00 Ft
futás/nap [km]		26 130 000,00 Ft	futás/nap (szumma)		21 840 000,00 Ft
futás/év		6 584 760 000,00 Ft	futás/év		2 467 920 000,00 Ft
Összes évi futás:		9 052 680 000,00 Ft			

16. táblázat. A 4. változat egy évre vetített futásköltségei

Munkanap			Munkaszüneti nap		
Tétel	Mennyiség	Felszorozott ár	Tétel	Mennyiség	Felszorozott ár
futás km/nap	5140	16 705 000,00 Ft	futás km/nap	5760	18 720 000,00 Ft
futás km/nap	3200	10 400 000,00 Ft	BETÉT futás km/nap	960	3 120 000,00 Ft
futás/nap (szumma)		27 105 000,00 Ft	futás/nap (szumma)		21 840 000,00 Ft
futás/év		6 830 460 000,00 Ft	futás/év		2 467 920 000,00 Ft
Összes évi futás:		9 298 380 000,00 Ft			

17. táblázat. Az 5. változat egy évre vetített futásköltségei

Üzemeltetési költség					
Munkanap			Munkaszüneti nap		
Tétel	Megtett km	Felszorozott ár	Tétel	Megtett km	Felszorozott ár
LAJOSMIZSEI futás km/nap	7140	23 205 000,00 Ft	futás km/nap	5760	18 720 000,00 Ft
BETÉT futás km/nap	3204	10 413 000,00 Ft	BETÉT futás km/nap	960	3 120 000,00 Ft
futás/nap (szumma)		33 618 000,00 Ft	futás/nap (szumma)		21 840 000,00 Ft
futás/év		8 471 736 000,00 Ft	futás/év		2 467 920 000,00 Ft
Összes évi futás:		10 939 656 000,00 Ft			

18. táblázat. A 6. változat egy évre vetített futásköltségei

6. A projektek összehasonlító értékelése

A hibrid rendszerű járművekre vonatkozó futási eredmények alapján látszik, hogy a csúcsidőben szükséges szerelvéyszám jelentősen magasabb a csúcsidőszakon kívüli sűrűséghez képest, ezért a járművek átlagos futása meglehetősen alacsonyra adódik. Szerencsére ez a probléma könnyedén kompenzálható, ha a hibrid járműveket a csúcsidőszakon kívül más vonalon járattatjuk, hogy meglegyen a szükséges elvárt napi futásteljesítmény.

Ez viszont csak akkor lehetséges, ha helyesen cselekszünk a jármű megválasztásánál. Olyan jármű választása szükséges, ami többcélúan felhasználható a csúcsidőszakon kívül is (pl.: Hannoveri villamos rendszerű jármű). Ebben az esetben a lenyíló ajtós, vagy a kinyúló rámpákkal rendelkező jármű teljes értékű metrószerelvénynek is tekinthető, az előbbi ráadásul teljes értékű nagyvasúti szerelvénynek is. Ilyen szempontból hátrányban van a két peronmagasságra nyíló jármű, mert teljes értékűen csak a hibrid üzemben állja meg a helyét, a csúcsidőszakon kívüli futása kérdéses.

Költség- haszon elemzés

A költségek elemzését, akárcsak egy valós projekt esetén 30 év távlatára határoztam meg.

Ami szembeűnő lehet a táblázatban (19. táblázat), hogy a haszonelemzés 30 év helyett 35 év távlatra lettek meghatározva. A feltételezés szerint, ha nem történne meg a fejlesztés, akkor ezek a viszonylatok közlekednének a következő 30 évben is. Viszont az agglomerációba való kiköltözések következtében a közlekedési igény folyamatosan nő, amely növekvő forgalmat a jelenlegi infrastruktúrával lenne szükséges ellátni. Előbb utóbb szükséges a járatok sűrítése, a kínálat bővítése. Ezeket a lehetőségeket 35 év távlatában beleszámoltam a megtakarításokba.

A 20. táblázat a változatok költségenkénti összehasonlítását tartalmazza. Azzal, hogy folyamatosan nőtt a járatok száma, a járműköltségek is emelkedtek, de ezt kompenzálta a megnövekedett utasszám, így a megtérülést mutató arányszámok is hasonlóan alakultak.

Költségek				
	Kiadások		30 év távlatára vetítve	Összes kiadás
	Egyszeri	Éves		
4. változat	142 012 600 000 Ft	-	-	413 593 000 000 Ft
		9 052 680 000 Ft	271 580 400 000 Ft	
5. változat	142 553 400 000 Ft			421 504 800 000 Ft
		9 298 380 000 Ft	278 951 400 000 Ft	
6. változat	163 623 400 000 Ft	-	-	491 813 080 000 Ft
	-	10 939 656 000 Ft	328 189 680 000 Ft	

Hasznok				
		Éves megtakarítások	35 év távlatra vetítve	Összes bevétel
4. változat	Volán	1 286 623 000 Ft	45 031 805 000 Ft	428 439 363 100 Ft
	MÁV	6 434 829 000 Ft	225 219 015 000 Ft	
	BKK	1 455 516 880 Ft	50 943 090 800 Ft	
	Utasperc-nyereség	3 064 155 780 Ft	107 245 452 300 Ft	
5. változat	Volán	1 583 536 000 Ft	55 423 760 000 Ft	473 634 494 200 Ft
	MÁV	6 434 829 000 Ft	225 219 015 000 Ft	
	BKK	1 455 516 880 Ft	50 943 090 800 Ft	
	Utasperc-nyereség	4 058 532 240 Ft	142 048 628 400 Ft	
6. változat	Volán	1 583 536 000 Ft	55 423 760 000 Ft	494 480 872 900 Ft
	MÁV	6 434 829 000 Ft	225 219 015 000 Ft	
	BKK	1 455 516 880 Ft	50 943 090 800 Ft	
	Utasperc-nyereség	4 654 143 060 Ft	162 895 007 100 Ft	

19. táblázat. Költség-haszon elemzés változatonként

	4.változat	5.változat	6.változat
Kiadás	428 439 363 100 Ft	473 634 494 200 Ft	494 480 872 900 Ft
Bevétel	413 593 000 000 Ft	421 504 800 000 Ft	491 813 080 000 Ft
Megtérülési arány	1,04	1,12	1,01

20. táblázat. A változatok kiadásainak és bevételeinek összegzése a megtérülésük arányában

Összehasonlító értékelése

A kidolgozott változatok közül a 6. számú több tekintetben is kiemelkedik. A pályainfrastruktúra oldaláról, a nagyvasúti pályaszakasz vonatkozó előírásoknak megfelelő felújításán és részleges kétvágányosításán túl, egyéb speciális beavatkozás, rendszermódosítás, vagy rendszeridegen elemek alkalmazása nem szükséges. A Dabasig kiépítendő kétvágányú pályaszakasznak köszönhetően pedig a vonal forgalmi-átbocsátóképessége ennél a változatnál a legmagasabb.

