

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**

**KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR**

**KÖZLEKEDÉSAUTOMATIKAI TANSZÉK**

# **DIPLOMATERV**

**Budapest, 2010**

**Készítette: Dohány Máté**

**Konzulens: Tettamanti Tamás**

# **A gödöllői kombinált csomópontok jelzéstervének fejlesztése**

## Tartalomjegyzék

<b>1. BEVEZETÉS.....</b>	<b>3</b>
<b>2. A KOMBINÁLT CSOMÓPONTOKRÓL ÁLTALÁBAN .....</b>	<b>4</b>
<b>3. A VIZSGÁLT RENDSZER BEMUTATÁSA FORGALOMTECHNIKAI SZEMPONTBÓL.....</b>	<b>5</b>
3.1. ELŐZMÉNYEK .....	5
3.2. PROBLÉMÁK.....	8
<b>4. A HANGOLÁSTARTÓ VEZÉRLÉS KIDOLGOZÁSA KOMBINÁLT CSOMÓPONTOKHOZ .....</b>	<b>9</b>
4.1. AZ ALKALMAZOTT MODELLEZÉSI ELJÁRÁS ESZKÖZE .....	9
4.2. LÁMPAVEZÉRLÉS JAVASOLT MŰKÖDÉSE (HANGOLÁSTARTÓ VEZÉRLÉS) .....	11
4.3. A VEZÉRLÉS KORLÁTAI .....	18
4.4. MATEMATIKAI HÁTTÉR.....	19
4.5. A HÁLÓZAT PROBLÉMÁJA .....	21
4.6. A JELZÉSTERVEK PROBLÉMÁJA .....	22
4.7. A VASÚTI RENDSZER KIÉPÍTÉSE .....	24
4.8. A KÖZÚTI RENDSZER KIÉPÍTÉSE.....	26
4.8.1. Forgalomszámlálás.....	26
4.8.2. Forgalmi adatok validálása.....	33
4.8.3. Menetrend szerinti autóbusz járatok .....	34
4.9. A JELENLEGI ÖSSZEHANGOLÁS SZÁMSZERŰ VIZSGÁLATA .....	35
4.10. EREDMÉNYEK .....	43
4.11. AZ ÚJ, VASÚTI PROGRAMBELI ÖSSZEHANGOLÁS .....	52
4.12. EGY JÖVŐBELI LEHETŐSÉG, TOVÁBBFEJLESZTÉS .....	55
4.13. A HANGOLÁSTARTÓ VEZÉRLÉS ALKALMAZHATÓSÁGA ÉS HATÁSA.....	60
<b>5. ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>62</b>
<b>6. IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>64</b>
<b>7. MELLÉKLETEK.....</b>	<b>65</b>

## Ábrajegyzék

1. ábra – Vasúti táblák.....	4
2. ábra – A vizsgált rendszer egyszerűsített felülnézeti képe.....	7
3. ábra – Táncsics utcai csomópont új vasúti programja (4-es program).....	12
4. ábra – Táncsics utcai csomópont új feloldó programja (5-ös program).....	12
5. ábra – Táncsics utcai kereszteződés új vezérlésének egyszerűsített folyamatábrája.....	14
6. ábra – Szabadság tér kereszteződés új vezérlésének egyszerűsített folyamatábrája.....	14
7. ábra – Szabadság tér csomópont új vasúti programja (4-es program).....	16
8. ábra – Szabadság tér csomópont új feloldó programja (5-ös program).....	17
9. ábra – A szimuláció egyik látképe Szabadság tér csomópontban.....	24
10. ábra – A gödöllői HÉV a szimulációban.....	25
11. ábra – Tessedik utcai kereszteződés csúcsórai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve.....	30
12. ábra – Táncsics utcai kereszteződés csúcsórai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve.....	31
13. ábra – Állomás utcai kereszteződés csúcsórai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve.....	32
14. ábra – Volánbusz a szimulációban.....	34
15. ábra – Mindkét irányban rossz összehangolás (Random Seed = 80, 8. kijelentkezési pont).....	39
16. ábra – Budapest felé jó, Gödöllő felé rossz összehangolás (Random Seed = 80, 7. kijelentkezési pont).....	40
17. ábra – Gödöllő felé jó, Budapest felé rossz összehangolás (Random Seed = 80, 6. kijelentkezési pont).....	41
18. ábra – Mindkét irányban jó összehangolás (Random Seed = 80, 5. kijelentkezési pont).....	42
19. ábra – Fő- és keresztirány átlagos késése.....	51
20. ábra – Fő- és keresztirány átlagos utazási ideje.....	51
21. ábra – Gödöllő 3.sz. főút, út-idő diagram, alap program, P = 95 sec.....	53
22. ábra – Gödöllő 3.sz. főút, út-idő diagram, vasúti program, P = 95 sec.....	54
23. ábra – Autóbusz állomás gyalogátkelő – Szabadság tér, ideális út-idő diagramja, P = 95 sec.....	56
24. ábra – Autóbusz állomás gyalogátkelő – Szabadság tér, út-idő diagramja, alap program, P = 95 sec.....	58
25. ábra – Autóbusz állomás gyalogátkelő – Szabadság tér, út-idő diagramja, vasúti program, P = 95 sec.....	59
26. ábra – Autóbusz állomás lámpás csomópontjának tervezett jelzésterve.....	60
27. ábra – Tessedik utcai csomópont jelzőlámpa számozási terve.....	65
28. ábra – Tessedik utcai csomópont 2. programja.....	66
29. ábra – Tessedik utcai csomópont 3. programja.....	67
30. ábra – Táncsics utcai csomópont jelzőlámpa számozási terve.....	68
31. ábra – Táncsics utcai csomópont közbensőidő mátrixa.....	69
32. ábra – Táncsics utcai csomópont 2. programja.....	70
33. ábra – Táncsics utcai csomópont 4. programja (vasúti program).....	71
34. ábra – Táncsics utcai csomópont 5. programja (feloldó program).....	72
35. ábra – Szabadság tér csomópont jelzőlámpa számozási terve.....	73
36. ábra – Szabadság tér csomópont közbensőidő mátrixa.....	74
37. ábra – Szabadság tér csomópont 2. programja.....	75
38. ábra – Szabadság tér csomópont 4. programja (vasúti program).....	76
39. ábra – Szabadság tér csomópont 5. programja (feloldó program).....	77
40. ábra – A 2008 előtti jelzésterv út-idő diagramja, P = 95 sec.....	78
41. ábra – Gödöllő Táncsics utcai kereszteződés behatási terve.....	79
42. ábra – Gödöllő Szabadság tér kereszteződés behatási terve.....	80

## **1. Bevezetés**

Napjainkban kiemelt szerepet kap, a lámpavezérlések jármű áteresztőképesség, utazási idő szempontjából végzett optimalizálás. Ezen célkeresés legfontosabb eszköze a modellezés, mely számtalan mérnöki tudománynak vált elengedhetetlen kellékévé. A forgalomtechnikai és számítógépes rendszerek fejlődésével, nagyban meghatározóak lettek az összehangolt rendszerek. Több csomópont egyidejűleg vezérelt jelzéstervének köszönhetően, a járműáramlatok meghatározott útvonalon, zöldhullámmal vezetve érik el úti céljukat. Az ilyen hangolt hálózatok legtöbbször fix periódusidővel vezérelt, az összehangolás megfelelésségét gondos tervezőmunka biztosítja.

Diplomamunkám alapját egy ilyen összehangolt rendszer képezi, Gödöllőn, a HÉV vonal mentén.

### Motiváció

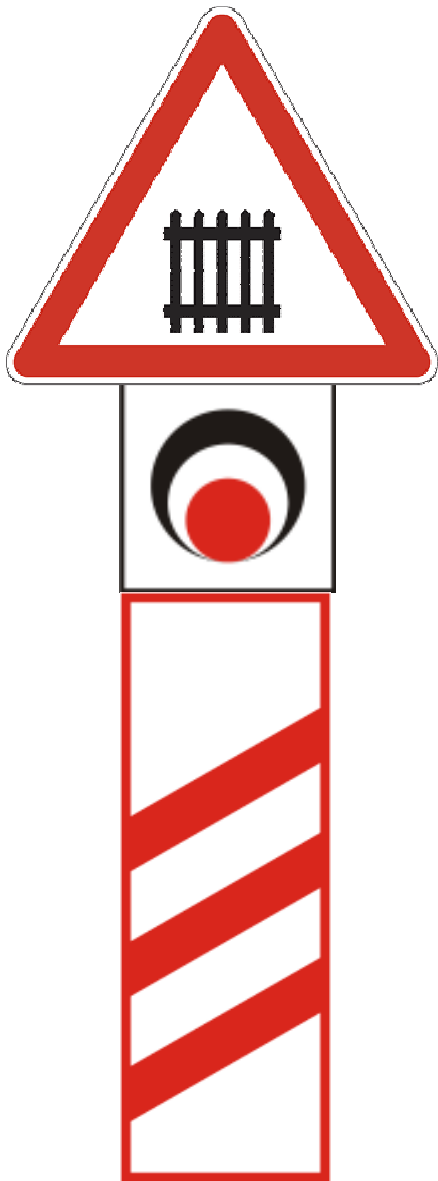
Gödöllőre jártam 8 évig gimnáziumba HÉV-vel, majd később a gödöllői ismerősök révén gyakran autóval is. Mikor autóval haladtam végig Gödöllőn, gyakran azt a jelenséget tapasztaltam, hogy a hangolt rendszer csomópontjai valamilyen oknál fogva úgy viselkedtek, mintha egyénileg kezelt csomópontokról lenne szó, azaz a zöldhullám létezését, olykor nem lehetett nyomon követni.

Tavaly (2009), a Tudományos Diákköri Konferencián is egy kombinált csomóponttal foglalkoztam, a cinkotai HÉV-átjáróval [1]. Azért választottam most is kombinált csomópontokat, mert feltevésem szerint ez az a terület, ahol nagyobb eredményeket lehet elérni, mint egy átlagos kereszteződésben.

### Miről lesz szó?

A 3-as számú főút 3 darab lámpás csomópontjának összehangolásának jelenlegi helyzetéről, fejlesztési irányairól, továbbá, hogy miként lehet, valós szakmai alapokra helyezve módosítani a jelzésterveket. A jelenlegi és jövőbeli állapotok mindegyike szoftveres modellezéssel készült (Vissim), ezeket ismertetem, továbbá kiemelem az egyes rendszer paramétereket, munkám végén pedig összegzem az eredményeket, fejlesztési irányokat célzok meg.

## **2. A kombinált csomópontokról általában**



**1. ábra - Vasúti táblák**

A közúti és vasúti hálózatok számtalan helyen szintbeli kereszteződésben fedik át egymást. Az áthaladásnál a menetdinamikai tulajdonságai miatt a vasút elsőbbséget élvez. Ez mindenképpen azt eredményezi, hogy a közúti forgalom hátrányba kerül, csökken ezen átjárók járműátesztő képessége. Gyakran előfordul, hogy a közúti csomópont közvetlenül a vasúti átjáró mellett található.

Ezekon a helyeken amennyiben a csomópont jelzőlámpával irányított, szükségeszerű a közúti forgalomirányító berendezést a vasúti fénySOROMPÓVAL összehangolni.

Alapesetben a közúti forgalomirányító berendezés alap programja fut. Ez a választható programok bármelyike lehet, a közúti irányítás ilyenkor semmiben nem különbözik egy általános csomóponttól.

Bár a vasúti és közúti berendezés ilyenkor is „tud” egymásról, az üzemen változás csak akkor következik be, ha a kereszteződés felé közeledő vonat az első bejelentkezési pontot eléri. Ekkor értesül a közúti berendezés a vonat jelenlétéről, és ennek hatására elindít egy folyamatot, amely során az éppen futó alap programjáról áttér egy úgynevezett vasúti programra, jelen esetben HÉV programként is említem.

Majd a vonat eléri a második bejelentkezési pontot, amelynek hatására a vasúti fénySOROMPÓ vörösre állítódik.

A kihaladás után a vonat eléri a kijelentkező pontot, amely a vasúti biztosító berendezést alaphelyzetbe állítja. A közúti berendezés eközben egy feloldó programot indít el. A feloldó program leteltével, ha nem történt újbóli vasúti bejelentkezés, az alap programra áll vissza a berendezés [2].

A sorompóval is biztosított vasúti átjáró 1. vasúti előjelző tábláját mutatja az 1. ábra.

### **3. A vizsgált rendszer bemutatása forgalomtechnikai szempontból**

Ismertetem a jelenlegi rendszert, elsősorban a jelzőlámpa irányítást, majd az egyes szűk keresztmetszetek feltárásával javaslatot teszek a továbbfejlesztés irányára. A vizsgált rendszer egyszerűsített felülnézeti képét a 2. ábra (7. oldal) tartalmazza.

#### **3.1. Előzmények**

Az akkori nevén Magyar Közút Állami Közútkezelő Fejlesztő Műszaki és Információs Kht. Pest Megyei Területi Igazgatóságának [3] megbízásában készült el, a Vilati Signalbau Huber [4] által 2008. december 12-én, Gödöllő 3.sz főút összehangolt jelzőlámpás csomópontjainak korszerűsítése.

A rendszer az alábbi elemekből áll:

- 3.sz főút – Tessedik utca
- 3.sz főút – Táncsics utca
- 3.sz főút – Szabadság tér.

#### **(2008 után) Tervezett állapot**

A Vilati mindegyik csomópontban elvégezte az akkori közbenső idő mátrixok ellenőrzését és módosítását a Magyar Közút Állami Közútkezelő Fejlesztő Műszaki és Információs Kht. által előírtak alapján.

A csomópontok egy hangolt rendszer elemei. Három különböző periódusidejű program működik, 72, 95, 120 másodperces. A meghatározó csomópont a Szabadság tér. Mivel ez 4 fázisú, ezért 72 másodpercnél rövidebb programot nem lehet tervezni, ez adódik a minimális zöldjelzésekből.

A forgalmi adatok vizsgálatából, és a korábbi adatokkal történő összehasonlításból azt a következtetést vonták le, hogy a főút forgalma kis mértékben csökkent. Ebből a csökkenésből kiindulva, azt a következtetést vonták le, hogy csúcsidőben is használható lesz a középső program, a 95 másodperces ciklusidejű. Ezáltal nem kell a nagyon hosszú várakozási idővel működő 120-as programot használni. Ennek a változtatásnak abban látták a pozitív hatását, hogy így a megfelelő kapacitások, pörgősebb, gyorsabban szabadot adó programmal lennének kiszolgálhatók.

A programtár továbbra is tartalmazza mind a 3 programot, de órás váltással, csak a két rövidebb kerülne használatba. A Vilati javasolja ezért egy új órás programváltási utasítás bevezetését.

A vasúti programok kezelése és a vasúti zárás alatt feltorlódott forgalom levezetése a speciális programmal a meglévőhöz hasonlóan megmaradt, a felülvizsgált közbenső idők alkalmazásával.

Programváltási utasítás:

Hétfő–Péntek

00:00 – 06:30 3. program

06:30 – 10:00 2. program

10:00 – 14:00 3. program

14:00 – 19:00 2. program

19:00 – 24:00 3. program

Szombat:

00:00 – 07:00 3. program

07:00 – 11:00 2. program

11:00 – 24:00 3. program

Vasárnap:

00:00 – 15:00 3. program

15:00 – 18:00 2. program

18:00 – 24:00 3. program





2. ábra - A vizsgált rendszer egyszerűsített felülnézeti képe

### **3.2. Problémák**

A 2008. év végén megvalósított felülvizsgálat során a Vilati kiemeli, hogy egy új programváltási utasítást javasol. Munkámban azért nem foglalkoztam ezzel, mivel a szimulációs vizsgálatom 06:30 – 08:30-ig, összesen 2 óra időtartamban valósul meg. Ezen intervallumon belül mind három csomópont jelzésterve a 2. program alapján fut (95 sec.).

Ezért szükségtelen egy új utasítás kidolgozása, mindinkább az összehangolás ellenőrzése. Összehangolás alatt a zöldhullám biztosítását értem.

Alap program esetén az összehangolással semmilyen probléma nincs. Viszont a HÉV bejelentkezés során és az azt követő feloldó program után az összehangolás szétesik, nem követhető figyelemmel, azt is mondhatjuk, hogy az első HÉV bejelentkezésig tart. Mivel fix programokról van szó, ezért az „elrontott” hangolást a lámpavezérlés viszi magával a következő HÉV bejelentkezésig.

A probléma gyökere onnan származik, hogy az összehangolást fix irányítás esetében csak úgy biztosíthatjuk, ha a HÉV programot valamilyen módon késleltetjük.

Jelen esetben ez megtörténik a különböző váltási pontok definiálásával, viszont a HÉV bejelentkezésekor, és nem pedig kijelentkezéskor.

További probléma származik összehangolásnál abból is, hogy a két HÉV-es kereszteződésben, 4 különböző periódusidejű vasúti, és feloldó program van érvényben. A Táncsics utcai csomópont (Erzsébet park megállóhely) vasúti programja 72 mp-es, feloldó programja 75 mp-es. A Szabadság tér csomópont vasúti programja 65 mp-es, feloldó programja 120 mp-es.

A megvalósított szimulációnál többször megpróbáltam felfedezni az összehangolás visszaállását, de nem sikerült. Mikor autóval közlekedtem a Budapest felé vezető irányban akkor is erre a jelenségre lettem figyelmes.

Hogy feltevésemet alátámasszam, felkerestem a lámpavezérlés tervezőjét, Wiszt Csabát. Arra voltam kíváncsi, hogy vajon csak nekem nem sikerült felfedezni az összehangolás visszaállását, vagy valójában nincs is ilyen.

Ő elmondta, hogy valóban nincs visszaállítás a HÉV elhaladtát követően. Amikor tervezték a rendszert, nem ez volt az elsődleges szempont. Azt is megtudtam, hogy a bejelentkezési pontoknál lévő késleltetések, a vasúti programra való átállás szabadsága miatt lettek kitalálva. Így egyfajta játék van a rendszerben átváltásnál.

Wiszt Úr a lámpa fejlesztését abban látja, hogy a jelenlegi vasúti programokat egységes periódusidejűre lehetne konvertálni, ezáltal egy vasúti programon belüli összehangolás jönne létre.

#### **4. A hangolástartó vezérlés kidolgozása kombinált csomópontokhoz**

Úgy gondolom, hogy ezt az összehangolást meg lehet oldani a lámpavezérlés módosításával. Elsősorban a periódusidőkben kell „rendet tenni”, nem lehet 4 különböző program annak ellenére, hogy a Szabadság téri 120-as indokolt.

Azt az ötletet, mely szerint vasúti programban is összehangolást lehetne készíteni, továbbfejlesztettem. Ennek a továbbfejlesztésnek a részleteit ismertetem ebben a fejezetben, felfedve egy teljesen új irányítási rendszert, mely nagyban hozzájárulhat HÉV-es csomópontok valós hatású összehangolásához.

##### **4.1. Az alkalmazott modellezési eljárás eszköze**

Mára világossá vált a szakemberek előtt, hogy a növekvő mobilitási igényekre nem megfelelő válasz az infrastruktúra korlátlan fejlesztése, hiszen ennek tőkeigénye jelentős és a lehetőségeket a városszerkezet szabta határok is behatárolják. Mindemellett nem nyújt valódi megoldást a problémára. A közlekedés összetettségéből fakadóan azonban nem könnyű megmondani azt, hogy mi a rendszer optimuma és azt sem, hogy hogyan érhető ez el.

A különböző forgalmi helyzetek kialakítása azonban rendkívül nehézkes, sőt sok esetben nem is kivitelezhető, ezért a szakemberek ennek kiküszöbölésére különböző modellező, szimulációs eljárásokat használnak, amelyekkel kis anyagi ráfordítással vizsgálhatók a különböző forgalmi szituációk.

A modellezési eljárások segítségével tehát, a tervezés során kialakított változatok egyszerűen összehasonlíthatók. A forgalom szimulációs modelleket hazánkban is egyre szélesebb körben alkalmazzák a tervezésben, hiszen a modellparaméterek megfelelő beállításával olyan helyzeteket is vizsgálhatunk, elemezhetünk amelyek kiépítésére még nem került sor, továbbá segítségükkel vizsgálható a rendszer viselkedése szélsőséges helyzetekben.

A diplomamunkám kidolgozásához használt program a Vissim [5], mely egy mikroszkopikus, viselkedés-alapú többfunkciós közlekedési szimulációs program. Sok mérnöki tudománynak vált a szimuláció nélkülözhetetlen eszközévé, ez a program egy fajta optimalizálási lehetőség a komplex műszaki rendszerek között. A futtatás során, adott összetételű forgalmi áramlat vizsgálható térben és időben, valamint a legkülönbözőbb adatok kinyerhetőek belőle az utazási időtől kezdve, a járművek átlagsebességén át az átlagos feltartóztatási időig, nagyon sok minden.

Az egyes modellváltozatokra több futtatást ajánlatos elvégezni. Minden futtatásnál meg kell változtatni egy bizonyos paraméter (a Random Seed) értékét, így a kialakuló forgalmi szituációk a valóságnak megfelelően, kis mértékben egymástól eltérőek lesznek.

A Random Seed érték megértéséhez képzeljünk el egy pakli magyar kártyát 32 lappal. A 32 lap most az összes deklarált jármű. Osztás előtt illik megkeverni a paklit, a különböző Random Seed értékek jelentik a keverést. Osztásnál aztán ugyanazok a kártyák lesznek, de más és más sorrendben.

A Random Seed érték a Vissimben a forgalomlebonylódást befolyásolja. Ezáltal a véletlenekből kialakuló járműnyereségek, és veszteségek kiküszöbölhetők, a járműösszetétel alapvetően állandó lesz, de időben változik minden egyes szimulációnál. Ezáltal az egyes járművek esetenként más és más sávba érkeznek a sávválasztásnál.

A Vissim összeköttetésben áll a VisVap [6] nevű kezelőfelülettel, melynek segítségével a jelzőlámpa vezérlést programozhatjuk. A VisVap a Vissim változóit és konstansait használja, segítségével az egész jelzésterv valós időben monitorozható.

A VisVap-ot Pascal programnyelv segítségével is programozhatjuk, ám én elsősorban a folyamatábrás programozást használtam.

## **4.2. Lámpavezérlés javasolt működése (hangolástartó vezérlés)**

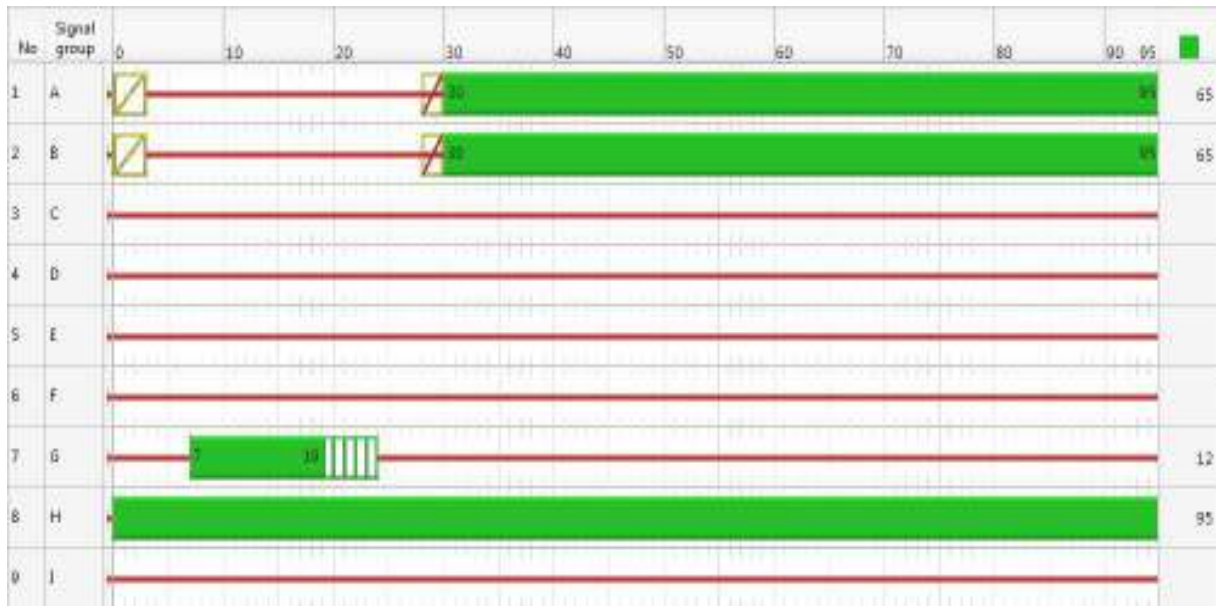
Olyan rendszert szeretnék alkotni, amely a HÉV ki- és bejelentkezések ellenére is tartja a hangolást. Onnan közelítettem meg a dolgot, hogy megnéztem az egyes csomópontokban, menetrendszerűen érkező HÉV-ek közt mennyi idő telik el. Az volt a jellemző, hogy Szabadság térnél „találkoztak” a HÉV-ek (Budapest felől és Gödöllő felől is ekkor értek oda), ezáltal a csomópont vasúti programja viszonylag hosszú ideig volt érvényben, de a vasúti járművek elhaladtát követően 12-15 percig nem volt HÉV bejelentkezés.

Ha a vasúti program, és az azt követő feloldó, majd alap program futási idejeit összehasonlítom, azt a következtetést vonhatom le, hogy az alap program fut a szimulációs idő legnagyobb részében. Így, ha olyan vezérlést készítek, mely alap programra és vasúti programra is valódi összehangolást biztosít, akkor a fennmaradó feloldó program ideje elenyésző lesz a többihez képest, az összehangolás a működés legnagyobb részében biztosított lesz.

