



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar

XXXII. OTDK

(2015)

A közúti csomópont típusok költség alapú összehasonlítása

Készítette: Barna Szabolcs, MSc építőmérnök hallgató, BME

Konzulens: Hunyadi Dóra, tanársegéd, BME Út és Vasútépítési Tanszék

TARTALOMJEGYZÉK:

I. BEVEZETÉS	1
I.1. Alapfogalmak	1
I.2. Dolgozat célkitűzése	2
I.3. Csomópontok tervezési alapelvei	2
II. CSOMÓPONTOK OSZTÁLYOZÁSA	5
III. AZ EGYES CSOMÓPONT TÍPUSOK BEMUTATÁSA.....	10
III.1. Forgalomirányítás nélküli csomópont	10
III.2. Jelzőtáblával szabályozott csomópont	11
III.3. Körforgalmú csomópont.....	13
III.4. Jelzőlámpával szabályozott körforgalmú csomópont.....	18
III.5. Jelzőlámpával szabályozott csomópont.....	20
III.6. Különszintű csomópont	23
III.7. Vasúti kereszteződés.....	26
IV. A CSOMÓPONTOK KÖLTSÉG ALAPÚ ÖSSZEHAONLÍTÁSA.....	29
IV.1. Építési, fenntartási, üzemeltetési költségek.....	29
IV.2. Közúti balesetek kárkölsége	33
IV.3. Kapacitással összefüggő költségek	44
V. ÖSSZEGZÉS.....	55
VI. IRODALOMJEGYZÉK	
VII. MELLÉKLETEK	

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Szintbeni, jelzőtáblával szabályozott csomópont	5
2. ábra Részben különszintű (rávezető) csomópont 1.....	6
3. ábra Különszintű "spagetti" csomópont	6
4. ábra Jelzőlámpával szabályozott csomópont 1.	7
5. ábra Turbó körforgalom (Szolnok)	7
6. ábra Y-elágazás	8
7. ábra Ötágú csomópont	8
8. ábra Forgalomirányítás nélküli csomópont (Budapest XI. kerület, Tűzoltó u. – Thaly Kálmán u.)	10
9. ábra Összefüggés az elsőbbséggel rendelkező úton haladó forgalom, a határidőköz és a mellékirányból átbocsátható max. forgalomnagyság között	11
10. ábra Jelzőtáblás szabályozású csomópont (Szolnok, Szántó krt. – Csokonai út)	12
11. ábra A kapacitás és a fölérendelt forgalom összefüggése	13
12. ábra Mini körforgalom	14
13. ábra Egysávos körforgalom	14
14. ábra Többsávos - Spirális körforgalom	15
15. ábra Többsávos - Turbó körforgalom	15
16. ábra Többsávos - koncentrikus körforgalom	16
17. ábra A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmaknál	18
18. ábra Indirekt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom 1.	18
19. ábra Indirekt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom 2.	19
20. ábra Direkt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom (Szeged)	19

21. ábra	A jelzőlámpás forgalomirányítás alapeleme a fényjelző készülék	20
22. ábra	Jelzőlámpával szabályozott csomópont 2.	21
23. ábra	Részben külön szintű (rávezető) csomópont 2.	23
24. ábra	Teljes lóhere alakú külön szintű csomópont, a legnagyobb sarokforgalom kiemelésével	24
25. ábra	Városi külön szintű csomópont legnagyobb forgalmú irány kiemelésével (BAH csomópont)	25
26. ábra	Külön szintű vasúti kereszteződés	26
27. ábra	Fény és félsorompóval biztosított szintbeni vasúti kereszteződés	27
28. ábra	Csak fénysorompóval biztosított vasúti kereszteződés	27
29. ábra	Rálátási háromszögeknek megfelelő elsőbbségszabályozással biztosított vasúti kereszteződés.....	28
30. ábra	Összefüggés az egysávos körforgalom külső sugara és beruházási költségei között	30
31. ábra	Különböző geometriájú csomópontok területének táblázata	31
32. ábra	Közúti balesetek számának alakulása Magyarországon 1991-2012.	33
33. ábra	Személy sérüléssel közúti közlekedési balesetek okai 2012.01.-11.....	34
34. ábra	Csomóponti balesetek száma különböző forgalomirányítás mellett 2011.	35
35. ábra	Csomóponti balesetek száma különböző forgalomirányítás mellett 2012.	35
36. ábra	Balesetek száma különböző csomópont típusok szerint az alá és fölérendelt forgalom arányában 1.	36
37. ábra	Balesetek száma különböző csomópont típusok szerint az alá és fölérendelt forgalom arányában 2.	36
38. ábra	Kereszteződés és körforgalom konfliktuspontjainak alakulása	37

39. ábra Halálos kimenetelű csomóponti balesetek különböző forgalomirányítás mellett 2011.	37
40. ábra Halálos kimenetelű csomóponti balesetek különböző forgalomirányítás mellett 2012.	38
41. ábra Magyarország első jelzőlámpával szabályozott körforgalmú csomópontjának baleseti statisztikája	38
42. ábra Az egyes költségek egymáshoz viszonyított aránya Ausztráliában (2006)	41
43. ábra A társadalomhoz való hozzájárulás arányainak változása az életkor változásával ..	41
44. ábra A forgalmi torlódások költségei	44
45. ábra Az időveszteség értelmezése	45
46. ábra A csomópont összforgalma és járművenkénti átlagos időveszteség összefüggése különböző csomópont típusoknál.....	46
47. ábra A csomópont összforgalma és járművenkénti átlagos időveszteség összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett	48
48. ábra A csomópont összforgalma és az időveszteség költsége közötti összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett	48
49. ábra Üzemanyag fogyasztás alakulása a sebességgel, gyorsulással összefüggésében 1...	49
50. ábra Üzemanyag fogyasztás alakulása a sebességgel, gyorsulással összefüggésében 2...	49
51. ábra A csomópont összforgalma és járművenkénti átlagos megállások száma közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál	50
52. ábra A csomópont összforgalma és a járművenkénti átlagos megállások száma közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett.....	51
53. ábra A csomópont összforgalma és járművek üzemanyag fogyasztásának összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett	52

54. ábra A csomópont összforgalma és járművek üzemanyag fogyasztásának költsége közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett.....	53
55. ábra A csomópont összforgalma és a járművek éves CO ₂ kibocsátásának összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett	53
56. ábra Az éves csúcsórákban keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett.....	55
57. ábra A teljes évben keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett 1.....	56
58. ábra A teljes évben keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett 2.....	57
59. ábra Jelzőtáblás irányítású és körforgalmú csomópontok összegzett költségeinek alakulása a baleseti kárköltségekkel és azok nélkül, 15 éves időtartamra nézve, 8200 E/napi forgalom mellett	58

A közúti csomópont típusok költség alapú összehasonlítása

Összefoglaló

A dolgozatomban bemutatásra kerülnek a közúti csomópontok osztályozási, csoportosítási lehetőségei, majd az egyes típusok (pl. jelzőtáblás, körforgalom, jelzőlámpás stb.) legfontosabb tulajdonságai, előnyei és hátrányai.

A költség alapú összehasonlítás készítésekor a különböző építési, üzemeltetési és fenntartási költségek mellett egyéb tényezőket is figyelembe veszek. Így érdekes információkat kaphatok az egyes típusokban bekövetkező balesetek statisztikai elemzésével, és az ezekkel kapcsolatban felmerülő költségek becslésével. Az egyes típusokban maximálisan elérhető szolgáltatási szint és kapacitás alapján következtetést vonhatok le az utazási idő költségéről és a környezeti terhelések (pl. üzemanyag fogyasztás, légszennyezés) okozta kár nagyságáról. Ezeket összegezve, egy komplex képet kaphatunk, a teljes tervezési élettartamra vonatkozó költségekről.

A dolgozat a hazai és nemzetközi szakirodalom, szabványok, megjelent szakcikk, statisztikák felhasználásával készül, illetve az általam készített mikroszimulációs mérések eredményeinek kiértékelésével történik.

Cost-based comparison of road junction types

Abstract

In my study I will present different ways of classifying road junctions and the most important characteristics, advantages and disadvantages of each type (eg,. yield-controlled intersections, roundabouts, signal-controlled intersections etc.).

Making the cost-based comparison I take into account construction, operation and maintenance costs besides other factors. This way I can get interesting information with statistical analysis of road traffic accidents and estimate the costs of road traffic crashes. Conclusions about travel time cost and damage caused by environmental pollutants (eg,. fuel consumption, air pollution) can be drawn based on the maximum accessible level of service and the capacity of road junctions. Summing up these types of costs I can get a complex picture about the costs for the entire design life.

The study is based on domestic and international literature, regulation, published articles, statistics and analysis of my own microscopic simulation results.

I. BEVEZETÉS

I.1. Alapfogalmak

A dolgozatomat két fogalom, a közúti csomópont és a költség meghatározásával kezdeném.

Közúti csomópont fogalma

"A különböző irányokból érkező utak a forgalmat útsatlakozásokon, útkereszteződéseken és útelágazásokon keresztül vezetik át. A csomópont két vagy több út találkozási helye, ahol a különböző forgalmi áramlatok mindegyike – vagy egy része – között kapcsolat van. Röviden: a csatlakozó utak forgalmát átvezető létesítmények a csomópontok." ¹

"A közúti csomópont olyan útkeresztezés, útelágazás, útkiágazás vagy útsatlakozás, ahol a különböző forgalmi irányok mindegyike vagy egy része között megoldott a kapcsolat." ²

Költség fogalma

"Valamire fordított (pénz)összeg, kiadás. Valami előállításával és forgalomba hozatalával járó kiadások összessége." ^{3 4}

A csomópontok költségein a fogalmi meghatározás alapján elsősorban azok építési, üzemeltetési, fenntartási és igazgatási költségeit értjük. Ezeken kívül azonban nem szabad megfeledkezni az úthasználók által érzékelt és saját erőforrásaikból fedezett magánköltségekről (jármű üzemeltetési költség, utazási idő-költség, baleseti költség, kényelem, megbízhatóság költsége) és az adófizetők összességére hárított és a költségvetésből fedezett közköltségekről (környezetvédelem és károk költsége, forgalmi torlódás okozta veszteségek, biztosítással nem fedezett baleseti költségek) ⁵ sem, úgy nevezett externális költségekről sem.

¹ Forrás: Dr. Kosztka Miklós [2010]: Mezőgazdasági infrastruktúra alapjai 3. - A mezőgazdasági utak vonalvezetése. Csomópontok., 3.3 Csomópontok című fejezet, Digitális tankönyvtár

² Forrás: Dr. Bártfai Zoltán [2011]: Közlekedési hálózatok, 8.1. Csomópontok tervezési alapjai fejezet, Digitális tankönyvtár

³ Forrás: Magyar Értelmező Kéziszótár

⁴ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 2. dia

⁴ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 2. dia

⁵ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 8. dia

I.2. Dolgozat célkitűzése

Dolgozatomban a csomópontok osztályozási lehetőségeinek bemutatása és a különböző típusok ismertetést követően, az építési, fenntartási, üzemeltetési költségek meghatározásán túl, a balesetekkel kapcsolatos és a csomóponti kapacitással összefüggő költségek becslése alapján hasonlítom össze az egyes típusokat. A meghatározott költség típusokat összegezve a teljes élettartamra vonatkozó összköltséget számolok.

A dolgozat a hazai és nemzetközi szakirodalom, szabványok, megjelent szakcikk, statisztikák felhasználásával, illetve az általam készített mikroszimulációs mérések eredményeinek kiértékelésével készült.

I.3. Csomópontok tervezési alapelvei

"A csomópontok típusának kiválasztása, kialakítása és elhelyezése függ a csomópontban találkozó utak hálózati szerepkörétől és osztályba sorolásától, a csomópont várható forgalmától és annak összetételétől, a terület- és településszerkezeti adottságoktól és a csomópont környezeti körülményeitől, a közlekedésbiztonsági követelményektől, valamint a gazdasági szempontoktól is." ⁶ A tervezési alapelveket a Magyar Útügyi Társaság (MAÚT) ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) útügyi műszaki előírásában találhatók.

A csomópontok tervezésével kapcsolatos három fontos alapelv

"1) Közlekedésbiztonsági szempontok

A forgalombiztonság követelményeinek a csomópont feleljen meg, ezek sorában a következő jellemzők kiemelendők:

1.1 Felismerhetőség

⁶ Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) útügyi műszaki előírás, 1.8 Csomópontok fejezet, 35. oldal

A csomópont minden ágból nagy távolságból felismerhető kell, hogy legyen. A felismerhetőség támogatható:

- útirányjelző táblákkal
- besorolás rendjére utaló jelzőtáblákkal
- előjelző és ismétlő jelzőkkel
- megfelelően megválasztott beépítéssel
- közvilágítással
- növényzettel

Biztonsági szempontok miatt nem lehet csomópont kissugarú ívben, vagy domború lekerekítésben.

1.2 Áttekinthetőség

A látómezőt biztosítani kell. A látómezőben a kilátást akadályozó, a járműveket vagy a jelzéseket takaró objektumok (pl. növényzet, reklámtábla) 1,1 m szemmagasságban nem lehetnek. A Nap vakító hatását árnyékolókkal (pl.: a jelzőlámpa mögé helyezett fekete táblával) kell csökkenteni.

1.3 Felfoghatóság

A járművezetőnek legyen elegendő felkészülési ideje a csomóponti mozgásokra, az ezzel kapcsolatos járművezetői teendőkre. A felfoghatóságot az alábbiakkal lehet javítani:

- az elsőbbségi viszonyokat hangsúlyozó kiépítéssel;
- optikai fékekkel;
- az egyes csomóponti irányok (forgalmi áramlatok) optikai vezetésével.

1.4 Járhatóság

A járhatóság alatt azt értjük, hogy legyen kellő szélesség a kanyarodó irányokban. A kanyarodó járművek lehetőleg a saját sávjukban maradjanak, más irányok helyét és a járda szélét ne foglalják el.

2) Teljesítőképességi követelmények

A csomópontban minden irányra biztosítani kell azt a (szükséges) teljesítőképességet (kapacitást), amellyel a csomópontba érkező jármű várakozási ideje még az elviselhető szint alatt marad. Magasabb kiépítési fokozat - vagyis nagyobb teljesítőképesség - akkor szükséges, ha az összegzett veszteségidők a fejlesztés után kisebbek lesznek, mint előtte; vagy ha a csomópont fejlesztését (átépítését) a balesetek halmozódása indokolja. A teljesítőképességet csomóponti irányonként számítandó. Az alárendelt irányok kapacitása az alárendelés fokától és a fölérendelt irányok kapacitáskihasználtságától, valamint a csomóponti mozgás időszükségletétől függ. A teljesítőképességgel (kapacitás) kapcsolatos méretezési eljárást az ÚT 2-1.214:2004 Szintbeni közúti csomópontok méretezése és tervezése c. utügyi műszaki előírás tartalmazza.

3) Környezetvédelmi követelmények

A csomópontot úgy kell tervezni és kialakítani, hogy a környezet védelme érdekében törekedjünk:

- a megfelelő teljesítőképességre (a torlódások minimalására)
- az egyenletes sebességre (jelzőlámpa összehangolás, "zöld hullám")
- a megállások (lassítások és gyorsítások) számának csökkentésére
- a kis terület igénybevételre
- növényzet ültetésére" ⁷

⁷ Forrás: Dr. Bártfai Zoltán [2011]: Közlekedési hálózatok, 8.1. Csomópontok tervezési alapjai fejezet, Tervezési alapelvek részének átvétele, Digitális tankönyvtár

II. CSOMÓPONTOK OSZTÁLYOZÁSA

"A csomópontokat az alábbiak szerint tudjuk osztályozni:

- a) a szintek száma szerint,
- b) a forgalomirányítás módja szerint,
- c) a csomóponti ágak szerint.
- d) környezeti beépítettség szerint

Az alábbiakban részletesebben és példákkal együtt nézzük meg az osztályozási lehetőségeket:

a) Szintek száma szerint

- szintbeni:



1. ábra Szintbeni, jelzőtáblával szabályozott csomópont ⁸

⁸ Forrás: [Google képtalálat](#)

- részben szintbeni:



2. ábra Részben külön szintű (rávezető) csomópont 1. ⁹

- külön szintű:



3. ábra Külön szintű "spagetti" csomópont ¹⁰

⁹ Forrás: [Google képtalálat](#)

¹⁰ Forrás: [Google képtalálat](#)

b) A forgalomirányítás módja szerint:

- jelzőlámpával szabályozott:



4. ábra Jelzőlámpával szabályozott csomópont 1. ¹¹

- jelzőlámpa nélküli ("jobb-kéz szabály", jelzőtáblás, körforgalom):



5. ábra Turbó körforgalom (Szolnok) ¹²

¹¹ Forrás: [Google képtalálat](#)

¹² Forrás: [Google képtalálat](#)

c) Csomóponti ágak száma szerint:

- 3 ágú (Y és T keresztezések):



6. ábra Y-elágazás ¹³

- 3-nál több ágú:



7. ábra Ötágú csomópont ¹⁴

¹³ Forrás: [Google képtalálat](#)

¹⁴ Forrás: [Google képtalálat](#)

d) Környezeti beépítettség szerint:

- külterületi (nagyobb tervezési sebesség, elnyújtott kialakítás): lásd 5. ábra
- belterületi (kisebb méretek, de gyalogos, kerékpáros, autóbusz és villamos átvezetések): lásd 4. ábra" ¹⁵

¹⁵ Forrás: Dr. Bártfai Zoltán [2011]: Közlekedési hálózatok, 8.1. Csomópontok tervezési alapjai fejezetben található osztályozás felhasználásával, szövegrészeinek átvételével, Digitális tankönyvtár

III. AZ EGYES CSOMÓPONT TÍPUSOK BEMUTATÁSA

III.1. Forgalomirányítás nélküli csomópont

Az ilyen típusú keresztezésekben két egyenrangú út találkozik, ezért itt nem találunk elsőbbségadásra kötelező jelzéseket. A hivatalos megfogalmazás szerint:

" Útkereszteződésben - ha közúti jelzésből vagy forgalmi szabályból más nem következik - a jobbról érkező járműnek van elsőbbsége." ¹⁶



8. ábra Forgalomirányítás nélküli csomópont (Budapest XI. kerület, Tűzoltó u. – Thaly Kálmán u.) ¹⁷

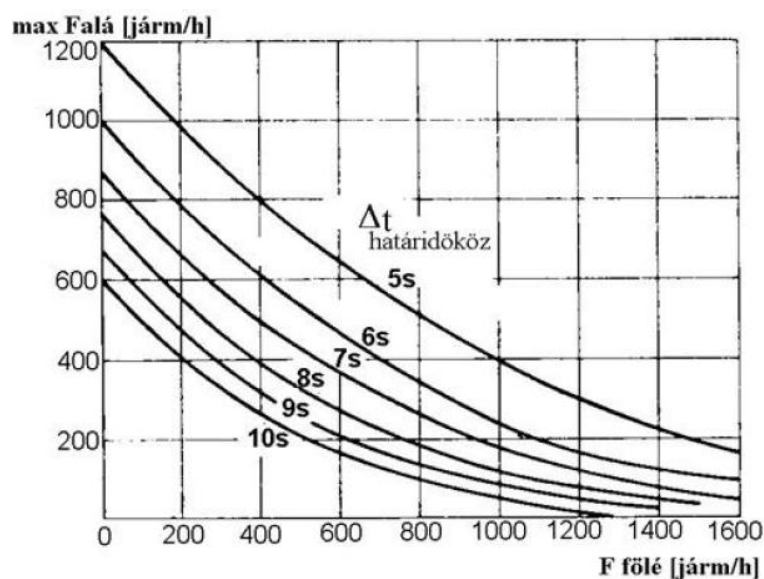
Az ilyen típusú csomópontokat külön tervezni, méretezni nem kell. Minden úttalálkozásnál, ahol egyéb módon nem történik forgalomirányítás a "jobb-kéz szabály" érvényes. Előnyei közé tartozik a nagyon alacsony üzemeltetési költség, de ezért cserébe alacsony kapacitást biztosít, így leginkább lakó öveztek útjain találkozhatunk velük.