A változattal kapcsolatban továbbá fontos kiemelni, hogy az átjárhatóságot biztosító hibrid jármű

a lajosmizsei (és egyéb nagyvasúti paraméterekkel rendelkező) vonal teljes hosszában korlátozás nélkül, csaknem teljesértékű nagyvasúti járműként közlekedhet. A többcélú alkalmazási lehetőségnek köszönhetően a járművek napi futásteljesítménye és kihasználtsága kiemelkedően kedvező.

Az ebben a változatban kidolgozott menetrend nagyfokú rugalmasságot és variálhatóságot mutat. A hibrid járművek fix kapacitással rendelkeznek, kapacitásuk a napszakon belül a metrószerelvény jellegük miatt nem variálható (a szerelvény nem bontható meg!), mert ez a megoldás a metró megállóiban véleményem szerint balesetveszélyes lenne, valamint a belvárosi metró szakaszon nem biztosítaná a szükséges kapacitást. Az igényekhez jobban igazodó hatékony forgalomszervezés érdekében a felszíni szakasz betétjáratai nagyvasúti szerelvényekkel vannak kiállítva a változathoz kidolgozott menetrendben.

A beruházási költségek tekintetében ez a legdrágább változat, de a megtérülési arány közelítőleg megegyezik a többi változat vonatkozó értékeivel.

7. A tanulmány összefoglalása

A műszaki megoldások vizsgálata során megállapítható volt, hogy csak a pályainfrastruktúra alakítása nem vezet kedvező megoldásra. Amennyiben kizárólag a jármű kerül illesztésre már jelentősen kedvezőbb megoldások érhetőek el, azonban a leginkább kompromisszummentes megoldást akkor kapjuk, ha mindkét alrendszer tekintetében végzünk beavatkozásokat. A kutatásom alapján szeretném vázolni a lehetőségeket a jövőre nézve, amennyiben a megvalósulás irányába indulna a projekt. A lehetőségekből adódóan olyan megoldás is létrehozható, amely esetén a jövőben még változtathatunk az elképzelések irányán, viszont egyes döntések meghozatala után ezt már csak jelentős költségek árán lehet megvalósítani. Az itt leírt tervezési elvek nem kizárólag az M3-as metró esetében érvényesek, hanem valamennyi budapesti metróvonal esetén is, mert az átjárhatóság követelményei közel azonosak. A **pályainfrastruktúra** oldaláról a metró jelenlegi üzemét mindenképpen adottságnak kell tekinteni, azon módosítani csak jelentős költségek árán lehet. A nagyvasúti forgalom zavartalan biztosítása érdekében az a legkedvezőbb és egyben preferált megoldás, ha azt egyáltalán nem szükséges módosítani²². Amennyiben módosítás szükséges, akkor három lehetséges beavatkozási szintet határoztam meg. A beavatkozást úgy kell végrehajtani, hogy a pályát a nagyvasúti járművek a későbbiekben is zavartalanul tudják használni. A javaslatok közül az első kettő szabványosnak tekinthető beavatkozás. Az első, amikor a két üzem peronjait a vasúti pályával **párhuzamosan** toljuk el. Ez a megoldás kimondottan ott alkalmazható, ahol hosszában van elég hely a vasúti pálya mellett.

²²Ez csak általános értelemben véve igaz, a Lajosmizsei vonal esetén úgy értelmezendő, hogy a rendszeren nem változtatunk, nagyvasúti üzem elvárásainak megfelelően újítjuk fel a pályainfrastruktúrát.

Ha erre nincs lehetőség, akkor az **üzem szerinti szétválasztott peronelrendezés** a preferált, ahol a pálya két oldalán, eltérő magasságú peront alakítunk ki, ehhez viszont széles keresztmetszet szükséges. Harmadik javasolt megoldásként **fonódott vágányok** segítségével hozunk létre szétválasztott **peronelrendezést**, ez viszont Magyarországon új megoldásnak számítana. A **járművek** tekintetében bebizonyosodott, hogy a metró járműparamétereinek kell dominálniuk a tervezés során, azokat kell alapul venni. Ezeket a tulajdonságokat kell aztán kiegészíteni a nagyvasúti közlekedés követelményeinek megfelelően. Mindenekelőtt a tervezett járműnek meg kell felelnie a nagyvasúti üzem **szilárdsági követelményeinek**, valamint alkalmasnak kell lennie a nagyvasúti **felsővezetékes rendszer**²³ használatára is. A **peronra** történő ki- és beszállás tekintetében három lehetséges megoldást vázoltam fel. Az első járműjavaslat kizárólag az Sk+1 10 cm magas peron szintbeni kiszolgálására alkalmas, a külső nagyvasúti szakaszon **kinyúló rámpák** szükségesek (57. ábra). Ebben az esetben még nem tekinthető „teljesen átjárhatónak” a rendszer, mivel a jármű kötve van a metró infrastruktúrához. A következő két megoldás már azt az esetet vázolja fel, amikor, a jármű mindkét peronmagasság kiszolgálására egyaránt alkalmas. Ebből az első eset, amikor a **két padlómagasságra** nyíló járművet (55. ábra) alkalmazzuk. Fontos kiemelni, hogy ez viszont nem tekinthető egyik vasútüzem szempontjából sem teljes értékű járműnek. Az utolsó eset a **lenyúló ajtó**s szerelvény (56. ábra). Itt már kapunk egy teljes értékű metróüzemre alkalmas szerelvényt, és egy részben teljes értékű vasúti szerelvényt is.²⁴ A szerelvények belső kialakításánál törekedni kell az ideális ülőhely-állóhely arány megteremtésére, ami megközelítőleg 35 és 40% között mozog. Végül nem szabad megfeledkezni a szerelvények **mellékhelyiségeiről** sem, ugyanis egy hasonlóan hosszú viszonylat esetében mindenképpen szükség van rájuk. A jármű kialakítása tekintetében megjegyzendő, hogy a szintbeli beszállás nem játszott elsődleges szerepet a kiválasztás során, ezért az utóbbi járműtípust inkább átmeneti megoldásként célszerű elképzelni. A budapesti adottságokat és fentiekben megfogalmazott alapelveket figyelembe véve, a nagyvasúti és a városi gyorsvasúti rendszerek közötti kölcsönös átjárhatóság kialakítását véleményem szerint két ütemben lenne érdemes végrehajtani. A beruházás első ütemében kizárólag csak a járművet illesztjük, oly módon, hogy az új hibrid szerelvény teljes értékű metrószerelvény maradjon. A nagyvasúti szakaszon kompromisszumként kinyúló rámpákkal, és/vagy lépcsőkkel lenne biztosítva a ki és beszállás. A járművek beszerzése tekintetében költséghatékonyság céljából mindenképpen érdemes valamelyik szerkezeti megoldás mellett végleges elhatározást tenni. Abban az esetben, ha a jövőben jelentős többlet igény lép fel a mind utazóközönség, mind szolgáltatási szint növelése céljából, érdemes elgondolkodni egy II. ütemben, amely keretében az egész vonal hosszában fokozatosan kiépülhet a metróüzem igényeinek megfelelő infrastruktúra²⁵. Így a későbbiekben már a szintbeli