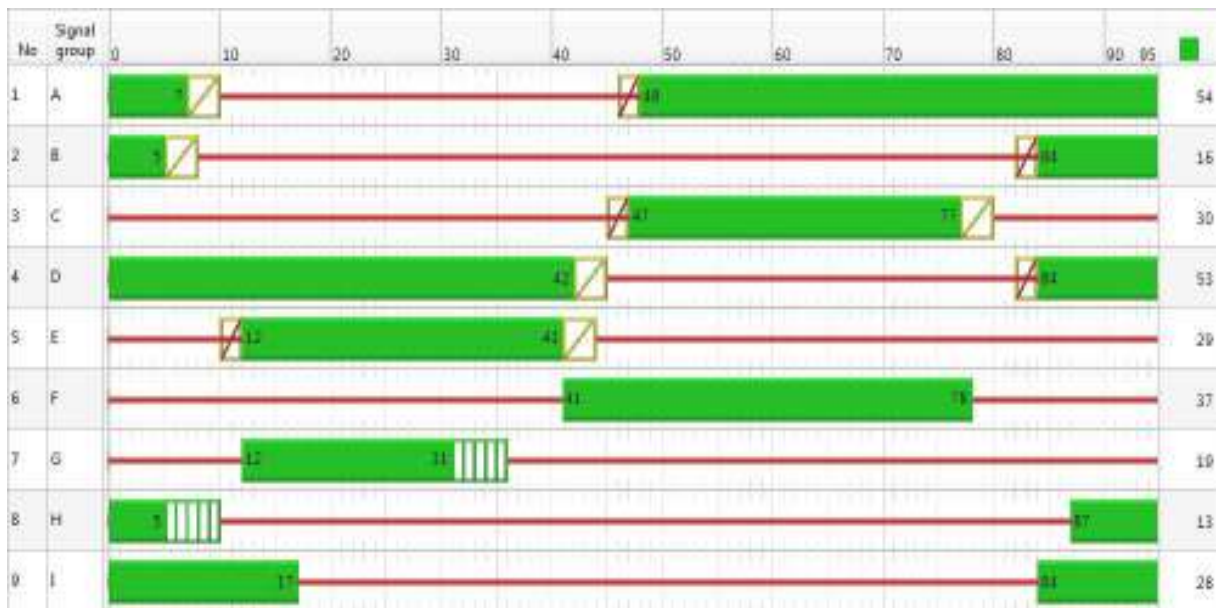
Minden kombinált csomópont összehangolásnak az alapja, egy jól strukturált, egységes vasúti program, mely igazodik az alap programhoz. A vasúti programot ezért úgy konstruáltam meg, hogy a váltási pontokban igazodjon az alap programhoz, ezáltal ne idézzen elő elhangolást. Magyarán a vasúti program egy fajta mása az alap programnak, a tiltott mozgásokat és irányokat a vasúti programban megengedett mozgásokkal töltöttem fel. Alapvetően ez a struktúra még nem eredményezné az összehangolás visszaállítását, ezért kitaláltam egy olyan vezérlést, nevezzük hangolástartó vezérlésnek, amely már megvalósítja ezt. Ebbe tartozik bele az is, hogy új vasúti és feloldó programot alkottam meg a Szabadság téri csomópontban (7. ábra és 8. ábra), és a Táncsics utcai kereszteződésben is (3. ábra és a 4. ábra).

Vizsgálatom első eleme a Táncsics utcai kereszteződés volt. Megalkottam egy 95 mp periódusidejű vasúti, és feloldó programot, melyet a 3. ábra és a 4. ábra tartalmaz.

A mostani vasúti és feloldó programot a 33. ábra (71. oldal) és a 34. ábra (72. oldal) tartalmazza.



3. ábra - Táncsics utcai csomópont új vasúti programja (4-es program)



4. ábra - Táncsics utcai csomópont új feloldó programja (5-ös program)

5-ből	5	13	18	25	31	39	44	52	60	68	76	81	89	95
4-be	5	13	18	25	31	39	44	52	60	68	76	81	89	95

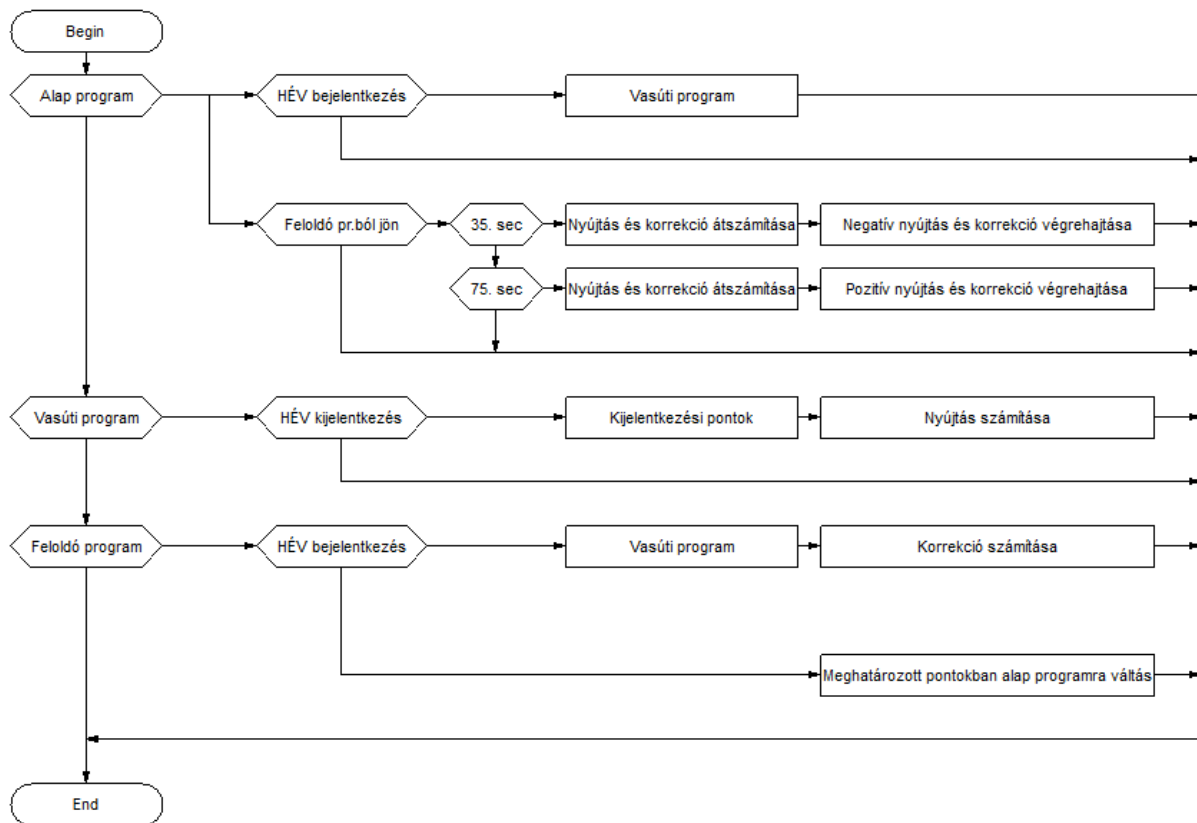
1. táblázat - Táncsics utcai csomópont új feloldó programjának kapcsolási pontjai (mp)

Tekintsük át azt a folyamatot, melynek segítségével az összehangolás visszaáll a feloldó program után is! A vasúti programra való áttérésnél nincs szinkronitási probléma, ugyanabba a másodpercbe megy át, mint az alap programban volt. A HÉV kijelentkezését követően szigorúan 5 mp-es közönként kijelentkezési pontokat hoztam létre, mely kijelentkezési pontokat követően a feloldó program nulladik másodpercébe érkezik a vezérlés. Ezek után 2 féle visszatérés van. Ha a feloldó programban megint bejelentkezés történik, korrekcióval kell számolnunk, ha nincs újabb HÉV bejelentkezés akkor a nyújtási feltétel az alapprogram 35. vagy 75. másodpercében teljesül.

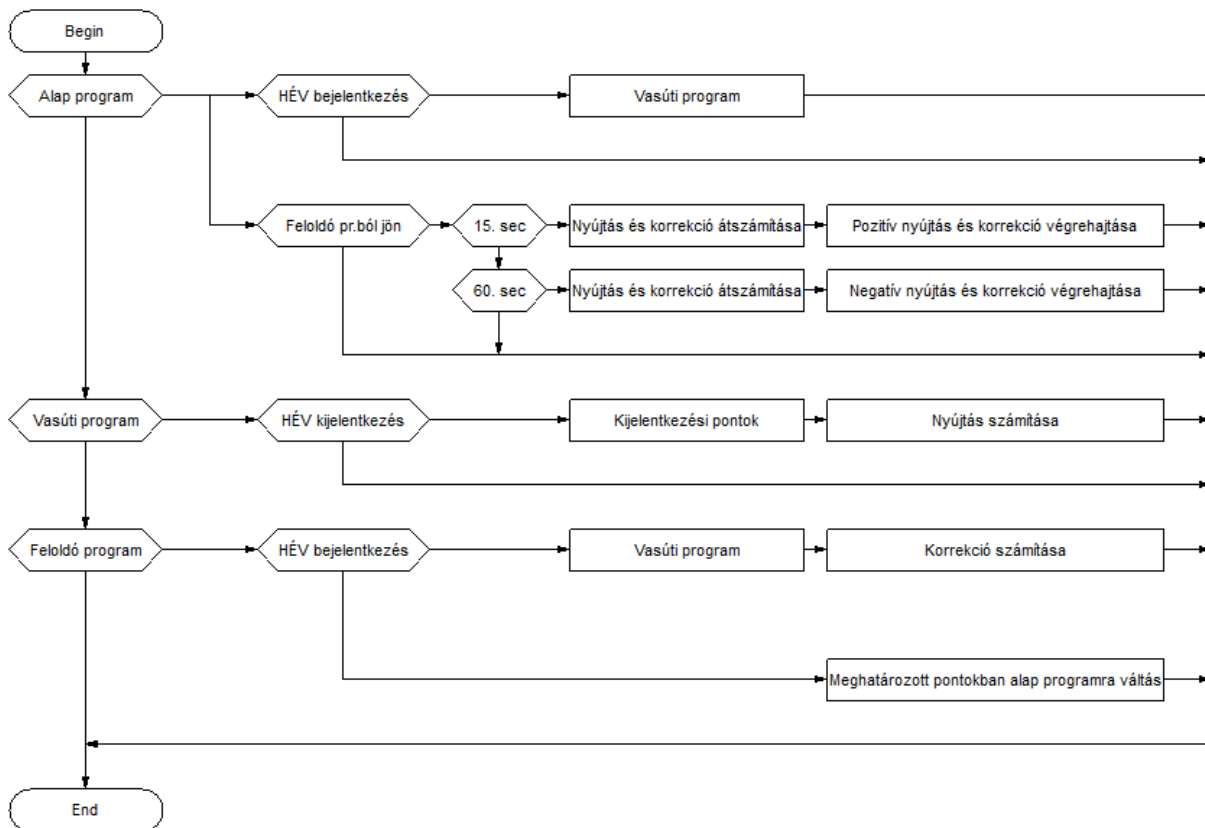
Az alábbi 2. táblázat az egész hangolástartó vezérlés alapja a Táncsics utcai kereszteződésben. Vegyünk egy példát: 30-as kijelentkezési pont. A HÉV kijelentkezési pontot követően a feloldó program nulladik másodpercéhez kapcsolunk. Ezek után, ha nincs újabb HÉV bejelentkezés, a feloldó program 75. másodpercében az alap program 0. másodpercébe kapcsolunk. Mivel a nyújtás -10 másodperc, ezért ez az alap program 35. másodpercében fog teljesülni, a 35. másodpercet elérve a 45. másodpercbe tesszük a programot (lásd 5. ábra). Ha viszont a nyújtás még nem teljesült és HÉV bejelentkezés van, úgy a korrekció lép életbe, tehát alap nyújtás: -10, korrekció: -20, összesen -30. Az újbóli kijelentkezést követően, vegyük példának a 65-ös kijelentkezést. Nincs nyújtás egyszerűen csak a feloldó program 90. másodpercéből az alap program 60. másodpercébe megy. A 75. másodpercben nem teljesülhet a -30-as nyújtás mivel ott csak pozitív nyújtás teljesülhet, így a következő periódus 35. másodpercében teljesül, a 35. másodperc 65. másodperc lesz.

A vezérlés megvalósításának egyszerűsített folyamatábráját a következő oldalon mutatom be (5. ábra). A teljes vezérlési fájlokat a CD melléklet tartalmazza.

Szabadság tér csomópont hangolástartó vezérlését úgy oldottam meg, hogy -5 másodperc nyújtásnál kisebb ne legyen, mivel ezen csomópont zöldidejei meglehetősen behatárolják a negatív nyújtásokat. A folyamat itt is megegyezik a Táncsics utcai csomópont, fentebb leírt módszerével, azzal a különbséggel, hogy a pozitív nyújtás a 15., a negatív a 60. másodpercben teljesül (6. ábra).



5. ábra - Tánacsics utcai kereszteződés új vezérlésének egyszerűsített folyamatábrája



6. ábra - Szabadság tér kereszteződés új vezérlésének egyszerűsített folyamatábrája

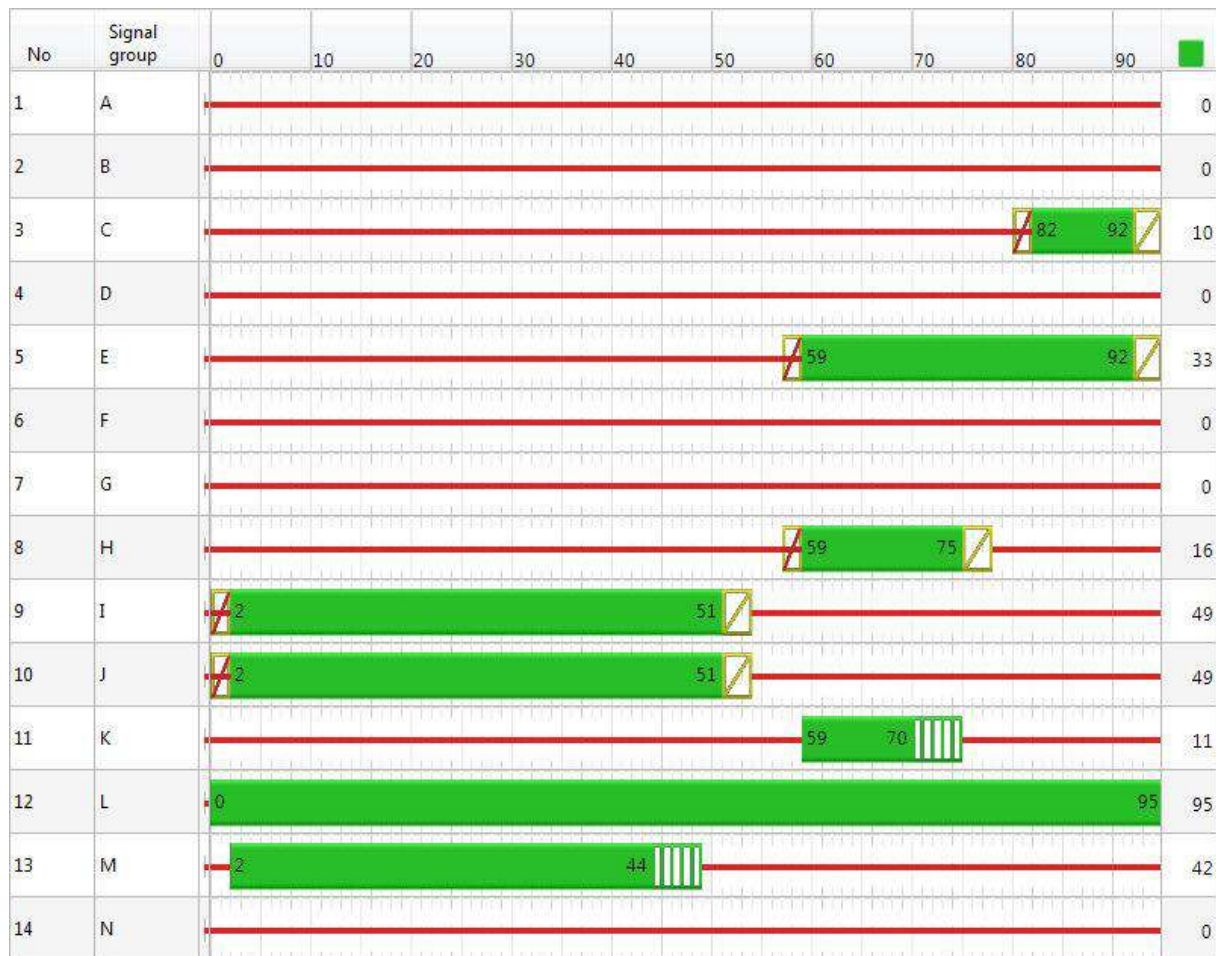


Vasúti program kijelentkezési pontja	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Feloldó program kapcsolási pontja	75	75	75	75	75	75	75	95	95	95	95	90	90	90	90	75	75	75	75
Nyújtás hossza	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	0	0	0	0	0	0	0	0	+25	+20	+15	+10
Alap program csatlakozási pontja	0	0	0	0	0	0	0	40	45	50	55	55	60	65	70	85	85	85	85
Korrekciónak hossza	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	+55	+50	+45	+40	+35	+30	+25	+20	-10	-10	-10	-10

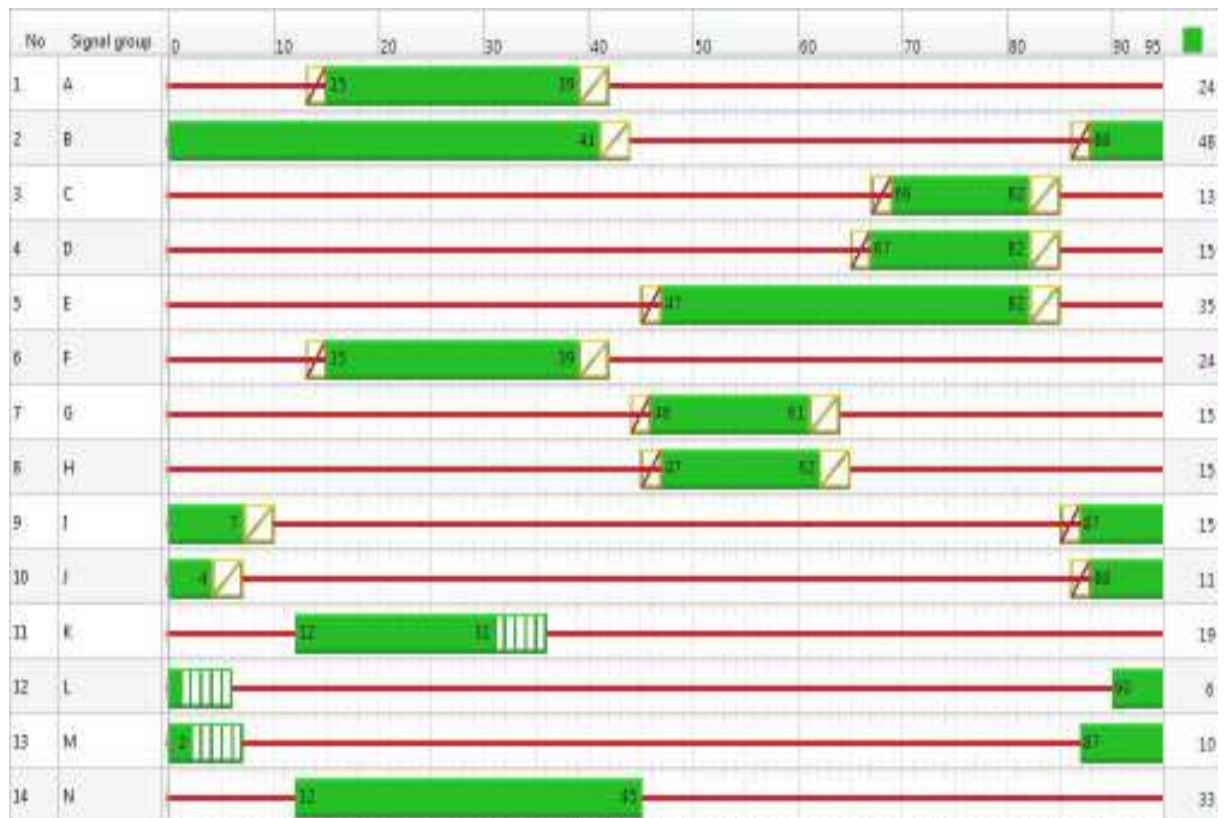
**2. táblázat – Táncsics utcai csomópont hangolástartó vezérlés táblázata**

Vasúti program kijelentkezési pontja	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Feloldó program kapcsolási pontja	95	90	85	55	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Nyújtás hossza	0	0	-5	-5	+75	-+70	+65	+60	+55	+50	+45	+40	+35	+30	+25	+20	+15	+10	+5
Alap program csatlakozási pontja	5	5	0	70	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Korrekciónak hossza	-5	-10	-10	-15	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

**3. táblázat – Szabadság tér hangolástartó vezérlés táblázata**



7. ábra - Szabadság tér csomópont új vasúti programja (4-es program)



8. ábra - Szabadság tér csomópont új feloldó programja (5-ös program)

5-ből	7	15	23	31	39	47	54	61	69	75	82	90	95
4-be	7	15	23	31	39	47	54	61	69	75	82	90	95

4. táblázat - Szabadság tér csomópont új feloldó programjának kapcsolási pontjai (mp)

### ***4.3. A vezérlés korlátai***

A hangolástartó vezérlésnek vannak bizonyos korlátai. Csak olyan csomópontban alkalmazható, ahol az alap programban van olyan fázis, melynek minimális zöldideje a periódusidő feléhez közeli. Ez azt jelenti, hogy van egy olyan irány mely, 95 másodperces periódusidővel számolva, közel 47-48 másodpercig, tehát a periódusidő feléig, zöld. A Táncsics utcai csomópontban 95 mp a periódusidő, alap program 1. fázisánál 46 mp a zöldidő.

Kiegészítésként jegyezném meg, hogy a Szabadság téri kereszteződésben azért sikerült megcsinálni a vezérlést, mert feloldó programnál soha nincs HÉV bejelentkezés. Ugyanis -5 nyújtásnál kisebbet nem lehet teljesíteni az alap program minimális zöldidejei miatt. Tehát a valóságban erre a 4 fázisú csomópontra nem lehet 95 mp periódusidejű hangolástartó vezérlést készíteni. A túlzott nyújtások (+75 mp) pedig keresztirányú torlódást okoznak.

Másik korlát, bár ez az esetek többségében teljesülni szokott, hogy az alap program legnagyobb zöld idejű fázisának annak kell lennie, amelyik a vasúti program legnagyobb zöld idejű fázisa. Ez azt jelenti, hogy mivel a főirányt hangoljuk, a főirány legyen az az irány, amely a legtöbb zöldet kapja.

Harmadik korlát, hogy az alap, vasúti és feloldó programoknak azonos periódusidejűnek kell lennie a csomópontban, és az egész hangolt rendszeren belül.

A további korlátok rendkívül specifikusak, adott jelzéstervre értendők. Azt mondhatjuk, hogy sok esetben megvalósítható a hangolástartó vezérlés, ám tervezése nem egy adott strukturális folyamat, próbálkozásokon is alapulhat, rendkívül összetett.

#### **4.4. Matematikai háttér**

A vezérlés tervezésénél bizonyos paramétereket előre ki kell számolni, a hangolástartó vezérlésnek szigorú a matematikai háttere; alapvetően illesztési logikáról van szó, a különböző programokat, hogyan illesszük egymás után úgy, hogy végeredményben mindig ugyanahhoz a másodperchez érkezzünk.

Azt kell kiszámolnunk, hogy az egyes vasúti ki- és bejelentkezések milyen „csúszást” eredményeznek az összehangolásban, ezeket korrigálnunk kell, hogy a vezérlés mindig visszatérjen az eredetileg definiált zöldhullámhoz.

Az egyes paramétereket nevezzük el betűkkel, melyek a következők:

- Vasúti program kijelentkezési pontja:  $x$
- Feloldó program kapcsolási pontja:  $y$
- Nyújtás:  $z$
- Alap program csatlakozási pontja:  $w$
- Korrekció:  $k$
- Periódusidő, vagy egész számú többszöröse:  $P$

##### Vasúti program kijelentkezési pontja

Az az időpont, amikor a kijelentkezés teljesül, innen a feloldó program 0. másodpercéhez történik az illesztés.

##### Feloldó program kapcsolási pontja

Az az időpont, amikor a feloldó programból alap programba kapcsolunk.

##### Nyújtás

Az az időtartam, amennyivel az alap programnál a főirány zöldideje növekszik (vagy csökken, negatív érték esetén).

##### Alap program csatlakozási pontja

Az az időpont, ahová a feloldó program érkezik az alap programhoz.

##### Korrekció

Ha feloldó programból kell vasúti programra váltani, a nyújtás nem teljesül a feloldó programot követő alap programban, így a nyújtási feltételt korrigálni kell.

*Megjegyzés:* Ha feloldó programból váltunk vasúti programra a korrekció és a nyújtás összeadódik, ez az összeg fogja eredményezni a kijelentkezés után a nyújtási időtartamot. Az összes nyújtási időtartam, amennyiben nem ütközik specifikus kitételbe, átváltható:  $\sum nyújtás := 95 \pm \sum nyújtás$ .

Egymást követő feloldó programokban, kétszer egymás után nem lehet HÉV bejelentkezés, mivel a HÉV-ek nem közlekedhetnek ilyen gyakran.

A vezérlés kidolgozásánál definíciós egyenleteknek kell teljesülniük, ezek a következők:

$$(1) x + z + (y - w) := P$$

$$(2) k := P - x - z$$

Ezen definíciós egyenleteket átrendezve kapjuk meg az egyes paramétereket:

$$(3) x = P - z - (y - w)$$

$$(4) y = P - x - z + w$$

$$(5) z = P - x - (y - w)$$

$$(6) w = -P + x + y + z$$

*Megjegyzés:* a korrekció számításánál  $P$  értéke 0 is lehet.

Ezen egyenletek alapján, azt mondhatjuk, hogy a vezérlés lehet másodpercpontos kijelentkezésen alapuló is.

A másodpercpontos vezérlés az elméleti maximum. Annál jobbat nem lehet előállítani az adott korlátok mellett. Azt is figyelembe kell viszont venni, hogy a programozás igénye 5-szöröse az 5 másodperceséhez képest, a kijelentkezési pontok száma miatt.