¹⁶ Forrás: 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről - KRESZ

¹⁷ Forrás: [Google Street View](#)

III.2. Jelzőtáblával szabályozott csomópont

"A főlérendelt irány forgalomlefordítása zavartalan. Az alárendelt irányból a járművek a főlérendelt irányban áthaladók követési időközzeit kihasználva hajthatják végre mozgásaikat. Minél nagyobb a főlérendelt irány forgalma, annál jobban ritkul a kihasználható követési időközök, ezáltal csökken az alárendelt irány kapacitása. A kapacitás és a főlérendelt forgalom összefüggése exponenciális" (lásd 9. ábra).¹⁸



9. ábra Összefüggés az elsőbbséggel rendelkező úton haladó forgalom, a határidőköz és a mellékirányból átbocsátható max. forgalomnagyság között¹⁹

"Előnyök:

- Alacsony üzemeltetési költség
- Passzív rendszer
- Egyszerű és egyértelmű szabályozás mind tervezési mind felhasználói oldalról

¹⁸ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont méretezése - A gyakorlati óra összefoglalója 1/2. - Általános ismeretek, közbenső idők, 1. dia

¹⁹ Forrás: Dr. Bártfai Zoltán [2011]: Közlekedési hálózatok, 8.2. Csomópont forgalmi tervezése fejezete 8.11. ábrája, Digitális tankönyvtár

Hátrányok:

- A kapacitás csak a kihasználható követési időközöktől függ. Ezek rövidségével és/vagy ritkulásával hatványozottan nő a várakozási idő és fogy a rendelkezésre álló kapacitás. (Ha túl rövid a követési idő, az adott mozgást nem lehet végrehajtani. Ha ritkán jelentkeznek a kihasználható időközök, a megérkező alárendelt járműnek sokat kell várakoznia, illetve nem jut minden járműnek megfelelő időköz)"²⁰



10. ábra Jelzőtáblával szabályozott csomópont (Szolnok, Szántó krt. – Csokonai út)²¹

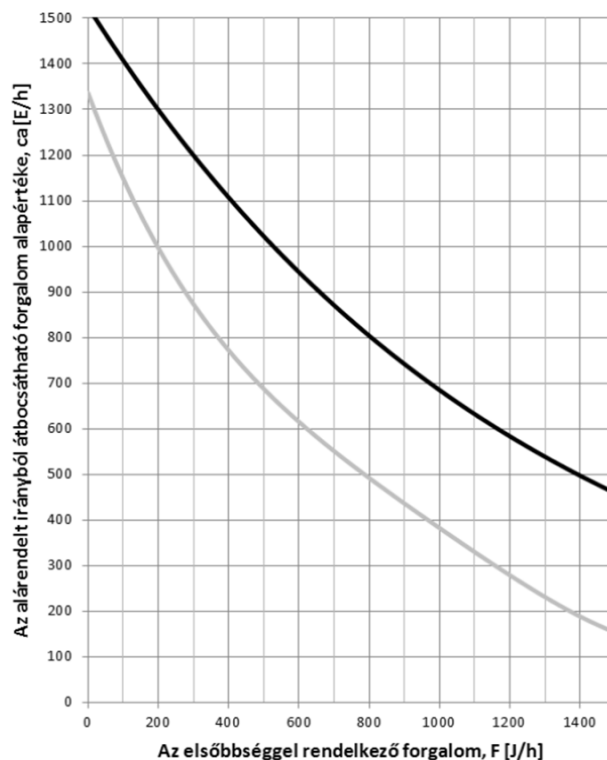
A szintbeni jelzőtáblával szabályozott csomópontok méretezése az ÚT 2-1.214 Szintbeni közúti csomópontok méretezése és tervezése c. (A KTSZ kiegészítése) útügyi műszaki előírás alapján történik.

²⁰ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont méretezése - A gyakorlati óra összefoglalója 1/2. - Általános ismeretek, közbenső idők, 3.-4. dia felhasználása

²¹ Forrás: Google Street View

III.3. Körforgalmú csomópont

"A körforgalmú csomópont a csatlakozó utak között középsziget köré épített egyirányú forgalmú körpályával létesít kapcsolatot." ²² "A körpályára belépni szándékozó járműveknek elsőbbséget kell adniuk a körpályán haladó járműveknek, ezáltal a hálózati szempontból fő közlekedési irány fölérendeltségét a körpályán haladók számára adtuk át, tehát a csomóponton áthaladó mozgásokat azok irányától függetlenül részesítjük előnyben a beérkezőkkel szemben. Ezzel jelentősen nő a kapacitás az alárendelt irányban, de a fő közlekedési irányban már jelentkeznek időveszteségek." ²³



11. ábra A kapacitás és a fölérendelt forgalom összefüggése ²⁴

Típusok:

- mini
- egysávos
- többsávos (koncentrikus, turbó, spirál)

²² Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) útügyi műszaki előírás, 1.8 Csomópontok fejezet

²³ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont méretezése - A gyakorlati óra összefoglalója 1/2. - Általános ismeretek, közbeső idők, 2. dia

²⁴ Forrás: Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont méretezése - A gyakorlati óra összefoglalója 1/2. - Általános ismeretek, közbeső idők, 2. dia



12. ábra Mini körforgalom ²⁵



13. ábra Egysávos körforgalom ²⁶

²⁵ Forrás: [Google képtalálat](#)

²⁶ Forrás: [Google képtalálat](#)



14. ábra Többcsávos - Spirális körforgalom²⁷



15. ábra Többcsávos - Turbó körforgalom²⁸

²⁷ Forrás: [Google képtalálat](#)

²⁸ Forrás: [Google képtalálat](#)



16. ábra Többsávos - koncentrikus körforgalom ²⁹

"Előnyök:

- Nagyobb forgalombiztonság
- Passzív rendszer
- Megfelelő kapacitás
- Időveszteség csökkenése
- Különböző kategóriájú utak csatlakoztatása
- Egyszerű jelzésrendszer
- Gazdaságos üzemeltetés

Hátrányok:

- Területi igény
- Csak sík területen alkalmazható
- Csak kellő távolságban helyezhetők el egymástól
- A gyalogos és a kerékpáros forgalom átvezetése nehezebb

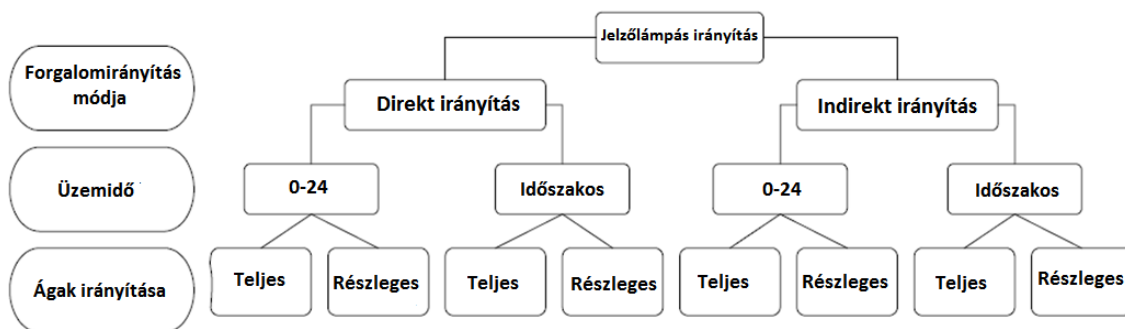
²⁹ Forrás: Google képtalálat

- A kapacitás csak a kihasználható követési időközöktől függ. Ezek rövidségével és/vagy ritkulásával hatványozottan nő a várakozási idő és fogy a rendelkezésre álló kapacitás. (Ha túl rövid a követési idő, az adott mozgást nem lehet végrehajtani. Ha ritkán jelentkeznek a kihasználható időközök, a megérkező alárendelt járműnek sokat kell várakoznia, illetve nem jut minden járműnek megfelelő időköz)" ³⁰

A körforgalmak tervezése, méretezése az ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás alapján történik.

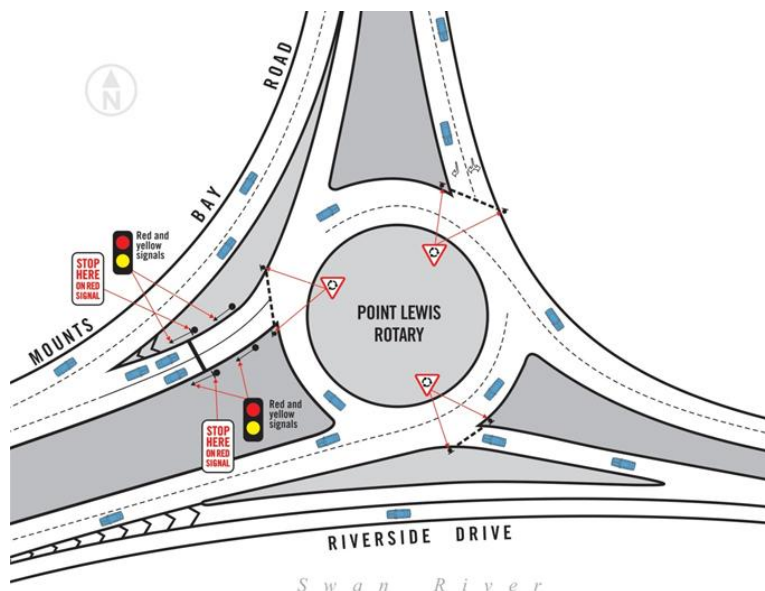
³⁰ Forrás: Dr. Juhász János: Közúti pályák – Forgalomtechnika c. előadása, 8.-9. dia (Forrás: Dr. Fi István), és BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont méretezése - A gyakorlati óra összefoglalója 1/2. - Általános ismeretek, közbenső idők, 3.-4. dia felhasználása

III.4. Jelzőlámpával szabályozott körforgalmú csomópont



17. ábra A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmaknál ³¹

M.S. Hallworth 1992-ben fogalmazta meg a körforgalmak jelzőlámpás irányítás lehetőségeit. Ezek lehetnek direktek és indirektek. A direkt irányítási mód esetében, mind a körforgalomba való belépés, mind az onnan való kihaladás is szabályozva van. Indirekt módnál csak a belépő forgalom van szabályozva, a körpályán való mozgás nincs befolyásolva. Az üzemidő lehet állandó, ekkor a lámpás szabályozás folyamatosan üzemel, illetve időszakos, ekkor csak a nap egy bizonyos részében, általában a csúcspórákban, üzemelnek a lámpák. Az ágak szerinti irányítás lehet teljes, amikor az összes ág szabályozva van, vagy részleges, amikor csak bizonyos számú ág, de nem az összes áll szabályozás alatt.³²



18. ábra Indirekt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom 1. ³³

³¹ Forrás: Charles R. Stevens [2005]: [Signals and Meters at Roundabouts](#), 5. oldal, 2. ábra fordítása

³² Forrás: Charles R. Stevens [2005]: [Signals and Meters at Roundabouts](#), 5. oldal szöveg fordítása

³³ Forrás: [Google képtalálat](#)



19. ábra Indirekt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom 2. ³⁴

Magyarországon a jelzőlámpás körforgalom alatt "egy önálló, mind a körforgalomtól, mind pedig a szokásos (kereszteződést szabályozó) jelzőlámpától eltérő működési jellemzőjű, öntörvényű csomópontot értünk, melynek legnagyobb előnye, hogy teljesítőképessége elérheti vagy akár felül is múlhatja a különbszintű csomópontokét" ³⁵



20. ábra Direkt irányítású jelzőlámpával szabályozott körforgalom (Szeged) ³⁶

A jelzőlámpával szabályozott körforgalmak tervezése, méretezése az ÚT 2-1.219 - A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése c. - útügyi műszaki előírás alapján történik.

³⁴ Forrás: Google képtalálat

³⁵ Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása (Német Közlekedési Minisztérium kutatási anyagának megjegyzése), 1. oldal

³⁶ Forrás: szegedma.hu

III.5. Jelzőlámpával szabályozott csomópont

"A jelzőlámpás forgalomirányítás helyes alkalmazása jelentősen növeli egy csomópont kapacitását és forgalombiztonságát, valamint csökkenti a járművezetők idővesztését, ha a forgalom nagysága indokolja a jelzőlámpa alkalmazását. [...]. Ez a forgalomtechnika egyik legszigorúbban szabályozott területe." ³⁷



21. ábra A jelzőlámpás forgalomirányítás alapeleme a fényjelző készülék ³⁸

"A forgalomirányítással összefüggő alapfogalmak:

- fázis: Az egyidejűleg megengedett csomóponti mozgások - az egyidejű szabad (zöld) jelzések - csoportja. Egy négyágú csomópontban 12 forgalmi irány lehet.
- fázisidőterv: A periódusidő felosztása közbenső időkre és a fázisok zöld időire. Jelzőcsoportonként - az egy időben azonos jelzést adó lámpákra - egy sora van. Az egyezményes jelkulccsal ábrázolt tervet nevezik fázisidőtervnek is.
- periódusidő, (P): A jelzések egy egyszeri ismétlődése közötti idő. Szokásos periódusidők: 60...90...120 s.

³⁷ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont forgalmi méretezése, 1. oldal

³⁸ Forrás: Google képtalálat

- közbenső idő (tk): A keresztező, vagy fonódó mozgásokat tartalmazó fázisok esetén a kihaladó fázis zöldidejének vége és a behaladó fázis zöldidejének eleje közötti biztonsági idő; másodpercre felfelé kerekítve.
- ürítési idő (tü): a helyzetjelző vonalon áthaladó utolsó járműnek a helyzetjelző vonal és a keresztező forgalmi irány útpályájának legtávolabbi széle, továbbá egy járműhossz (6m) távolság megtételéhez szükséges idő.
- behaladási idő (tb): a szabadjelzés elején behaladó első járműnek a helyzetjelző vonaltól, az előző fázisban keresztező irányban haladó jármű útpályájának legközelebbi széléig terjedő távolság megtételéhez szükséges idő." ³⁹

"A forgalom vezérlési alapelvei:

- a) Állandó időtervű (fix programos) vezérlés (elavult). Az egyes napszakokra - pl. reggeli csúcs (RECS) - normál program (N) - délutáni csúcs (DUCS) - külön programokat (fázisterveket) tartalmaz. A programokat időmérő óra (órajel) váltja.
- b) Forgalomfüggő vezérlés. Összehangolásban a napszakok fix programjait néhány forgalomszámláló stratégiai detektor váltja. Egyedi (szinguláris) csomópontban fázisonként 2-2 detektor szükséges: az egyik a helyzetjelző vonaltól 4...5, a másik 40...60 m-re. Ebben az esetben a fix programok váltásán kívül fázisnyújtás és/vagy fáziskihagyás is lehetséges.
- c) Forgalom által szabályozott vezérlés. A fázisonként 2-2 detektoron mért adatokból egy mikroszámítógép periódusonként új - akár összehangolt - fázistervet készít." ⁴⁰



22. ábra Jelzőlámpával szabályozott csomópont 2. ⁴¹

³⁹ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont forgalmi méretezése, 3. oldal, fogalmak átvétele

⁴⁰ Forrás: BME UVT, Közlekedési hálózatok: Jelzőlámpás csomópont forgalmi méretezése, 3. oldal, fogalmak átvétele

⁴¹ Forrás: Google képtalálat

A jelzőlámpás forgalomirányítás üzemeltetési költségei a legmagasabbak. Működéséhez folyamatos áramellátás szükséges, annak hiányában a csomópontok alacsonyabb szinten működnek tovább (jelzőtáblával szabályozott csomópontként).

A jelzőlámpával szabályozott csomópontok tervezése, méretezése az ÚT 2-1.219 A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése c. és az ÚT 1-1.204 A Jelzőlámpás Forgalomirányítás Szabályzata c. (FISZ) – útügyi műszaki előírások alapján történik.

III.6. Különszintű csomópont

"Különszintű csomópontok alkalmazásának szükségességet az alábbi szempontok indokolhatják:

- a találkozó utak útkategóriái miatt: gyorsforgalmi utakon csak különszintű csomópont alkalmazható, mivel az autópályákon és autóutakon csak a jobbra kiválás lassítósvára, jobbról becsatlakozás gyorsítósváról és hosszú fonódó mozgás megengedett
- teljesítőképességi mutatók miatt: a csomópont forgalma olyan nagy, hogy azt szintbeni keresztezéses megoldásokkal nem lehetne megengedhető várakozási idők mellett levezetni
- forgalombiztonsági szempontok miatt: ha a csomópont baleseti gócpont, és a körforgalom, mint megoldás nem jöhet szóba

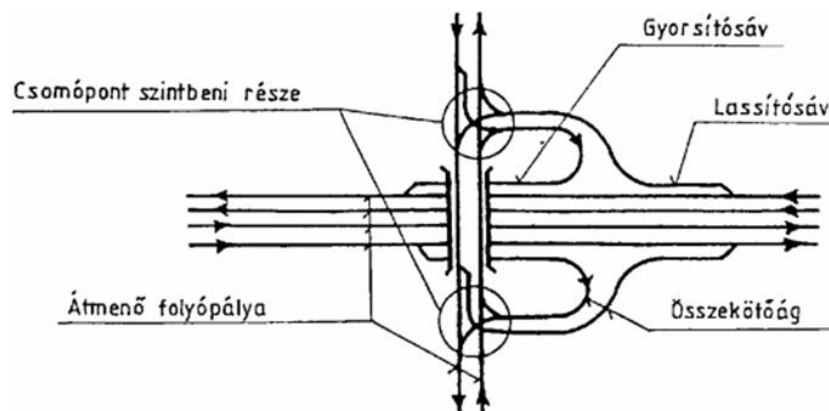
Típusai:

1.) Részben különszintű csomópontok:

Ide azok a csomópontok sorolhatóak, ahol a forgalmi mozgások szintbeni keresztezése az alacsonyabb kategóriájú, nem gyorsforgalmi úton megengedett. Az alárendelt út szintbeni csomópontjai jelzőtáblás, jelzőlámpás vagy körforgalmú lehetnek.