²³A harmadik sín kiépítése a városi szakaszokon körülményes

²⁴A jármű teljes értékű mivolta meghatározza a későbbi üzemeltetési kérdéseket futásteljesítmény tekintetében

²⁵fonódások, eltolt peronkialakítás

beszállás lehetősége is biztosítható. Továbbá a már meglévő lenyíló lépcsős járművek teljes értékű metrószerelvényként üzemelhetnek a hálózaton. Mivel a járművek mindkét peronmagasságra alkalmasak, sőt, a II. és a III. járműjavaslat teljes értékű metró járműnek is tekinthető, ezért könnyedén áthidalható vele az átmeneti időszak is. Amennyiben ez a rendszer nem válna be a jövőben, a járművek teljes értékű metrószerelvényként is üzemeltethetőek tovább.

Ezzel kapcsolatban fontos a jövőbeli üzemeltető kilétét is tisztázni. A jelenlegi járműállományra való tekintettel javaslom a járművek BKV általi üzemeltetését, kifejezetten a jármű metró oldali kötöttségeiből adódóan. Az ismertetett karbantartó bázis elhelyezése is ezt a döntést hivatott követni.

Hivatkozások

- [1] 18/1998. (VII. 3.) KHVM rendelet az Országos Vasúti Szabályzat II. kötetének kiadásáról. 1998.
- [2] *A Budapesti Regionális Gyorsvasúti Rendszer koncepciója*. Megrendelő: BKSz. 2007.
- [3] *A Design Crime – Class 395 Train Platform Interface*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://anonw.com/2016/12/28/a-design-crime-class-395-train-platform-interface/>.
- [4] *A háztartások életszínvonala, 2018*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/hazteletszinv/2018/index.html>.
- [5] *A TW6000-es típusú hannoveri villamos*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://villamosok.hu/tipus/tw6000.html>.
- [6] *AVR rendszer az M3 metróvonalon*. Hozzáférés: 2020-09-15. URL: <http://m3felujitas.hu>.
- [7] *Az M2-es metró és a H8-as HÉV összekötése*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://bkk.hu/fejleszteseink/m2h8/>.
- [8] BKK. “Budapest közlekedésfejlesztési stratégiája - Balázs Mór Terv”. (2014).
- [9] *Broadway (Brooklyn)*. Hozzáférés: 2020-10-30. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Broadway_\(Brooklyn\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Broadway_(Brooklyn)).
- [10] *Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <http://bvs.hu/>.
- [11] *Csak egy kép – Találkozó a Margit hídnál*. Hozzáférés: 2020-10-01. URL: <http://www.regionalbahn.hu/2018/01/csak-egy-kep-margithid-felszin.html/>.
- [12] *Egy adófizetőre jutó jövedelem alakulása Közép-magyarországi régióban*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://vecseshirek.hu/wp-content/uploads/2013/10/image1380701134.jpg>.
- [13] *Egységes Forgalmi Modell*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://bkk.hu/apps/docs/bkk_forgalmi_modell.pdf.
- [14] *Foulger Railway Photography*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://www.flickr.com/photos/justinfoulger/44789731372/>.
- [15] *GapCLOSER*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://www.gilgendoorsystems.com/en/products-and-systems/platform-screen-doors/option-gapcloser>.
- [16] *Gauntlet track*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gauntlet_track.
- [17] *Gauntlet track on Conrail Shared Assets Operation Lehigh Line at New Jersey Transit's Raritan Valley Line Union, New Jersey station*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gauntlet_track#/media/File:Gauntlet_track_at_New_Jersey_Transit_Union,_NJ_Station.jpg.
- [18] Dr. Várszegi Gyula. “50 éves a budapesti metró”. Magyar Közlekedési Szövetség, 2020.
- [19] Szabó Gábor. “Az M2 és a GHÉV összekötési lehetőségeinek vizsgálata”. (2016).
- [20] *Harmadik sín (Third rail)*. Hozzáférés: 2020-09-25. URL: <https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/track/third-rail/>.
- [21] G Hupkes. *The law of constant travel time and trip-rates*. Elsevier, 1982.
- [22] *iho.hu*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://iho.hu/>.
- [23] Dőry István. “Az esztergomi vasútvonal és a szentendrei HÉV közötti átjárhatóság vizsgálata”. (2015).