- 5 másodperc pontosnál a kijelentkezési pontok száma  $P/5$
- 2 másodperc pontosnál a kijelentkezési pontok száma  $P/2$
- 1 másodperc pontosnál a kijelentkezési pontok száma  $P/1$

Ez  $P = 90$ -nel számolva rendre: 18, 45, 90.

Munkámban az 5 mp pontos vezérlést valósítottam meg. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a HÉV kijelentkezését követően a maximális késleltetés, amíg még vasúti programban maradunk, 5 mp.

Ez az a paraméter, ami az egyik leginkább kifogásolható része a munkámnak. A mai megközelítés ugyanis azt mondja ki, hogy a HÉV elhaladtát követően azonnal szabad jelzést kell biztosítani a keresztiránynak. A késleltetés nem elfogadható a mostani felfogás szerint.

Úgy gondolom egyedi csomópontok esetében, ez így is van rendjén. Viszont hangolt csomópontok esetében többnyire zárt rendszerről beszélünk, mivel a HÉV vonal irányába nincs kanyarodási lehetőség, csak a kombinált csomópontokban. Valamint a főirányhoz nem a csomópontokban csatlakozó forgalom elhanyagolható, a főfolyamhoz képest.

Ezen megállapítás miatt, a maximum 5 mp késleltetés visszanyerhető az összehangolás megtartásával. Ha ugyanis nincs meg a hangolástartás, úgy a következő csomóponti lámpa, adott esetben nem 5 hanem 15 mp várakozást is eredményezhet.

#### ***4.5. A hálózat problémája***

Mivel egy összehangolt, körülbelül 4 km-es hálózatról van szó, nagyon fontos, hogy a szimuláció megfelelő méretarányokkal rendelkezzen, azaz a hálózatban lévő utak hossza megegyezzen a valóságban lévő utak hosszával.

Segítségemre volt a Google Earth program, melyből az alap méreteket tudtam kiolvasni. Habár a szimulációs rendszer sík terepen valósult meg, a valóságban pedig domborzattal kell számolni, azt mondhatom, a számítógépes modell megfelel a valóságnak.

Ugyanis a Google Earth-ben a domborzatból származó útnövekmények a sík műholdfelvételen egy algoritmus segítségével kiegyenlítődnek. Így amit én síkban 40m-nek mérek az valójában nem síkban értendő, de pontos eredményhez vezet.

A rendszerem a HÉV felsővezeték tartó oszlopok adott területen mért egységes távolságához van kalibrálva, ez a 40 méter.

Ezt a kalibrálást utána komolyabban is leellenőriztem, segítségemre volt a Gödöllői Földhivatal, mely pontos helyszínrajzi adatokat küldött a kérdéses térképrészekről.

A 40. ábra (78. oldal) tartalmazza az út idő diagram távolsági adatát:

- Budapest felé:  $555 + 248 = 803$  méter
- Gödöllő felé:  $248 + 543 = 791$  méter

A szimulációban ezen pontoknál történik az utazási idő mérés, így fontos volt ellenőrizni, a valósághoz viszonyítani. A szimuláció távolsági adatait a 21. ábra (53. oldal) tartalmazza:

- Budapest felé: 807 méter
- Gödöllő felé: 792 méter

Ezen adatok eltérése 1 járműnyi távolsághoz mérhetőek, ezért azt mondhatom a hálózatot fedi a valóságban lévő hálózatot, azokból az adatok kinyerése valós állapotok modellezéséhez használható.

#### **4.6. A jelzéstervek problémája**

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. (továbbiakban MK) segített abban, hogy a jelenleg működő jelzéstervek mindegyikét megkaphassam. Ezen jelzésterveket a 28. ábra, 32. ábra, 33. ábra, 34. ábra, 37. ábra, 38. ábra és a 39. ábra tartalmazza.

A korábban már említett, VisVap program segítségével készítettem el a lámpavezérlést. Ez volt számomra a legnehezebb programozási feladat, ugyanis nem csak az összehangolást kellett megoldani, hanem a fix pontos HÉV ki- és bejelentkezést, valamint a hibakeresést is. Munkám során először a fázisokon alapuló normál programozási eljárással próbálkoztam. Ez azt jelenti, hogy fázisokat és fázisátmeneteket definiálunk, majd ezeket időzítjük.

Programozás technikailag rendkívül idő és munkaigényes, mivel a fázisátmeneteket külön fájlban kell tárolni. Valamint egy több programgeneráción átívelő bug-ot (programhiba) is ki kell küszöbölni azáltal, hogy a fázisokon belül az egyes jelzőcsoportok ne legyenek egymás teljes részhalmazai; létre kell hozni úgynevezett fantom jelzőcsoportokat.

pl.:            Fázis\_1                            Zöld: 1,2,4,8,9  
                  Fázis\_4 (HÉV)                Zöld: 1,2,4

Mivel itt a 4. fázis teljes részhalmaza az 1-esnek ezért a program úgy értelmezi, hogy mindkét fázis egyszerre fut, ezt úgy küszöbölttem ki, hogy a 4.-be beraktam egy 10-es úgynevezett fantom jelzőcsoportot.



Szabadság tér kereszteződés geometriailag meglehetősen nagynak mondható, ezért a nagy közbenső idők miatt 16 mp-es fázisátmenetek is előfordulnak. A HÉV be- és kijelentkezések miatt a monitorozás során, itt lettem figyelmes arra, hogy képtelenség fázisátmenetből fázisátmenetet létrehozni, magyarul a már kivezért átmenet nem mehet egyből HÉV programba, csak az átmenet befejeztével. Ezzel viszont valószínűsítettem, hogy az összehangolást rontom el, az indokolatlan késleltetés következtében.

Ezért kitaláltam, hogy a hosszú fázisátmeneteket eltördelem és két részre osztom, ezáltal belépnek úgynevezett átmeneti fázisok amik 1-2 mp-ig vannak csak jelen a programban.

Be kellett látnom, hogy a sűrű kapcsolási pontok (jellemzően 8-9 mp-enként, de létezik 4 mp-es is) miatt programozási korlátba ütközöm, azaz nem tudom megfelelően visszaadni a valós jelzőlámpa vezérlést, ha csak nem próbálom meg a direkt vezérlést.

A direkt vezérlés lényege, hogy nem léteznek fázisok és fázisátmenetek, csak papíron, programozás technikailag csak jelzőcsoportok és jelzőlámpák vannak.

Tulajdonképpen a jelzőcsoportokat periódusidőhöz kötve vezérem. Így a fázisátmeneteket nem kellett definiálnom külön fájlba. Ezen programozás másik előnye, hogy nem kell létrehoznom úgynevezett fantom jelzőcsoportokat sem.

Az összehangolás 3 eleme közül a Tessedik utcai kereszteződés, mivel ez nem HÉV átjáró, fázisokon alapuló normál programozással készült, melynek programja teljesen fedi a valós programot (28. ábra).

A Táncsics utcai és a Szabadság téri kereszteződés direkt programozással készült, melyre nem mondhatom, hogy teljes egészében fedné a valóságot, mivel semmilyen jelzéstervi távfelügyeletnek nem része ez a két csomópont, amiből ellenőrizhetném, de elmondható, az összes programozási eljárás közül a direkt vezérléssel közelítik legjobban a valós állapotokat.

Természetesen ez a HÉV- és az azt követő feloldó programra, időzítésére és kapcsolásaira igaz. Az alap program ugyanaz a szimulációban, mint a valóságban.

#### **4.7. A vasúti rendszer kiépítése**

Mivel a Tudományos Diákköri Konferencián bemutatott munkámnál, azt az észrevételt kaptam, hogy a HÉV mozgások, érkezési idők, keresztezési lezárások, nem kellő körültekintés mellett lettek meghatározva, ezért a mostani munkámban különös figyelmet fordítottam erre.



**9. ábra – A szimuláció egyik látképe Szabadság tér csomópontban**

Palotakert állomáson volt szerencsém elbeszélgetni az ottani forgalmistával, aki közölte, hogy a 3-as főúton lévő HÉV kereszteződés lezárása a vágányút beállítást követően megvalósul, ezért automatizálása lehetetlen. Azaz itt állomási biztosító berendezés van, míg Szabadság téren és Erzsébet park megállóhelyeken vonali.

A Palotakertnél történő lezárás csak a forgalmista tempójától függ, ezáltal itt a szimulációban egyszerűsítéssel kellett élnem, konstans távolságra tettem le a detektort, oda, ahol a HÉV sebességéhez mérten az aktuális bejelentkezéstől számítva 5 mp-en belül vágányút beállítás történik.

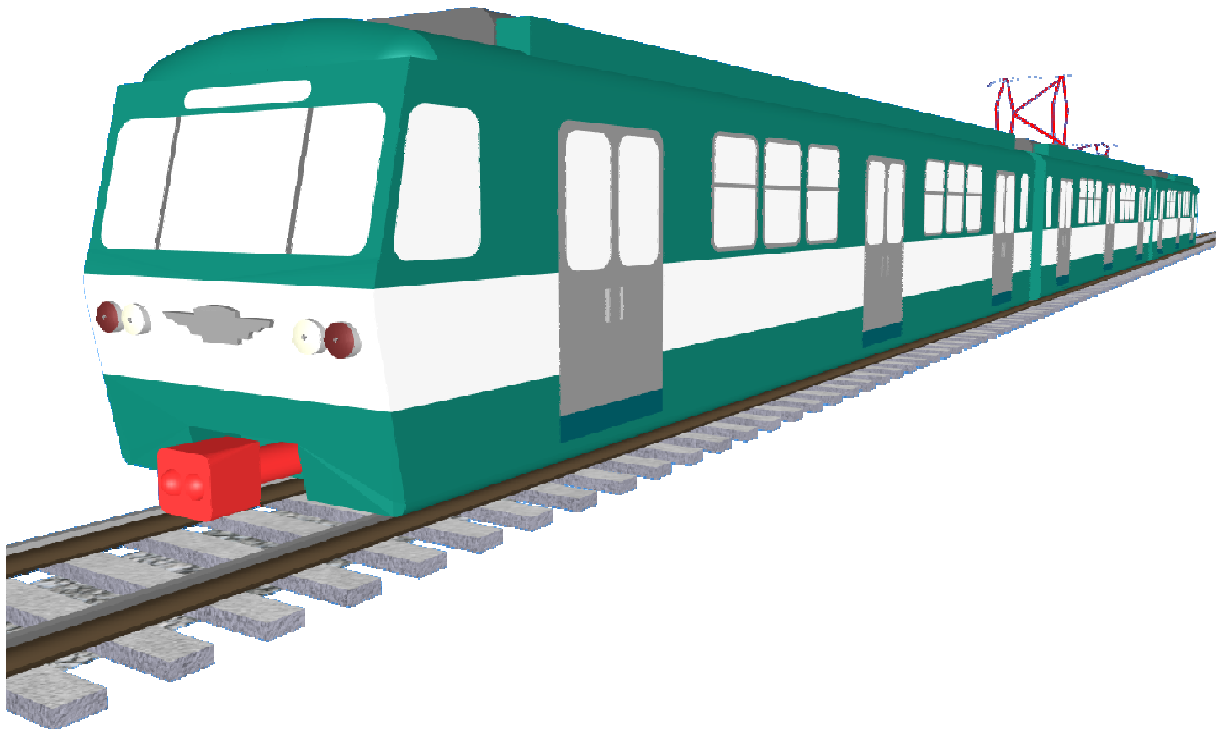
Az összes többi érzékelő pontos helyét megkaptam a BKV Zrt.-től. A 41. ábra (79. oldal) és a 42. ábra (80. oldal) tartalmazza ezeket. Mindegyik érzékelő a szimulációmban a megadott helyen van, az időkésleltetéssel ellátott detektor pedig az aktuális vonalszakaszon megengedett sebességhez mérten viszonyított, megtett úttal arányban van lehelyezve.

Beállítottam a szakaszokra a megengedett sebességet is, amit szintén a fentebb említett ábrák tartalmaznak. Már csak attól függ a menetidő, hogy a HÉV hány másodpercet tartózkodik a megállóhelyeken, azaz meg kellett mérnem a megállóhelyi tartózkodási időket (5. táblázat).

A mért értékek minimuma és maximuma alapján egyenletes valószínűségi eloszlású modellt állítottam be a Vissimbe. Ezáltal a megállóhelyi tartózkodási idő, minden egyes szimulációs futtatás során más és más lesz.

A HÉV menetdinamikai paramétereit egy német forrásból [7] olvastam ki, majd állítottam be, úgy mint: maximális és alap gyorsulás, valamint lassulás.

Így tehát a HÉV-ek a szimulációba pontosan (menetrendben meghatározott időben) érkeznek [8], viszont a szimuláción belül a mozgásuk irányított a fent említett paraméterek alapján. A 9. ábra és a 10. ábra a 3 dimenziós kidolgozás részletességét hivatott megmutatni. Erre is nagy hangsúlyt fektettem munkám során. Az alább látható HÉV (10. ábra) teljes egészében saját munka [9].



10. ábra – A gödöllői HÉV a szimulációban

Mérés száma	Irány	Erzsébet park	Szabadság tér	Palotakert			
1	Gödöllő felé	18,23	23,61	23,65			
	Budapest felé	13,96	24,52	19,23			
2	Gödöllő felé	21,59	33,63	22,40			
	Budapest felé	20,29	24,76	22,30			
3	Gödöllő felé	20,65	23,71	17,04			
	Budapest felé	12,76	18,68	19,42			
4	Gödöllő felé	22,52	22,25	28,55			
	Budapest felé	22,31	23,80	16,56			
5	Gödöllő felé	18,32	32,92	16,31			
	Budapest felé	19,64	25,21	20,34			
Maximum és minimum idők							
Maximum és minimum idők	Gödöllő felé	18,2	22,5	22,3	33,6	16,3	28,6
	Budapest felé	14,0	22,3	18,7	25,2	16,6	22,3

5. táblázat - Megállóhelyi tartózkodási idők (másodpercben)

#### **4.8. A közúti rendszer kiépítése**

Ebben az alfejezetben megemlítem, hogyan sikerült a szimulációban a valósághoz közelítenem a közúti rendszert, milyen számításokat végeztem, hogy ez sikerüljön, milyen eredményeim lettek.

##### **4.8.1. Forgalomszámlálás**

A MK-tól a mellékletben található jelzésterveken felül forgalomszámlálási adatokat is találtam. Ezek mindegyikét ahol szükség volt rá, frissítettem, aktualizáltam 2010-es adatokra. Összesen 3 mérést végeztem a fent említett szimulációs időben (06:30-08:30), melynek adatait most közlöm. A három mérés során nem sikerült minden kereszteződés minden irányát megmérnem. A Szabadság téri kereszteződés adatait a Vilati távfelügyeletétől kértem el.

Időpont	Hely	Mért irányok
2010.04.20. (kedd)	Tessedik utcai kereszteződés	Budapest felől – Aszód felé
		Budapest felől – Tessedik u. felé
		Aszód felől – Tessedik u. felé
		Tessedik u. felől – Budapest felé
2010.04.22. (csütörtök)	Állomás utcai kereszteződés	Aszód felől – Budapest felé
		Aszód felől – Állomás utca felé
		Állomás utca felől – Budapest felé
2010.04.26. (hétfő)	Szabadság tér kereszteződés	Minden irány, detektorral
2010.04.27. (kedd)	Táncsics utcai kereszteződés	Budapest felől – Táncsics u. felé
		Táncsics u. felől – Budapest felé
		Táncsics u. felől – Aszód felé

**6. táblázat – 2010-es forgalomszámlálások ideje, helye és mért irányai**

Saját forgalomszámlálásomnál arra törekedtem, hogy a Vissim rendszerbe érkező autók számát számoljam meg (vehicle inputs). Onnan ugyanis a kanyarodási rátákból számolható a járművek eloszlása. Tehát elsősorban az inputokat számoltam meg.

Ezeket a forgalomszámlálási adatokat tartalmazza a 7. táblázat, a 8. táblázat és a 9. táblázat. Mivel a szimuláció rendkívül komplex, a különböző napon végzett forgalomszámlálások adatait nem kaphatjuk vissza egy az egyben a szimuláció során, mégis megközelíthetjük. Bővebben erről a következő alfejezetben írok. A szimulációs futtatás csúcsórai forgalomáramlási ábrái: 11. ábra, 12. ábra és 13. ábra. Ezek az ábrák adnak tájékoztatást a vizsgált kereszteződések csúcsórai forgalomlebonnyolódásáról.

A számlálás során 3 kategóriát különböztettem meg:

- 1. kategória: 'B' típusú jogosítvánnyal vezethető járművek
- 2. kategória: Busz, és 2 tengelyű tehergépjárművek
- 3. kategória: Három, és az annál több tengelyű tehergépjárművek

A forgalomáramlási ábrán látható adatokat (darab) jármű/órában adtam meg. A tehergépjárművek arányáról a 7. táblázat, 8. táblázat és a 9. táblázat ad tájékoztatást.

Tessedik utcai kereszteződés

Irány:	3.sz főút Budapest – Aszód			3.sz főút Budapest – Tessedik u.			3.sz főút Aszód felől – Tessedik u. felé			Tessedik u.–3.sz főút Budapest felé		
	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.
6:30–6:45	62	7	3	15	0	2	10	0	0	33	3	0
6:45–7:00	77	8	2	17	2	1	2	1	0	45	2	0
7:00–7:15	88	7	2	15	3	1	20	3	0	52	2	0
7:15–7:30	127	6	0	28	5	0	20	4	0	48	0	0
7:30–7:45	133	6	0	35	1	1	30	2	1	64	1	0
7:45–8:00	126	9	0	31	3	0	38	1	0	74	1	0
8:00–8:15	105	11	2	24	0	0	26	6	0	64	1	1
8:15–8:30	105	3	4	20	1	1	18	2	0	27	5	2

7. táblázat – Tessedik utcai kereszteződés forgalomszámlálási adatai jármű darabszámban

Állomás utca – Szabadság út kereszteződés

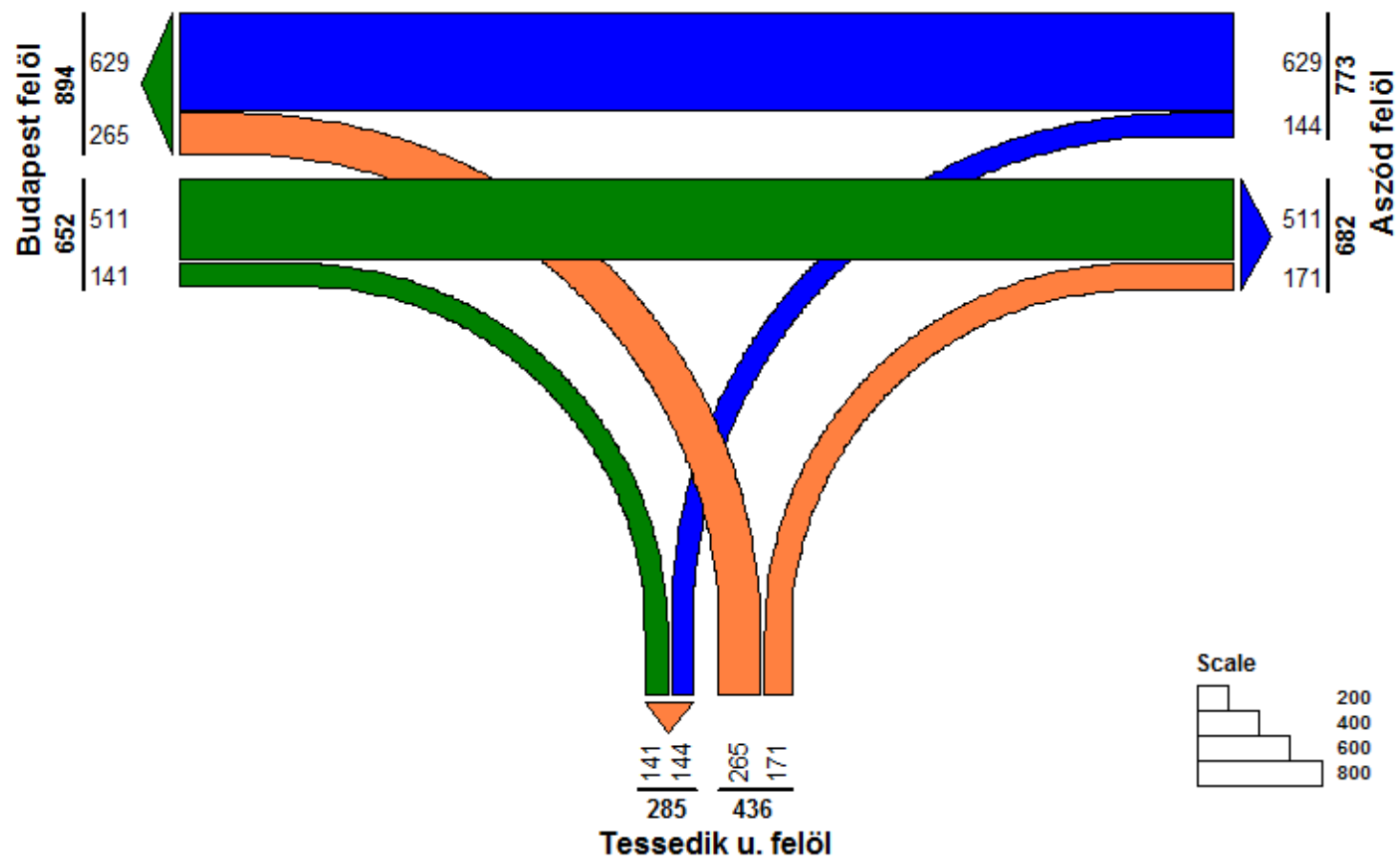
Irány:	3.sz főút Aszód felől – Budapest felé			3. sz. főút Aszód felől – Állomás utca felé			Állomás utca felől – Budapest felé		
	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.
6:30–6:45	103	8	0	50	2	1	31	5	1
6:45–7:00	122	7	0	66	1	0	37	3	2
7:00–7:15	111	8	0	71	4	0	33	4	0
7:15–7:30	168	6	0	77	5	0	39	3	0
7:30–7:45	128	7	0	101	4	1	49	7	0
7:45–8:00	181	9	0	116	1	0	35	1	1
8:00–8:15	134	3	1	78	2	1	43	3	0
8:15–8:30	125	12	0	63	6	1	21	2	0

8. táblázat – Állomás utca–Szabadság út kereszteződés forgalomszámlálási adatai jármű darabszámban

3. sz. főút – Táncsics Mihály utca kereszteződés

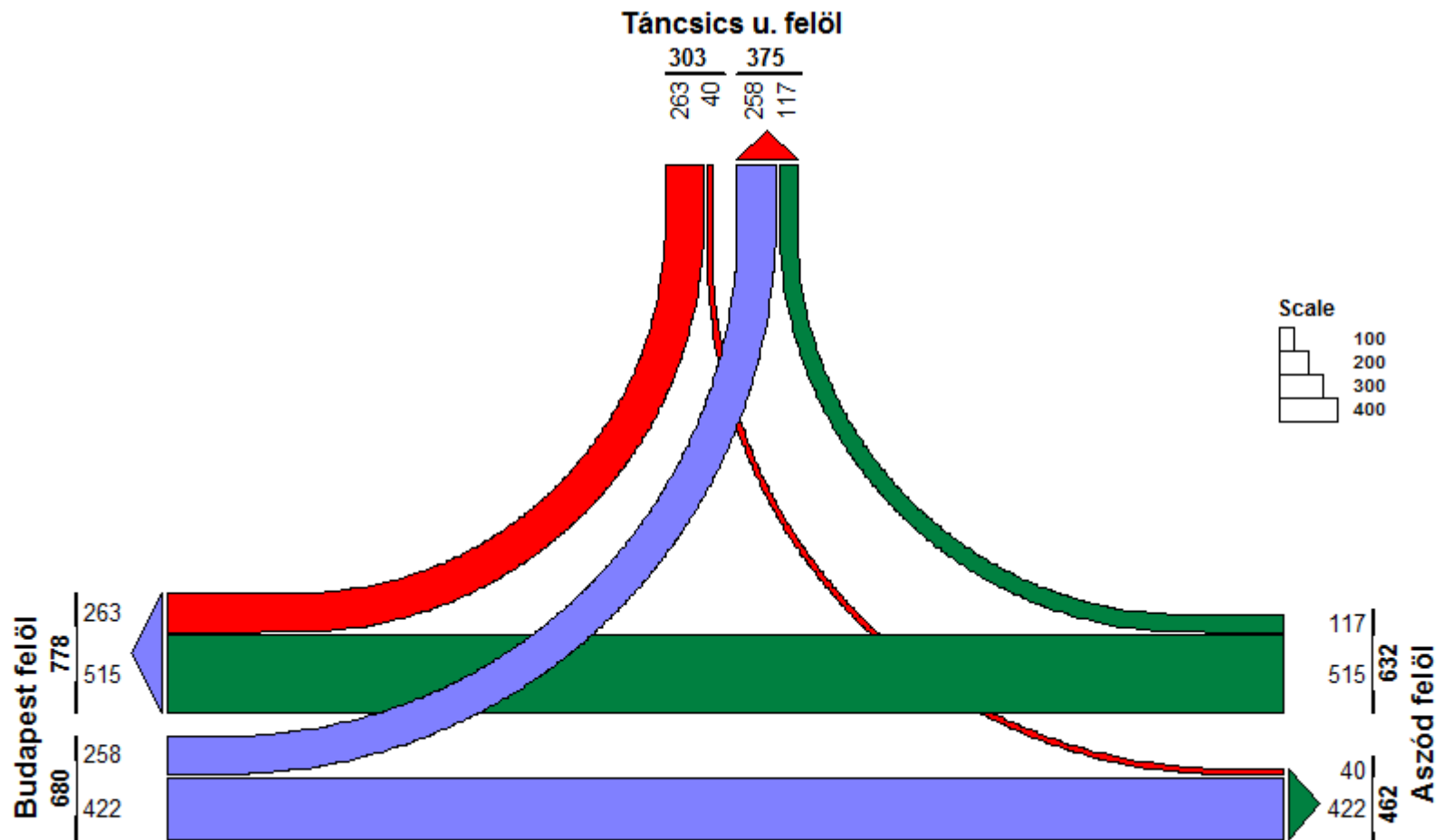
Irány:	3. sz. főút Budapest felől – Táncsics utca			Táncsics utca – 3. sz. főút Aszód felé			Táncsics utca – 3. sz. főút Budapest felé		
	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.	1.kat.	2. kat.	3. kat.
6:30-6:45	18	3	1	6	1	0	27	2	2
6:45-7:00	32	1	1	2	0	0	46	0	0
7:00-7:15	44	5	1	8	3	0	49	2	0
7:15-7:30	59	3	0	4	2	0	47	4	1
7:30-7:45	74	2	0	13	1	0	53	2	0
7:45-8:00	61	5	0	9	0	0	92	3	0
8:00-8:15	58	4	1	10	4	0	57	5	1
8:15-8:30	51	3	0	7	0	0	43	2	1