Alakváltozatok:

- fél-lóhere, negyed-lóhere, rombusz, trombita



23. ábra Részben különszintű (rávezető) csomópont 2. ⁴²

⁴² Forrás: BME UVT Közlekedéstervezés: Különszintű csomópontok c. előadás ábrája, 6. dia

Alakváltozatok:

- legnagyobb forgalmú irány kiemelésével, amikor csak a legnagyobb forgalmi irány van külön szintben, és a többi irány szintbeni csomópontban marad pl BAH csomópont
- két 3 ágú szintbeni csomóponttal: Csak a keresztezés van külön szintben, a többi mozgás két 3 ágú, többnyire jelzőlámpás szintbeni csomóponton keresztül bonyolódik le. Különszintű vasúti átjárókban a vasút melletti párhuzamos útnál szokásos, mert a drága műtárgyra egyébként is szükség van." ⁴⁴



25. ábra Városi különszintű csomópont legnagyobb forgalmú irány kiemelésével (BAH csomópont) ⁴⁵

A különszintű csomópontok tervezése, méretezése az ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) és TÚ 11 - Különszintű csomópontok tervezése c. (KTSZ kiegészítés) utügyi műszaki előírások alapján történik.

⁴⁴ Forrás: Dr. Kálmán László [2014]: Közúti forgalomtechnika 1. - 8. Külön szintű csomópontok c. előadása, 3.,7.,14.,23. diáinak felhasználása

⁴⁵ Forrás: Google képtalálat

III.7. Vasúti kereszteződés

Speciális csomóponttípus, a közút és nagyvasút találkozásánál kialakuló vasúti kereszteződés.

Típusai (a hálózati funkciók figyelembevételével): ⁴⁶

- külön szintű vasúti kereszteződés
- fény és félsorompóval biztosított szintbeni vasúti kereszteződés
- csak fény sorompóval biztosított kereszteződés
- rálátási háromszögeknek megfelelő elsőbbségszabályozással biztosított kereszteződés



26. ábra Külön szintű vasúti kereszteződés ⁴⁷

⁴⁶ Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) útügyi műszaki előírás, 4.8.5. Vasúti kereszteződések fejezet meghatározásai alapján, 122. oldal

⁴⁷ Forrás: [Google képtalálat](#)



27. ábra Fény és félsorompóval biztosított szintbeni vasúti kereszteződés ⁴⁸



28. ábra Csak fénsorompóval biztosított vasúti kereszteződés ⁴⁹

⁴⁸ Forrás: [Google képtalálat](#)

⁴⁹ Forrás: [Google képtalálat](#)



29. ábra Rálátási háromszögeknek megfelelő elsőbbség szabályozással biztosított vasúti kereszteződés ⁵⁰

A vasúti kereszteződések tervezése az ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) és ÚT 2-1.225. Szintbeni közúti–vasúti átjárók kialakítása. Geometriai kialakítás, pályaszerkezet, víztelenítés, forgalom szabályozás, üzemeltetés c. útügyi műszaki előírás alapján történik.

⁵⁰ Forrás: [Google képtalálat](#)

IV. A CSOMÓPONTOK KÖLTSÉG ALAPÚ ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Az itt következő részben a fentebb ismertetett csomópont típusokat (a jogszabállyal szabályozott, különstíű, és vasúti keresztezések kivételével) hasonlítom össze az első fejezetben említett építési, üzemeltetési, fenntartási, és a közúti balesetekkel és a csomópontok kapacitásával összefüggően felmerülő költségek alapján. A vizsgálat alapját 7 db különböző csomópont geometria elkészítése képezte AutoCAD program segítségével, majd ezek modelljének elkészítése a VISSIM mikroszimulációs programban (lásd Mellékletek).

A jogszabállyal szabályozott csomópont típus azért nem került vizsgálatra, mert az, ha egyéb szabályozás nincs, az utak találkozásánál automatikusan létrejön, és alkalmazásuk erősen korlátozott. A vasúti keresztezés, mint csomópont típus szintén nem képezte a vizsgálat részét, mivel ez speciális esetben alkalmazandó (közút nagyvasút vonal keresztezése esetén), így ez nem alternatívája a többi csomópont típusnak. A különstíű csomópont szintén speciális, a gyorsforgalmi utak előírt csomópont típusa. Alternatívaként ugyan felmerül, amikor a többi típus már nem alkalmazható, de ezek építési költségei (műtárgy igény) messze meghaladják a többi csomópont típus költségét, így ennek vizsgálata sem szerepel a későbbiekben.

IV.1. Építési, fenntartási, üzemeltetési költségek

Építési költségek

Nehéz megbecsülni egy-egy csomópont építési költségeit, mivel az építési beruházásokhoz nem csak maga a csomópont megépítése tartozik bele (anyagfelhasználás, előkészületi munkák, szállítás, tervezés, engedélyeztetés stb.⁵¹), hanem egybe van kötve egyéb (infrastrukturális) fejlesztésekkel is.

Például: ⁵²

- kapcsolódó útszakasz(ok) megerősítése

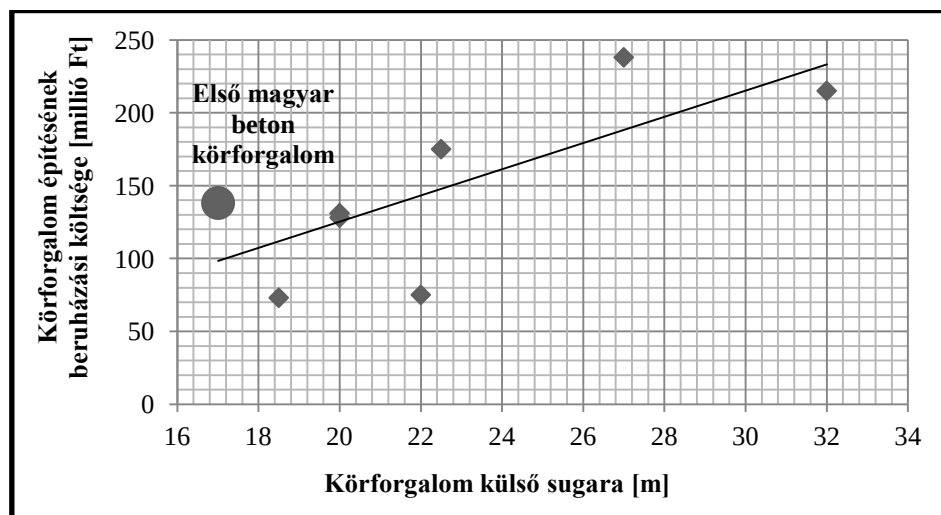
⁵¹ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 6. dia

⁵² Forrás: Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. honlapján elérhető szerződések alapján

- kerékpárforgalmi létesítmények (át)építése
- területrendezés, földmunkák
- közműkiváltások
- közvilágítás kiépítése
- terület kisajátítása stb.

Másik, hogy nem minden esetben van szó teljesen új csomópontok kiépítéséről. Legtöbb esetben egy már meglévő csomópont kerül átépítésre, kibővítésre, bizonyos okokból kifolyólag. Ebben az esetben lehetséges, hogy a meglévő csomópont egy részét fel lehet használni, mellyel csökkenthetőek a költségek.

Az egyes csomópontok építési költségeinek mértékeiről a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. honlapján közzétett szerződések átnézésével próbáltam képet kapni. A legnagyobb számban a körforgalmú csomópontok beruházási szerződésai találhatóak (32 db, ahol az ár is szerepelt). A megtalált költségadatokat átlagát kiszámolva elmondhatjuk, hogy egy körforgalom megépítéséhez kapcsolódó beruházás kb. 130 millió Ft-ba kerül Magyarországon (a szerződések az elmúlt 10 évből származnak, az átlag meghatározásánál sem a felmerülő költségek változását, sem az infláció értékét nem vettem figyelembe). Egyes szerződéseknél (8 db, mind egysávos) elérhetőek voltak a geometriai méretek is, így ezek költségeit a külső sugár arányában ábrázolni tudtam. Ezt követően a pontokra közelítő egyenest illesztettem (lineáris összefüggés feltételezésével az ár és méret között).



30. ábra Összefüggés az egysávos körforgalom külső sugara és beruházási költségei között⁵³

⁵³ Forrás: saját készítés, NIF adatok alapján

A többi csomóponttípusra nem találtam pontos adatokat (jelzőlámpás csomópont kiépítése, sávbővítéssel, 62 millió Ft, Szegeden a 90 méter átmérőjű jelzőlámpával szabályozott körforgalom beruházási költsége 900 millió Ft). Ezért az általam AutoCAD-ben megrajzolt csomópontok geometriai mérete alapján következtettem az egyes csomóponttípusok költségére. Ez nyilvánvalóan nem tükrözi a valós költségeket, de a végső összehasonlításhoz kiindulást biztosított.

Csomópont típusa	Összterület [m ²]*	Csomóponti terület [m ²]**	Csomóponti terület/Összterület[%]	Közelítő költség [millió Ft]***
Jelzőtáblás 1	1900	500	26,3	24
Jelzőtáblás 2	4400	1400	31,8	57
Egysávos körforgalom	2400 (2800)	1000 (550)	35,7 (22,9)	32
Turbó körforgalom 1	4700 (5300)	1800 (1200)	34 (25,5)	62
Turbó körforgalom 2	5300 (6800)	3000 (1500)	44,1 (28,3)	70
Jelzőlámpás 1	3900	800	20,5	66
Jelzőlámpás 2	6500	1600	24,6	100

31. ábra Különböző geometriájú csomópontok területének táblázata

**Az összterület: a csomópont és a hozzá kapcsolódó utak, járműosztályozók 50 m hosszban (körforgalmak esetében a zárójelen belül a középszigettel vett terület).*

***Csomópont területe: ahol a járművek keresztező mozgása is történik (körforgalmak esetében a zárójelen belül a középszigettel vett terület).*

****A költség 15 cm aszfalt réteg, 20 cm Ckt, 20 cm fagyvédő réteg beépítésével, közúti jelzőtáblák, burkolati jelek felfestésének, a jelzőlámpával szabályozott csomópontok estén a fényjelzőkészülékek telepítésének költségével. Nem tartalmazza pl. az esetleges kisajátításnak, szegélyépítésnek, földmunkának, a tervezők és kivitelezők díjának, stb. költségét.⁵⁴*

A fényjelzőkészülékek telepítésének költsége nagyságrendileg 15 millió Ft,⁵⁵ de ez az összeg függ a csomópont bonyolultságától is (egy 2007-es amerikai tanulmány a fényjelző készülékek telepítésére 50 000-200 000 dollár közötti árat mond, attól függően mennyire bonyolult a csomópont, kereszteződés, ez mai árfolyamon nagyságrendileg 12-50 millió Ft-ot jelent).⁵⁶

⁵⁴ Forrás: BME UVT Úttervezés MSc.: Fajlagos beruházási költségek 2012. táblázat

⁵⁵ Forrás: Vállalkozási szerződés Zalaegerszeg városa és SIGNALTERV Forgalomtechnikai Kft. között, 2. oldal

⁵⁶ Forrás: Institute of Transportation Engineers [2007]: Traffic signals, 2. oldal

Fenntartási, üzemeltetési költségek

A fenntartási költségeket adhatják a rutinjellegű (rendszeres, rövid időközönként elvégzendő) munkák és hosszabb időközönként elvégzendő felújítások költségei (lekopott burkolati jelek újrafestése, lokális hibák javítása, kátyúzás, teljes burkolatcsere stb.). Idetartoznak még a téli útfenntartás különleges költségei is. Mivel a csomópontok területei általában erősen igénybevett területek (fékezések, gyorsítások miatt) így állapotuk nyomon követése fontos, a műszakilag indokolt beavatkozás elhalasztása költségnövekedést okoz.⁵⁷ Ezek a feladatok az összes típusnál felmerülnek, az egy csomópontra vetített költségük a csomópont méretétől függ.

Üzemeltetési költségek szempontjából a forgalomirányítás módja a legmeghatározóbb. Míg egy jelzőtáblával szabályozott csomópont vagy egy körforgalom esetében a költségeket csak a kihelyezett táblák megfelelő állapotának fenntartása, rongálás, elemi és baleseti károk következtében fellépő költségek jelentik. Egy jelzőlámpával szabályozott csomópont esetében ezeken kívül az üzemeltetési költségek tartalmazzák az áramfogyasztás, izzócserék, meghibásodás, a lámpák ellenőrzésének és az ezekhez kapcsolódó ügyeleti szolgálat és telefonkapcsolat biztosításának költségeit.⁵⁸ Ezen költségek leginkább a kiépítettségtől függnnek, pl. Lajosmizse városa 5 jelzőlámpás csomópont (köztük 2 jelzőlámpás gyalogosátkelő) áramfogyasztását kb. 1,5 millió Ft-ban állapítja meg, és a közút kezelőjével együtt kb. 2,5 millió Ft-ot fizet évenként az üzemeltetéssel kapcsolatban.⁵⁹ Ugyanezekre a tételekre Felsőlajos városának és a közút kezelőjének költségei, kb. 180 ezer Ft, illetve kb. 640 ezer Ft, igaz itt csak egy jelzőlámpás gyalogos átkelő üzemeltetéséről van szó.⁶⁰ Az összegek és a telepített lámpák száma alapján egy-egy lámpa áramfogyasztása 30 ezer Ft körül alakul, és átlagosan 50-100 ezer Ft-ba kerül lámpánként az üzemeltetéssel kapcsolatos feladatok ellátása (6 db lámpa – 640 ezer Ft, 54 db lámpa – 2,5 millió Ft). Jelzőlámpával szabályozott körforgalmú csomópontok esetén mind a körforgalom mind a jelzőlámpás irányítás üzemeltetési költségeivel is számolni kell. A költségek együttes értéke átlagosan 450 ezer Ft jelzőtáblás és 1,2 millió Ft jelzőlámpás irányítás mellett (amerikai tanulmány szerint⁶¹, mai árfolyamon Ft-ra átváltva).

⁵⁷ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 23. dia

⁵⁸ Forrás: Lajosmizse Önkorm. - Forgalomirányító jelzőlámpák üzemeltetésével kapcsolatos megállapodás, 2. oldal

⁵⁹ Forrás: u .a. mint ⁵⁸

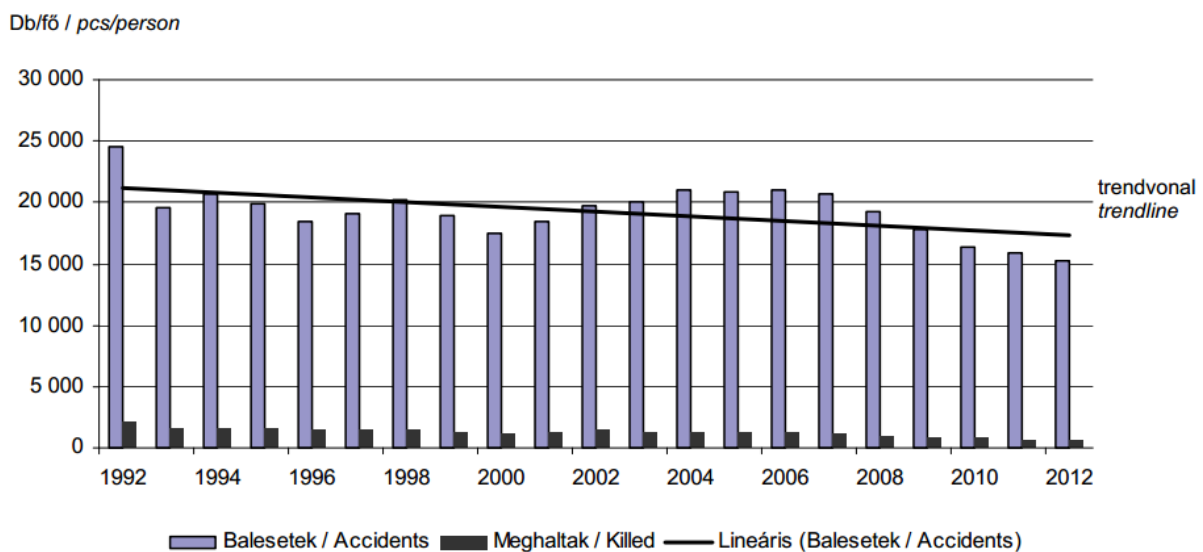
⁶⁰ Forrás: Felsőlajos Önkorm. - Forgalomirányító jelzőlámpák üzemeltetésével kapcsolatos megállapodás, 2. oldal

⁶¹ Forrás: Scott Alisoglu [2010]: Roundabouts v. Signalized Intersections: A Comprehensive Analysis, Kansas Government Journal, 212. oldal

IV.2. Közúti balesetek kárköltése

"A közúti biztonság fontos társadalmi probléma. 2009-ben több mint 35 000 ember halt meg az utakon az Európai Unióban, ami megfelel egy közepes méretű város lakosságának. A becslések szerint minden egyes halálesetre 4 maradandó károsodást (vagyis agykárosodást vagy gerincsérülést), 10 súlyos és 40 kisebb sérülést szenvedett sérült jut. A becslések szerint a társadalomnak mindez évente 130 milliárd eurójába kerül."⁶² A globális közúti baleseti statisztikák szerint közel 1,3 millió ember hal meg évente közúti balesetekben. További 20-50 millió ember sérül meg vagy válik rokkanttá. Az évente, a világban történt összes közúti baleset következtében keletkező károk összege 518 milliárd dollár, ami azt jelenti, hogy az országok éves GDP-jüknek 1-2%-át teszi ki a károk költsége.⁶³

Szerencsére a közúti balesetek száma csökkenő tendenciát mutat, köszönhetően az elmúlt években hozott intézkedéseknek.



32. ábra Közúti balesetek számának alakulása Magyarországon 1991-2012.⁶⁴

⁶² Forrás: Közúti közlekedésbiztonsági program 2011–2020: az intézkedések részletei [2010], legfontosabb számadatok

⁶³ Forrás: Association for Safe International Road Travel, legfontosabb számadatok

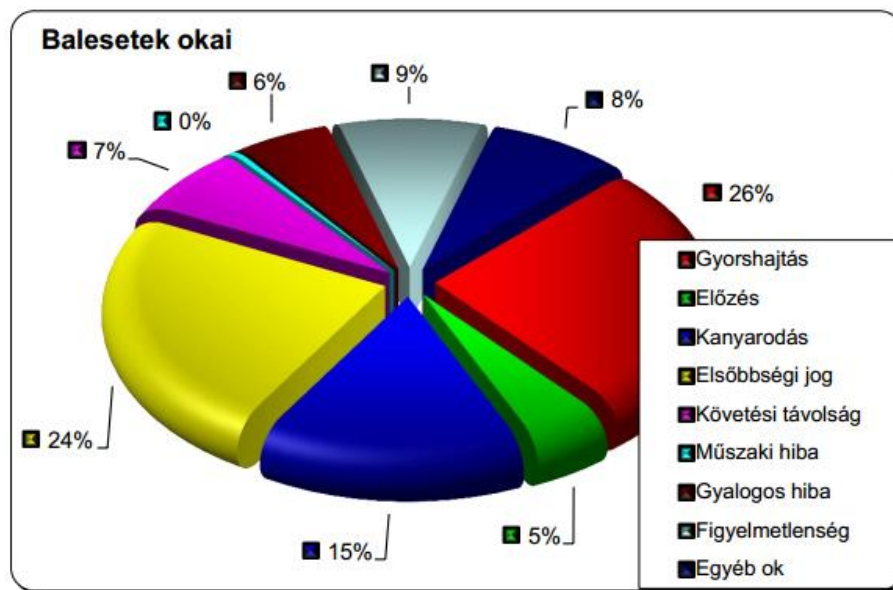
⁶⁴ Forrás: KSH: Közlekedési balesetek, 2012 statisztikája, 12. oldal

KSH baleseti statisztikáinak vizsgálata

Magyarországon a 2011-es évben összesen 15 827 db személyi sérüléssel járó baleset történt az utakon, melyek közül 4684 db történt csomópontokban, vagy közvetlen környezetükben. Ez azt jelenti, hogy a közúti személyi sérüléssel járó balesetek közel 30%-a az utak találkozásánál következik be. 600 db külterületen, 4084 db belterületen, így a belterületi balesetek arány több mint 83%.