- [24] Sztrókay István. "Nagy-Budapest közlekedési problémái". *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye; LV. kötet 27. szám* (1921).
- [25] *Japán vasúti közlekedése*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/Jap%C3%A1n_vas%C3%A1zti_k%C3%BAzleked%C3%A9se.
- [26] *Karlsruhe, Tram Train*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/Karlsruhei_modell.
- [27] *Karlsruhe, Tram Train*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://www.metrotram.it/index.php?m=3&n=97>.
- [28] *KSH népszámlálási adatok*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://www.ksh.hu/nepszamlalas/>.
- [29] *Közlekedési Információs Rendszer és Adatbázis*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://kira.gov.hu/kira/>.
- [30] *M4 metro plusz*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://www.metro4plusz.ini.hu/>.
- [31] *Magyar Metropol Vasút*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://inno-anno.blog.hu/2012/10/30/magyar_metropol_vasut.
- [32] *metro*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://metros.hu/>.
- [33] B. Milakis D. Van Wee. "For me it is always like half an hour". (2018).
- [34] *Mind the Gap*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: http://www.metadyne.co.uk/mind_the_gap.htm.
- [35] *Miért az M5 a fontosabb?* Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://kozlekedes.org/miert-az-m5-a-fontosabb/>.
- [36] *NJT Bombardier Multilevel Coach 7264*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <http://www.rrpicturearchives.net/showPicture.aspx?id=2117860>.
- [37] *Platform Gap Filler*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://www.virtualmarket.innotrans.de/en/Platform-Gap-Filler,p1455501>.
- [38] *Railcolor*. Hozzáférés: 2020-10-30. URL: <https://www.railcolor.net/index.php?nav=1000001&lang=1>.
- [39] *Rengeteget használjuk, egyre jobban szeretjük – mi az?* Hozzáférés: 2020-09-30. URL: https://index.hu/chart/2018/01/15/tomegkozlekedes_eu/.
- [40] György István Rákos Ferenc. "Utazás a föld alatt". Művelt Nép Könyvkiadó, 1951.
- [41] *Schema von U-Bahn und S-Bahn*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/S-train#/media/File:Shema_U-Bahn_S-Bahn.PNG.
- [42] Zielinski Szilárd. "Budapest forgalmi viszonyainak rendezése". *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye; XXV. kötet IX. füzet (4. oldal, jobb tömb)* (1902).
- [43] *Törökőr M+H+MÁV*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://kozlekedes.org/torokor-mhmav/>.
- [44] *[US] May the tests begin: The Stadler KISS for Caltrain is out!* Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://railcolornews.com/2020/10/02/us-may-the-tests-begin-the-stadler-kiss-for-caltrain-is-out/>.
- [45] *Utolsó vonatozás az Északi vasúti összekötő hídon*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <http://kozeg.blogspot.com/2008/06/utols-vonatozs-az-szaki-vasi-sszekt.html>.
- [46] *Vasúti közlekedési módok*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/Vas%C3%A1zti_k%C3%BAzleked%C3%A9si_m%C3%A9sdok.
- [47] *Villamosok.hu*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <http://villamosok.hu/>.

- [48] *VPE Hatályos Hálózati Üzleti Szabályzat*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://www2.vpe.hu/halozati-uzletszabalyzat-husz/hatalyos-husz-2019-2020>.
- [49] *VPE Menetrendi ábrák*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: https://www2.vpe.hu/menetrendi_abrak.
- [50] Sander Willer. *Tram-train: When is it a suitable mode?* Delft University of Technology, 2019.
- [51] Ney Ákos. “A budapesti pályaudvarok I”. *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye*; 77. Kötet, 26. szám (1902).
- [52] *Árubeszerzések - 457231-2020*. Hozzáférés: 2020-09-30. URL: <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:457231-2020:TEXT:HU:HTML&src=0>.
- [53] *Űrszelvény*. Hozzáférés: 2020-10-14. URL: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Űrszelvény>.

Mellékletek

. I. Melléklet - <i>Kiegészítő táblázatok</i>	123
. II. Melléklet - Kiegészítő képek	129
. III. Melléklet - Google Form kérdőívek	130
. IV. Melléklet - Utasszámlálási jegyzőkönyvek	132
. V. Melléklet - MÁV adatigénylő levél	133

I. Melléklet - Kiegészítő táblázatok

I. Melléklet/1 Jelenlegi eljutási idők kül- és belterület esetén a reggeli csúcsidőszakban

Hely	Jelenlegi állapot		Kiegészítő táblázat	
	Idő (perc)	Idő (perc)	Idő (perc)	Idő (perc)
Göncz Árpád vasútállomás	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	40	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	40
Magyar pályaudvar	17' vasút	34	17' vasút	34
Népliget	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Kálvin tér	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Deák Ferenc tér	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Kelenföld	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Móricz Zsigmond kör	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Szabó Kálmán tér	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Keleti pályaudvar	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Óvóvázár tér	25' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 2' átkelés, 10' villamos	44	25' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 2' átkelés, 10' villamos	44
Belváros	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41	17' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 10' átkelés, 10' villamos	41
Flórián tér	25' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 2' átkelés, 10' villamos	44	25' vasút, 2' sétás, 2' várakozás, 2' átkelés, 10' villamos	44

I.1 táblázat: A fejlesztés utáni eljutási idők egységesen a reggeli csúcsidőszakban

Hely	Állomány	4. állapot	
		perc	perc
Göncz Árpád vasútállomás	17' + 24' vasút	40	41
Magyar pályaudvar	34' vasút	34	34
Népliget	17' + 7' vasút	31	34
Kálvin tér	17' + 13' vasút	37	39
Deák Ferenc tér	17' + 10' vasút	40	37
Keleti pályaudvar	17' + 10' vasút, Deák 3' sétás + 2' várakozás, 5' metró	30	43
Óvóvázár tér	25' vasút, Kőbánya 2' sétás + 2' várakozás + 2' átkelés + 12' villamos	44	44
Móricz Zsigmond kör	17' + 13' vasút, Kálvin tér 3' sétás + 2' várakozás, 4' metró	40	39
Szabó Kálmán tér	17' + 10' vasút, Deák 3' sétás + 2' várakozás, 5' metró	30	43
Kelenföld	17' vasút, Kálvin 5' sétás, 5' várakozás + 2' átkelés, 13' vasút	44	44
Flórián tér	25' vasút, Dugló 3' sétás + 5' várakozás + 2' átkelés, várakozás + 10' villamos	31	51

I/2 táblázat: Tervezett eljutási idők kül- és belterület esetén egyaránt

	Külső terület	4. változat	5. és 6. változat
		perc	perc
Géncz Árpád városközpont	17' + 24' vonat	40	41
Magati pályaudvar	24' vonat	34	34
Nagyföld	17+7' vonat	31	24
Kálmán tér	17' +13' vonat	37	30
Deák Ferenc tér	17' +16' vonat	40	33
Kelenföld pályaudvar	17' +16' vonat, Deák F. sáta + 2' várakozás, 5' menet	50	43
Öcs vasút tér	25' vonat, Köllényi sáta 3' sáta, 2' várakozás + 2' átkelést + 12' villamos	44	44
Mány Zsigmond közter	17' +13' vonat, Kálmán tér 3' sáta 2' várakozás, 4' menet	46	39
Szabó Kálmán tér	17' +16' vonat, Deák F. sáta + 2' várakozás, 5' menet	50	43
Kelenföld	17' vonat, Köll. 5' sáta, 5' várakozás + 2' átkelést, 15' vonat	44	44
Fényes tér	25' vonat, Dugli F. sáta + 5' várakozás + 2' átkelést várakozás + 16' villamos	51	51

I/4 táblázat: A viszonylatok darabszáma

javaslat száma	Betétjáratok Ócsa		Betétjáratok Inárcs-Kakucs		Betétjáratok Dabas		Cellaszínezés
	5h csúcsideőszak	9h napközben	5h csúcsideőszak	9h napközben	5h csúcsideőszak	9h napközben	
III.	4	2					hibrid rendszerű jármű
IV.	2	2			2	0	nagyvasúti rendszerű jármű
V. -Hibrid	2	0	2	0			
V. -nagyvasúti				2	4		

javaslat száma	Mizsei óránként	Mizsei sűrítés	Cellaszínezés
	20h üzemidő	16h üzemidő	
III.	1	1	hibrid rendszerű jármű
IV.	1	1	nagyvasúti rendszerű jármű
V. -Hibrid	1	1	
V. -nagyvasúti			