9. táblázat – Táncsics utcai kereszteződés forgalomszámlálási adatai jármű darabszámban

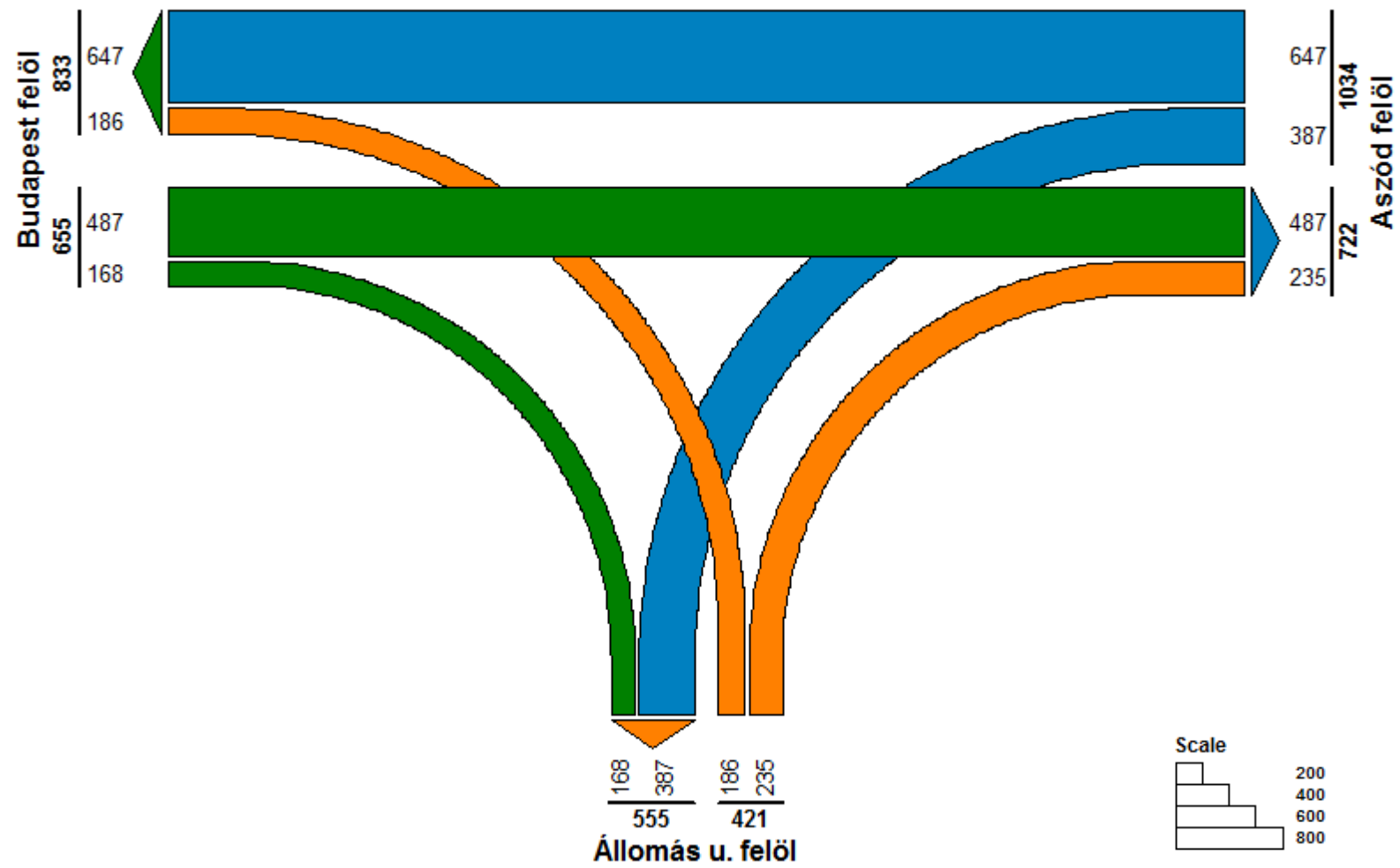


11. ábra – Tessedik utcai kereszteződés csúcsorai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve





12. ábra - Táncsics utcai kereszteződés csúcsórai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve



13. ábra – Állomás utcai kereszteződés csúcsórai forgalomáramlási ábrája, a szimuláció adatai alapján, jármű/órában kifejezve

#### **4.8.2. Forgalmi adatok validálása**

Az általam mért forgalmi adatokat összehasonlítottam a 2008-as adatokkal, valamint a szimulációs rendszert a valósághoz közelítettem.

Az egyik legfontosabb paraméter, amit forgalomszámláláskor az áthaladt autók számán túl figyelni kell lámpás kereszteződésekben, a maximális és a jellemző átbocsátó képesség. Magyarán, hogy – fix program esetén – adott zöld idő alatt mennyi az a maximális járműszám, mely behaladni képes a csomópontba. Valamint, mennyi az a járműszám, amely az esetek döntő többségében egy fázison belül behaladni képes.

Amelyik irányokban ez a szám egyértelműen mérhető, ott van értelme megvizsgálni torlódás kialakulását, ott van értelme megnézni a zöld idő megfelelésségét.

Ilyen problémát találtam a Táncsics utcai kereszteződés C irányában (30. ábra, 68. oldal). A 2008-as adatok alapján ez az irány 93 járművet is át tudott bocsátani a csúcsnegyedórában. A 2010-es adatok alapján ez az érték 76-ra csökkent. Ez az irány azért fontos, mert rendkívüli módon torlódik a csúcsforgalomban, sőt megfigyelhető volt nem egy olyan autós manőver is, mely a C irány kocsisorát megkerülve a főúton megfordulva D irányban haladt be a csomópontba.

A szimulációmban a valós adatokkal dolgozva 70 körüli maximális átbocsátóképességet tudtam realizálni ebben az irányban. Tehát itt is meg tudtam közelíteni hibahatáron belül a valós forgalmi helyzetet. Amin viszont elgondolkoztam, hogy a jelzésterv bevezetése előtt számolható lett volna ezen irány maximális negyedórás áteresztőképessége. Tehát, hogy ne tervezzenek olyan jelzéstervet, mely nem szolgálja ki a 93 járművet.

Munkámban ezzel a problémával is foglalkoztam. A feloldó program C irányú zöld idejét a jelenlegi 23 helyett 30 másodpercesre vettem. Ezáltal már elméletben kiszolgálhatóvá vált a 90-es járműszám.

Mondhatnánk, hogy a 93 és 76 közötti eltérés olyan csekély, hogy akár a forgalmi áramlatok sztochasztikusságával is magyarázható lenne, ám ez egy olyan irány, ahol alap programban 13 mp, feloldó programban 23 mp a zöld idő. Mérésem során többször is 21 járműnyi maximális sorhosszt jegyeztem fel. Az alap program jellemző átbocsátó képessége 8 jármű, így azt mondhatom, hogy a csúcsnegyedórában gyakorlati maximumot, 76 járművet mértem. Ezért e fölé menni még 17 járművel, a jelzésterv mostani állapota szerint lehetetlen.

Azért ezzel az iránnyal foglalkoztam ilyen sokat, mivel a Tessedik utcai és Szabadság téri csomópontokban nem állt fenn ilyen jelenség. Szabadság tér északi és keleti forgalom áramlását, két számottevő keresztező gyalogosforgalom határozza meg, ezáltal csúcsidőben is, a kereszteződésben közel szabad áramlás figyelhető meg.

#### **4.8.3. Menetrend szerinti autóbusz járatok**

A szimulációban helyet kapott a gödöllői autóbusz pályaudvar [10] is. Menetrend szerinti Volán járatokat (14. ábra) programoztam be, hiszen ezen autóbuszok száma a reggeli csúcsforgalomban számottevő. A buszok mozgásának összetettsége miatt csak a helyi járatokat sikerült beállítanom a gödöllői volánbusz menetrendből [11] úgy, hogy a rendszerbe érkezve tartják a menetidőt. Azonban, ha Szabadság térnél, vagy Palotakertnél a HÉV átjáróban pirosat kapnak, úgy késéssel érkeznek az autóbusz állomásra. Tehát itt is azt mondhatjuk, hogy a rendszerbe érkezés pontos, onnantól kezdve viszont a hálózati paraméterek szabják meg a menetidőt. Ez fontos paraméter, mivel, ezért mondhatjuk azt, hogy a szimulációs rendszer közelíti a valóságot.



14. ábra – Volánbusz a szimulációban

#### **4.9. A jelenlegi összehangolás számszerű vizsgálata**

Az összehangolás valódi, ha a vasúti jármű véletlenszerű időpontban történő be- és kijelentkezése ellenére is visszaáll. Ezt valósítja meg a hangolástartó vezérlés, ebben az alfejezetben azt vizsgálom, hogy a mostani vezérlés mennyire áll vissza véletlenszerűen.

Jelen vizsgált kereszteződésekben van egy fajta játék lehetőség, amely az általam alkotott vezérlés ellen dolgozik. Nevezetesen az, hogy a mostani vezérlés nem túl érzékeny a zöldhullám elhangolódásra. Jól mutatja ezt a 21. ábra. Ez az út-idő diagram mutatja meg azt, hogy kellene működnie az összehangolásnak, és, hogy működik a Saját program vezérlése alatt. A helyszínen megfigyelve lehetett látni a Tessedik és Táncsics utcai csomópontoknál, hogy a 06:30-as programváltás után az első HÉV bejelentkezésig, az ábrán látható módon működött. Onnantól kezdve, viszont elhangolódott.

Feltettem a kérdést, vajon ez az elhangolódás milyen mértékű, és mennyire befolyásolja az autók szabad áramlását. A 10. táblázat tartalmazza minden egyes HÉV kijelentkezéseket követően, az elhangolás mértékét.

Azért fontos ezen paraméterek vizsgálata, mert a kijelentkezéseket követően vannak a leghosszabb ideig alap programon a berendezések. Ez azt jelenti, hogy ha a hangolás „rossz”, akkor a program, azt a rossz hangolást viszi végig a következő HÉV érkezéséig.

Random Seed	Csomópont	Elhangolások (a referenciához képest hova érkeznek)							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
10	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-45	-32	+11	-41	+3	+27	-24	+42
	Szabadság tér	+13	+44	-4	+35	-19	+35	-17	+2
20	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-30	-47	-3	-35	+1	+38	+5	+33
	Szabadság tér	+26	43	-12	+34	-18	+34	-21	-6
31	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-26	-42	+14	-43	-3	+41	-12	+30
	Szabadság tér	+29	+41	-5	+36	-16	+33	-20	-8
40	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-18	-43	+12	+32	-6	+43	-6	+44
	Szabadság tér	+37	+41	-3	+37	-15	+32	-19	+4
50	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-44	+40	-3	+40	-8	+46	-8	+37
	Szabadság tér	+13	+34	-12	+37	-14	+31	-16	-1
60	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-29	-33	-12	+41	-11	-46	-11	+23
	Szabadság tér	+27	+44	-9	+35	-13	+31	-20	-15
70	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-23	+47	+11	+43	-13	-43	-14	+47
	Szabadság tér	+32	+44	-4	+39	-11	+29	-19	+6
80	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-47	+40	-2	+45	+16	+24	-11	+42
	Szabadság tér	+11	+37	-13	+38	-4	+22	-18	+3
90	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-39	-44	-12	+47	+2	+26	-24	+30
	Szabadság tér	+18	+42	-9	+38	-19	+25	-28	-8
100	Tessedik	0	0	0	0	0	0	0	0
	Táncsics	-27	+40	+12	-45	-1	+28	+3	+19
	Szabadság tér	+29	+35	-4	+39	-18	+34	-21	-18

10. táblázat – A HÉV kijelentkezését követően az elhangolások mértéke, másodpercben

Random Seed	Irányok	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
10	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
20	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
31	Bp. felé	rossz	rossz	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
40	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
50	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
60	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
70	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
80	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	jó	jó	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	rossz	rossz	jó	jó	rossz	rossz
90	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	jó	rossz	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz	jó	rossz	rossz
100	Bp. felé	rossz	rossz	jó	rossz	jó	rossz	rossz	rossz
	Gödöllő felé	rossz	rossz	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz

**11. táblázat – A hangolások minősítése a definíció alapján**

Grafikus módon teszteltem le az összes kijelentkezés utáni állapotot, az összes Random Seed értékre, és ezen eredményeket egy táblázatba foglaltam össze (11. táblázat). Definíció szerint megalkottam azt, hogy akkor jó az összehangolás, ha legalább 15 másodpercnyi járműfolyam képes végigmenni mind a 3 lámpán. Minden más esetben az összehangolás rossz. Előnyításokat nem vettem figyelembe.

Az érthetőség kedvéért négy példát mutatok be:

- Az első, amikor mindkét irányban rossz az összehangolás: Random Seed = 80, 8. kijelentkezési pont. (15. ábra)
- Második eset, amikor Budapest felé jó, Gödöllő felé rossz az összehangolás: Random Seed = 80, 7. kijelentkezési pont. (16. ábra)
- A harmadik, amikor mindkét irányban jó az összehangolás: Random Seed = 80, 6. kijelentkezési pont. (17. ábra)
- Negyedik eset, amikor Budapest felé rossz, Gödöllő irányába viszont jó az összehangolás: Random Seed = 80, 5. kijelentkezési pont. (18. ábra)

Irányonként megvizsgáltam az összes rossz, és jó összehangolás arányát:

- Budapest felé:  $\lambda_{Bp} = \frac{\sum jó_{Bp}}{\sum rossz_{Bp}} = \frac{24}{56} = 42,86\%$
- Gödöllő felé:  $\lambda_G = \frac{\sum jó_G}{\sum rossz_G} = \frac{8}{72} = 11,11\%$

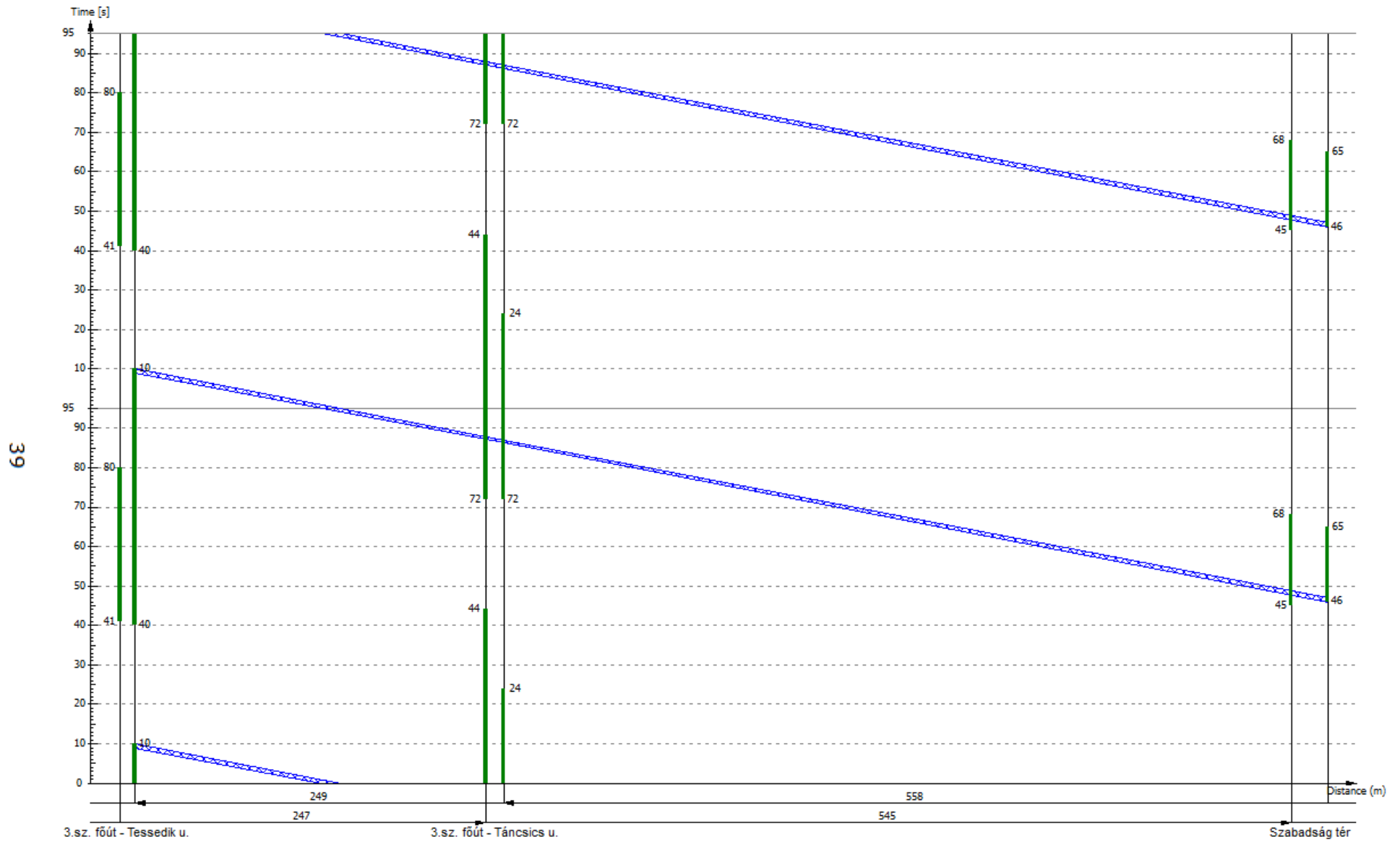
Az arányból megállapítható, hogy míg Budapest felé, az alap programra való visszatérések közel 43%-a nem okoz számottevő elhangolást, addig a Gödöllő felé vezető iránynál ez csupán 11%.

Így összességében, a számok tükrében, látni lehet, hogy az elhangolások valóban aszinkron működést okoznak a hangolt rendszerben, az esetek döntő többségében.

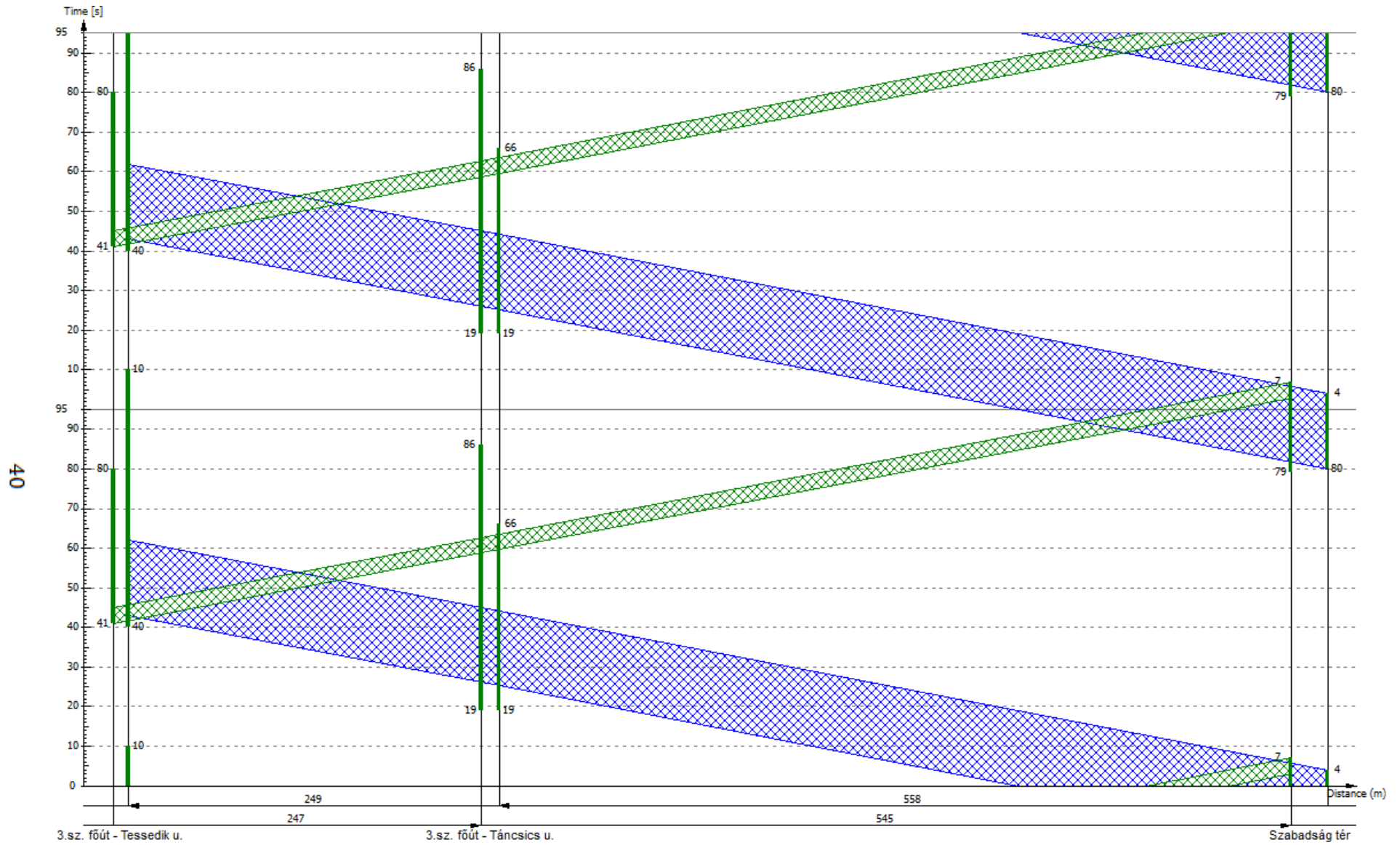
A két irány között azért van ekkora eltérés (közel 32%), mivel Budapest irányába a legkevesebb zöldidővel rendelkező, Szabadság tér csomópontból indul a járműfolyam, és a legnagyobb zöldidejű, Tessedik utcai csomópontba érkeznek. Ezt az irányt emiatt kevésbé befolyásolják a véletlenszerű elhangolási hatások.

Gödöllő centrum felé viszont, a szűk keresztmetszet a hangolási rendszer utolsó pontja, ezért ez az irány érzékenyebb a sztochasztikus változásokra.