A 2012-es évben összesen 15 174 db személyi sérüléssel járó baleset történt az utakon, melyek közül 4196 db történt csomópontokban, vagy közvetlen környezetükben. Ez azt jelenti, hogy a közúti személyi sérüléssel járó balesetek közel 28%-a az utak találkozásánál következik be. Külterületen 478 db, 3718 db belterületen, így a belterületi balesetek arány több mint 89%.

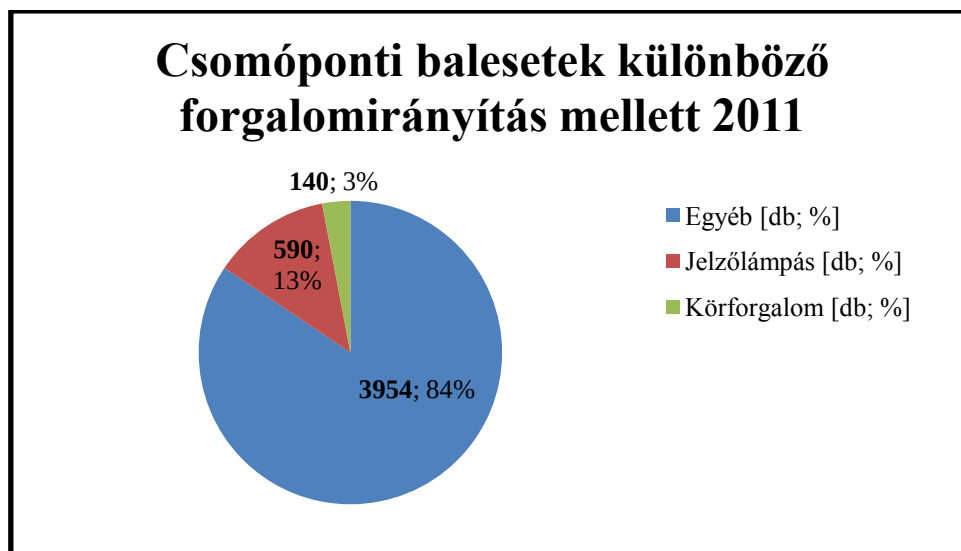
A balesetek közel negyede következik be az elsőbbség meg nem adásából, illetve szintén közel negyedének az oka a gyorshajítás.⁶⁵



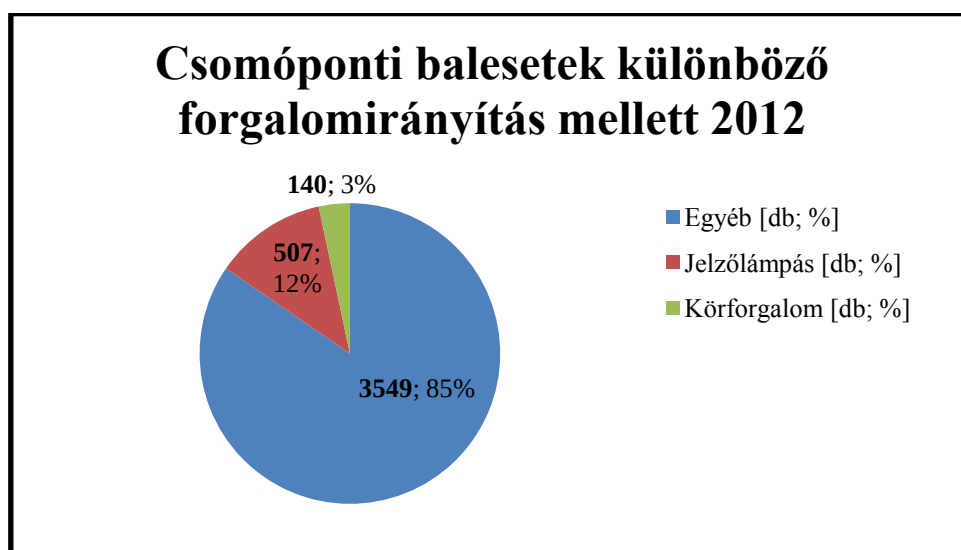
33. ábra Személyi sérüléssel járó közúti közlekedési balesetek okai 2012.01.-11.⁶⁶

⁶⁵ Forrás: ORFK: A személyi sérüléssel járó közlekedési balesetek alakulása 2012. I-XI. hónap, 13. oldal

⁶⁶ Forrás: ORFK: A személyi sérüléssel járó közlekedési balesetek alakulása 2012. I-XI. hónap, 13. oldal ábrája



34. ábra Csomóponti balesetek száma különböző forgalomirányítás mellett 2011.⁶⁷



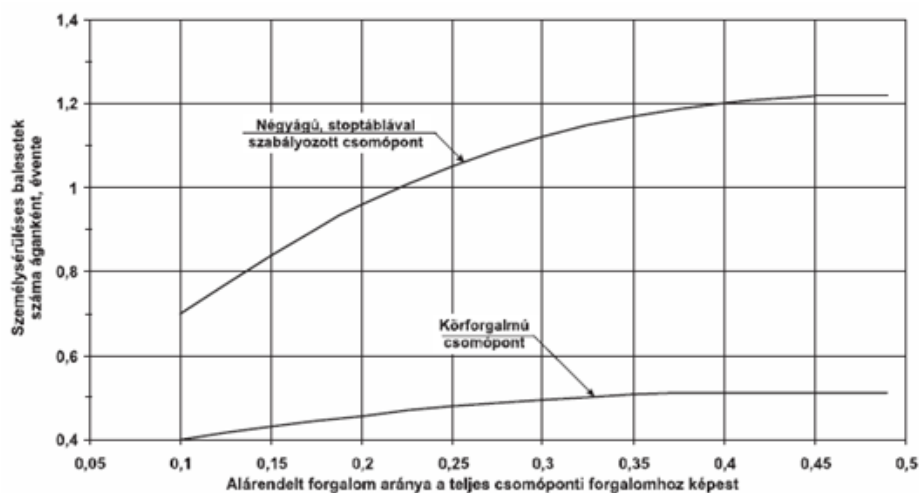
35. ábra Csomóponti balesetek száma különböző forgalomirányítás mellett 2012.⁶⁸

Látható, hogy a balesetek csupán 3%-a történik körforgalmú csomópontokban, a többi mind hagyományos, keresztezéses típusú csomópontban következik be. Még jelzőlámpás irányítás mellett is négyszer annyi baleset történik, mint a körforgalmú csomópontokban. Azonban azt is meg kell jegyezni, hogy a körforgalmú csomópontok száma Magyarországon ugyan folyamatosan nő, de a jelzőlámpával szabályozott csomópontok száma messze meghaladja azt, így a bekövetkezett balesetek számának eltérése részben ezzel is magyarázható (több csomópont, több jármű, nagyobb valószínűség a baleset bekövetkezésére).

⁶⁷Forrás: Saját készítésű diagram a KSH 2011. évi baleseti statisztikái alapján

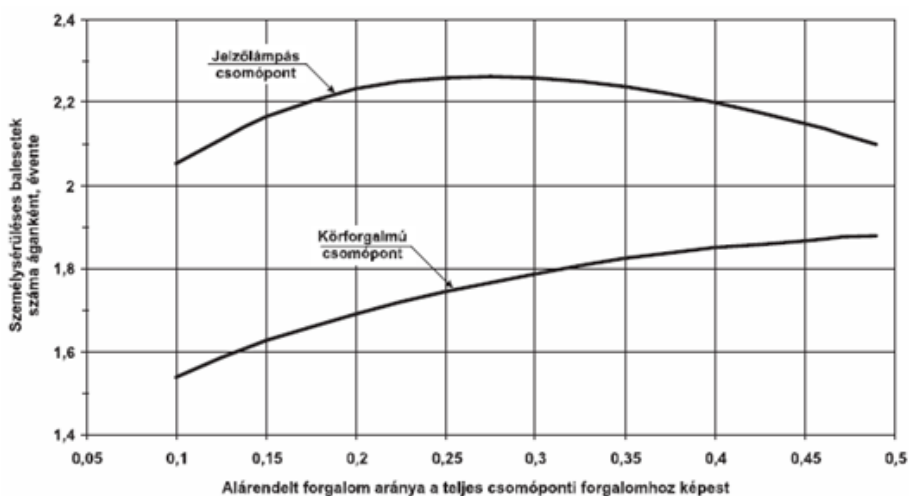
⁶⁸Forrás: Saját készítésű diagram a KSH 2012. évi baleseti statisztikái alapján

Az ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás balesetek számára vonatkozó része:



F.3. ábra – Balesetek a stoptáblás és a körforgalmú csomópontok esetében, teljes csomóponti forgalom: 8200 jármű/nap

36. ábra Balesetek száma különböző csomópont típusok szerint az alá és fölérendelt forgalom arányában 1. ⁶⁹



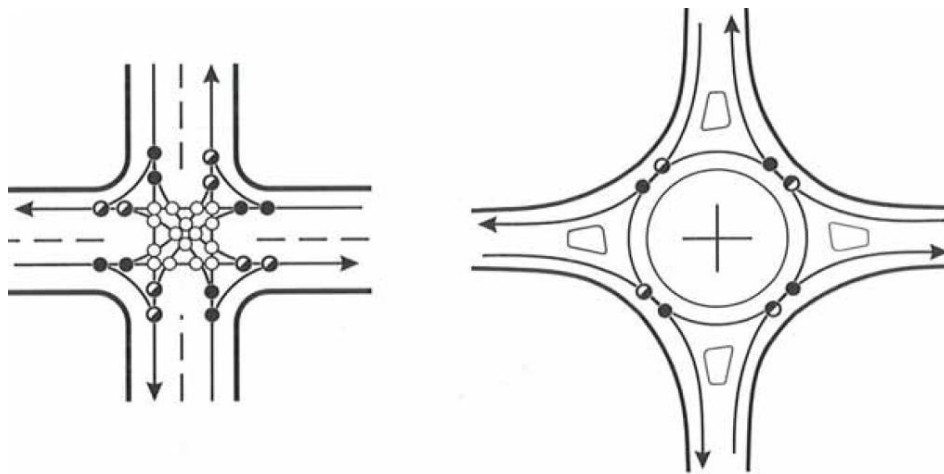
F.4. ábra – Balesetek a jelzőlámpás és körforgalmú csomópontok esetében, teljes csomóponti forgalom: 30 000 jármű/nap

37. ábra Balesetek száma különböző csomópont típusok szerint az alá és fölérendelt forgalom arányában 2. ⁷⁰

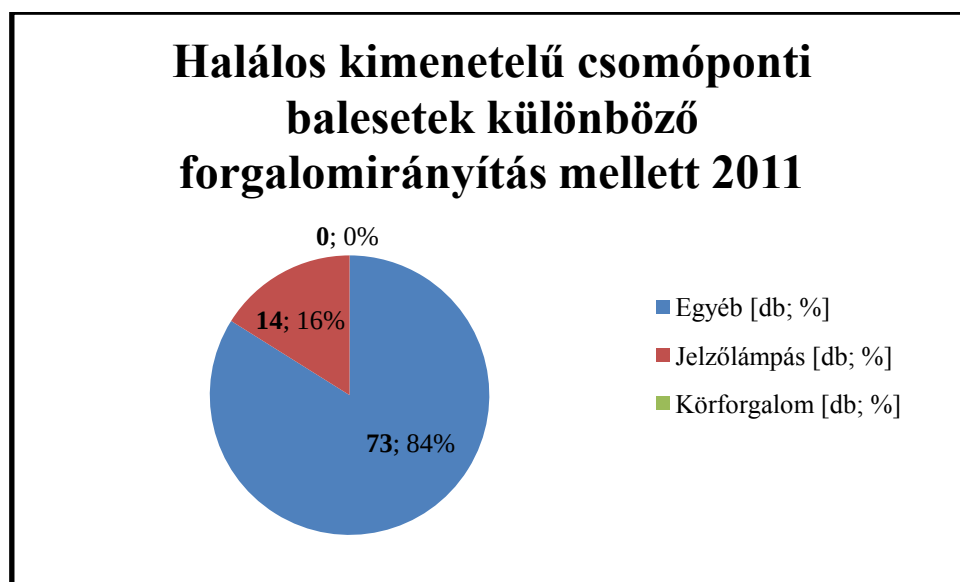
⁶⁹ Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás, Függelék, 58. oldal

⁷⁰ Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás, Függelék, 59. oldal

A grafikonokról is könnyen leolvasható, hogy a körforgalmú csomópontokban kevesebb baleset következik be, mint a többi, más típusú csomópontban. Ahogy fentebb láthattuk, a balesetek közel negyedének okozója a gyorsajtás. A körforgalom legnagyobb előnye közé tartozik, hogy a járműveket a sebességük csökkentésére kényszeríti, így jelentősen csökkenti a balesetek bekövetkezésének valószínűségét. Másik ok a geometria kialakításban keresendő. A hagyományos kereszteződésekben 32 db konfliktus pont található, míg a körforgalmakban ezek száma csupán 8 db.



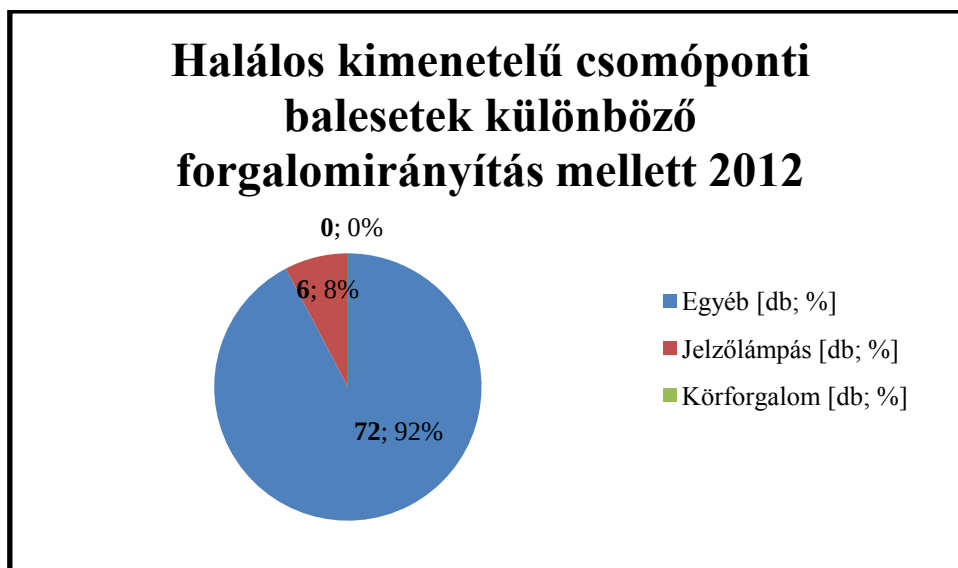
38. ábra Kereszteződés és körforgalom konfliktuspontjainak alakulás⁷¹



39. ábra Halálos kimenetelű csomóponti balesetek különböző forgalomirányítás mellett 2011.⁷²

⁷¹ Forrás: Mike McBride, James Brainard [2007]: Roundabouts - City of Carmel, 8. dia

⁷² Forrás: Saját készítésű diagram a KSH 2011. évi baleseti statisztikái alapján

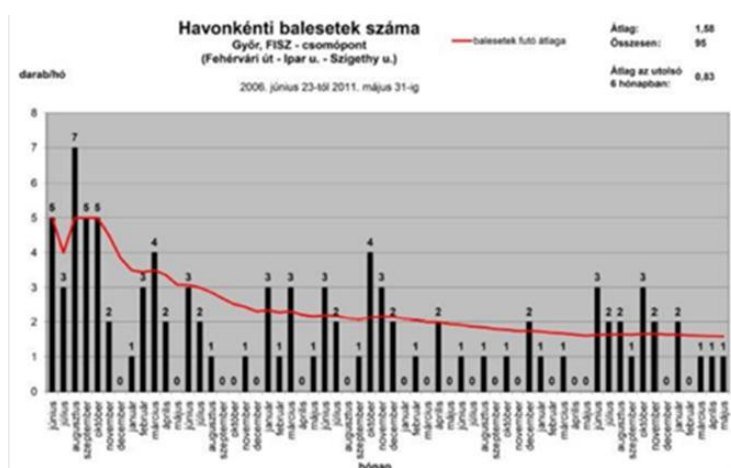


40. ábra Halálos kimenetelű csomóponti balesetek különböző forgalomirányítás mellett 2012.⁷³

A statisztikákból sajnos az is látszik, hogy a csomópontokban bekövetkező balesetek közel 2%-a halálos kimenetelű. Ezek nagy többsége az alacsonyabb szintű forgalomirányítású csomópontokban következik be. Szerencsére körforgalmakban eddig nem következett be ilyen kimenetelű baleset (alacsonyabb sebesség másik jótékony hatása).

Ezekből az adatokból is látszik, hogy ha mód van rá, miért előnyösebb a körforgalom alkalmazása, és miért alkalmazzák őket a baleseti gócpontok felszámolására.

Érdekesnek találom bemutatni a balesetek alakulást az újonnan átadott, a legtöbb autóvezetőnek ismeretlen győri jelzőlámpával szabályozott körforgalomban.



41. ábra Magyarország első jelzőlámpával szabályozott körforgalmú csomópontjának baleseti statisztikája⁷⁴

⁷³ Forrás: Saját készítésű diagram a KSH 2012. évi baleseti statisztikái alapján

⁷⁴ Forrás: Dr. Maklári Jenő [2011]: Jelzőlámpás körforgalom. Lehetőségek és korlátok, IFFK 2011, 78. oldal, 3. ábra

Az idő múlásával az autósok hozzászoknak a kezdetben szokatlan irányítási módhoz, így a balesetek száma fokozatosan mérséklődik.

Baleseti kárköltség meghatározása

A közúti balesetek, ahogy a fejezet legelején is megemlítem, komoly költséget okoznak a társadalomnak. Számos tanulmány foglalkozott azzal a témával, hogy miként lehetne ezen események következményeit pénzösszegben kifejezni, azaz, mekkora kár keletkezik egy emberi élet közúti balesetben való elvesztésekor.

Az egyik legátfogóbb, elérhető tanulmányt a témában, 2010-ben Tim Risbey, Mark Cregan és Hema De Silvaa, a BITRE Australia (Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics / Infrastruktúra, közlekedés és regionális gazdasági iroda) munkatársai készítették, A közúti balesetek társadalmi költségei címmel (Social cost of road crashes).