I/5 táblázat: A viszonylatok darabszáma

Időtartam:	5		9		5		9		5		9	
	Betétjáratok - Ócsa				Betétjáratok - Inárcs-Kakucs				Betétjáratok - Dabas			
	csúcsidőszak		napközben		csúcsidőszak		napközben		csúcsidőszak		napközben	
	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km
III.	40	1200	36	1080								
IV.	20	600	36	1080					20	900	0	0
V. -Hibrid	20	600	0	0	20	780	0	0				
V. -nagyvasúti							36	1404	40	1800		
1 út távolsága [km]	30				39				45			

	20		16	
	Mizsei óránként		Mizsei sűrítés	
	összes ford.	összes km	összes ford.	összes km
III.	40	3200	32	2560
IV.	40	3200	32	2560
V. -Hibrid	40	3200	32	2560
V. -nagyvasúti				
1 út távolsága [km]	80			

Cellaszínezés
hibrid rendszerű jármű
nagyvasúti rendszerű jármű

125

I/6 táblázat: Mozdólépcső kapacitás számlálása a Deák Ferenc téren

mérés száma	mozdólépcső használó [fő]	idő [s]	kapacitás [fő/óra]
1.	37	42	3171
2.	45	51	3176
3.	55	68	2912
4.	33	39	3046
5.	40	41	3512
6.	45	55	2945
7.	37	47	2834
		átlagosan:	3085

I/7 táblázat: A 4. változat napi és évi költségmegtakarításai

Városon belüli utazások	Eredeti eljutási idők		Tervezett eljutási idők	Időmegtakarítás		Visum utazási adatok [fő]		Összes perc megtakarítás		Összes Forint megtakarítás	
	külterület - Gyál előtti utasforgalom	belterület - Gyáltól KöKi-ig felszállók		Külterület	Belterület	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	KÜL	BEL
Göncz Árpád városközpont	59 perc	54 perc	48 perc	11 perc	6 perc	66	99	726	594	32065	26235
Nyugati pályaudvar	42 perc	42 perc	34 perc	8 perc	8 perc	923	1027	7384	8216	326126,6667	362873,3333
Népliget	42 perc	44 perc	31 perc	11 perc	13 perc	82	240	902	3120	39838,3333	137800
Kálvin tér	48 perc	48 perc	37 perc	11 perc	11 perc	283	872	3113	9592	137490,8333	423646,6667
Deák Ferenc tér	51 perc	44 perc	40 perc	11 perc	4 perc	109	829	1199	3316	52955,8333	146456,6667
Keleti pályaudvar	52 perc	52 perc	50 perc	2 perc	2 perc	204	193	408	386	18020	17048,3333
Órs vezér tér	48 perc	59 perc	44 perc	4 perc	15 perc	163	135	652	2025	28796,6667	89437,5
Móricz Zsigmond körtér	57 perc	54 perc	46 perc	11 perc	8 perc	204	252	2244	2016	99110	89040
Széll Kálmán tér	63 perc	63 perc	50 perc	13 perc	13 perc	163	229	2119	2977	93589,16667	131484,1667
Kelenföld	62 perc	61 perc	44 perc	18 perc	17 perc	298	138	5364	2346	236910	103615
Flórián tér	60 perc	60 perc	51 perc	9 perc	9 perc	88	77	792	693	34980	30607,5
munkanapi megtakarítás:											2 658 126,67 Ft

Budapesten kívülről a városhatárig utazók	jelenlegi becsült eljutási idő a városhatárig	tervezett eljutási idő	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Lajosmizse	55 perc	46 perc	9	1680	15120	667800
Felsőajos	72 perc	41 perc	31	23	713	31490,8333
Táborfalva	55 perc	38 perc	17	210	3570	157675
Órkény	50 perc	34 perc	16	611	9776	431773,3333
Hernád	44 perc	30 perc	14	273	3822	168805
Gyón	38 perc	27 perc	11	56	616	27206,6667
Dabas	30 perc	24 perc	6	164	984	43460
Inárcs-Kakucs	20 perc	19 perc	1	450	450	19875
Ócsa	7 perc	7 perc	0	979	0	0
Felsőpakony	7 perc	3 perc	4	300	1200	53000
hétköznapi megtakarítás:						1 601 085,83 Ft

A belső vonalszakaszon történő utazás kezdőállomása	Jelenlegi eljutási idő Kőbánya-Kispestre	Tervezett eljutási idő Kőbánya-Kispestre	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Gyál+külterület	24 perc	18 perc	6	2237	13422	592805
Gyál felső	20 perc	15 perc	5	1581	7905	349137,5
Pestimre	16 perc	12 perc	4	2180	8720	385133,3333
Pestimre felső	12 perc	8 perc	4	2595	10380	458450
Kispest	4 perc	3 perc	1	791	791	34935,8333
hétköznapi megtakarítás:						1 820 461,67 Ft

I/7 táblázat: Az 5. változat napi és évi költségmegtakarításai

Városon belüli utazások	Eredeti eljutási idők		Tervezett eljutási idők	Időmegtakarítás		Visum utazási adatok [fő]		Összes perc megtakarítás		Összes Forint megtakarítás	
	külterület - Gyál előtti utasforgalom	belterület - Gyáltól KöKi-ig felszállók		Külterület	Belterület	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	KÜL	BEL
Göncz Árpád városközpont	59 perc	54 perc	41 perc	18 perc	13 perc	66	99	1188	1287	52470	56842,5
Nyugati pályaudvar	42 perc	42 perc	34 perc	8 perc	8 perc	923	1027	7384	8216	326126,6667	362873,3333
Népliget	42 perc	44 perc	24 perc	18 perc	20 perc	82	240	1476	4800	65190	212000
Kálvin tér	48 perc	48 perc	30 perc	18 perc	18 perc	283	872	5094	15696	224985	693240
Deák Ferenc tér	51 perc	44 perc	33 perc	18 perc	11 perc	109	829	1962	9119	86655	402755,8333
Keleti pályaudvar	52 perc	52 perc	43 perc	9 perc	9 perc	204	193	1836	1737	81090	76717,5
Őrs vezér tér	48 perc	59 perc	44 perc	4 perc	15 perc	163	135	652	2025	28796,66667	89437,5
Móricz Zsigmond körtér	57 perc	54 perc	39 perc	18 perc	15 perc	204	252	3672	3780	162180	166950
Széll Kálmán tér	63 perc	63 perc	43 perc	20 perc	20 perc	163	229	3260	4580	143983,3333	202283,3333
Kelenföld	62 perc	61 perc	44 perc	18 perc	17 perc	298	138	5364	2346	236910	103615
Flórián tér	60 perc	60 perc	51 perc	9 perc	9 perc	88	77	792	693	34980	30607,5
munkanapi megtakarítás:										3 840 689,17 Ft	