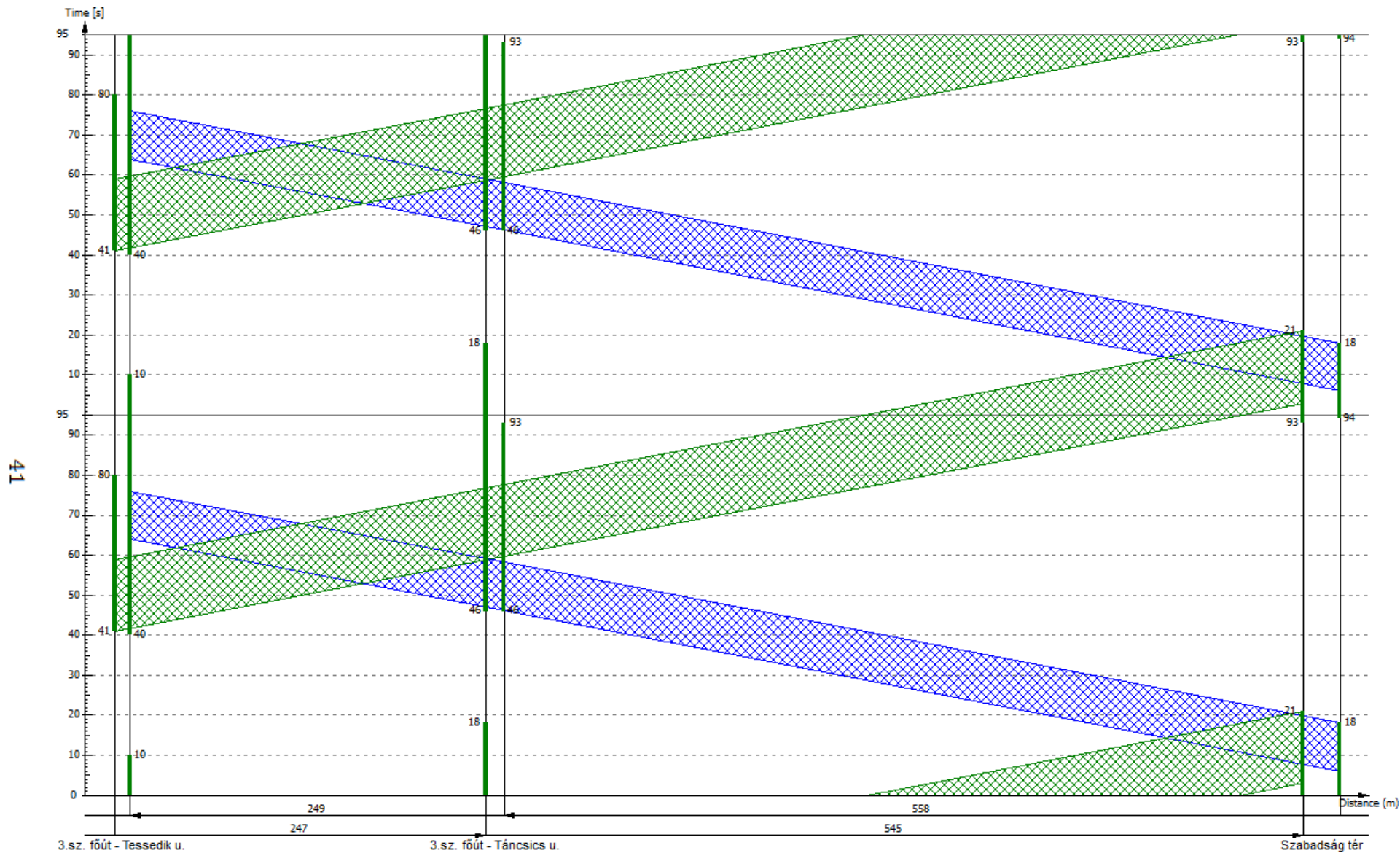




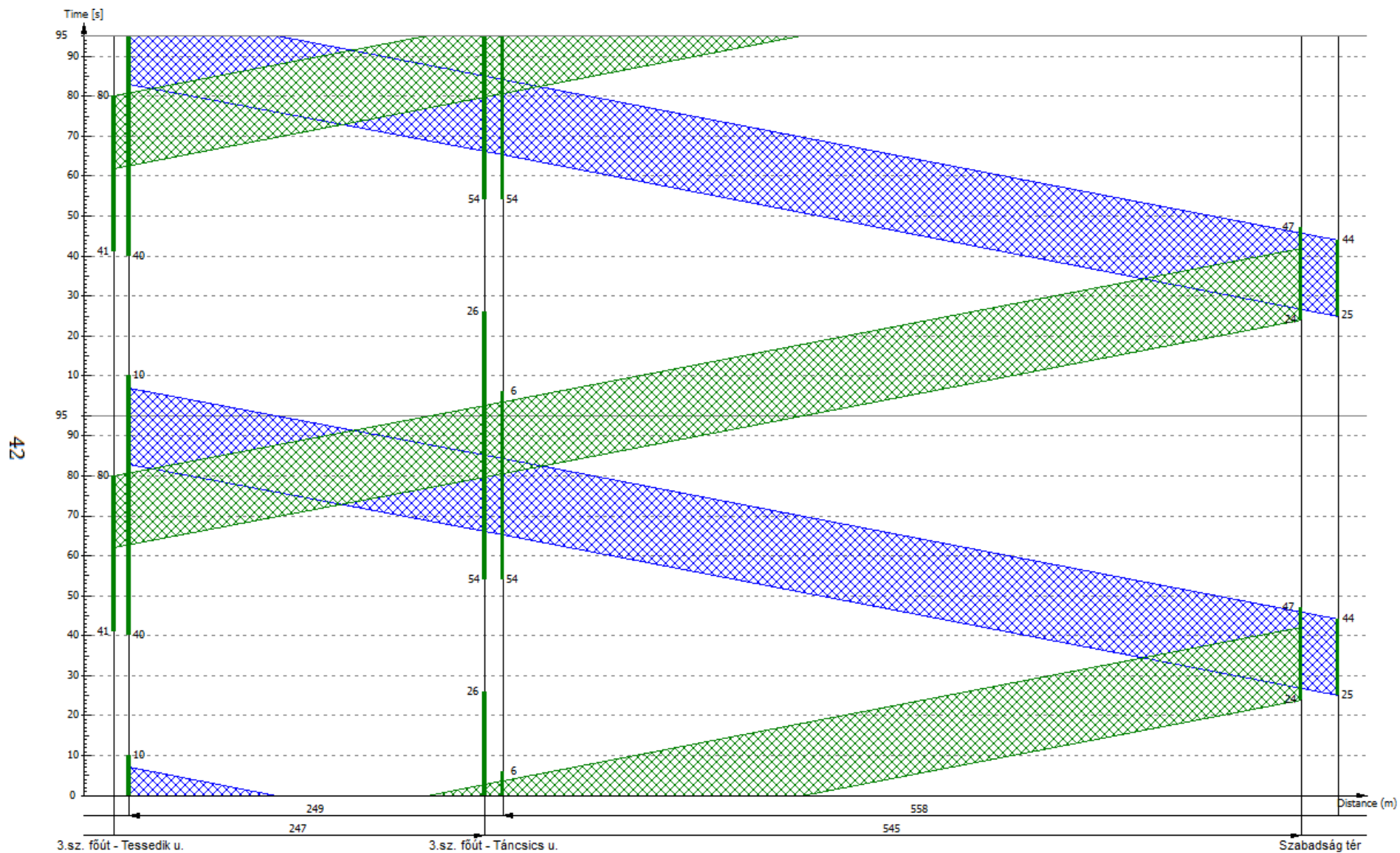
15. ábra - Mindkét irányban rossz összehangolás (Random Seed = 80, 8. kijelentkezési pont)



16. ábra - Budapest felé jó, Gödöllő felé rossz összehangolás (Random Seed = 80, 7. kijelentkezési pont)



17. ábra - Gödöllő felé jó, Budapest felé rossz összehangolás (Random Seed = 80, 6. kijelentkezési pont)



18. ábra - Mindkét irányban jó összehangolás (Random Seed = 80, 5. kijelentkezési pont)

#### 4.10. Eredmények

Ebben a fejezetben mutatom be, hogy mennyire lenne értelme bevezetni az új hangolástartó lámpavezérlést, milyen eredményeket hozott a szimuláció. Mostani programként nevezem a jelenleg érvényben lévő lámpavezérlést, és Saját programként hívom, az általam alkotott új vezérlést.

A szimuláció 06:30-tól 08:30-ig, egy hétköznapi napot közelít meg. Ez az egyes HÉV és Volánbusz menetrendek miatt fontos.

Elsőként vizsgáltam a teljes rendszer paramétereit. Legfontosabb jellemzők: átbocsátott járműmenyiség, átlagos utazási idő, átlagos késés és átlagos megállási szám. Ezek némelyike magyarázatra szorul. A késés, mint forgalomtechnikai mutatószám, azt jelenti, hogy ha a rendszerbe érkező jármű akadálytalanul (lámpák, keresztező forgalom) tudna végighaladni a hálózaton, akkor mennyivel hamarabb érné el az úticélját, mint úgy ahogy a szimuláció szerint akadályoztatva van. Úgy is mondhatjuk: mennyivel később éri el úticélját, mennyit késik. Az átlagos késés pedig az 1 járműre vetített késés.

Random Seed	Program	Járműszám (db)	Utazási idő (óra)	Átlagos utazási idő (sec/jármű)	Átlagos késés (sec/jármű)	Átlagos megállási szám (db/jármű)	μ mérőszám
10	Mostani	10293	516,572	180,672	95,404	2,549	1,064
	Saját	10245	514,278	180,713	95,211	2,388	
20	Mostani	10252	510,207	179,160	93,378	2,517	1,137
	Saját	10240	502,243	176,570	90,922	2,304	
31	Mostani	10309	501,219	175,030	89,755	2,322	1,045
	Saját	10301	493,829	172,584	87,292	2,315	
40	Mostani	10284	507,161	177,536	92,400	2,382	1,084
	Saját	10283	501,812	175,681	90,501	2,268	
50	Mostani	10189	506,103	178,817	93,710	2,416	1,111
	Saját	10189	494,637	174,766	89,717	2,324	
60	Mostani	10201	503,176	177,574	91,991	2,410	1,164
	Saját	10215	492,952	173,728	88,133	2,212	
70	Mostani	10293	523,448	183,077	96,894	2,481	1,082
	Saját	10283	512,921	179,570	93,294	2,425	
80	Mostani	10279	506,754	177,480	91,591	2,302	0,982
	Saját	10267	510,632	179,047	93,060	2,284	
90	Mostani	10220	507,823	178,881	93,313	2,406	1,097
	Saját	10240	502,313	176,594	91,089	2,280	
100	Mostani	10187	502,698	177,649	91,997	2,246	1,038
	Saját	10254	498,900	175,155	89,632	2,267	

12. táblázat – Az egész hálózatra számolt szimulációs eredmények

A megállási szám azt jelenti, hogy az egyes járműveknek hányszor kell az adott hálózaton megállni. Megállásként a 0 km/h-ra való lefékezést értelmezem. Az átlagos megállási szám, az összes megállási szám, osztva a járműszámmal.

Alkottam egy mérőszámot, mely kifejezi a nyereséget és veszteséget, a paraméterek függvényében, tulajdonképpen összehasonlítja a Mostani és a Saját program adatait, dimenzió nélkül.

Jelöljük az egyes paramétereket betűkkel, és a jelzésterveket kicsi számokkal.

Járműszám:  $N$

Átlagos utazási idő:  $\bar{T}$

Átlagos késés:  $\bar{D}$

Átlagos megállási szám:  $\bar{S}$

$$\text{Mérőszám: } \mu = \left[ \frac{N_2}{N_1} \right] \cdot \left[ \frac{\bar{T}_1}{\bar{T}_2} \right] \cdot \left[ \frac{\bar{D}_1}{\bar{D}_2} \right] \cdot \left[ \frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_2} \right]$$

Azért került  $N_2$  a számlálóba és  $N_1$  a nevezőbe, mivel ez az egyetlen jellemző, melyből a „több, jobb”. Az összes többi, más jellemzőnél a kevesebb értékre törekszünk.

Azt mondhatom, hogy  $\mu$  átlaga ( $\bar{\mu}$ ) és mediánja ( $\hat{\mu}$ ) egyértelműen megmutatja, melyik jelzésterv a jobb. Így tehát:

$$\bar{\mu} = \frac{1,064 + 1,137 + 1,045 + 1,084 + 1,111 + 1,164 + 1,082 + 0,982 + 1,097 + 1,038}{10} = 1,080$$

$$\hat{\mu} = \frac{1,082 + 1,084}{2} = 1,083$$

A  $\mu$  mérőszám megmutatja, hogy ezen vizsgált paraméterek összessége alapján, a Saját program jobb mutatókkal rendelkezik, mint a Mostani program. Minél nagyobb ez a mérőszám 1-nél, annál jobb, és minél kisebb 1-nél, annál rosszabb a Saját program a Mostanihoz képest. Tehát összességében azt mondhatjuk, megéri bevezetni a Saját programot.

A mediánt azért használom az átlag mellett mutatószámként, mivel a rendkívüli módon szóródó adatokkal szemben, kis érzékenységet mutat. Ezáltal jobban jellemzi a nem normális eloszlásokat, mint az átlag [12].

Hogy százalékos adatokat is tudjak közölni, a jelzésterv hatásairól, tovább vizsgáltam a rendszert, immár az összehangolást érintő szakaszon. A két irány adatait, Szabadság tér és Tessedik utca csomópont, főirányú lámpáival egyvonalban létrehozott adatgyűjtő pontokkal monitoroztam. Ez irányonként csak 1 sávot érint, és abban a sávban is csak azon járműveket, amelyek mind a 3 csomóponton (Tessedik u., Táncsics u., Szabadság tér) végighaladnak.

Random Seed	Program	Irány	Járműszám (db)	Utazási idő (sec)	Átlagos utazási idő (sec/jármű)	Késés (sec)	Átlagos késés (sec/jármű)	Irányok	μ mérőszám
10	Mostani	Bp felé	300	24660,973	82,203	8030,594	26,769	Bp felé	1,927
		Gödöllő felé	238	23070,365	96,934	10132,855	42,575		
	Saját	Bp felé	298	21237,787	71,268	4743,509	15,918	Gödöllő felé	2,387
		Gödöllő felé	240	18488,899	77,037	5431,005	22,629		
20	Mostani	Bp felé	312	26388,114	84,577	9142,484	29,303	Bp felé	2,646
		Gödöllő felé	255	25619,721	100,469	11748,102	46,071		
	Saját	Bp felé	291	19792,564	68,016	3737,657	12,844	Gödöllő felé	2,092
		Gödöllő felé	255	20793,276	81,542	6920,315	27,138		
31	Mostani	Bp felé	313	25416,728	81,204	8051,657	25,724	Bp felé	1,567
		Gödöllő felé	255	24905,378	97,668	11054,737	43,352		
	Saját	Bp felé	304	22269,953	73,256	5374,286	17,679	Gödöllő felé	1,808
		Gödöllő felé	251	20637,556	82,221	7036,191	28,033		
40	Mostani	Bp felé	290	22723,487	78,357	6730,334	23,208	Bp felé	2,063
		Gödöllő felé	267	25124,073	94,098	10679,349	39,998		
	Saját	Bp felé	287	19499,692	67,943	3685,164	12,840	Gödöllő felé	2,082
		Gödöllő felé	269	20887,458	77,649	6308,910	23,453		
50	Mostani	Bp felé	315	24699,655	78,412	7246,622	23,005	Bp felé	1,949
		Gödöllő felé	270	25301,417	93,709	10688,714	39,588		
	Saját	Bp felé	337	23451,739	69,590	4794,113	14,226	Gödöllő felé	1,807
		Gödöllő felé	270	21546,960	79,804	6945,533	25,724		
60	Mostani	Bp felé	287	22362,990	77,920	6563,778	22,870	Bp felé	1,633
		Gödöllő felé	254	24756,220	97,465	10955,401	43,131		
	Saját	Bp felé	290	20573,089	70,942	4507,558	15,543	Gödöllő felé	2,274
		Gödöllő felé	257	20103,324	78,223	6145,857	23,914		
70	Mostani	Bp felé	303	25206,215	83,189	8407,808	27,749	Bp felé	2,140
		Gödöllő felé	257	26144,870	101,731	12172,304	47,363		
	Saját	Bp felé	316	22413,791	70,930	5012,831	15,863	Gödöllő felé	2,365
		Gödöllő felé	258	20633,267	79,974	6597,779	25,573		
80	Mostani	Bp felé	306	23196,909	75,807	6275,094	20,507	Bp felé	2,153
		Gödöllő felé	270	24029,397	88,998	9420,966	34,892		
	Saját	Bp felé	310	20583,367	66,398	3414,640	11,015	Gödöllő felé	1,870
		Gödöllő felé	273	20804,553	76,207	6015,593	22,035		
90	Mostani	Bp felé	280	22017,172	78,633	6459,223	23,069	Bp felé	1,701
		Gödöllő felé	265	25708,348	97,013	11358,529	42,862		
	Saját	Bp felé	279	19634,670	70,375	4212,113	15,097	Gödöllő felé	1,904
		Gödöllő felé	257	20661,175	80,394	6769,518	26,341		
100	Mostani	Bp felé	295	24037,836	81,484	7701,111	26,105	Bp felé	2,158
		Gödöllő felé	234	21686,350	92,677	9028,309	38,583		
	Saját	Bp felé	310	21792,151	70,297	4568,704	14,738	Gödöllő felé	2,117
		Gödöllő felé	235	17944,795	76,361	5219,149	22,209		

13. táblázat - Szabadság tér és Tessedik u. csomópontok között számolt szimulációs eredmények

A  $\mu$  mérőszám ugyanaz, mint az előbb, azzal a különbséggel, hogy az utolsó tag (átlagos megállási szám) nem szerepel benne. Itt most  $\mu$  irányonként értendő.

- Budapest felé:  $\bar{\mu}_{Bp} = 1,994$   $\hat{\mu}_{Bp} = 2,006$
- Gödöllő felé:  $\bar{\mu}_G = 2,071$   $\hat{\mu}_G = 2,087$

### Százalékos eredmények

*Járműszám tekintetében:*

$$N_{Bp\_1} = (300 + 312 + 313 + 290 + 315 + 287 + 303 + 306 + 280 + 295) / 2 = 1500 \text{ jm / óra}$$

$$N_{G\_1} = (238 + 255 + 255 + 267 + 270 + 254 + 257 + 270 + 265 + 234) / 2 = 1282 \text{ jm / óra}$$

$$N_{Bp\_2} = (298 + 291 + 304 + 287 + 337 + 290 + 316 + 310 + 279 + 310) / 2 = 1511 \text{ jm / óra}$$

$$N_{G\_2} = (240 + 255 + 251 + 269 + 270 + 257 + 258 + 273 + 257 + 235) / 2 = 1282 \text{ jm / óra}$$

Járműnövekmény Bp. irányba:  $1511 / 1500 = 0,7\%$

Járműnövekmény Gödöllő irányba:  $1282 / 1282 = 0\%$

*Utazási idő tekintetében:*

$$\bar{T}_{Bp\_1} = 82,203 + 84,577 + 81,204 + \dots + 81,484 = 801,786 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{T}_{G\_1} = 96,934 + 100,469 + 97,668 + \dots + 92,677 = 960,762 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{T}_{Bp\_2} = 71,268 + 68,016 + 73,256 + \dots + 70,297 = 699,015 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{T}_{G\_2} = 77,037 + 81,542 + 82,221 + \dots + 76,361 = 789,411 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

Utazási idő csökkenése Bp. irányba:  $699,015 / 801,786 = 12,82\%$

Utazási idő csökkenése Gödöllő irányba:  $789,411 / 960,762 = 17,83\%$

*Késés tekintetében:*

$$\bar{D}_{Bp\_1} = 26,769 + 29,303 + 25,724 + \dots + 26,105 = 248,309 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{D}_{G\_1} = 42,575 + 46,071 + 43,352 + \dots + 38,583 = 418,415 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{D}_{Bp\_2} = 15,918 + 12,844 + 17,679 + \dots + 14,738 = 145,763 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{D}_{G\_2} = 22,629 + 27,138 + 28,033 + \dots + 22,209 = 247,049 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

Késés csökkenése Bp. irányba:  $145,763 / 248,309 = 41,30\%$

Késés csökkenése Gödöllő irányba:  $247,049 / 418,415 = 40,96\%$



Összehangolt rendszerek esetében a késés az a paraméter, amely a legjobban kifejezi az összehangolás megfelelőségét. Látható, hogy a járműszám szinte konstans, nem változott a jelzéstervek változásával. Ez nem meglepő, ugyanis a szimuláció során semmilyen paraméter nem került megváltoztatásra a Mostani és a Saját program között, csak és kizárólag a jelzésterv. Viszont az utazási idő is javult, igaz nem olyan mértékben, mint, ahogy a késés.

Ezen adatok tükrében kijelenthető, hogy a főirány valódi összehangolása (hangolástartó vezérlése) egyértelműen javítja az összehangolásban résztvevő csomópontok, utazási idő és késés paramétereit.

Vizsgálatom nem lenne teljes, ha nem foglalkoznék azzal, mindez, milyen hatással van a keresztirány forgalmára. Ezért a Táncsics utcai keresztvezető, keresztirányú szimulációs adatait ismertetem most. Keresztirány alatt értem a C, D és E irányt (30. ábra, 68. oldal).

Szabadság tér csomópont keresztirányával nem foglalkoztam a vizsgálat során, mivel a valós kivitelezés, korábban említett problémák miatt megoldhatatlan. Ezért olyan adatokat kapnék, amelyeket nem tudnék szakmailag megfelelően összehasonlítani a valós adatokkal. Annál is inkább, mert erre a keresztvezetőre a valóságból csupán detektor adataim vannak. Azok pedig csak az áthaladt járműszámot mutatják meg; teljes körű elemzéshez ez kevés.

Random Seed	Program	Járműszám (db)	Utazási idő (sec)	Átlagos utazási idő (sec/jármű)	Késés (sec)	Átlagos késés (sec/jármű)	$\mu$ mérőszám
10	Mostani	1099	24153,292	21,978	5965,204	5,428	0,690
	Saját	1095	26022,405	23,765	7937,853	7,249	
20	Mostani	1077	24002,620	22,287	6064,500	5,631	0,640
	Saját	1073	26368,489	24,575	8529,157	7,949	
31	Mostani	1060	23219,307	21,905	5596,364	5,280	0,589
	Saját	1058	26013,134	24,587	8431,148	7,969	
40	Mostani	1069	23332,865	21,827	5666,401	5,301	0,702
	Saját	1067	25096,958	23,521	7460,147	6,992	
50	Mostani	1103	22858,734	20,724	4531,534	4,108	0,436
	Saját	1099	26988,895	24,558	8717,356	7,932	
60	Mostani	1061	22658,791	21,356	4883,342	4,603	0,506
	Saját	1062	26156,304	24,629	8389,332	7,900	
70	Mostani	1082	23306,412	21,540	5248,441	4,851	0,535
	Saját	1080	26568,726	24,601	8565,319	7,931	
80	Mostani	1082	23815,547	22,011	5786,269	5,348	0,679
	Saját	1078	25762,921	23,899	7785,993	7,223	
90	Mostani	1106	23805,907	21,524	5558,176	5,025	0,543
	Saját	1106	27210,152	24,602	8957,526	8,099	
100	Mostani	1109	24878,890	22,434	6586,735	5,939	0,736
	Saját	1101	26368,806	23,950	8266,074	7,508	

14. táblázat – A Táncsics utcai keresztvezető kereszt irányú szimulációs eredményei

Ezen adatokból egyértelműen kitűnik, hogy a  $\mu$  mérőszám minden esetben 1-nél kisebb, ezért nem is foglalkozom, annak kitalálásával, hogy melyik program a jobb.

Inkább abba az irányba tolnám el az adatok összehasonlítását, hogy ezen keresztirány adatai, hogyan viszonyulnak a főirány adataihoz. Magyarán, nagyobb e a nyereség, mint a veszteség.

A vizsgálat nem teljes, mivel ehhez a Szabadság téri csomópont kereszt irányú vesztesége is kellene. Úgy vélem azonban, mivel a főirányú vizsgálatban, csak mindhárom csomópontot a 3.sz. főúton érintő járművekről van szó, ezért az összehasonlítást a vizsgált járműszámok mennyiségi különbsége miatt, elegendő, ezen egy csomópont keresztirányával összemérni.

#### Táncsics utcai kereszteződés százalékos eredményei

*Járműszám tekintetében:*

$$N_1 = (1099 + 1077 + 1060 + \dots + 1109) / 2 = 5424 \text{ jm / óra}$$

$$N_2 = (1095 + 1073 + 1058 + \dots + 1101) / 2 = 5409 \text{ jm / óra}$$

Járműnövekmény:  $(5409 / 5424) \cdot 100 - 100 = -0,27\%$

*Utazási idő tekintetében:*

$$\bar{T}_1 = 21,978 + 22,287 + 21,905 + \dots + 22,434 = 217,585 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{T}_2 = 23,765 + 24,575 + 24,587 + \dots + 23,950 = 242,686 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

Utazási idő csökkenése:  $1 - (242,686 / 217,585) \cdot 100 = -11,54\%$

*Késés tekintetében:*

$$\bar{D}_1 = 5,428 + 5,631 + 5,280 + \dots + 5,939 = 51,513 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

$$\bar{D}_2 = 7,249 + 7,949 + 7,969 + \dots + 7,508 = 76,751 \frac{\text{sec}}{\text{jm}}$$

Késés csökkenése:  $1 - (76,751 / 51,513) \cdot 100 = -49\%$

A százalékos összehasonlítás nem mutatna kézzel fogható képet. Mivel nem mindegy, hogy közel 10000 jármű esetében 1 járműre vetítve 2-3 másodperc a veszteség, vagy közel 5500 jármű esetén 1 járműre vetítve 15-20 másodperc nyereségről van szó.

Így tehát az adatok egy részét át kellett konvertálnom, olyan módon, hogy összehasonlíthatóak legyenek. Az átlagos utazási időt és az átlagos késést a főirány esetében újraszámoltam, azáltal, hogy mindkét irány (Bp. felé és Gödöllő felé) szumma utazási idejét és késését osztottam, mindkét irány szumma járműszámával. A keresztirány adatai megegyeznek a 14. táblázat adataival.

Random Seed	Program	Irány	Járműszám(db)	Utazási idő (sec)	Késés (sec)	Átlagos utazási idő (sec/jármű)	Átlagos késés (sec/jármű)	$\sigma$ mérőszám
10	Mostani	Főirány	538	47731,338	18163,449	88,720	33,761	1,480
		Keresztirány	1099	24153,292	5965,204	21,978	5,428	
	Saját	Főirány	538	39726,686	10174,514	73,841	18,912	
		Keresztirány	1095	26022,405	7937,853	23,765	7,249	
20	Mostani	Főirány	567	52007,836	20890,585	91,725	36,844	1,436
		Keresztirány	1077	24002,620	6064,500	22,287	5,631	
	Saját	Főirány	546	40585,840	10657,972	74,333	19,520	
		Keresztirány	1073	26368,489	8529,157	24,575	7,949	
31	Mostani	Főirány	568	50322,106	19106,393	88,595	33,638	0,992
		Keresztirány	1060	23219,307	5596,364	21,905	5,280	
	Saját	Főirány	555	42907,509	12410,477	77,311	22,361	
		Keresztirány	1058	26013,134	8431,148	24,587	7,969	
40	Mostani	Főirány	557	47847,560	17409,683	85,902	31,256	1,441
		Keresztirány	1069	23332,865	5666,401	21,827	5,301	
	Saját	Főirány	556	40387,150	9994,074	72,639	17,975	
		Keresztirány	1067	25096,958	7460,147	23,521	6,992	
50	Mostani	Főirány	585	50001,072	17935,336	85,472	30,659	0,826
		Keresztirány	1103	22858,734	4531,534	20,724	4,108	
	Saját	Főirány	607	44998,699	11739,647	74,133	19,340	
		Keresztirány	1099	26988,895	8717,356	24,558	7,932	
60	Mostani	Főirány	541	47119,210	17519,179	87,097	32,383	0,996
		Keresztirány	1061	22658,791	4883,342	21,356	4,603	
	Saját	Főirány	547	40676,414	10653,415	74,363	19,476	
		Keresztirány	1062	26156,304	8389,332	24,629	7,900	
70	Mostani	Főirány	560	51351,085	20580,112	91,698	36,750	1,217
		Keresztirány	1082	23306,412	5248,441	21,540	4,851	
	Saját	Főirány	574	43047,057	11610,611	74,995	20,228	
		Keresztirány	1080	26568,726	8565,319	24,601	7,931	
80	Mostani	Főirány	576	47226,306	15696,059	81,990	27,250	1,338
		Keresztirány	1082	23815,547	5786,269	22,011	5,348	
	Saját	Főirány	583	41387,920	9430,233	70,991	16,175	
		Keresztirány	1078	25762,921	7785,993	23,899	7,223	
90	Mostani	Főirány	545	47725,520	17817,752	87,570	32,693	0,992
		Keresztirány	1106	23805,907	5558,176	21,524	5,025	
	Saját	Főirány	536	40295,845	10981,631	75,179	20,488	
		Keresztirány	1106	27210,152	8957,526	24,602	8,099	
100	Mostani	Főirány	529	45724,186	16729,420	86,435	31,625	1,582
		Keresztirány	1109	24878,890	6586,735	22,434	5,939	
	Saját	Főirány	545	39736,946	9787,852	72,912	17,959	
		Keresztirány	1101	26368,806	8266,074	23,950	7,508	

15. táblázat – Fő- és keresztirány összehasonlító szimulációs eredményei

Új mérőszámot vezettem be,  $\sigma$ , melynek tartalma a következő (a korábban említett jelöléseket használva):

$$\sigma = \frac{N_{f\ddot{o}_2}}{N_{f\ddot{o}_1}} \cdot \frac{N_{kereszt_2}}{N_{kereszt_1}} \cdot \frac{\bar{T}_{f\ddot{o}_1}}{\bar{T}_{f\ddot{o}_2}} \cdot \frac{\bar{T}_{kereszt_1}}{\bar{T}_{kereszt_2}} \cdot \frac{\bar{D}_{f\ddot{o}_1}}{\bar{D}_{f\ddot{o}_2}} \cdot \frac{\bar{D}_{kereszt_1}}{\bar{D}_{kereszt_2}};$$

Random Seed = 10-re példa:

$$\sigma_{10} = \frac{538}{538} \cdot \frac{1095}{1099} \cdot \frac{88,720}{73,841} \cdot \frac{21,978}{23,765} \cdot \frac{33,761}{18,912} \cdot \frac{5,428}{7,249} = 1,480$$

Ez a mérőszám mutatja meg, hogy a Saját program mennyire van a Mostani program kárára, és viszont. Magyarán nincs e akkora keresztirányú veszteség, hogy az a főirány nyereségével összeadódva, veszteséget eredményezzen. Az 1 alatti érték jelenti azt, hogy a főirány nyeresége kisebb, mint a keresztirány vesztesége. Az 1 feletti érték pedig azt jelenti, hogy a főirány nyeresége nagyobb, mint a keresztirány vesztesége.