A közúti balesetekhez az alábbi költség komponenseket társították:⁷⁵

Halálozással kapcsolatban felmerülő költségek:

- Háztartási és munkahelyi veszteségek
- Életminőség változásának költsége
- Fájdalom, gyász, szenvedés
- Mentő, rendőrség, halottkém költsége
- Temetés költsége
- Munkahelyi átszervezés, pótlás
- Biztosítási adminisztráció, ügyintézés költsége

Sérüléssel kapcsolatban felmerülő költségek:

- Háztartási és munkahelyi veszteségek

⁷⁵ Forrás: Tim Risbey, Mark Cregan és Hema De Silvaa [2010]: Social cost of road crashes, részeinek fordítása

- Egészségügy kezelés költsége
- Fájdalom, szenvedés
- Mentő, vészhelyzeti szolgálat költsége
- Hosszú távú ápolás költsége
- Munkahelyi átszervezés, pótlás
- Biztosítási adminisztráció, ügyintézés költsége
- Jogi költségek
- Átképzési költségek

Járművekkel kapcsolatos és egyéb költségek:

- Járműjavítás és vontatás költsége
- Jármű használatának kiesése
- Időveszteség költsége
- Helyi levegőszennyezés egészségügyi vonzata
- Helyettesítő jármű költsége
- Járműbiztosítási adminisztráció, ügyintézés költsége
- Út eleminek helyreállítása
- Segélyszolgálat reagálása

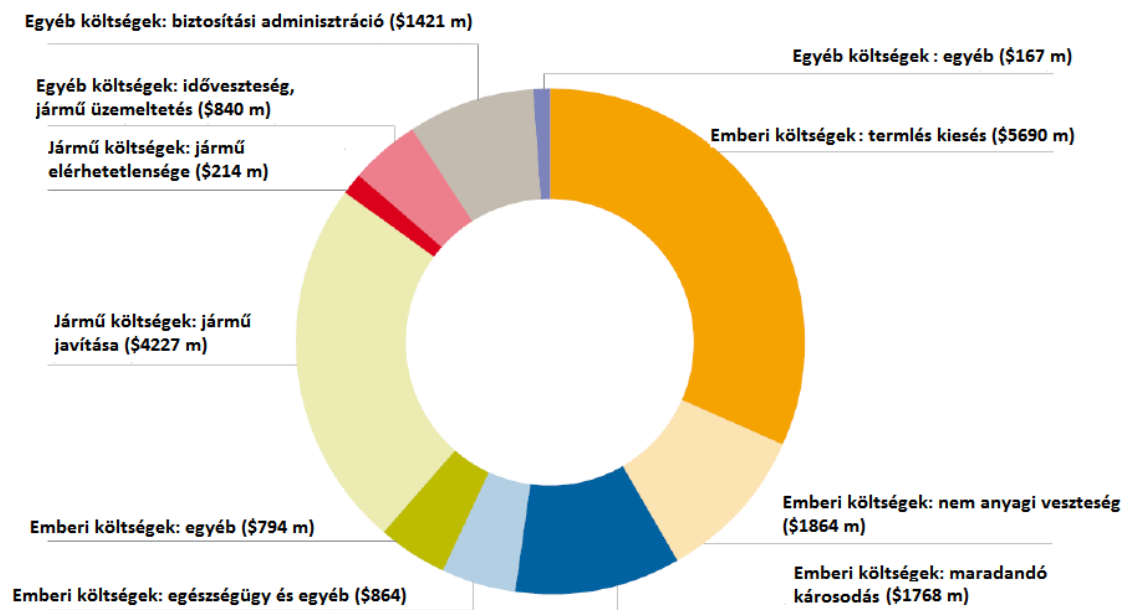
A tanulmány az átlagköltségeket a személyi sérülés súlyossága ⁷⁶ szerint osztályozza:

- Halálos: a baleset miatt 30 napon belüli elhalálozás
- Súlyos: kórházi ápolást igénylő, maradandó károsodást okozó baleset, ill. ha a halál 30 napon túl következik be
- Könnyű: kórházi ápolást nem igénylő, vagy, ha igen, gyorsan gyógyuló sérülést okozó baleset
- Csak anyagi kárral járó baleset

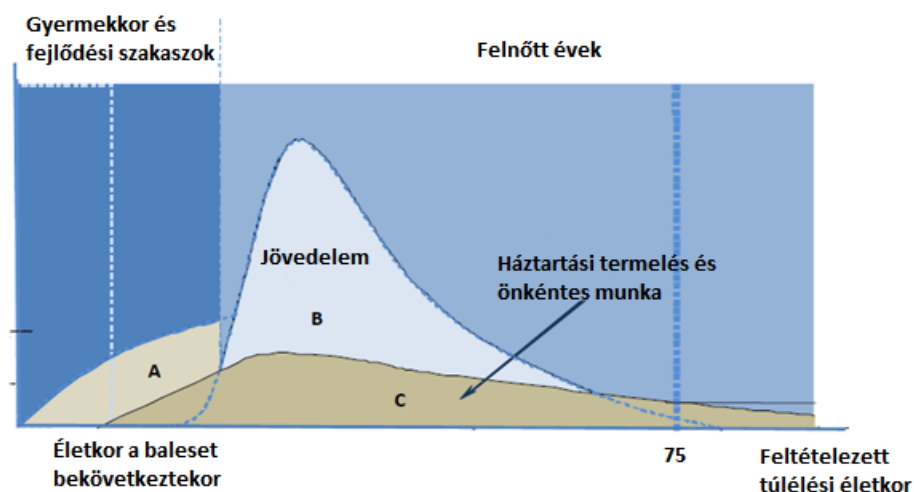
⁷⁶ Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 49. dia

A sérülés súlyossága szerinti kárköltségek:

- 2,67 millió dollár halálos kimenetelű balesetenként
- 266 000 dollár kórházi kezeléssel járó, súlyos balesetenként
- 14 700 dollár kórházi kezeléssel nem járó (könnyű) balesetenként
- 9950 dollár anyagi káros balesetenként



42. ábra Az egyes költségek egymáshoz viszonyított aránya Ausztráliában (2006) ⁷⁷



43. ábra A társadalomhoz való hozzájárulás arányainak változása az életkor változásával ⁷⁸

⁷⁷ Forrás: Tim Risbey, Mark Cregan és Hema De Silva [2010]: *Social cost of road crashes*, 12. oldal, diagram fordítása

⁷⁸ Forrás: Tim Risbey, Mark Cregan és Hema De Silva [2010]: *Social cost of road crashes*, 6. oldal, diagram fordítása

A tanulmány alapját képező 2006-os baleseti statisztikák alapján a teljes kárkötség a 2010-es ausztrál GDP 1,7%-át tette ki, 17,85 milliárd dollárt.

Magyarország GDP-je 2012-ben 28 276 milliárd Ft ⁷⁹ volt (59.-dik az országok 188-as GDP rangsorában ⁸⁰). A bekövetkezett személyi sérüléssel járó balesetek közül 2012-ben 541 db volt halálos, 4355 db volt súlyos és 10 278 db volt könnyű sérüléssel járó. Ha a BITRE kárkötség értékeivel kiszámoljuk a Magyarországon 2012-ben történt személyi sérüléssel járó balesetek kárösszegét, akkor közel 661 milliárd Ft jön ki mai árfolyamon (nem számolva az inflációval). Ez a magyar GDP 2,34%-át jelenti, úgy hogy az összeg nem tartalmazza a csak anyagi kárral járó balesetek kárösszegét. Belátható tehát, hogy ezek az egységnyi értékek Magyarország esetében túlzóak. Ezt igazolják a magyar és ausztrál gazdaság közötti különbségek is (Ausztrália 12.-dik a GDP listán). Egy spanyol tanulmányban az alacsony bevételű országokra a GDP 1%-ában állapítják meg a baleseti kárkötségek összegét. ⁸¹

A KTI által készített számítások szerint a fajlagos baleseti kárkötségek Magyarországon a 2000. évi árszinten: ⁸²

- 61 millió Ft halálos kimenetelű balesetenként
- 4,2 millió Ft kórházi kezeléssel járó (súlyos) balesetenként
- 1 millió Ft kórházi kezeléssel nem járó (könnyű) balesetenként

A fajlagos baleseti kárkötségek 2012. évi árszinten (infláció figyelembevételével):

- 121 millió Ft halálos kimenetelű balesetenként
- 8,3 millió Ft kórházi kezeléssel járó (súlyos) balesetenként
- 2 millió Ft kórházi kezeléssel nem járó (könnyű) balesetenként

Ha az új kárkötség értékeivel kiszámoljuk a Magyarországon 2012-ben történt személyi sérüléssel járó balesetek kárösszegét, akkor több mint 122 milliárd Ft jön ki 2012. évi árfolyamon. Ez a magyar GDP 0,43%-át jelenti, úgy hogy az összeg nem tartalmazza a csak anyagi kárral járó balesetek kárösszegét.

⁷⁹ Forrás: KSH

⁸⁰ Forrás: Wikipédia -List of countries by GDP (nominal)

⁸¹ Forrás: A García-Altés, K Pérez [2007]: The economic cost of road traffic crashes in an urban setting

⁸² Forrás: Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadása, 53. dia

A kárköltségek felhasználása

A Szolnok, Debreceni út - Alcsiszigeti út csomópontjánál 2001-2010 között összesen 112 baleset történt, 7 halálos, 18 súlyos, 21 könnyű, 66 anyagi káros. Ezek kárköltsége a magyar kárköltség értékeinek használatával 1,04 milliárd Ft a 10 év alatt (csak anyagi káros balesetek nélkül). Ezzel szemben az ebben a csomópontban épített turbó körforgalom építési költsége 430 millió Ft volt.⁸³ A 3. számú főút és a 3105. jelű út kereszteződésénél lévő Bagi csomópontban, 4 év alatt 2 halálos 5 súlyos 3 könnyű baleset történt. Ezek kárköltsége 290 millió Ft (csak anyagi káros balesetek nélkül) szemben az építési költség 674 millió Ft-jával.⁸⁴ Láthatjuk, hogy a beruházási költségek jelentős részét a megépítés előtti évek kárköltségében "kifizetik". A 2012-es balesetek 28%-a történt csomópontokban, a kárköltség rájuk eső része kb. 23 milliárd Ft volt. Az azt jelenti, hogy az előző fejezetben számolt körforgalmak építési beruházásának átlagárával számolva (NIF - 130 millió Ft), a kárköltség összegében több mint 170 db balesetveszélyes csomópontot lehetett volna biztonságosabbá átépíteni (jelenleg 23 csomópont átépítésének előkészületei zajlanak közel 4,3 milliárd Ft értékben).⁸⁵

⁸³ Forrás: [NIF](#)

⁸⁴ Forrás: [godolloihirek.hu](#)

⁸⁵ Forrás: KÖZOP-3.5.0-09-11-2011-0015 [Baleseti gócpontok megszüntetésének előkészítése](#)

IV.3. Kapacitással összefüggő költségek

A csomópontok kapacitása és a forgalom nagysága határozza meg a forgalomminőség szintjét. Ha nő a forgalom és közelítjük a kapacitás maximumát, akkor csökken a forgalomminőség szintje, csökken a szolgáltatás színvonala, ami forgalmi torlódásokhoz vezet.



44. ábra A forgalmi torlódások költségei ⁸⁶

A vizsgálathoz szükséges alapadatokat a már említett 7 db csomóponti modellel végzett számítások szolgáltatották. A modellekben a forgalom összetétele csak személygépkocsikból állt, így a kapacitási eredmények mind E/h mértékegységben lettek meghatározva. Gyalogos forgalommal nem számoltam. A 7 db csomópont közül 2 db jelzőtáblával szabályozott, 3 db körforgalom (1 db egysávos, 2 db turbó) és 2 db jelzőlámpával szabályozott. A két jelzőlámpás irányítású csomópontonál készült 60 mp-es és 90 mp-es fázisterv is. A nagyobb méretű turbó körforgalmat jelzőlámpás irányítás mellett is megvizsgáltam, így ehhez alapprogram szintén készült. Így összesen 10 db "különböző" csomópont képezte a mérések alapját (lásd III.—XV. melléklet).

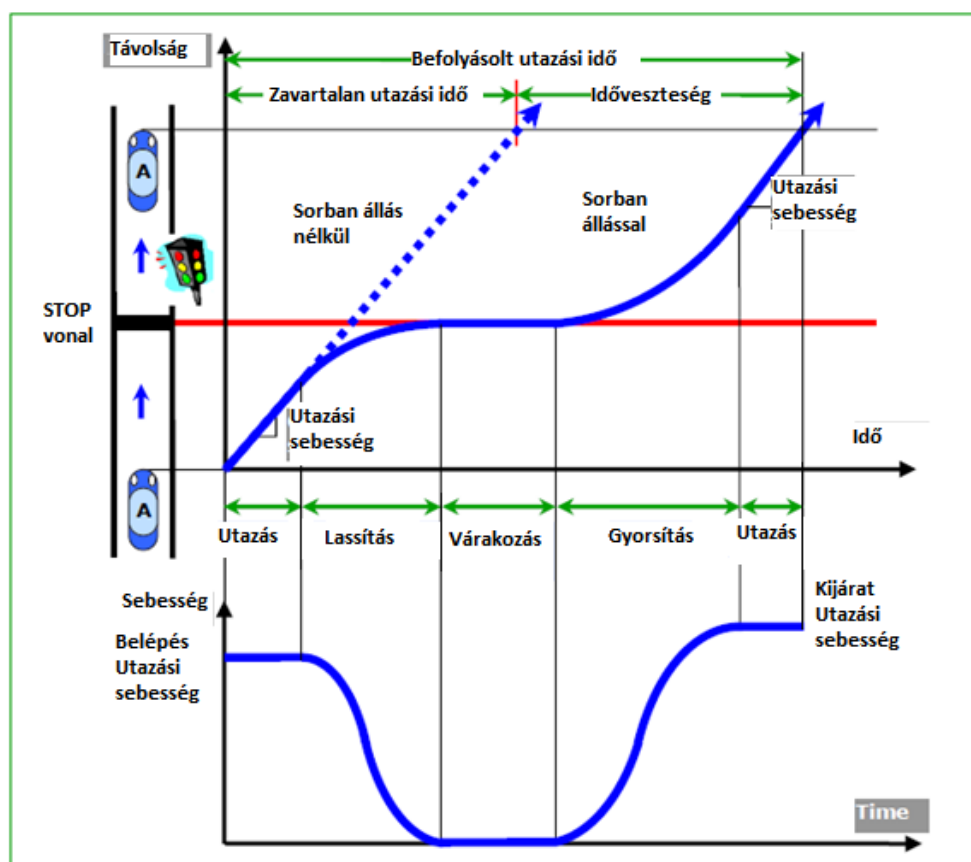
A beállítások megfelelőségének ellenőrzéséhez 1600 E/h szimmetrikus forgalom mellett a csomópontok kapacitászámítására vonatkozó útügyi műszaki leírások alapján kiszámoltam a Jelzőtáblás 1 (III. melléklet) és az Egysávos körforgalom (V. melléklet)

⁸⁶ Forrás: Erhart Szilárd [2007]: A budapesti közlekedési dugók okai és következményei, *Közgazdasági Szemle*, LIV. évf., 2007. május (435–458. o.), 453. oldal, 7. ábra

átlagos idővesztését, majd összehasonlítottam a szimulációs modell által mért értékekkel. Ezek a jelzőtáblás csomópont esetében: 19 mp (számolt), 18 mp (mért). A körforgalom esetében: <10 mp (számolt), 2,8 mp (mért). Természetesen ez nem tekinthető a modellek teljes körű validálásának, de a dolgozat méréseinek elvégzéséhez elegendő.

Utazási idő (idővesztések) emelkedésének költsége

Az egyes csomópont típusok közötti időköltség különbségek meghatározását a járművek átlagos idővesztése (utazási idő növekedése) alapján végeztem.



45. ábra Az idővesztés értelmezése ⁸⁷

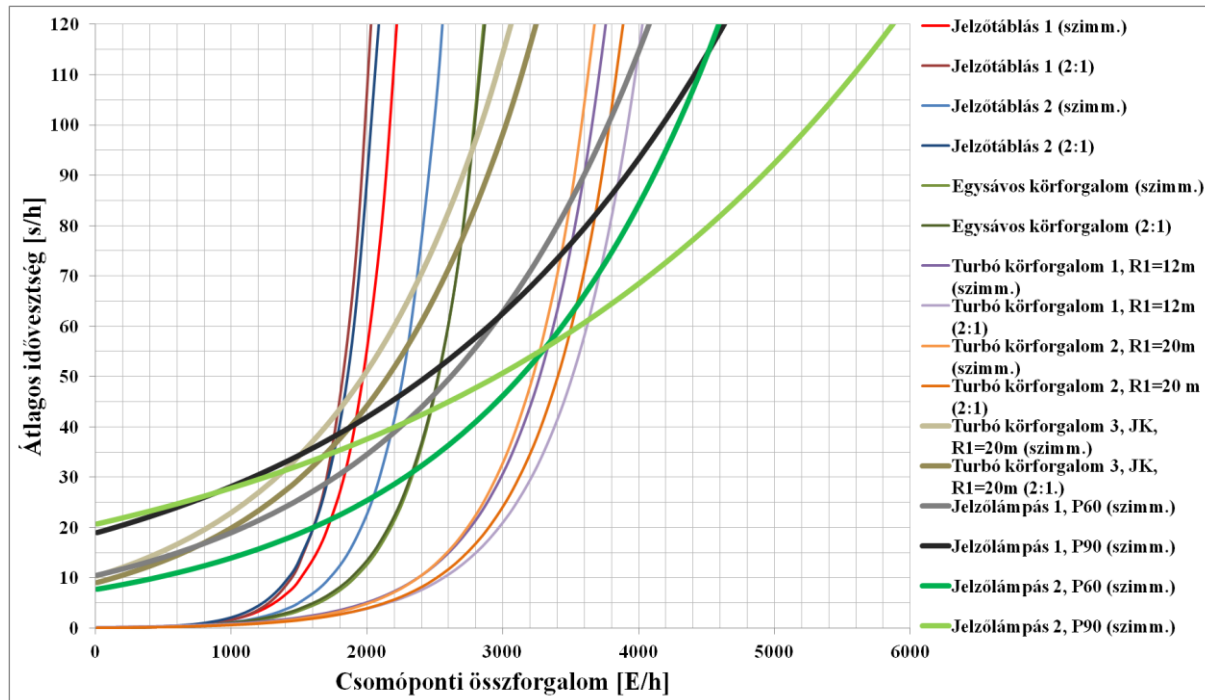
Az járművenkénti átlagos idővesztése a mikroszimulációs modellekkel végzett mérésekkel meghatározható. A mérések minden esetben a teljes csomóponti forgalom átlagos idővesztésének meghatározására irányultak, különböző forgalomnagyságok mellett.