Budapesten kívülről a városhatárig utazók	jelenlegi becsült eljutási idő a városhatárig	tervezett eljutási idő	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Lajosmizse	55 perc	46 perc	9	1680	15120	667800
Felsőlajos	72 perc	41 perc	31	23	713	31490,83333
Táborfalva	55 perc	38 perc	17	210	3570	157675
Örkény	50 perc	34 perc	16	611	9776	431773,3333
Hemád	44 perc	30 perc	14	273	3822	168805
Gyón	38 perc	27 perc	11	56	616	27206,66667
Dabas	30 perc	24 perc	6	164	984	43460
Inárcs-Kakucs	20 perc	19 perc	1	450	450	19875
Ócsa	7 perc	7 perc	0	979	0	0
Felsőpakony	7 perc	3 perc	4	300	1200	53000
hétköznapi megtakarítás:						1 601 085,83 Ft

A belső vonalszakaszon történő utazás kezdőállomása	Jelenlegi eljutási idő Kőbánya-Kispestre	Tervezett eljutási idő Kőbánya-Kispestre	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Gyál+külterület	24 perc	10 perc	14	2237	31318	1383211,667
Gyál felső	20 perc	15 perc	5	1581	7905	349137,5
Pestimre	16 perc	12 perc	4	2180	8720	385133,3333
Pestimre felső	12 perc	8 perc	4	2595	10380	458450
Kispest	4 perc	3 perc	1	791	791	34935,83333
hétköznapi megtakarítás:						2 610 868,33 Ft

I/7 táblázat: A 6. változat napi és évi költségmegtakarításai

Városon belüli utazások	Eredeti eljutási idők		Tervezett eljutási idők	Időmegtakarítás		Visum utazási adatok [fő]		Összes perc megtakarítás		Összes Forint megtakarítás	
	külterület - Gyál előtti utasforgalom	belterület - Gyáltól KöKi-ig felszállók		Külterület	Belterület	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	Külterületről érkezők	Belterületről érkezők	KÜL.	BEL.
Göncz Árpád városközpont	59 perc	54 perc	41 perc	18 perc	13 perc	200	372	3600	4836	159000	213590
Nyugati pályaudvar	42 perc	42 perc	34 perc	8 perc	8 perc	526	1386	4208	11088	185853,3333	489720
Népliget	42 perc	44 perc	24 perc	18 perc	20 perc	610	2185	10980	43700	484950	1930083,333
Kálvin tér	48 perc	48 perc	30 perc	18 perc	18 perc	210	1444	3780	25992	166950	1147980
Deák Ferenc tér	51 perc	44 perc	33 perc	18 perc	11 perc	356	1455	6408	16005	283020	706887,5
Keleti pályaudvar	52 perc	52 perc	43 perc	9 perc	9 perc	94	220	846	1980	37365	87450
Őrs vezér tér	48 perc	59 perc	44 perc	4 perc	15 perc	126	80	504	1200	22260	53000
Móricz Zsigmond körtér	57 perc	54 perc	39 perc	18 perc	15 perc	262	184	4716	2760	208290	121900
Széll Kálmán tér	63 perc	63 perc	43 perc	20 perc	20 perc	128	310	2560	6200	113066,6667	273833,3333
Kelenföld	62 perc	61 perc	44 perc	18 perc	17 perc	238	145	4284	2465	189210	108870,8333
Flórián tér	60 perc	60 perc	51 perc	9 perc	9 perc	85	85	765	765	33787,5	33787,5

munkanapi megtakarítás: 7 050 855,00 Ft

Budapesten kívülről a városhatárig utazók	jelenlegi becsült eljutási idő a városhatárig	tervezett eljutási idő	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Lajosmizse	55 perc	46 perc	9	1542	13878	612945
Felsőajos	72 perc	41 perc	31	21	651	28752,5
Táborfalva	55 perc	38 perc	17	192	3264	144160
Örkény	50 perc	34 perc	16	560	8960	395733,3333
Hernád	44 perc	30 perc	14	253	3542	156438,3333
Gyón	38 perc	27 perc	11	79	869	38380,83333
Dabas	30 perc	24 perc	6	158	948	41870
Inárc-Kakucs	20 perc	19 perc	1	378	378	16695
Ócsa	7 perc	7 perc	0	914	0	0
Felsőpakony	7 perc	3 perc	4	272	1088	48053,33333

hétköznapi megtakarítás: 1 483 028,33 Ft

A belső vonalzakaszon történő utazás kezdőállomása	Jelenlegi eljutási idő Kőbánya-Kispestre	Tervezett eljutási idő Kőbánya-Kispestre	időmegtakarítás	hány embert érint	Összes perc megtakarítás	Összes Forint megtakarítás
Gyál+külterület	24 perc	18 perc	6	1332	7992	352980
Gyál felső	20 perc	15 perc	5	473	2365	104454,1667
Pestimre	16 perc	12 perc	4	737	2948	130203,3333
Pestimre felső	12 perc	8 perc	4	589	2356	104056,6667
Kispest	4 perc	3 perc	1	200	200	8833,333333

hétköznapi megtakarítás: 700 527,50 Ft



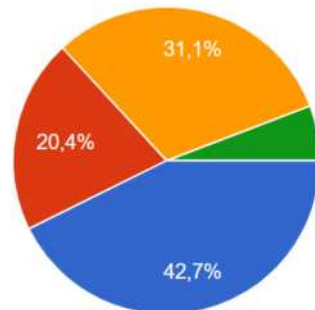
II. Melléklet - Kiegészítő képek

II/1 kép: Gyál felső megállóhely lehetséges kialakítási elrendezése fonódó kitérők esetén

III. Melléklet - Google Form kérdőívek

Milyen gyakran veszi igénybe a MÁV szolgáltatásait?