Hangsúlyoznám továbbá, hogy az a megállapítás, mely szerint a főirány ekkor kevésbé akadályozza a keresztirányt, nem helytálló. Mivel pont a 14. táblázat mutat rá, hogy minden esetben akadályozza. Az akadályozás mértéke az, amire most felhívtam a figyelmet.

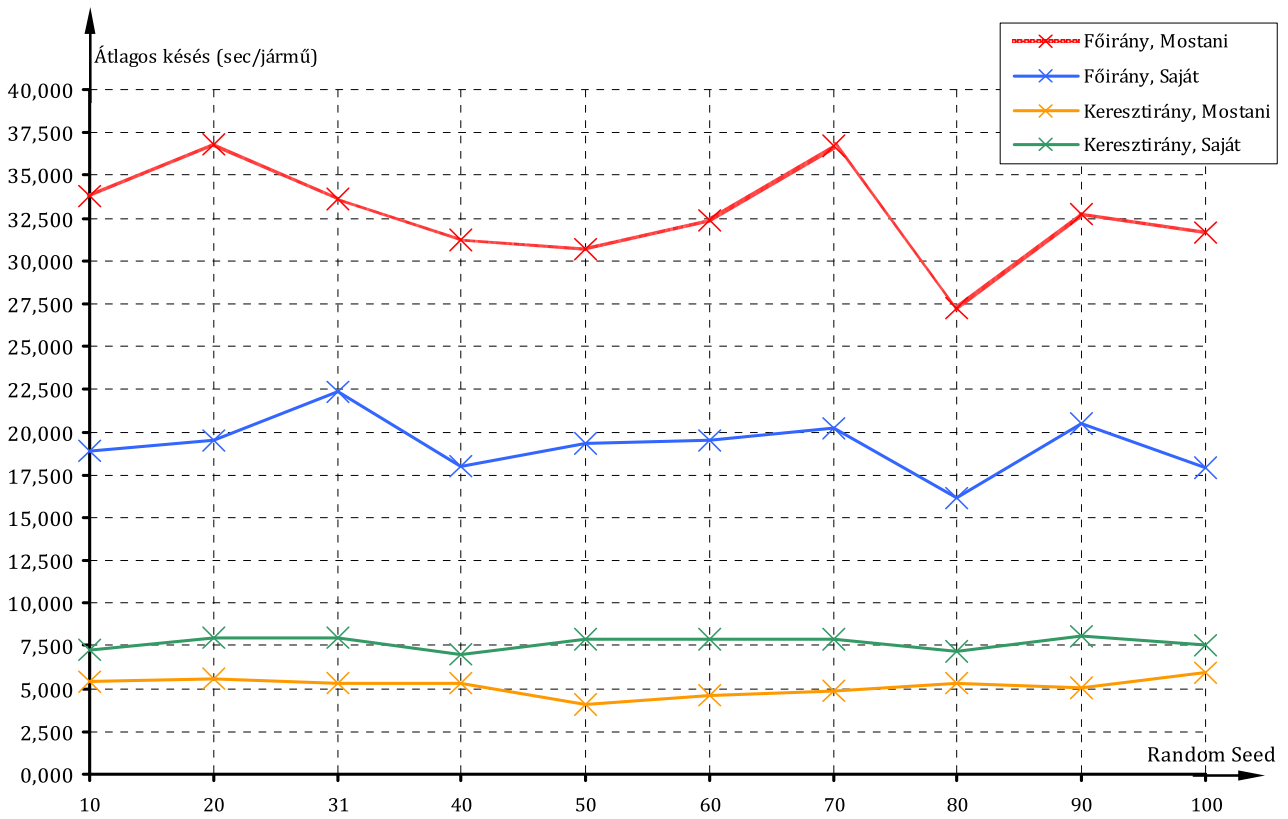
A  $\sigma$  mérőszám átlaga és mediánja:

$$\bar{\sigma} = \frac{1,480 + 1,436 + 0,992 + 1,441 + 0,826 + 0,996 + 1,217 + 1,338 + 0,992 + 1,582}{10} = 1,230$$

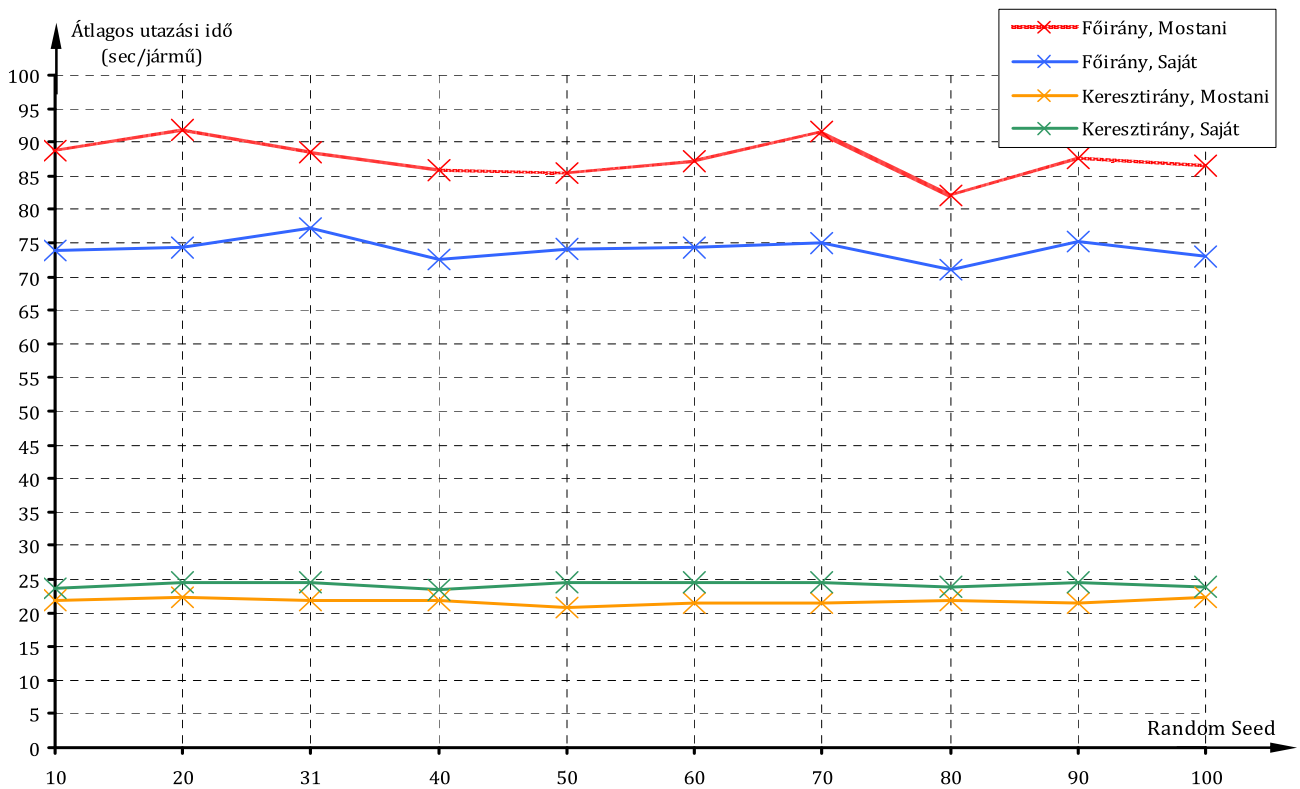
$$\hat{\sigma} = \frac{1,217 + 1,338}{2} = 1,278$$

Mivel mindkét  $\sigma$  mutató 1 fölött van ezért, azt mondhatjuk, a Saját program főirányú nyeresége magasabb a keresztirányú veszteségnél, a Mostani programhoz képest. Azaz ebből a szempontból is a Saját program jobb, mint a Mostani.

A következő oldalon diagramban hasonlítom össze a kapott eredményeket, úgy mint átlagos késés (19. ábra) és átlagos utazási idő (20. ábra). Az egyes mérési pontok diszkrét értékeket vesznek föl, így összekötésük nem értelmezhető, ám a szemléltetés, és a láthatóság miatt ezt, mégis célszerűnek tartottam.



19. ábra – Fő- és keresztirány átlagos késése



20. ábra – Fő- és keresztirány átlagos utazási ideje

#### **4.11. Az új, vasúti programbeli összehangolás**

A vasúti programbeli összehangolás úgy lett megtervezve, hogy a lehetőségekhez mérten a lehető legtöbb jármű tudjon mind Budapest felé, mind Gödöllő centrum felé áthaladni a rendszeren.

Ez az összehangolás azt a járműforgalmat hivatott levezetni, amely közel egy sebességgel a HÉV-vel, vagy kevéssel a HÉV előtt megy. A kombinált kereszteződések nagybiztonsági biztosítóberendezései, minimum 30 másodperccel a vasúti jármű érkezése előtt már vasúti programra kapcsolják a közúti forgalomirányító berendezést. Ezáltal a korábban említett paraméterek alapján kialakított új vasúti programok a 22. ábra szerinti módon fogják levezetni a főirányú forgalmat.

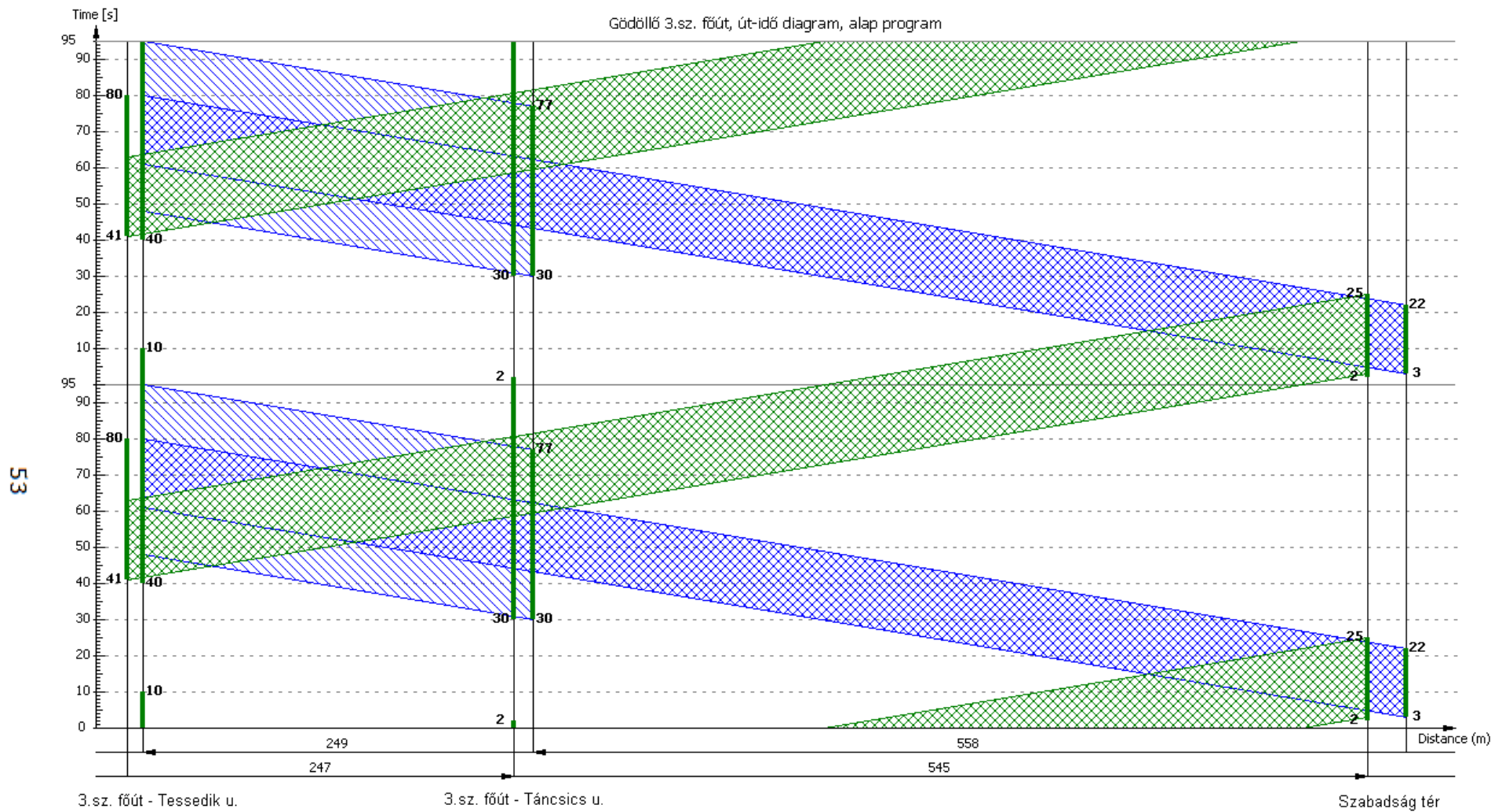
Budapest felé, Szabadság tértől indulva 47 másodpercnyi járműfolyam képes áthaladni mind három csomóponton. Gödöllő felé ez az érték 36 másodperc.

Most irányonként a szűk keresztmetszetekhez viszonyítva nézem meg ezt az értéket, magyarán a legkisebb zöldidejű csomópont összes zöldidejéhez viszonyítok:

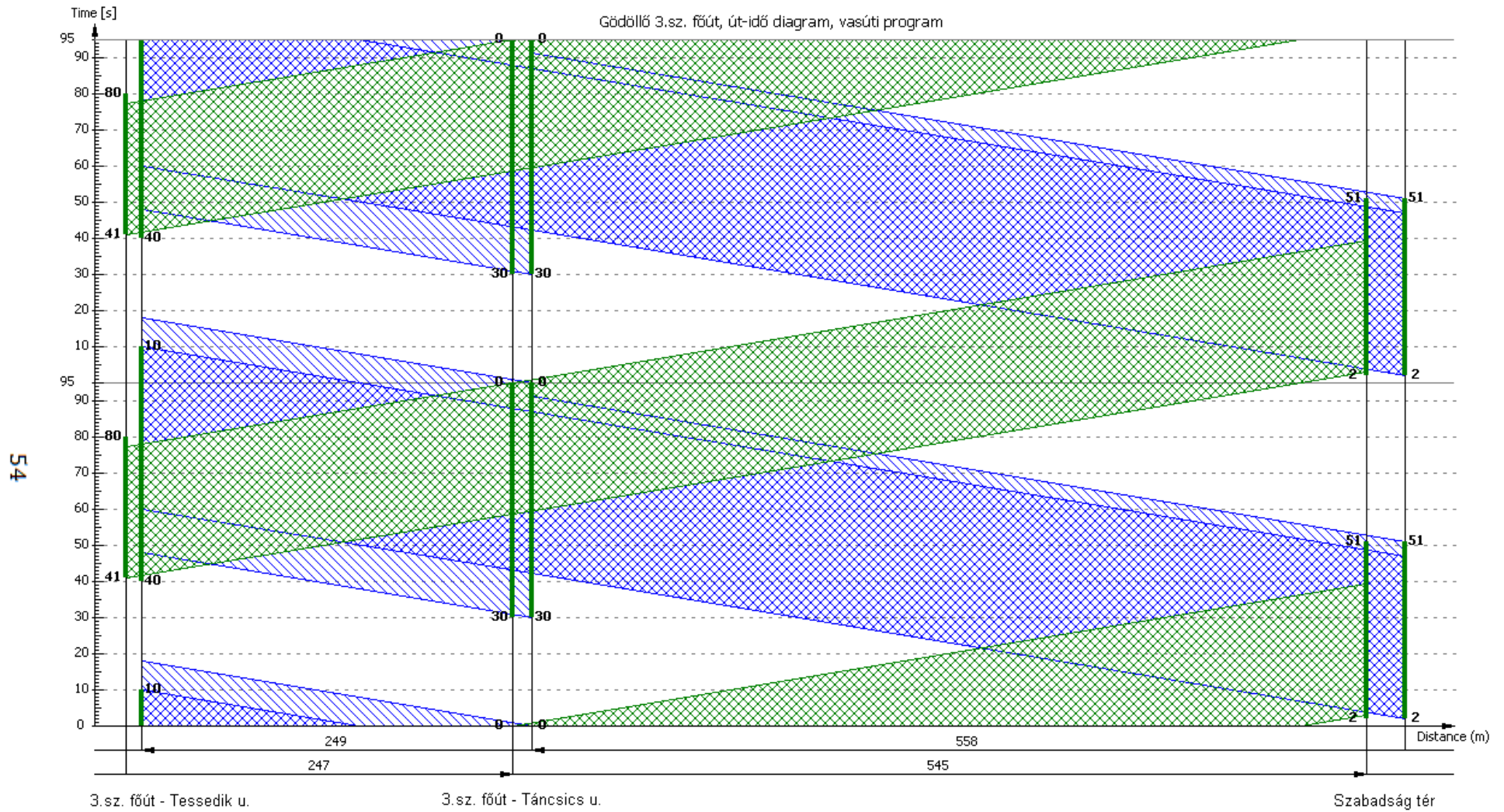
- Budapest felé:  $\tau_{Bp} = \frac{t_{zöld-folyam}}{\sum t_{zöld}} = \frac{47}{49} = 95,92\%$
- Gödöllő felé:  $\tau_G = \frac{t_{zöld-folyam}}{\sum t_{zöld}} = \frac{36}{39} = 92,31\%$

Ezen értékek megfelelőnek mondhatók, a zöldidők 90% fölött ki vannak használva a zöldhullám egészét tekintve(22. ábra).

Az előnyításokat tekintve (Táncsics utcai csomópont), azt állapíthatjuk meg, hogy szinte nem történt változás, budapesti irányban 1 másodperccel lett rövidebb, a gödöllői irány maradt úgy, mint, ahogy jelenleg is érvényben van.



21. ábra - Gödöllő 3.sz. főút, út-idő diagram, alap program, P = 95 sec



22. ábra – Gödöllő 3.sz. főút, út-idő diagram, vasúti program, P = 95 sec



#### **4.12. Egy jövőbeli lehetőség, továbbfejlesztés**

Gödöllő közlekedési koncepciójának részeként [13], megvalósításra kerül egy új autóbusz pályaudvar [14]. Ezen pályaudvar, mostani rendszerhez való illesztését vizsgáltam meg forgalomtechnikai szempontból, ebben a fejezetben, értékeltem.

A tervező cégekkel való konzultációm során, azt az információt kaptam, hogy az egyik legfrekvenciáltabb gödöllői, szintbeli gyalogátkelőhely lámpás csomópont lesz (2. ábra). Jelenleg itt jogszabály által irányított közlekedés zajlik, mely a reggeli csúcsforgalomban, rendkívül nagy torlódást idéz elő.

Ezen forgalomtechnikai változtatás eredményeit nem tartalmazza a fentebb részletezett elemzés. A szimulációs futtatások még a jogszabállyal irányított gyalogátkelőhelyet tartalmazzák.

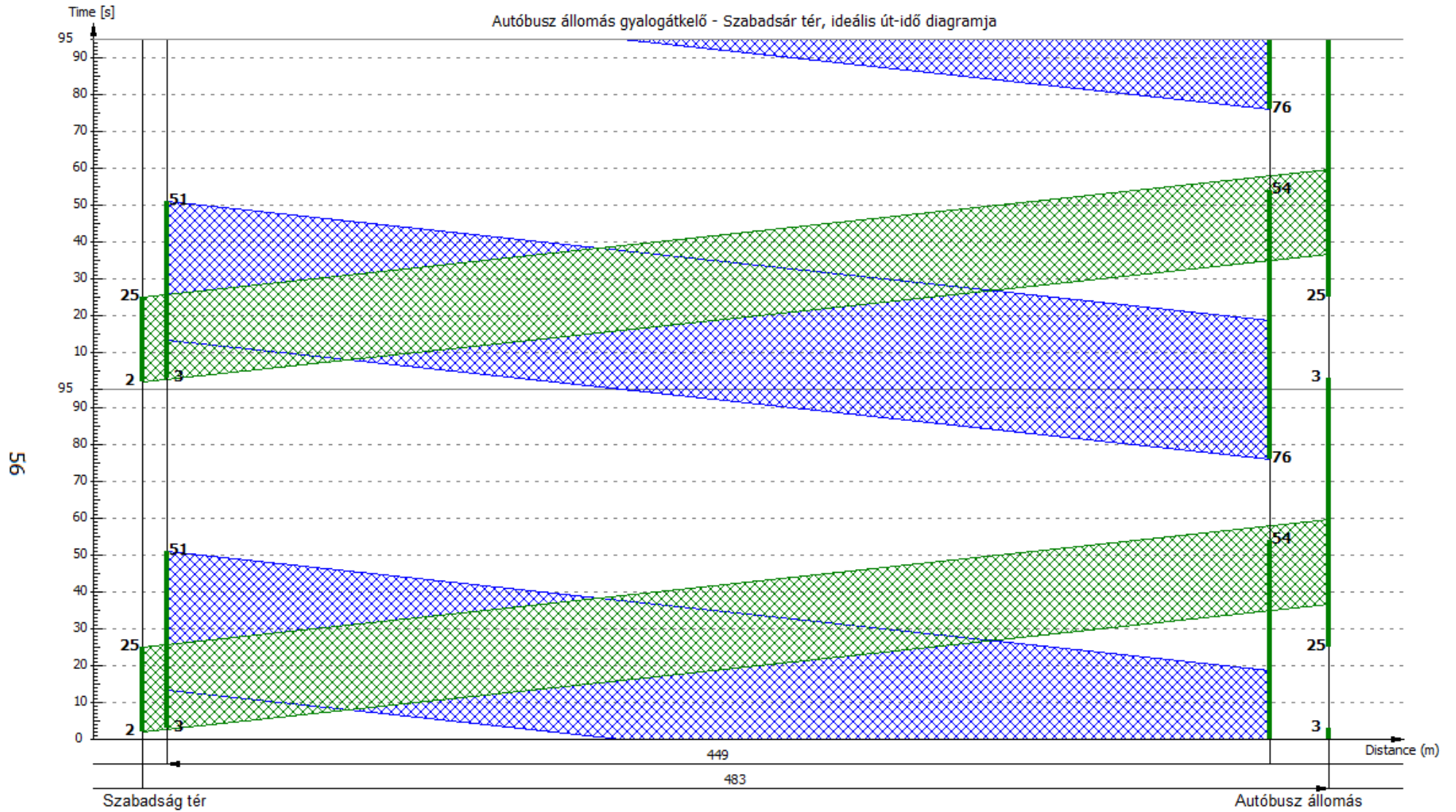
Úgy gondoltam, a leendő lámpás csomópontot hangolni fogom a Szabadság térihez, ezáltal csökkentve a csúcs időbeni torlódásokat. A tervezés nem túl bonyolult, a már ismertetett hangolástartó vezérlés miatt 95 másodperc periódusidejű programot választottam. A program két fázist tartalmaz, az egyikben a gyalogosoknak van zöld, a másikban a 3.sz. főút forgalmának.

A 21. ábra tartalmazza a főút összehangolására vonatkozó előnyítási értéket, a 40. ábra pedig az elméleti távolságot Szabadság tér és a Táncsics utcai kereszteződés között. A hangolási sebesség 50 km/h, előnyítási idővel együtt számolva 74 km/h.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{555m}{27s} = 20,555 \frac{m}{s} = 74 \frac{km}{h}$$

Ezzel a sebességgel határoztam meg az előnyítás időpontját, az új gyalogátkelőhely hangolt rendszerbe illesztésével. Készítettem egy ideális hangolási ábrát (23. ábra), melyen a kiszámolt előnyítási értékek szerepelnek. Az ideális ábra azért hasznos, mert láthatjuk, hogy az adott távolsági adatok és jelzéstervi korlátok miatt ez megoldhatatlan, ezért itt optimumra kell törekednünk.

Szabadság tér irányában, a jobbra kanyarodó D4 irány (35. ábra, 73. oldal) zöldideje van feltüntetve az idő tengelyen, meg kell jegyeznem azonban, hogy a főút zöldideje a 21. ábra szerint, 3 és 22 másodperc közé esik.