⁸⁷ Forrás: Rahmi Akçelik [2006]: *Operating cost, fuel consumption and pollutant emission savings at a roundabout with metering signals*, 8. oldal 1. ábra fordítása

A vizsgálat menete a következő volt:

1. Adott csomópont típus kiválasztása (lásd III.—XV. melléklet)
2. Különböző forgalmak mellett, különböző forgalomgenerálási együttható mellett, mérések indítása azonos modellszintű beállítások mellett (a beérkező forgalom minden irányból 1:2:1 arányban haladt tovább balra, egyenesen és jobbra, lásd I. és II. melléklet).
3. Mérési eredmények összegyűjtése, majd az összetartozó pontpárok koordináta rendszerben való ábrázolása (Excel).
4. A kapott pontokra közelítő exponenciális trendvonal illesztése, egyenletének meghatározása (Excel).
5. A kapott egyenletbe tetszőleges csomópont forgalomnagyságok behelyettesítése.
6. A csomópont típusonként összetartozó pontpárok ábrázolása egy közös koordináta rendszerben.

A mérési eredmények



46. ábra A csomópont összforgalma és járművenkénti átlagos idővesztés összefüggése különböző csomópont típusoknál

Az ábra tartalmazza a szimmetrikus forgalomterhelés mellett (lásd I. melléklet) a 2-szeres nagyságú főirányú forgalomterhelés mellett (lásd II. melléklet) végzett mérések eredményeit is (jelzőlámpás csomópontoknál csak a periódusidőbeli eltérés lett vizsgálva, kivétel jelzőlámpás körforgalomnál, ott egy alapprogram van).

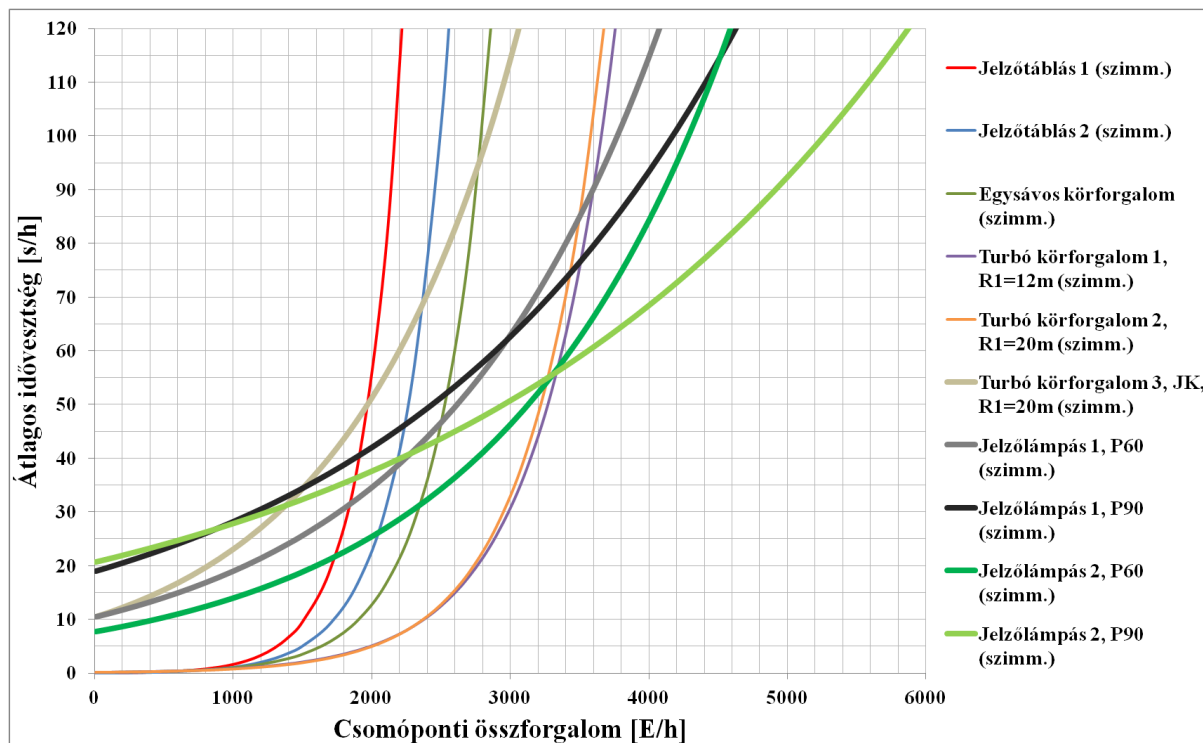
Az ábra alapján láthatjuk, hogy a jelzőlámpával szabályozott csomópontok esetében az időveszteség növekedése egyenletesebben alakul a forgalom növekedésével párhuzamosan. Fix programos irányítás miatt akkor is megáll a forgalom, amikor az nem lenne szükséges, így ezeknél az időveszteség értékek egy konstans értékről indulnak, nem az origóból. A jelzőlámpa nélküli csomópontok esetében az időveszteség értékei az origóból indulnak, mivel itt az alacsonyabb forgalom mellett zavartalan(abb) a továbbhaladás a csomóponton keresztül. Azonban ha a forgalom nagysága kezdi megközelíteni a csomópont kapacitáshatárát, az időveszteségek meredeken növekedni kezdenek.

A jobb összehasonlíthatóság érdekében az időveszteség költségének számításához csak a szimmetrikus forgalomterhelés mellett mért eredmények lettek felhasználva.

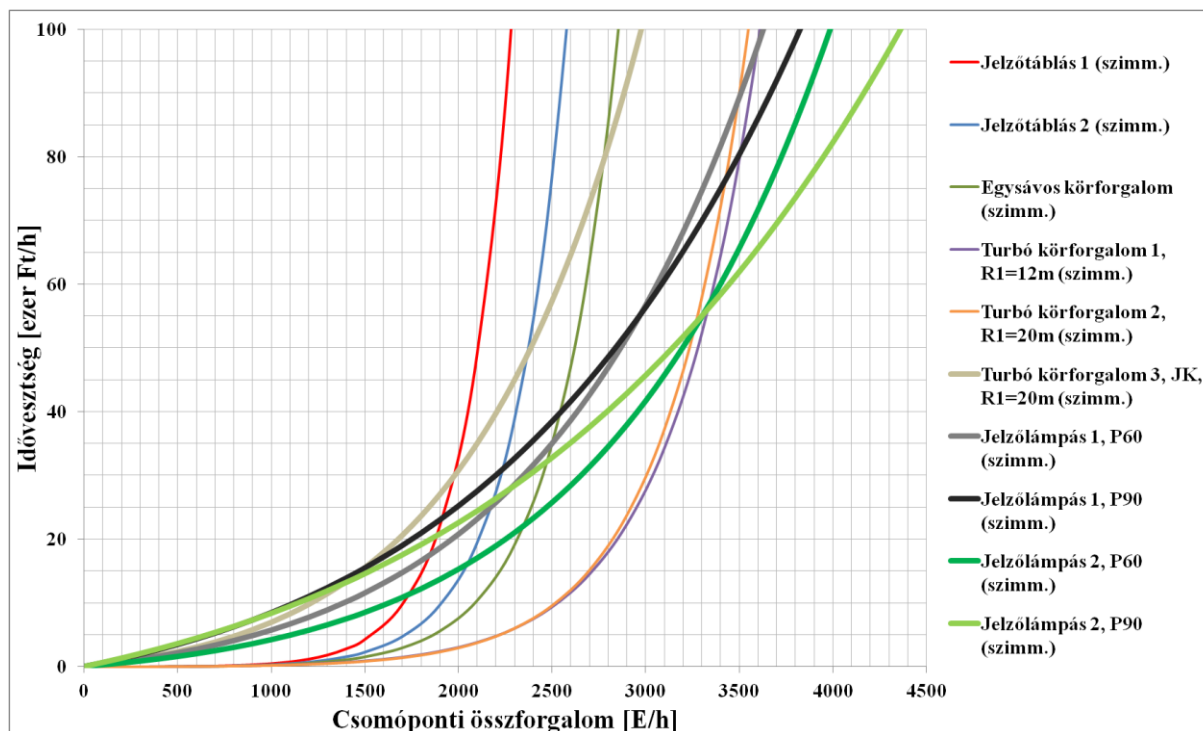
A költségek óra értékben lettek kiszámolva, a magyarországi nettó 900 Ft-os átlagórabér (a magyarországi nettó átlagkereset havi 151 100 Ft-os értékével⁸⁸, és 168 munkaórás hónappal számolva) és az átlagos utasszám (1,2 fő/jármű⁸⁹) figyelembevételével.

⁸⁸ Forrás: Gazdasági Rádió KSH adatai alapján

⁸⁹ Forrás: VEKE



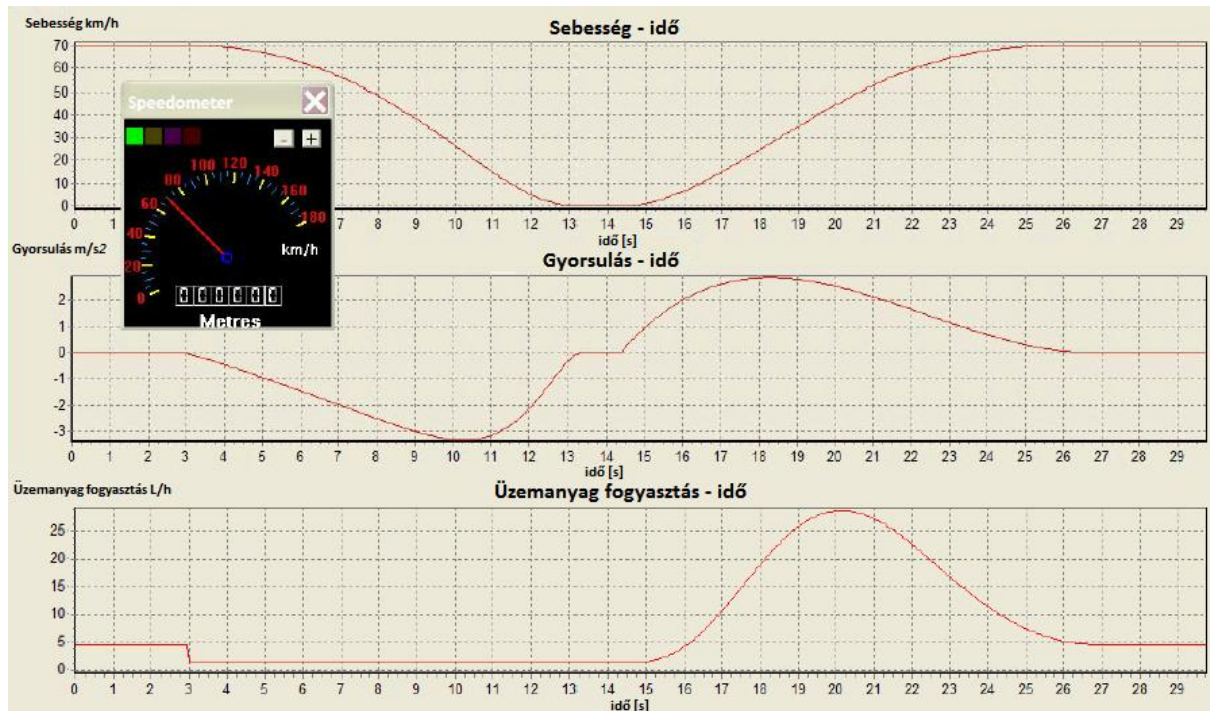
47. ábra A csomópont összforgalma és járművenkénti átlagos idővesztés összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett



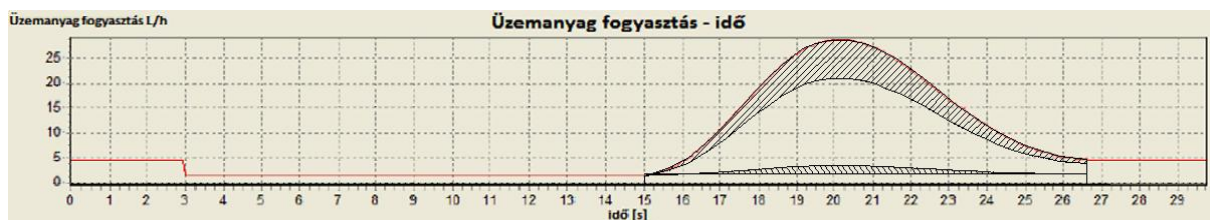
48. ábra A csomópont összforgalma és az idővesztés költsége közötti összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett

Energiaköltségek és környezetszennyezés növekedése

A 49. ábra egy ausztrál tanulmányban szerepel⁹⁰, ahol szimulációs mérésekkel határozták meg az üzemanyag fogyasztás alakulását a sebesség és gyorsulás értékek változásával párhuzamosan.



49. ábra Üzemanyag fogyasztás alakulása a sebességgel, gyorsulással összefüggésében 1.⁹¹



50. ábra Üzemanyag fogyasztás alakulása a sebességgel, gyorsulással összefüggésében 2.⁹²

Az ábra alapján látható, hogy a fajlagos fogyasztás az álló helyzetből történő elindulással párhuzamosan megnő, így megállapíthatjuk, hogy a mértékadó üzemanyag fogyasztás a megállások és az újbóli elindulások számával függ össze.

⁹⁰ Forrás: Rahmi Akçelik, Mark Besley [2003]: Operating cost, fuel consumption and emission models in aaSIDRA and aaMOTION

⁹¹ Forrás: Rahmi Akçelik, Mark Besley [2003]: Operating cost, fuel consumption and emission models in aaSIDRA and aaMOTION, 12. oldal 6.2 ábra részfordítása

⁹² Forrás: U.S. Energy Information Administration és Rahmi Akçelik, Mark Besley [2003]: Operating cost, fuel consumption and emission models in aaSIDRA and aaMOTION, 3. oldal

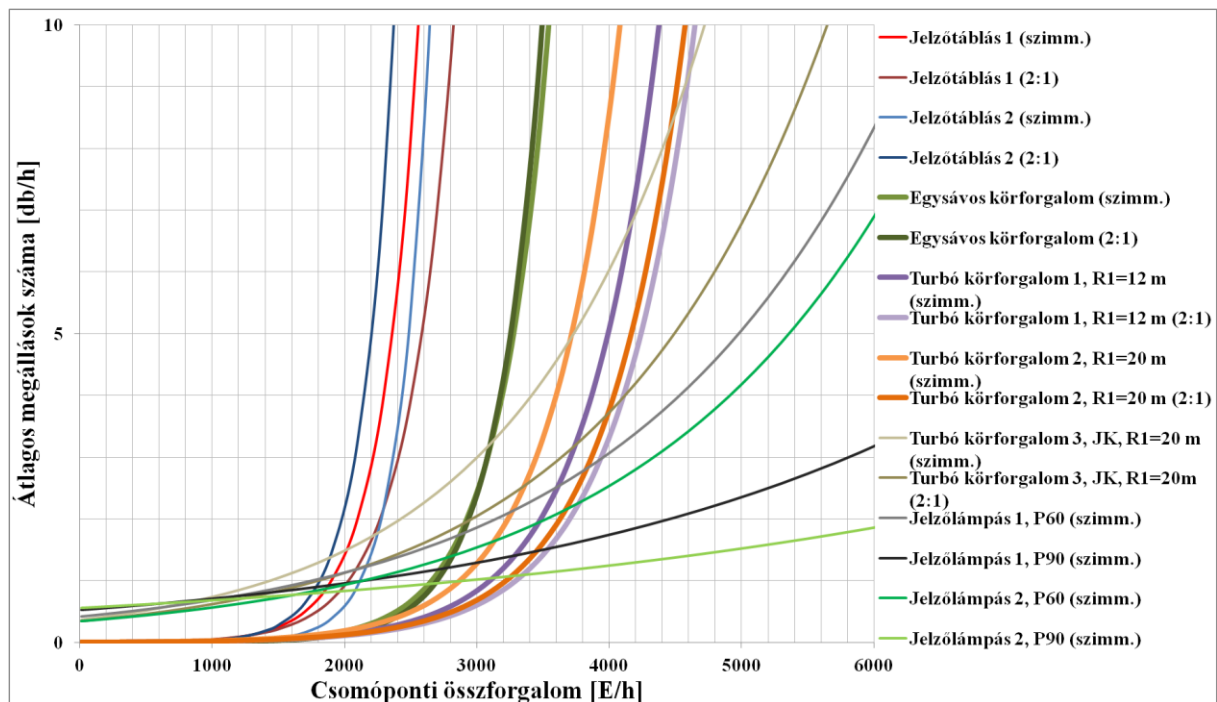
Az ábra összefüggései alapján számolható az üzemanyag fogyasztás átlagos értéke a megállások arányában. Az így kapott átlagérték:

- Üzemanyag fogyasztás: 0,03 L/megállás, ha a jármű az elindulást követően eléri az utazási sebességet (modell beállítás, 50 km/h)
- Üzemanyag fogyasztás: 0,003 L/megállás, ha a jármű a kialakult sorban halad előre (modell beállítás, 5 km/h)

CO₂ kibocsátás nagyságát a könnyű gépjárművekre vonatkozó 2,5g/ml⁹³ üzemanyag emissziós értékkel számolhatjuk.

A költségek számításának menete megegyezik az idő költség meghatározásnál ismertetett lépésekkel, annyi eltéréssel, hogy nem a járműenkénti idővesztés, hanem az átlagos megállások száma kerül meghatározásra.