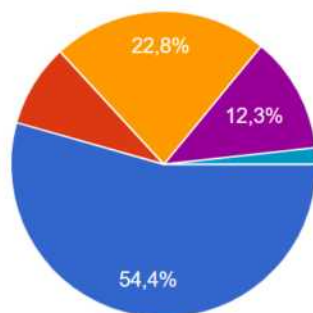
431 válasz



- Napi rendszerességgel
- Heti 3-4 alkalommal
- Ennél ritkábban
- Nem veszi igénybe

Mivel utazik tovább? (A leginkább jellemzőt jelölje be)

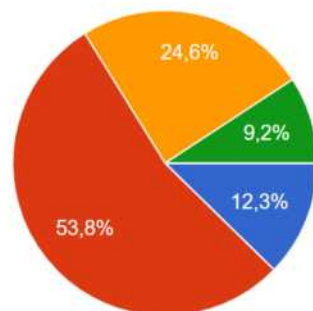
57 válasz



- M3-as metróval
- Vonattal Buda irányába [G43, S36]
- Busszal
- Roller, kerékpár, egyéb mobilitási eszköz
- Nem utazik tovább
- Monor felé vonattal

Rendszeres ingázása során hány alkalommal kell átszállnia lakhelye és az úti célja között?

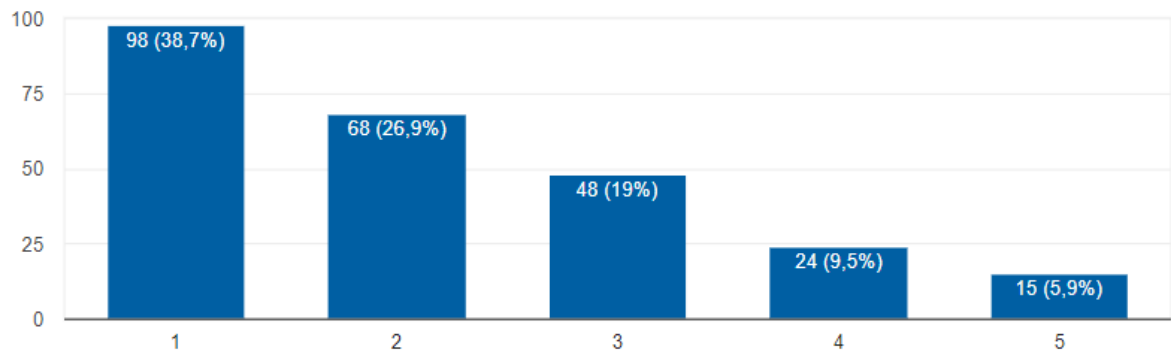
65 válasz



- Nem kell átszállnom
- 1 alkalommal
- 2 alkalommal
- 3 alkalommal
- 4 vagy annál több alkalommal

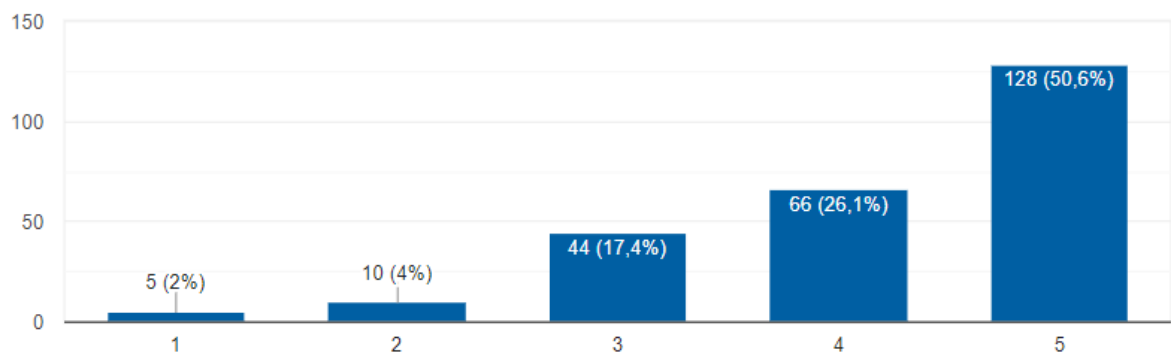
Van megfelelő utastájékoztatás:

253 válasz



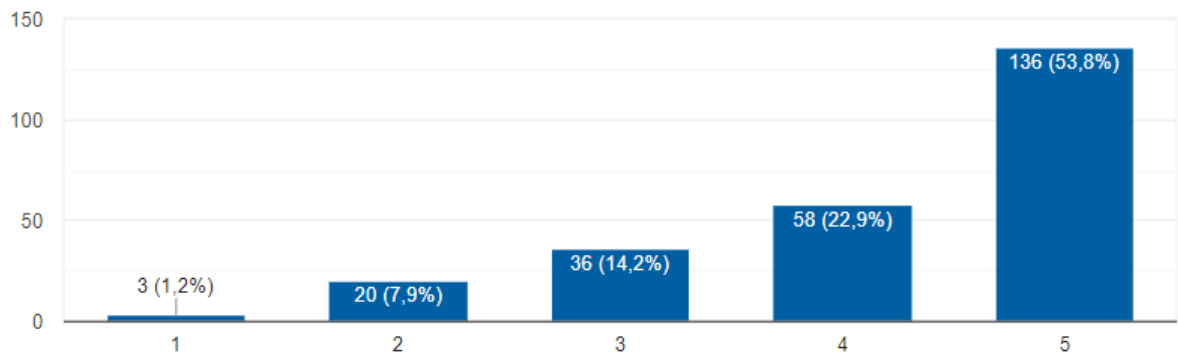
Túlsúfolt a járat:

253 válasz



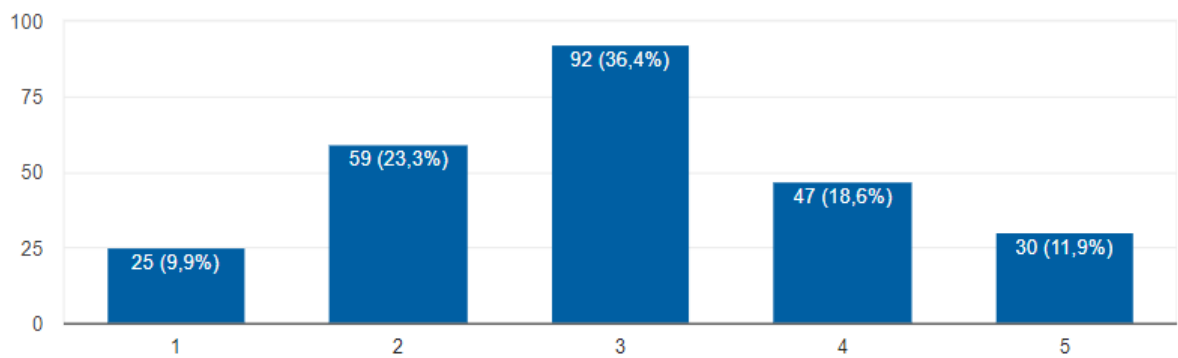
A vonat késve érkezik a megállóhelyre/állomásra:

253 válasz



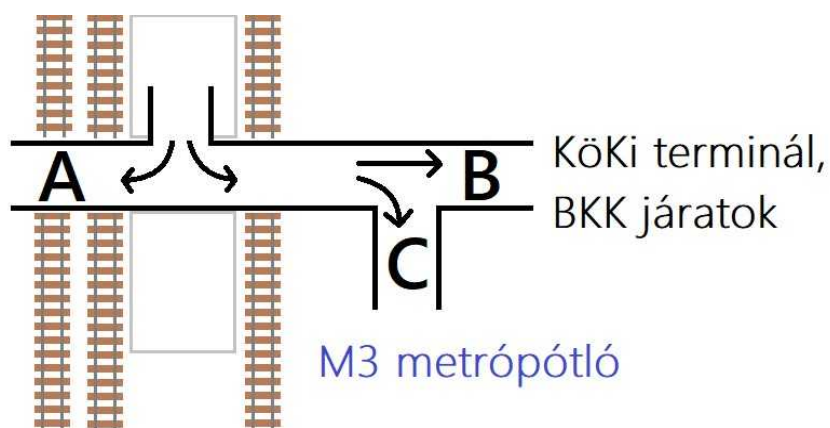
Van ülőhely a vonaton:

253 válasz



IV. Melléklet - Utasszámlálási jegyzőkönyvek

IV/1 kép: Kőbánya-Kispest utasszámlálási jegyzőkönyve. (a *-al jelölt irány a 7:08-as S21-es vonat esetén a Nyugati pályaudvar felé átszállókat szemlélteti.)



Vonat megnevezése	Viszonylat	érkezés az állomásra	leszállók	A irány*	B irány	C irány	Metrópótló irányába közlekedők aránya
S50	Monor - Nyugati	7:05	70	2	33	35	50%
S21	Ócsa - KöKi	7:08	56	25	14	17	30%
Z50	Szolnok - Nyugati	7:10	122	0	65	57	47%
7049	Kecskemét - Nyugati	7:20	51	0	26	25	49%
S21	Lajosmizse - Nyugati	7:24	49	1	23	25	51%
G43	Üllő - Martonvásár	7:26	36	0	17	19	53%
S50	Monor - Nyugati	7:35	41	0	23	18	44%
Z50	Szolnok - Nyugati	7:40	92	0	57	35	38%
M3-ra átszállók arányának átlaga							45%

Vonat megnevezése	Viszonylat	érkezés az állomásra	leszállók	A irány*	B irány	C irány	Metrópótló irányába közlekedők aránya
S50	Monor - Nyugati	7:05	50	1	22	27	54%
S21	Ócsa - KöKi	7:08	60	26	17	17	28%
Z50	Szolnok - Nyugati	7:10	101	1	45	55	54%
7049	Kecskemét - Nyugati	7:20	45	0	23	22	49%
S21	Lajosmizse - Nyugati	7:24	60	0	29	31	52%
G43	Üllő - Martonvásár	7:26	50	0	22	28	56%
S50	Monor - Nyugati	7:35	40	1	19	20	50%
Z50	Szolnok - Nyugati	7:40	82	0	-27	27	33%
M3-ra átszállók arányának átlaga							47%

V. Melléklet - MÁV adatigénylő levél



MÁV Magyar Államvasutak Zrt.
Értékesítési Igazgatóság

Ügyintéző: Dr. Vinkó Ákos Ph.D.
adjunktus
tel: +36 70 202 0071
email: vinko.akos@epito.bme.hu

Dr. Kormányos László
Vezérigazgató-helyettes Úr
részére

Tárgy: Adatszolgáltatás igénylése szakdolgozathoz

Tisztelt Vezérigazgató-helyettes Úr!
Kedves László!

Egy adatigénylési kérelem kapcsán írok Önnek. Vinkó Ákos adjunktus vagyok a BME Építőmérnöki Karának Út és Vasútépítési Tanszékéről. Évről-évre igyekszem minél több hallgatóval megszerettetni a vasúti szakmát és szerencsére egyre többen hajlandóak az egyetemi tananyagon felül is plusz feladatot vállalni TDK (Tudományos Diákköri Kutatási) munka keretében.

Ebben az évben **Molnár Levente** BSc-s hallgató a Budapest vonzaskörzetén belül található kötőtpályás vasúti rendszerek (villamos, metró, HÉV, nagyvasút) közötti átjárhatóság műszaki és forgalmi feltételeivel, korlátaival fog foglalkozni. A hallgatóval a közös munkát idén januárban kezdtük el, a dolgozatot október végén kell leadnia. A munka keretében a hallgató összehasonlítja a vasúti üzemek műszaki követelményeit, illetve egy-egy konkrét alkalmazási példán keresztül javaslatot ad a budapesti kötőtpályás közlekedési hálózat átjárhatósággal kapcsolatos fejlesztési lehetőségeire. A javasolt beavatkozási helyeken az átjárhatóság műszaki feltételeinek teljesülése mellett forgalmi vizsgálatot is tervezünk készíteni, amely tartalmazza az utazási igényfelmérést (online kérdőívek, helyszíni utasszámlálások) és a menetrendszerkesztést. A PTV Visum programjában létrehozuk az új nyomvonalváltozatokat, majd a megtervezett menetrend alapján az Egységes Forgalmi Modell (EFM) felhasználásával Budapest egészére kiterjedő forgalmi szimulációt futtatunk le. A forgalmi szimuláció eredményei alapján célunk minősíteni a vasúti rendszerek átjárhatósággal elérhető szolgáltatási színvonalváltozását. A hallgató kutatási tervét csatoltam a levélhez.

A forgalmi vizsgálatokhoz, illetve a valós utazási igények felméréséhez szeretnénk felhasználni a MÁV-Start Zrt. jegyeladási adatait is Budapest közvetlen vonzaskörzetére vonatkozóan. Az adatigénylést a későbbiekben pontosítanánk, most elsősorban az igénylés hivatalos menete a kérdés, illetve, hogy milyen adatokat, milyen formában lehet Önöktől kikérni a TDK dolgozat céljaira. Amennyiben kaphatnánk egy rövid mintát, az segíthetné az adatigénylésünk pontosítását. Az adatokat kizárólag a TDK dolgozat céljaira használnánk fel, harmadik félnek nem adjuk át.

Közreműködését előre is hálásan köszönjük!

Budapest, 2020.08.10.

Tisztelettel és köszönettel:

Dr. Tóth Csaba Ph.D. s.k.
egyetemi docens
tanszékvezető