23. ábra - Autóbusz állomás gyalogátkelő - Szabadsár tér, ideális út-idő diagramja, P = 95 sec

Az ideális ábrából egyértelműen kitűnik, hogy az autóbusz állomásnál lévő gyalogátkelőhely zöldidejei el vannak tolva, holott egy fázisba kell tartozniuk. Ezáltal látható, hogy nem lehet olyan két fázisú összehangolást készíteni, melyben mindkét irány előnyitái be vannak tartva, és zöldidejei maximálisan ki vannak használva.

Autóbusz állomás gyalogátkelőhely, gyalogos zöldidejét 10 másodpercre vettem. Ez egy közel 10 méter hosszúságú átkelőhely számára megfelelő, ne felejtjük, hogy a gyalogosforgalom a 3.sz. főutat keresztezi.

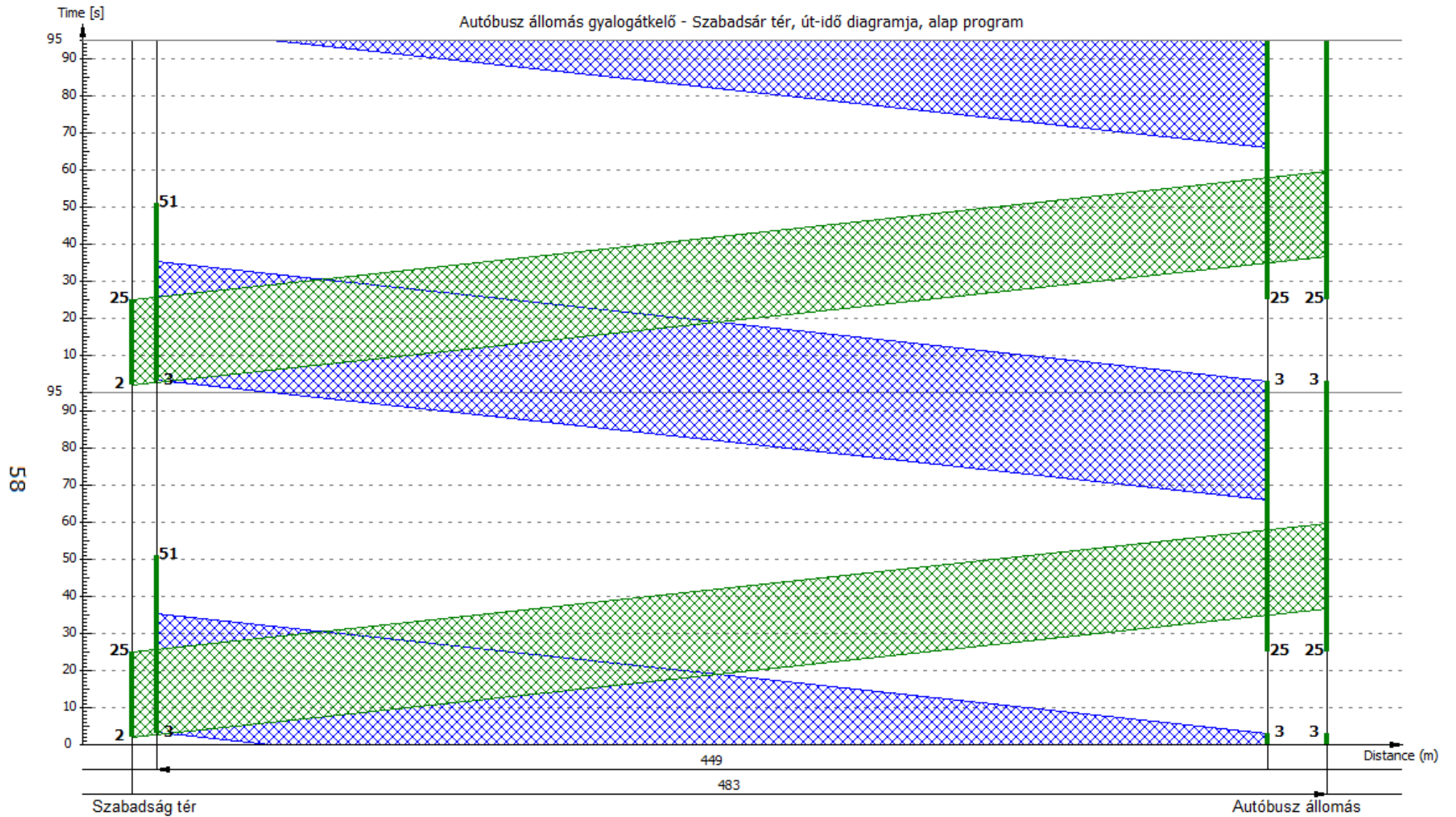
A közbenső idők meghatározásánál, egy körülbelül ugyanilyen hosszúságú gyalogátkelőhely közbenső idejét vettem alapul. A Tessedik utcai csomópont 3. programja tartalmaz egy ilyen váltást (29. ábra, 67. oldal). Az 5. jelzőcsoport kihaladása után, a 4. jelzőcsoport behaladását vizsgáltam meg. Közbenső idő 7 másodperc. A gyalogosok behaladásánál pedig ugyanezen csomópont, 2. programjának, ugyanezen jelzőcsoportjait vizsgáltam meg (28. ábra, 66. oldal). A közbenső idő itt 5 másodperc.

Ebből következően számolható a főirány teljes zöldideje:  $95 - (5 + 10 + 7) = 73$  másodperc. Ez a zöldidő szerepel az ideális ábrán: 23. ábra.

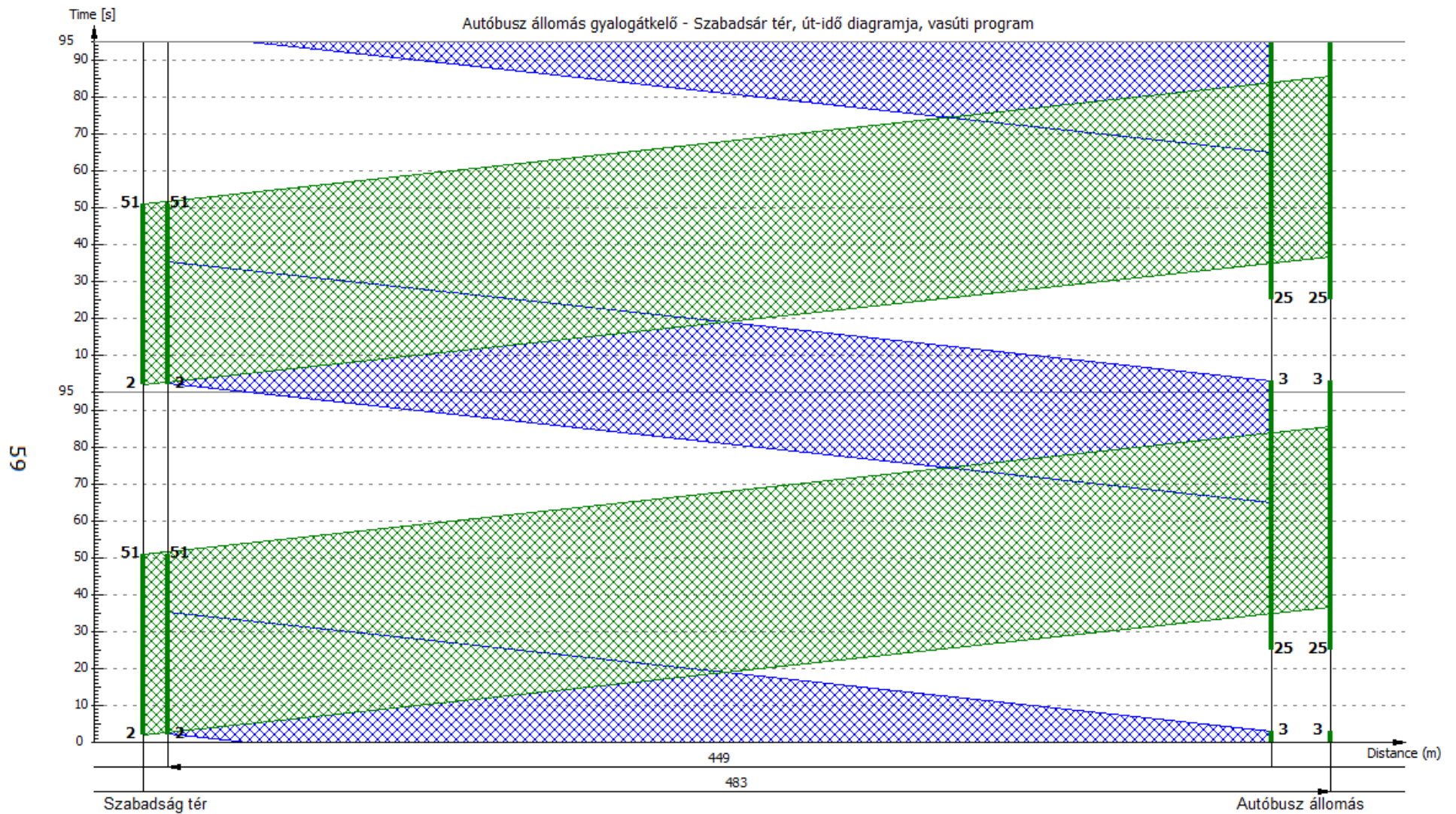
Ezek után nézzük a tényleges megvalósítást, az optimumot. A gyalogátkelőhely lámpás vezérlését nyomógombbal bejelentkezőre terveztem meg. Ez egy olyan vezérlés, ha van igénybejelentés bármelyik oldalon (nem kell mindkét oldalon), akkor kivezérli a gyalogos zöldidőt a 26. ábra által megadott időpontban. Ha nincs bejelentkezés, a főirány zöldideje 95 másodperc. Tehát a nyomógomb megnyomásával a gyalogos nem kap előbb zöldet, a program az összehangolás miatt fix periódusidejű.

Hogy melyik hangolás lesz az optimum, magyarul a gyalogátkelőhely főirányú zöldideje 76.-tól 54. másodpercig, vagy 25.-től 3. másodpercig fog tartani, azt az összes átbocsátható járműfolyam ideje szabja meg. Grafikusan leteszteltem mindkét esetet, és a két vizsgált eset mindegyike másodpercpontosan ugyanolyan eredményt hozott. Ezért Szabadság térre megrajzoltam a vasúti programot is (7. ábra, 16. oldal), ezáltal eldől, hogy a 25.-től a 3. másodpercig tartó zöldidőnek nagyobb a járműáteresztő képessége.

Most az alap és vasúti program két út-idő diagramját ismertetem (24. ábra, 25. ábra), továbbá, az általam tervezett jelzéstervet (26. ábra).



24. ábra - Autóbusz állomás gyalogátkelő - Szabadság tér, út-idő diagramja, alap program, P = 95 sec



25. ábra - Autóbusz állomás gyalogátkelő - Szabadság tér, út-idő diagramja, vasúti program, P = 95 sec



**26. ábra - Autóbusz állomás lámpás csomópontjának tervezett jelzésterve**

Ez a jelzéstervi optimum az Aszód irányába tartó forgalmat szolgálja ki maximálisan. A Budapest felé vezető irány a 24. ábra alapján látható, hogy hamarabb ér Szabadság tér kereszteződéshez, mint ahogy zöldet kapna. Ez nem előnyös abból a szempontból, hogy ez a járműfolyam torlódni fog, míg zöld jelzést nem kap. Ellenben a fent említett okok miatt ezt a programot nem lehetett máshogy megalkotni, azt mondhatjuk, hogy az optimum keresés sikeres volt.

#### **4.13. A hangolástartó vezérlés alkalmazhatósága és hatása**

A hangolástartó vezérlés eredményeit láthattuk. Azt is kiemeltem, hogy a legtöbb esetben, egyéni, csomópont specifikus jelzéstervre és tervezésre van szükség. A korlátokat figyelembe véve azt mondhatjuk, hogy alkalmazása nem minden esetben vezet a kívánt eredményre. Ideálisnak mondhatók viszont a Táncsics utcai csomóponttal rokon elrendezésű, 3 fázisú „T” alakú HÉV átjárók. Ezek legtöbbször magas főirányú zöldidővel rendelkeznek, mely a vezérlés egyik alappillére.

Továbbfejlesztési lehetőségként nem a gödöllői kereszteződésekről beszélnek, hanem a HÉV további szakaszáról, ahol a lámpák száma jócskán meghaladja a 3-at.

Iskolapéldája lenne az általam vázolt hangolástartó vezérlésnek a gödöllői HÉV budapesti szakasza, Rákosfalva megállóhelytől egészen Mátyásföld Repülőtér megállóhelyig. Itt ugyanis úgy mond „piroshullámban” is lehet közlekedni olykor.

Ha valakit megkérdezzük, miért nem ezt az útvonalat választja Örs vezér terétől Cinkotáig, azt feleli, azért, mert ott „sok a lámpa”. Pedig útvonalban a legrövidebb.

Igaza van. A sok lámpa rendkívül megnöveli az utazási időt és a késést, hangolás nélkül. Ezért mellékutakat választanak az autósok, és úgy térnek vissza a főútra (3-as számú főút). Ez egy ördögi kör. A főút forgalma csökken, mert az utazási idő magas rajta, de a forgalomcsökkenés nem eredményez utazási idő javulást, ezáltal a mellékutak telítődnek és az egyes kombinált csomópontok keresztirányú forgalma növekszik. Tulajdonképpen a mellékirány és főirány egymás ellen dolgozik.

Erre a problémára a megoldás a hangolástartó vezérlés. Ha az autósok úgy vélik a főúton jól lehet haladni annak ellenére, hogy „sok a lámpa” akkor a mellékutak forgalma csökken, kombinált csomópontokban a keresztirány forgalma csökken, csak azok keresztezik a HÉV vonalat, akiknek mindenképp szükséges.

A főirány prioritása ezen vezérlés miatt magasabb, mint alapjába véve, de a forgalomlebonyolódás átrendező hatása miatt, indokolt és kedvező ez a hatás.

A hangolástartó vezérlés újszerű megközelítésébe az is beletartozik, hogy a vasúti programok az alap programok másai legyenek. Ez a már említett vasúti programbeli összehangolás alappillére. Ugyanis a példaként említett 3-as főút budapesti szakaszán, a HÉV-ek csúcsidőben nem egyszer gyorsabbak, mint a közúti járművek ugyanezen az útvonalon. Ha azonban megvalósítanák ezt a vezérlést, úgy minimum olyan gyors lehetne a járműfolyam, mint ahogy megy a HÉV. Ez jelentős előrelépés volna, és további budapesti szakaszokra nyitna távlatot.

## **5. Összefoglalás**

Munkámban számos kérdőjel van még, meglehet ezekre a választ nem lehet a valós alkalmazáson kívül megtalálni, de egy biztos, az eredmények további vizsgálódásra adnak okot.

Sok összehangolt, HÉV vonal menti vezérlés működik olyan módon mint a gödöllői. Az ilyen rendszereknél a zöldhullám biztosítása többnyire csak papíron létezik. Az említett okok miatti elhangolások a rendszer átbocsátóképességét nagyban lerontják, csúcsidőben ezáltal, drasztikusan megnövelik az utazási idő és a késést.

Ami az egyik legfontosabb megállapítás, hogy a hangolástartó vezérlés elsősorban nem az átbocsátott járműszámot növeli. Noha az előbb említett forgalomlebonylódás átrendező hatás miatt a későbbiekben ez bekövetkezhet, mégis a legnagyobb hangsúlyt a késés, és az utazási idő csökkenése kapja.

Ha csupán járműszám adatokból indulnánk ki, azt mondhatnánk, két ugyanolyan forgalom, különböző lámpavezérlések esetén (Mostani és Saját program) szinte ugyanúgy viselkedik.

Ez azért igaz, mert a szimuláció bemenő jármű adatai rendkívül egzaktak voltak. Nagyon kevés volt benne a sztochasztikusság, azt leszámítva is, hogy 10 különböző Random Seed értékkel történt a futtatás. A bemenő járműszámok maximalizálásával viszont egy más képet kapnánk a két programot összehasonlítva. Ezen megállapítás ahhoz vezet, hogy az új lámpavezérlés és a mostani között árnyalatnyi a különbség, ha nem csúcsidőben használják, alacsony járműszámmal. A valódi összehangolásnak is csak úgy van értelme, ha a zöldidőből adódó kapacitás maximálisan ki van használva. Mert ekkor a főirány nyeresége mindig magasabb lesz, mint a keresztirány vesztesége.

Így tehát azt mondhatom, hogy a hangolástartó vezérlés előnyeit elsősorban csúcsidőben, nagy járműforgalom mellett lehet hasznosítani.

Remélhetőleg lassan elindul a szakmai körökben egy olyan felfogás, mely ezen eredmények láttán felismeri, ha nem is az általam vázolt, de egy, a hangolástartó vezérléshez hasonlóan kialakított, kombinált csomópont valódi összehangolásának előnyeit.



## *Köszönet*

Nagyon sok segítséget kaptam különböző emberektől, hogy ez a diplomaterv elkészüljön, most nekik szeretnék köszönetet mondani:

Balogh Ferenc – ABK Építésiroda Kft.

Borsodi Pál – BKV Zrt.

Forrási Éva – Gödöllői Körzeti Földhivatal

Kiss Géza – Swarco Signelit Zrt.

Könczey Gábor – Pro Urbe Kft.

Losonci Gábor – Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Makay János – Vilati Signalbau Huber Forgalomtechnika Kft.

Rudnyánszky József – Uvaterv Zrt.

Schvanner Norbert – Pro Urbe Kft.

Tallós László – Budapesti Forgalmirányító Központ

Tettamanti Tamás – Közlekedésautomatikai Tanszék

Varga István – Közlekedésautomatikai Tanszék

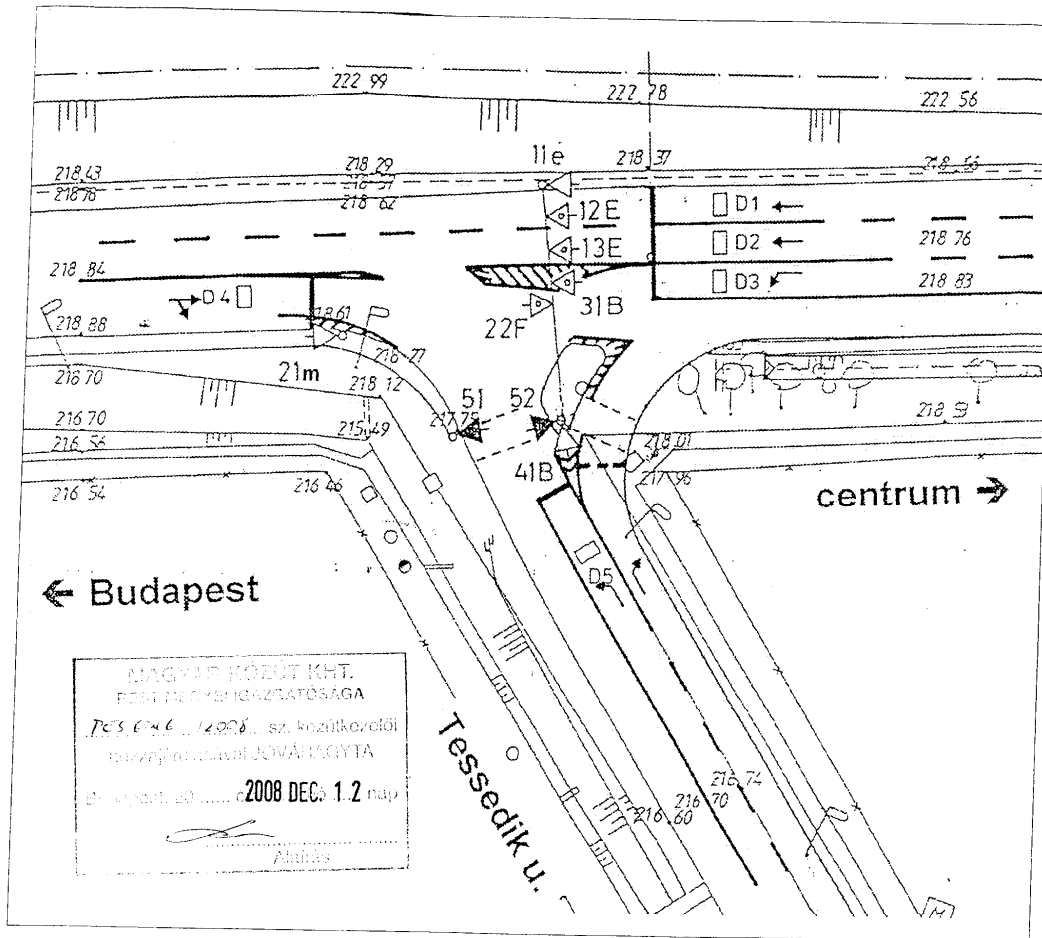
Wiszt Csaba – Magyar Plastiroute Kft.

## 6. Irodalomjegyzék

- [1] <http://www.youtube.com/watch?v=Fx3BoQrgF4A>
- [2] Közúti Közlekedés Automatika elektronikus jegyzet.  
[http://www.kka.bme.hu/images/stories/targyak/kozutaut1/kzuti\\_automatika\\_ver2.pdf](http://www.kka.bme.hu/images/stories/targyak/kozutaut1/kzuti_automatika_ver2.pdf)
- [3] <http://internet.kozut.hu/splash.html>
- [4] <http://www.signalbau-huber.hu/pageVilatiHungarian/indexHungarian.htm>
- [5] Vissim 5.20 User Manual. VISSIM 5.20 © PTV AG 2009 [www.ptvamerica.com](http://www.ptvamerica.com)
- [6] VisVap 2.16 User Manual. VisVAP 2.16 © PTV AG 2006 [www.ptvamerica.com](http://www.ptvamerica.com)
- [7] Wolfgang Käppel: Neue S-Bahn-Züge für die Budapester Verkehrsbetriebe (BKV). Deutsche Eisenbahntechnik, 1969/10.
- [8] [http://www.bkv.hu/hev/og\\_munkanap.pdf](http://www.bkv.hu/hev/og_munkanap.pdf) és  
[http://www.bkv.hu/hev/ogvissza\\_munkanap\\_dec14.pdf](http://www.bkv.hu/hev/ogvissza_munkanap_dec14.pdf)
- [9] <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=43dd5110ca5395a346a9cb756adb04a6>
- [10] [http://www.godollo.hu/onkormanyzati\\_hirek/?newsfw2\\_id=39654](http://www.godollo.hu/onkormanyzati_hirek/?newsfw2_id=39654)
- [11] <http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101171/0212volanbusz.pdf> és  
[http://www.godollo.hu/text/doc/2010\\_menetrendi\\_fuzet.pdf](http://www.godollo.hu/text/doc/2010_menetrendi_fuzet.pdf)
- [12] Közlekedésstatisztika elektronikus jegyzet.  
[http://www.kgazd.bme.hu/kgazd\\_public/nagy/STATISZTIKA\\_I\\_2009.pdf](http://www.kgazd.bme.hu/kgazd_public/nagy/STATISZTIKA_I_2009.pdf)
- [13] [http://www.godollo.hu/onkormanyzati\\_hirek/?newsfw2\\_id=34264](http://www.godollo.hu/onkormanyzati_hirek/?newsfw2_id=34264)  
bővebben: [http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi\\_koncepcio1.pdf](http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi_koncepcio1.pdf)  
[http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi\\_koncepcio2.pdf](http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi_koncepcio2.pdf)  
[http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi\\_koncepcio3.pdf](http://www.godollo.hu/text/doc/text21012910101061/kozlekedesi_koncepcio3.pdf)
- [14] <http://www.ker-est.com/node/92>

## 7. Mellékletek

3



### JELMAGYARÁZAT

12M háromfénypontos jelző Ø300 mm

11m háromfénypontos jelző Ø200 mm

41 kétfénypontos jelző

1 1 m **Jelzőlámpák azonosító kódjai**  
  
 jelzőlámpa maszk betűjele  
 jelzőcsoporton belüli sorszám  
 jelzőcsoport sorszáma

Tervező: Wiszt Csaba	Felölős tervező, ellenőr: Makay János	Dátum: 2008. november
Tárgy: GÖDÖLLŐ 3 sz. főút - Tessedik S. u. csomópont		VILATI - SBH
Részművelet: Jelzőlámpa számozási terv		Témaszám: 8052.410/13.3
		Rajzszám: K-1
		Méretarány: 1:500

27. ábra - Tessedik utcai csomópont jelzőlámpa számozási terve

Jelzőcsoport		Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)												
Számleleve	Irány			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
A	1	J1	⇐	D5-10	40									65	2463
B	2	J2	→	D5-15	41				80					39	738
C	3	J3	↖	D5-9						87				17	322
D	4	J4	↗	D5-16	34									18	341
E	5	Gy	⋯	D5-16	39				80					41	

MAGYAR KÖZTARSASAG  
 TISZT MEGJELŐLÉS  
 13.296.2008  
 Budapest, 2008. november 12.

Megjegyzés:

Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>	Ellenőr: Makay János <i>M</i>	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> 30.sz.főút - Tessedik u.		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Fázisterv</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog. száma: 2	Prog. neve:	P = 95 sec Be: Ki: Prog.váltás: 1
		Rajzsám: K-1

28. ábra - Tessedik utcai csomópont 2. programja

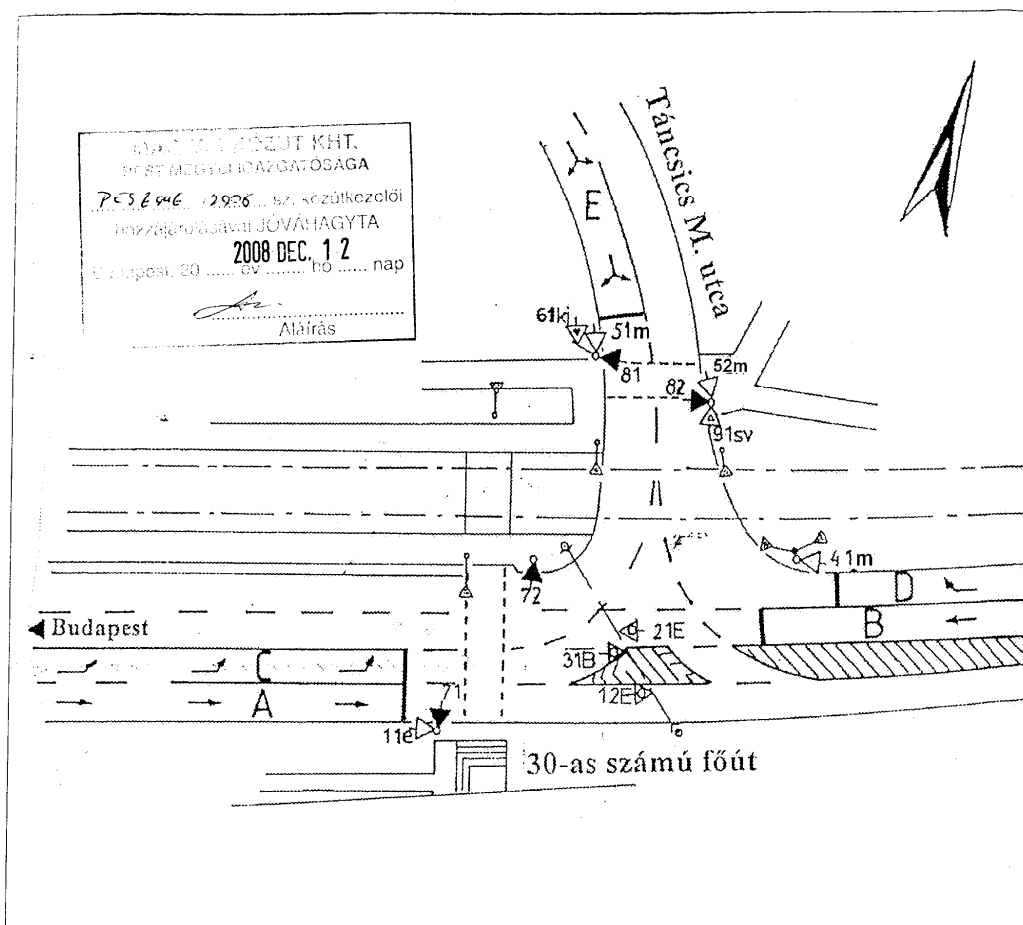
Jelzőcsoport													Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)	
Szám	Neve	Írány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
1	J1	⇐				D5-38		60						50	2500
2	J2	→	13			D5-38		52						25	625
3	J3	↖	8					59						21	525
4	J4	↙				D5-43		54						11	275
5	Gy	⇐⇐⇐	15			36								21	

MÁSTER KÖZÜLT  
 2008. október 12.  
 Tervező: WISZT Csaba  
 Ellenőr: MAKAY János  
 Dátum: 2008. november

Megjegyzés:

Tervező: Wiszt Csaba	Ellenőr: Makay János	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> <b>30.sz.főút - Tessedik u.</b>		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Fázisterv</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog.szám: 3	Prog.neve: P = 72 sec	Be: Ki: Prog.váltás: 1
Rajzszám: K-1		

29. ábra - Tessedik utcai csomópont 3. programja



### JELMAGYARÁZAT

12M háromfénypontos jelző Ø300 mm

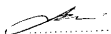
11m háromfénypontos jelző Ø200 mm

41 kétfénypontos jelző

1 1 m **Jelzőlámpák azonosító kódjai**  
 jelzőlámpa maszk betűjele  
 jelzőcsoporton belüli sorszám  
 jelzőcsoport sorszáma

Tervező: Wiszt Csaba	Felelős tervező, ellenőr: Makay János	Dátum: 2008. november
Tárgy: GÖDÖLLŐ 3 sz. főút - Tánácsics M. u. csomópont		VILATI - SBH
Részművelet: Jelzőlámpa számozási terv		Témaszám: 8052.410/13.3
		Rajzsám: K-1
		Méretarány: 1:500



30. ábra - Tánácsics utcai csomópont jelzőlámpa számozási terve

MÁV ÉS KÖZÚT KHT.  
 PESTI RÉGIÓGAZDÁRSÁGA  
 PÉ 5 6046/2008. sz. közútkérdési  
 beadványtérlevél JÓVÁHAGYTA  
 Budapest, 20 ..... 2008. DECEMBER 2... nap  
  
 Aláírás

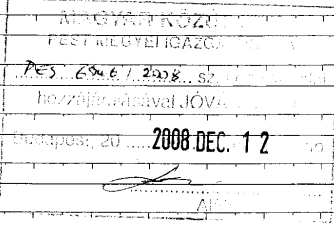
## Behaladó

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K i h a l a d ó	1 A	J1	■			5		5		
	2 B	J2		■	6		5	5	7	
	3 C	J3		6	■	7	6		5	10
	4 D	J4			5	■				
	5 E	J5	7	8	6		■			5
	6 F	J6		6				■		6
	7 G	Gy1	10	9	10				■	
	8 H	Gy2			5		7	7		■
	9	sv								

Megjegyzés:

Tervező: Wiszt Csaba 	Ellenőr: Makay János 	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> 30.sz.főút-Táncsics u.		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Közbensőidő mátrix</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
		Rajzsám: K-1

31. ábra - Táncsics utcai csomópont közbensőidő mátrixa

Jelzőcsoport												Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)		
Szám	Állás	Irány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
1	J1	→	2		30									67	1269
2	J2	←			30					77				47	890
3	J3	↙	1										83	13	246
4	J4	↘	8							78				70	1326
5	J5	↖	7		22									15	284
6	J6	↗	7										83	19	360
7	Gy1	⋮	7		19									12	
8	Gy2	↔			28					76				48	
9	sv	↘			26								88	62	
															

Megjegyzés:	2-ből	4	12	20	29	38	47	56	65	74	80	87	95
	4-be	11		11	21	21	21	21	59	59	70	11	11
			Λ0										

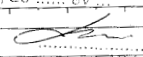
Tervező: Wiszt Csaba <i>CS</i>	Ellenőr: Makay János <i>M</i>	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> <b>30.sz.főút-Táncsics u.</b>		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Fázisterv</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog.szám: 2	Prog.neve: P = 95 sec	Be: Ki: Prog.váltás: 60
		Rajzszám: K-1

32. ábra - Táncsics utcai csomópont 2. programja



Jelzőcsoport													Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)	
Szám	Nevé	Írány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
1	J1	→		21					68					47	1175
2	J2	←		21					68					47	1175
3	J3	↘	12											0	0
4	J4	↖	12	22					60					0	0
5	J5	↗	12											0	0
6	J6	↙	12											0	0
7	Gy1	↑	3	11										8	
8	Gy2	↓		22										72	
9	sv	↔		22	32				71					0	

NAGYKÖRŰT KHT. PEST MEGYEI IGAZGATÓSÁG PÉCS 2016 Hozzájárulás: KÖZUTK 2008 DEC. 12 Budapest, 20 ..... év ..... hó ..... nap  Alíráás	
--	--

Megjegyzés:	
kijelentkezés után azonnal lép 5.pr. 0 sec-ba	

Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>	Ellenőr: Makay János <i>M</i>	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> 30.sz.főút-Táncsics u.		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Fázisterv</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog. száma: 4	Prog. neve: HEV Program	P = 72 sec
Be:	Ki:	Prog. váltás:
Rajzszám: K-1		

33. ábra – Táncsics utcai csomópont 4. programja (vasúti program)

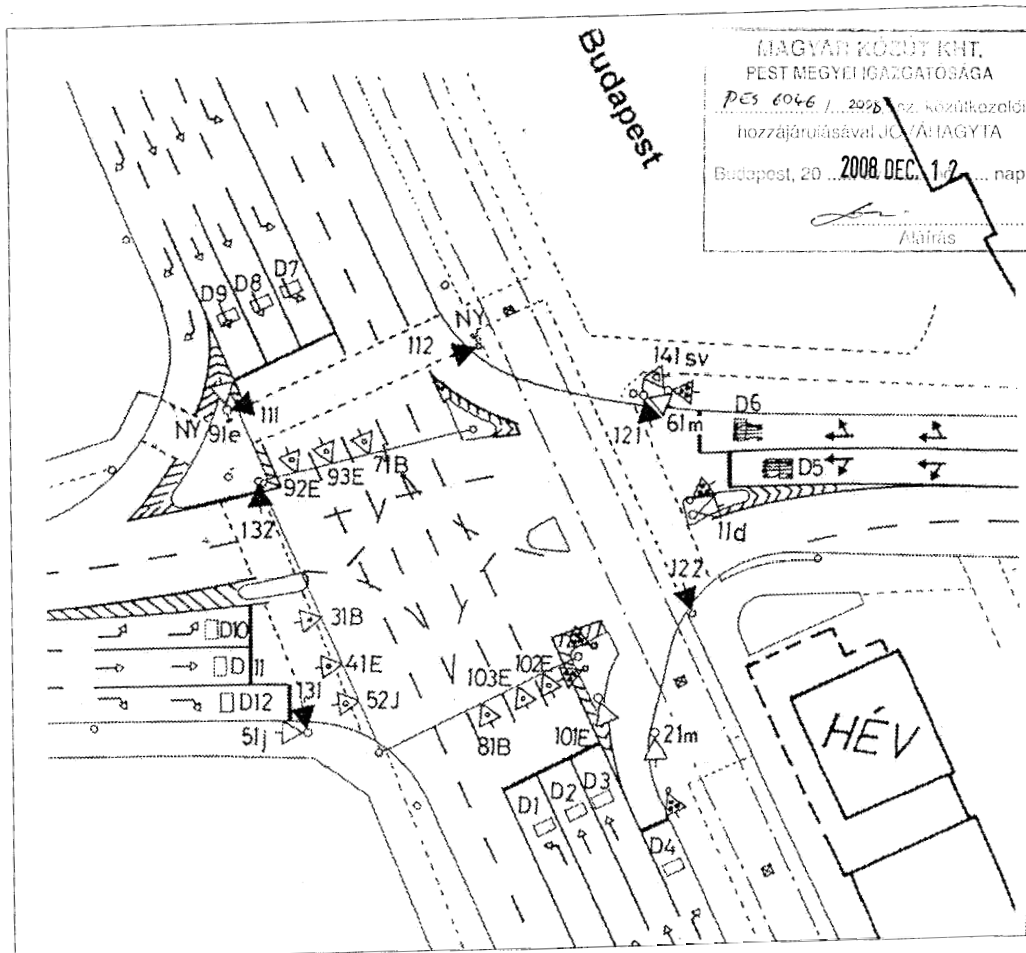
Jelzőcsoport														Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)
Szám	Néve	Írány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
1	J1	→	7			41								41	984
2	J2	←	5						70					10	240
3	J3	↗			40				63					23	552
4	J4	↘	3		35				70					40	960
5	J5	↖	12		34									22	528
6	J6	↙			34				64					30	720
7	Gy1	⋮	12	24										12	
8	Gy2	↔	5										73	7	
9	sv	↖		17					70					22	

NAGYKÖZSÉGI  
FÉLÉRTÉKELÉSI  
RÉS 60.6. 2008.  
Működési utasítás JÓVY.  
2008 DEC. 12

Megjegyzés:	5-ből	4	9	17	25	33	37	44	52	59	65	71
	viSSza 4-be	16	18	10	11	11	11	11	11	11	16	10

Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>	Ellenőr: Makay János <i>M</i>	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő</b> 30.sz.főút-Táncsics u.		<b>VILATI-SBH</b>
Fázisterv		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog. száma: 5	Prog. neve: HEV utáni pr.	P = 75 sec Be: Ki: <i>75</i>
Prog.váltás: 1.pr. 70s 2.pr. 50s 3.pr. 50s		Rajzszám: K-1

34. ábra - Táncsics utcai csomópont 5. programja (feloldó program)



### JELMAGYARÁZAT

- 12M háromfényponos jelző Ø300 mm  
 11m háromfényponos jelző Ø200 mm  
 41 kétfényponos jelző

- 1 1 m **Jelzőlámpák azonosító kódjai**  
 jelzőlámpa maszk betűjele  
 jelzőcsoporton belüli sorszám  
 jelzőcsoport sorszáma

Tervező: Wiszt Csaba	Felelős tervező, ellenőr: Makay János	Dátum: 2008. november
Tárgy: GÖDÖLLŐ 3 sz. főút - Szabadság tér csomópont		VILATI - SBH
Részművelet: Jelzőlámpa számozási terv		Témaszám: 8052.410/13.3
		Rajzszám: K-1
		Méretarány: 1:500

35. ábra - Szabadság tér csomópont jelzőlámpa számozási terve

MAGYAR KÖZTIT KFT.  
 PEST MEGYEI IGAZGATÓSÁGA  
 PÉCS. 6046. / 2008. sz. közirkoztető  
 hozzájárulásával JÖVŐHAGYTA  
 Budapest, 20..... év 2008 DEC. 12  
 Aláírás

17

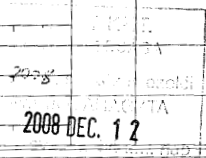
**Behaladó**

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	1	J1	■		7	7	8		5	8	7	7		5	8	
B	2	J2		■		5			5							
C	3	J3	5		■			5	7	4	5	5	8		5	
D	4	J4	5	6		■			5	5	4	6		8	5	
E	5	J5	3				■				4				5	
F	6	J6			5			■	7	5	8	5		5	8	
G	7	J7	6	7	4	6		5	■			6	5	10		
H	8	J8	5		7	5		5		■	7				8	
I	9	J9	5		5	6	7	4		8	■		5			
J	10	J10	4		6	4		6	8			■	8			
K	11	Gy1			12				15		15	12	■			
L	12	Gy2	14			11		14	11					■		
M	13	Gy3	12		15	15	15	12		13					■	
N	14	sv														■

Megjegyzés:

Tervező: Wiszt Csaba	Ellenőr: Makay János	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő Szabadság tér</b>		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Közbensőidő mátrix</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
		Rajzszám: K-1

36. ábra - Szabadság tér csomópont közbensőidő mátrixa

Jelzőcsoport														Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)																										
Szám	Neve	Irány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110																												
1	J1	↑			30		49							19	360																										
2	J2	↖	3				51							48	909																										
3	J3	↘									79	92		13	246																										
4	J4	↑									77	92		15	284																										
5	J5	↗						57				92		35	663																										
6	J6	↓			30		49							19	360																										
7	J7	↙						56		71				15	284																										
8	J8	↖						57		72				15	284																										
9	J9	⇔	2		25									23	871																										
10	J10	⇔	3		22									19	720																										
11	Gy1	⋮			30		41							11																											
12	Gy2	↔	5	16										11																											
13	Gy3	↔	2	18										16																											
14	sv	↘			30		55							25																											
																																									
Megjegyzés:			<table border="1"> <tr> <td>2-ből</td> <td>7</td> <td>15</td> <td>24</td> <td>33</td> <td>40</td> <td>49</td> <td>58</td> <td>66</td> <td>74</td> <td>81</td> <td>88</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>4-be</td> <td>16</td> <td>16</td> <td>34</td> <td>33</td> <td>34</td> <td>35</td> <td>51</td> <td>53</td> <td>60</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>10</td> </tr> </table>													2-ből	7	15	24	33	40	49	58	66	74	81	88	94	4-be	16	16	34	33	34	35	51	53	60	5	5	10
2-ből	7	15	24	33	40	49	58	66	74	81	88	94																													
4-be	16	16	34	33	34	35	51	53	60	5	5	10																													
Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>			Ellenőr: Makay János <i>M</i>			Dátum: 2008.november																																			
Tárgy: <b>Gödöllő Szabadság tér</b>			<b>VILATI-SBH</b>																																						
<b>Fázisterv</b>			Tervszám: 8052.410/13.3																																						
Prog.szám: 2	Prog.neve:	P = 95 sec	Be:	Ki:	Prog.váltás: 0	Rajzszám: K-1																																			

37. ábra - Szabadság tér csomópont 2. programja

Jelzőcsoport														Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)
Szám	Neve	Írány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
A 1	J1	↑				35								0	0
B 2	J2	↘	9	17	28	36								0	0
C 3	J3	↘	1	9										8	221
D 4	J4	↑	6											0	0
E 5	J5	↗	1	9		43								31	858
F 6	J6	↓				35								0	0
G 7	J7	↘						54						0	0
H 8	J8	↘	6			43		59						16	443
I 9	J9	⇒	14		35									21	1163
J 10	J10	⇒	14		35									21	1163
K 11	Gy1	↑	1			43		54						11	
L 12	Gy2	↔	17	28	39									65	
M 13	Gy3	↔	14	28										14	
N 14	sv	↘						63						0	

Megjegyzés:

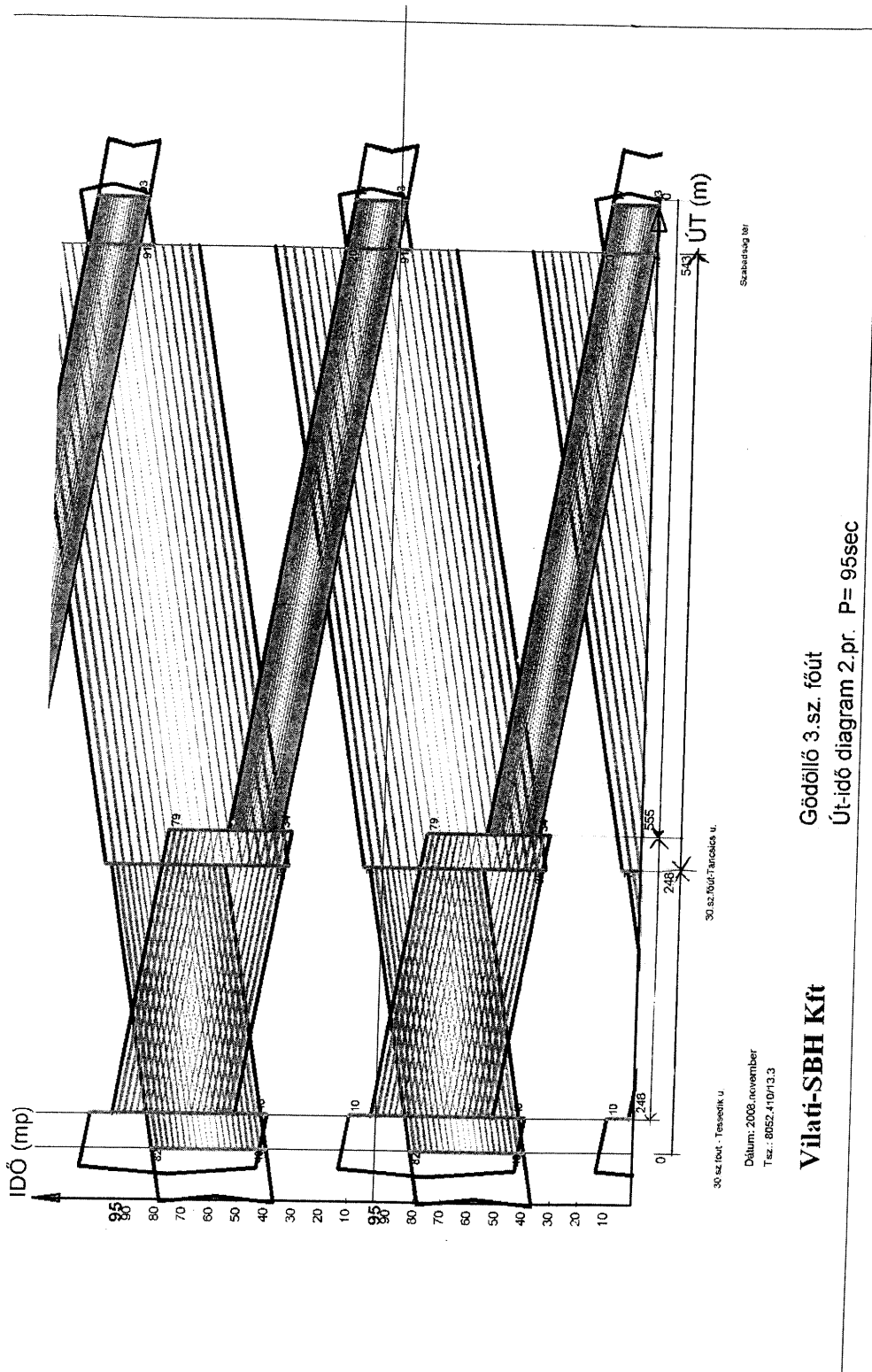
kijelentkezés után azonnal lép 5.pr. 0 sec-ba

Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>	Ellenőr: Makay János <i>M</i>	Dátum: 2008.november
Tárgy: <b>Gödöllő Szabadság tér</b>		<b>VILATI-SBH</b>
<b>Fázisterv</b>		Tervszám: 8052.410/13.3
Prog. száma: 4	Prog. neve: HEV program	P = 65 sec
Be:	Ki:	Prog.váltás:
		Rajzszám: K-1

38. ábra - Szabadság tér csomópont 4. programja (vasúti program)

Jelzőcsoport														Zöld idő (sec)	Kap. (E/ó)
Szám	Neve	Írány	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
A	1	J1		23			51							28	420
B	2	J2	3				53						116	57	855
C	3	J3		12				58		81				23	345
D	4	J4					58		81					23	345
E	5	J5		12				59					110	51	765
F	6	J6		23			51							28	420
G	7	J7								88		109		21	315
H	8	J8		18						86		107		21	315
I	9	J9		15									114	21	630
J	10	J10		12									115	17	510
K	11	Gy1		20		40								20	
L	12	Gy2		9									119	10	
M	13	Gy3		10									115	15	
	14	sv		20			56							36	
<p>2008 DEC. 12 nap</p>															
Megjegyzés:															
5-ből 8 16 24 32 41 50 54 61 68 76 83 91 99 108 113 120															
vissza 4-be 0 0 31 34 34 34 35 5 5 5 7 52 53 53 10 16															
Tervező: Wiszt Csaba <i>W</i>			Ellenőr: Makay János <i>M</i>			Dátum: 2008.november									
Tárgy: <b>Gödöllő Szabadság tér</b>											<b>VILATI-SBH</b>				
<b>Fázisterv</b>											Tervszám: 8052.410/13.3				
Prog száma: 5	Prog neve: HÉV utáni	P = 120 sec	Be:	Ki:	Prog.váltás: 120-ből 1.pr. 10s 2.pr. 5s 3.pr. 4s	Rajzszám: K-1									

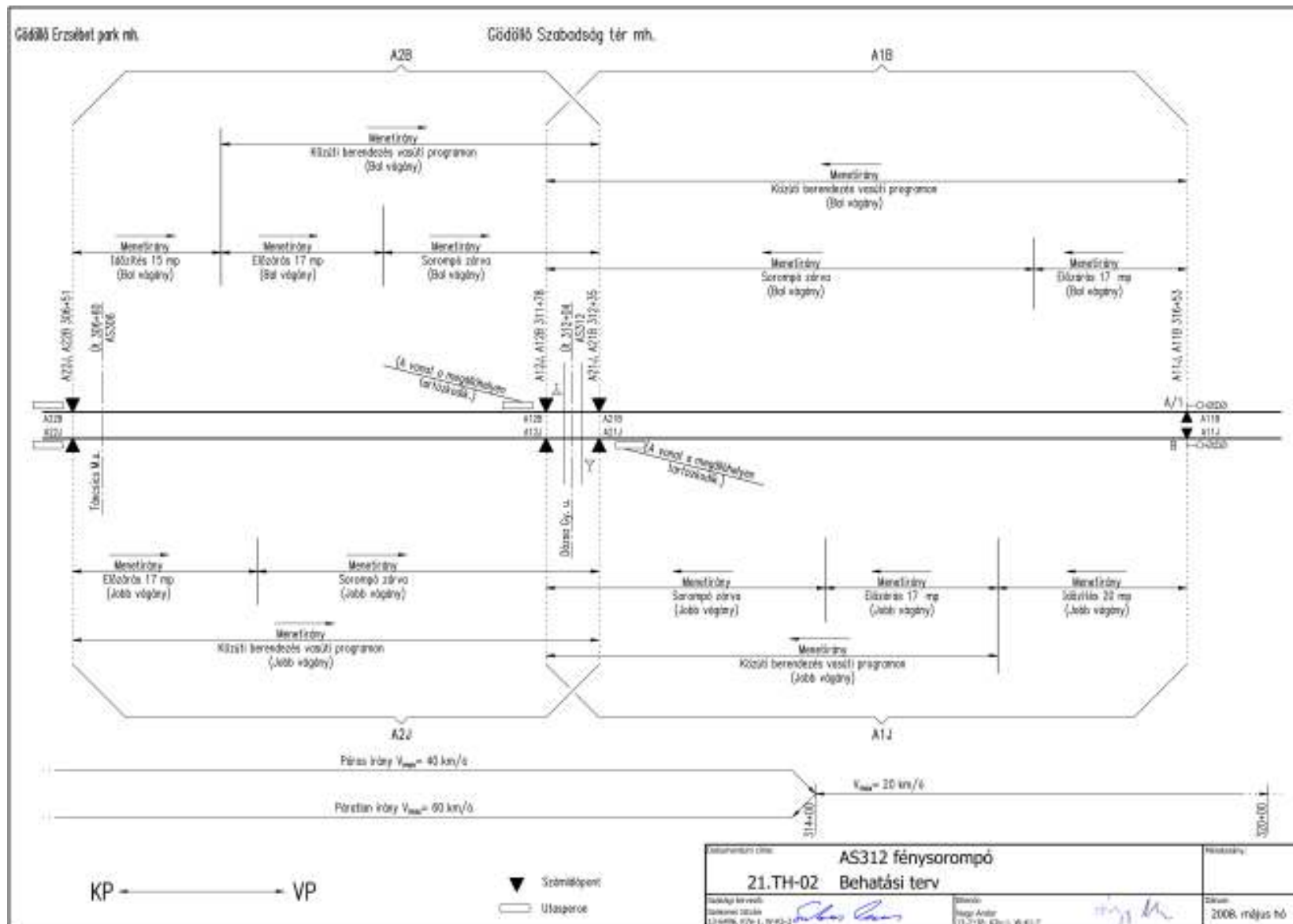
39. ábra - Szabadság tér csomópont 5. programja (feloldó program)



40. ábra - A 2008 előtti jelzésterv út-idő diagramja, P = 95 sec







42. ábra - Gödöllő Szabadság tér kereszteződés behatási terve