A mérési eredmények

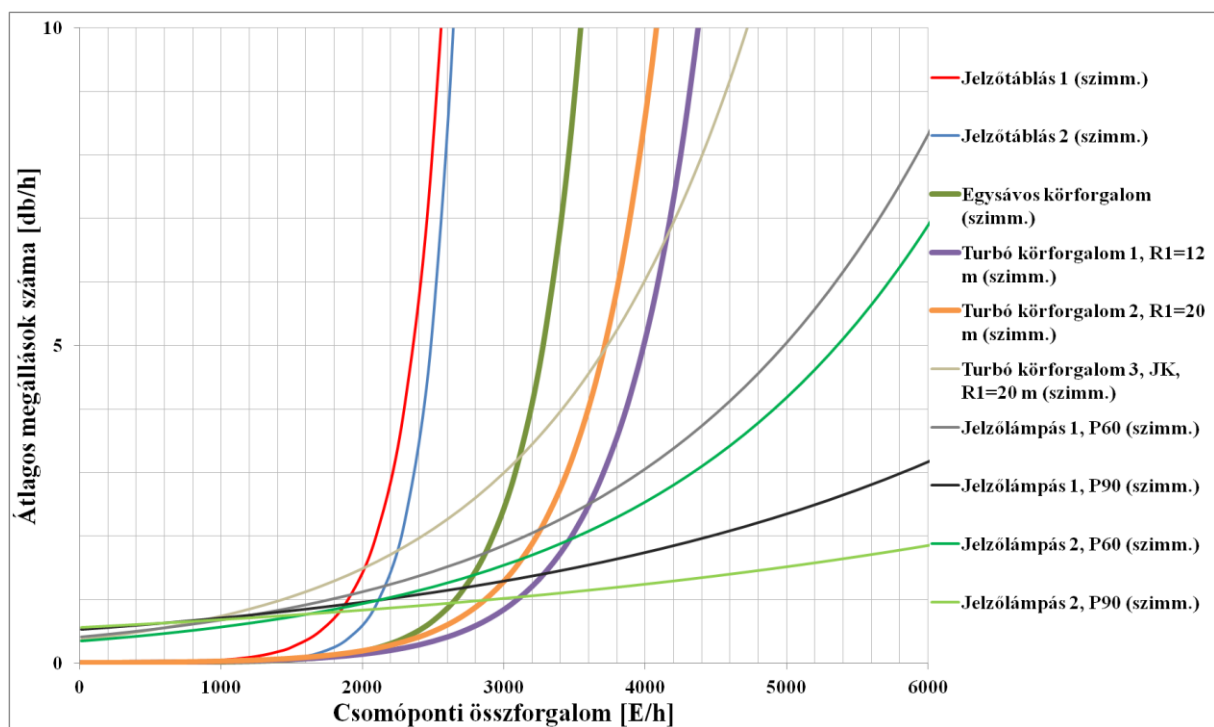


51. ábra A csomópont összforgalma és járműenkénti átlagos megállások száma közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál

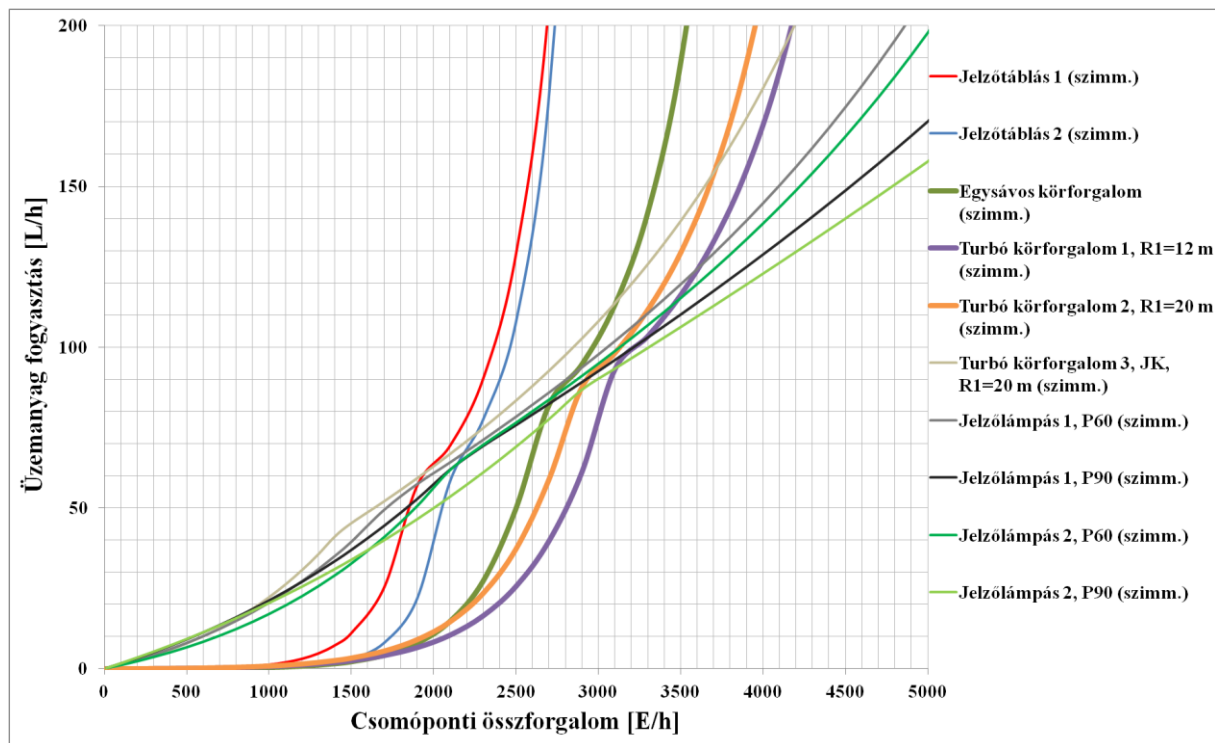
⁹³ Rahmi Akçelik, Mark Besley [2003]: Operating cost, fuel consumption and emission models in aaSIDRA and aaMOTION, 3. oldal, 2.1 táblázat

Az összetartozó megállási és idővesztés görbék alakjai hasonlóan alakulnak, ugyanazokat lehet elmondani róluk, mint az idővesztés görbéinél. Az ábra alapján láthatjuk, hogy a jelzőlámpával szabályozott csomópontok esetében a megállások számának emelkedése egyenletesebben alakul a forgalom növekedésével párhuzamosan. Fix programos irányítás miatt akkor is megáll a forgalom, amikor az nem lenne szükséges, így ezeknél a megállások számának értékei egy konstans értékről indulnak, nem az origóból. A jelzőlámpa nélküli csomópontok esetében a megállások számának értékei az origóból indulnak, mivel itt az alacsonyabb forgalom mellett zavartalan(abb) a továbbhaladás a csomóponton keresztül. Azonban ha a forgalom nagysága kezdi megközelíteni a csomópont kapacitáshatárát, a megállások számának értékei meredeken emelkedni kezdenek.

A üzemanyag fogyasztási költségek jobb összehasonlíthatóság érdekében itt is csak a szimmetrikus forgalomterhelés mellett mért eredmények lettek felhasználva.

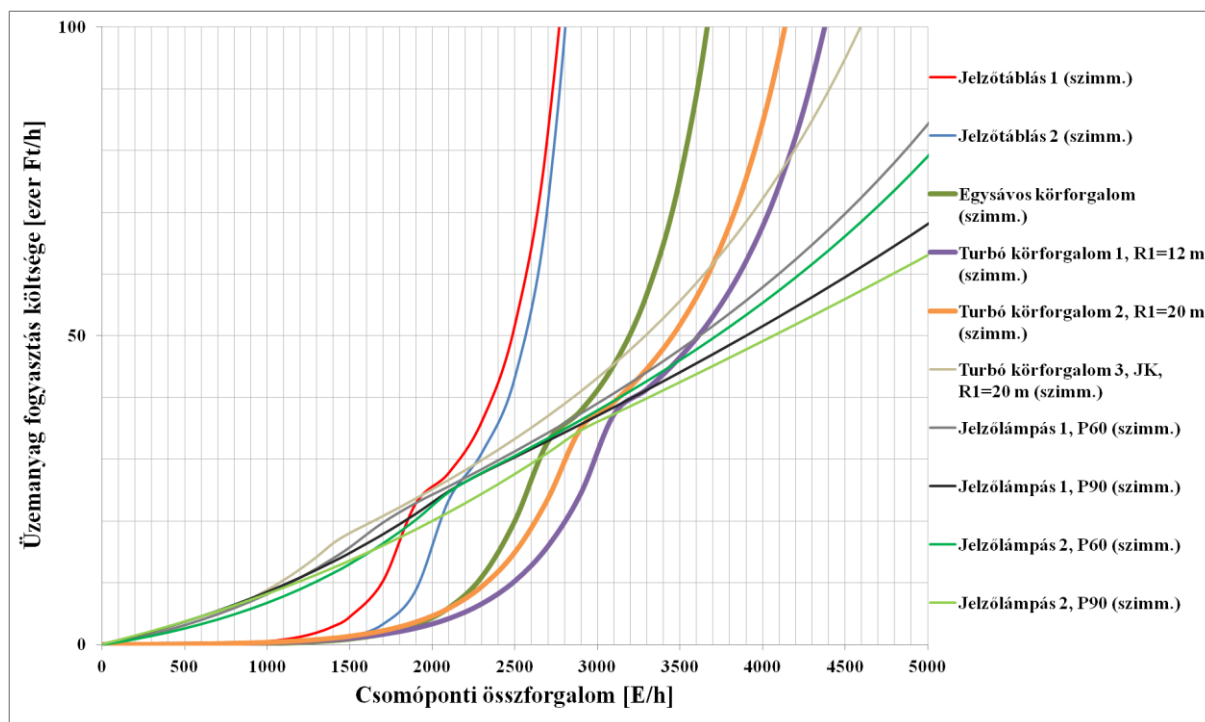


52. ábra A csomópont összforgalma és a járművenkénti átlagos megállások száma közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett

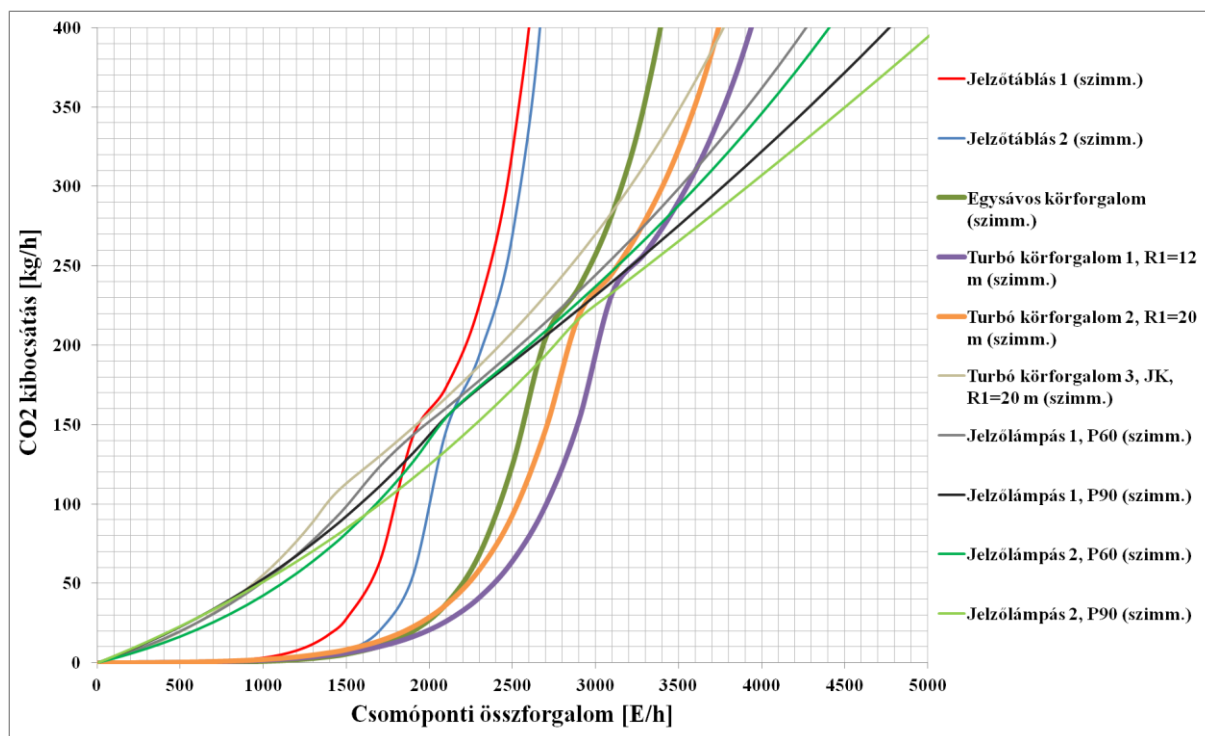


53. ábra A csomópont összforgalma és járművek üzemanyag fogyasztásának összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett

Az üzemanyag fogyasztási görbéken látható törések oka a két eltérő fajlagos üzemanyag fogyasztási átlagérték. A törés ott keletkezik, ahol a járművenkénti átlagos megállási szám eléri az 1-et (feltételezésem szerint az 1-es értékig a járművek minden megállást követően újból eléri az utazási sebességet, felette csak a kialakult sorokban haladnak előre). A számításnál 400 Ft-os literenkénti üzemanyag árral számoltam.



54. ábra A csomópont összforgalma és járművek üzemanyag fogyasztásának költsége közötti összefüggés különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett



55. ábra A csomópont összforgalma és a járművek éves CO₂ kibocsátásának összefüggése különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalomterhelés mellett

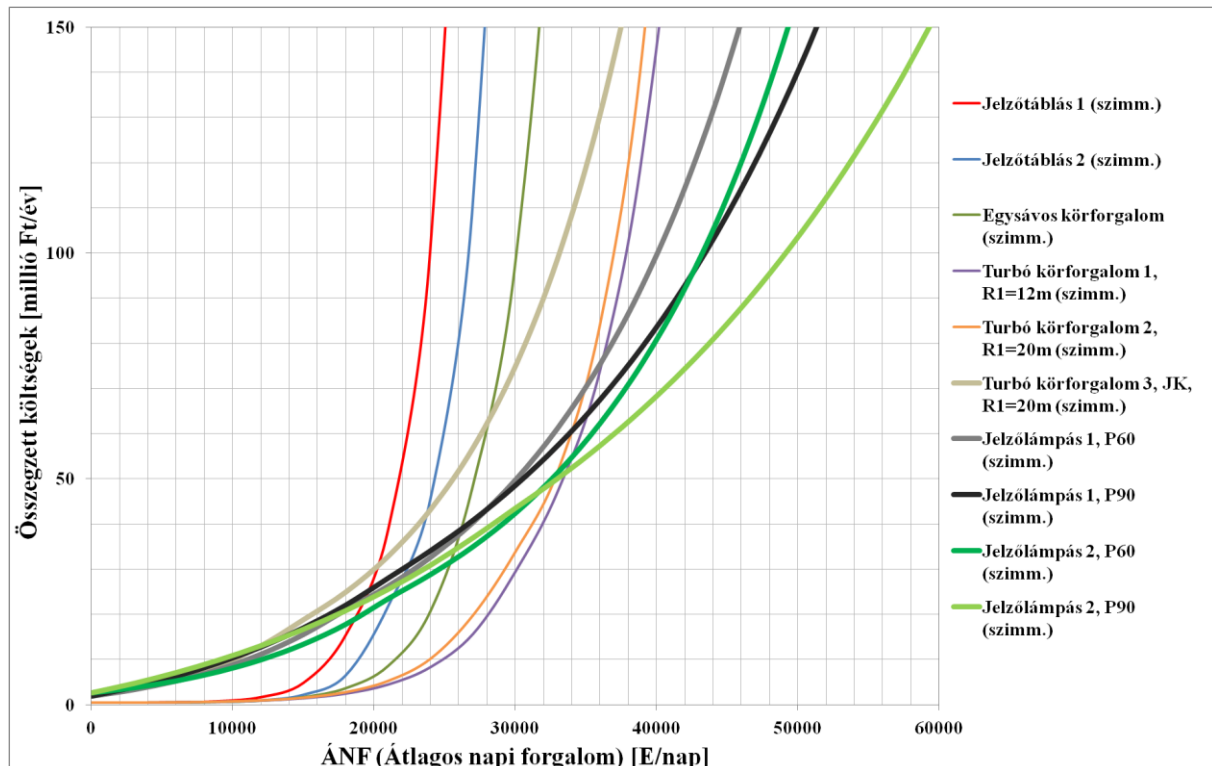
Látható, hogy a torlódásokkal összefüggésben jelentősen megnő a járművek idővesztése, párhuzamosan a csomóponton való áthaladáshoz szükséges megállások számával. Így jelentős kár keletkezik az úthasználóknál (időköltség, üzemanyagköltség), illetve jelentős mértékben megnövekszik a zaj és a szennyezőanyagok (a szén-dioxid mellett, még szén-monoxid, nitrogén-oxid, kén-dioxid stb. is alkotója a kipufogó gázoknak⁹⁴) emissziója, amik további költségeket generálnak az egészségre való negatív hatásuk következtében.

⁹⁴ Forrás: <http://www.tiszta.levego.hu/kozlekedes.html>

V. ÖSSZEGZÉS

A mérési eredményeket felhasználva elkészítettem a csomópontok éves összegzett költség függvényeit az átlagos napi forgalmuk függvényében (10%-os csúcsóratényező alkalmazásával).

Csúcsórai költségek



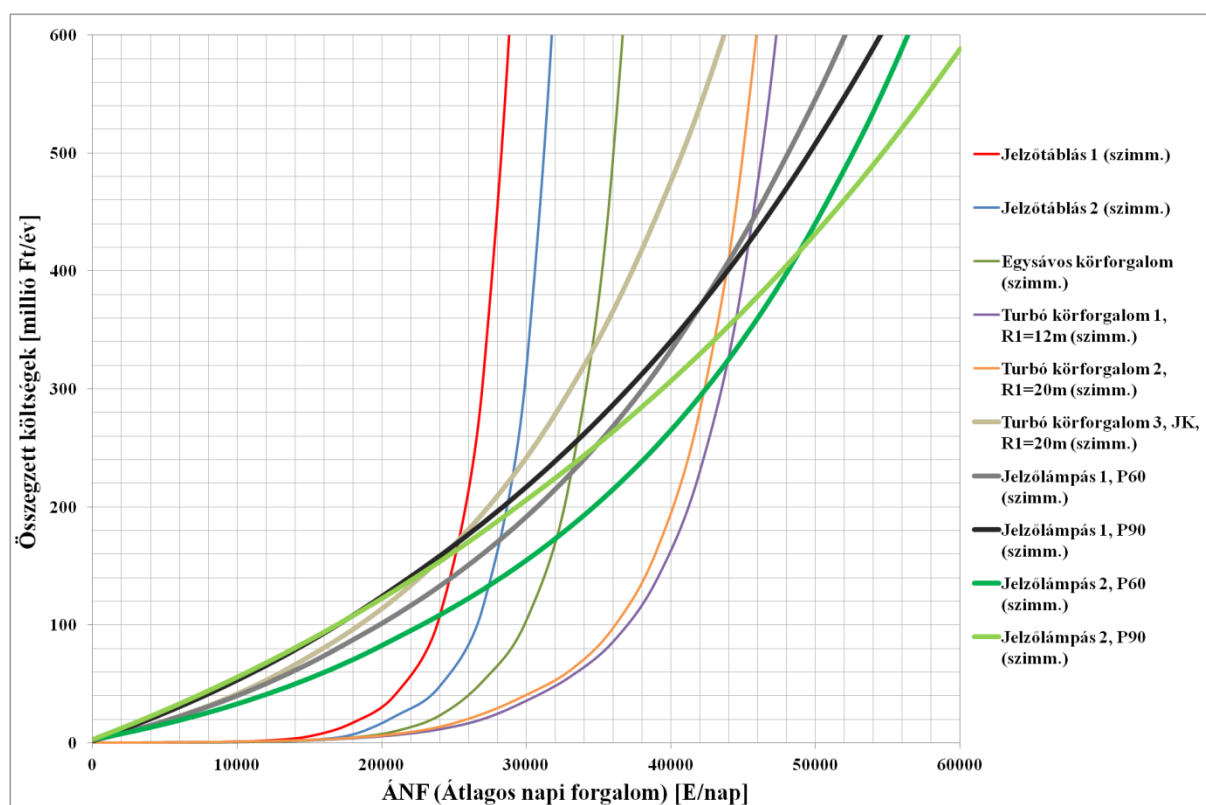
56. ábra Az éves csúcsórákban keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett

Az 56. ábrán csak az év csúcsóráiban keletkező költségek összegzése szerepel (ezek meghatározásához nem az év 365 napjával számoltam, csak a munkanapokkal, ~250 db/év, és napi két csúcsóra, reggeli és délutáni, feltételezésével). Láthatjuk, hogy 20 000 E/napi forgalom felett a jelzőtáblás irányítású csomópontokban akkora (kár)költség keletkezik csupán ebben az 500 órában, ami többszöröse a magasabb színvonalra való átépítés beruházási költségének. A 20 000 és 34 000 E/napi forgalom között, költségek szempontjából a körforgalmú csomópontok alkalmazása anyagilag kedvezőbbek a jelzőlámpás irányítással szemben. A költségek magasabb periódusidejű programok használatával csökkenthetők, de a nagyságrendileg 10 milliós a különbség a körforgalmak

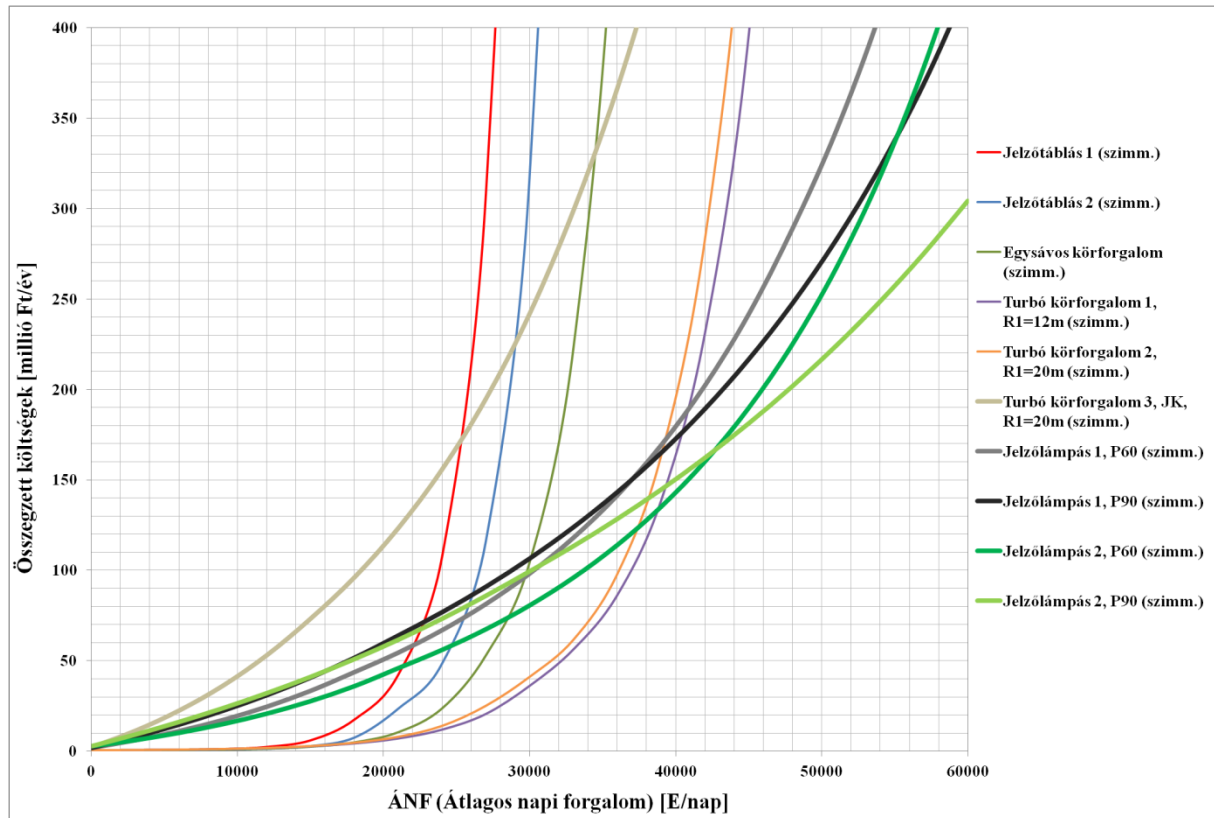
javára. Jelzőlámpás irányítás alkalmazása a 34 000 E/napi forgalom feletti csomópontoktól kezdve kifizetődő (csak csúcsórákat nézve).

Éves költségek

Ha az év összes 8760 órájában vizsgáljuk a költségeket, akkor a körforgalmak alkalmazása egészen 43 000 E/napi forgalom nagyságig kedvezőbbnek mutatkozik a jelzőlámpás irányítással szemben (lásd 57.ábra). Igaz az ábra a jelzőlámpás irányítás egész napos, azonos program szerinti működési költségeit mutatja. A legforgalmasabb időszakok után a forgalom nagysága csökken, így olyankor a "csúcsórai" program alkalmazása felesleges. Ilyenkor célszerű napszak szerint változó, vagy a forgalomnagyság által befolyásolt vezérlések alkalmazása, mivel jelentősen csökkentik a költségeket. Az 58. ábra ezt próbálja szemléltetni (fix program, 20-06 óra között és hétvégén a lámpák kikapcsolva, "sárga villogó").



57. ábra A teljes évben keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett 1.

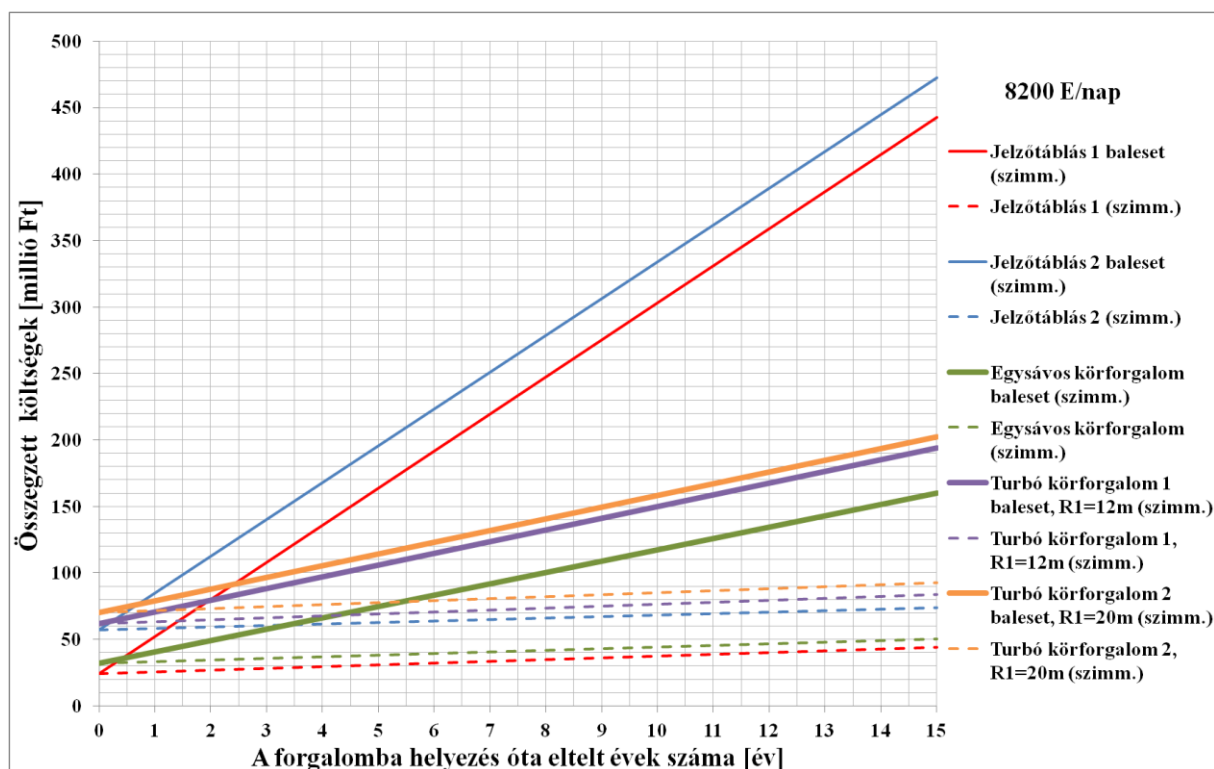


58. ábra A teljes évben keletkező költségek az átlagos napi forgalom arányában különböző csomópont típusoknál, szimmetrikus forgalmi terhelés mellett 2.

Mindent egybe véve a jelzőtáblás csomópontok alkalmazása 20-22 000 E/napi forgalom felett már nem ajánlott. A körforgalmú csomópontok egészen 38 000 E/napi forgalom nagyságig kedvezőbbek a forgalomnagyság változását valamilyen módon követő jelzőlámpás irányítással szemben. A 38 000 E/napi forgalom felett a jelzőlámpás irányítás az ajánlott megoldás. *(A megállapítások csak szimmetrikus forgalmi terhelés mellett és az általam vizsgált csomópont geometriákra igazak. Természetesen léteznek más megoldások, melyek más eredményt hoznak. Ilyen lehet pl. a jelzőlámpával szabályozott körforgalom. Sajnos a vizsgálat során e típus előnyei nem mutatkoztak meg. Valószínűleg azért, mert a vizsgálatban megjelenő változat csak a turbó körforgalom utólagos lámpázásának tekinthető*^{95.})

⁹⁵ Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, 1. oldal

A fenti összegek nem tartalmazták a baleseti költségeket. Az 59. ábra a balesettel kapcsolatosan megjelenő költségek hatását szemlélteti. Az esetlegesen bekövetkező balesetek száma a szabvány ide vonatkozó része alapján ⁹⁶ lett megbecsülve (balesetek súlyosságát a 2012. évben történt balesetek kimenetelének arányában határoztam meg, feltételezve, hogy körforgalomban halálos baleset nem következik be ⁹⁷).



59. ábra Jelzőtáblás irányítású és körforgalmú csomópontok összesített költségeinek alakulása a baleseti kárköltségekkel és azok nélkül, 15 éves időtartamra nézve, 8200 E/napi forgalom mellett

Szerencsére a távlati közútfejlesztési tervekben ez a fajta komplex gazdaságossági elemzés érvényesül. Ugyanakkor figyelmeztet is a minél gyorsabb megvalósítás fontosságára, mert látható, hogy a beruházási költségek töredékét teszik ki a késlekedés alatt bekövetkező, felhalmozódó (kár)költségeknek.

⁹⁶ Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás, Függelék, 58. oldal

⁹⁷ KSH: Közlekedési balesetek, 2012 statisztikája

VI. IRODALOMJEGYZÉK

BME UVT: Közlekedési hálózatok tárgya: Jelzőlámpás csomópontok forgalomszabályozása jegyzet

BME UVT: Közlekedési hálózatok tárgya: Gyakorlati összefoglalók diái

Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa, August 2005

Dr. Bártfai Zoltán [2011]: Közlekedési hálózatok, Digitális Tankönyvtár, Szent István Egyetem

Dr. Juhász János: Közúti pályák: Forgalomtechnika előadás diái, BME

Dr. Kálmán László [2014]: Közúti forgalomtechnika 1.: 8. Külön szintű csomópontok c. előadása, Széchenyi István Egyetem

Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, Közlekedés Kft.

Dr. Timár András [2002]: Közlekedési létesítmények gazdaságtana, Műegyetemi Kiadó

Dr. Timár András [2006]: A közúti költségek c. előadás diái, BME

Erhart Szilárd [2007]: A budapesti közlekedési dugók okai és következményei, Közgazdasági Szemle, LIV. évf., 2007. május (435–458. o.)

Hóz Erzsébet [2013]: Új típusú "turbó" körforgalmak alkalmazásának okai és hazai tapasztalatai, Útügyi lapok 2013. tavasz

Központi Statisztikai Hivatal (KSH) [2011]: Közlekedési balesetek, 2011

Központi Statisztikai Hivatal (KSH) [2012]: Közlekedési balesetek, 2012

Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.201 Közutak tervezése c. (KTSZ) útügyi műszaki előírás

Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.206 Körforgalmú csomópontok tervezése c. útügyi műszaki előírás

Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.214 Szintbeni közúti csomópontok méretezése és tervezése c. (A KTSZ kiegészítése) útügyi műszaki előírás

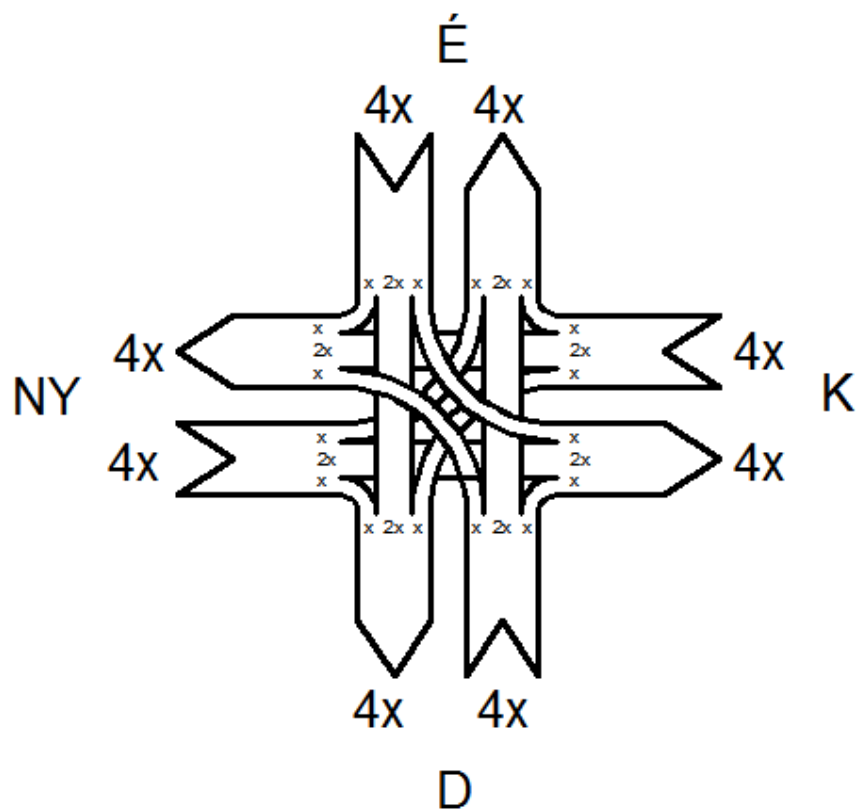
Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.219 A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése c. útügyi műszaki előírás

PTV Group [2011]: VISSIM 5.30-05 User Manual

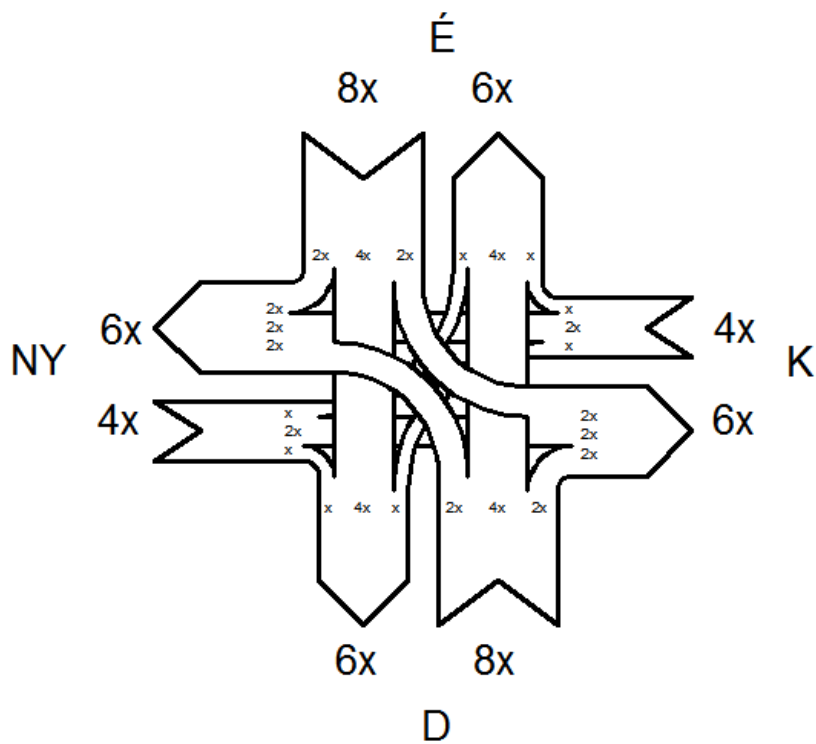
Rahmi Akcelik, Mark Besley [2003]: Operating cost, fuel consumption, and emission models in aaSIDRA and aaMOTION; CAITR 2003, Adelaide, Australia

Tim Risbey, Mark Cregan, Hema De Silva [2010]: Social Cost of Road Crashes, Australasian Transport Research Forum 2010 Canberra, Australia, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economic

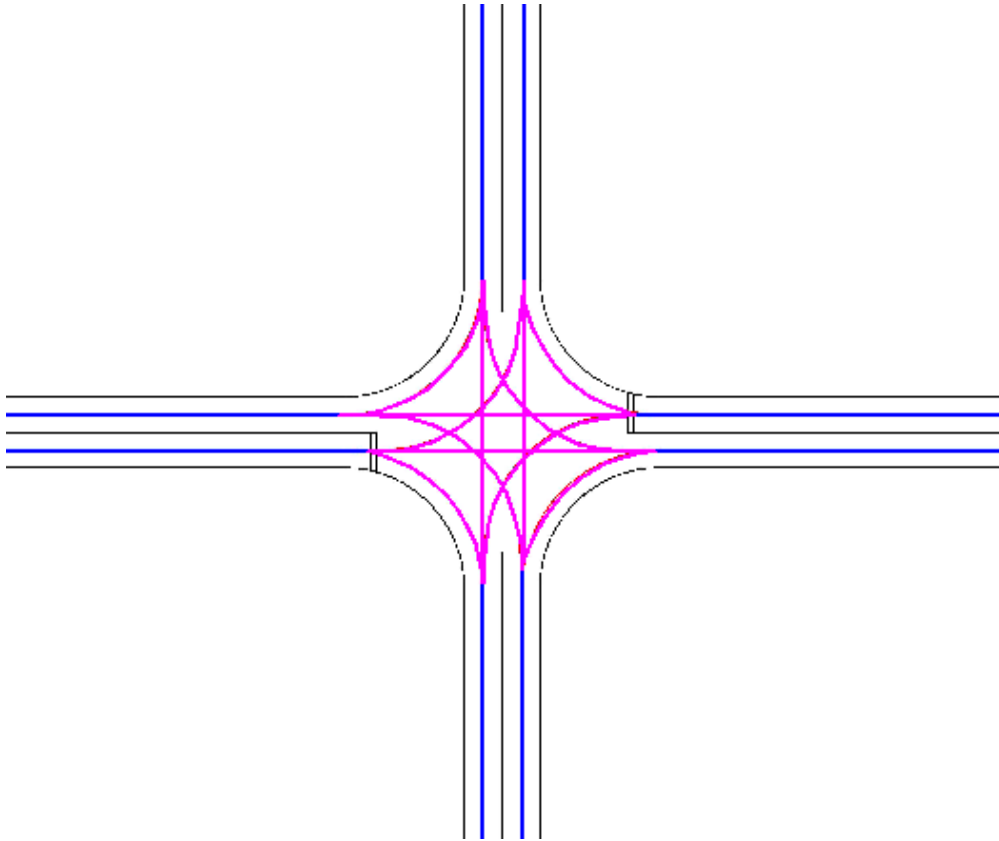
VII. MELLÉKLETEK



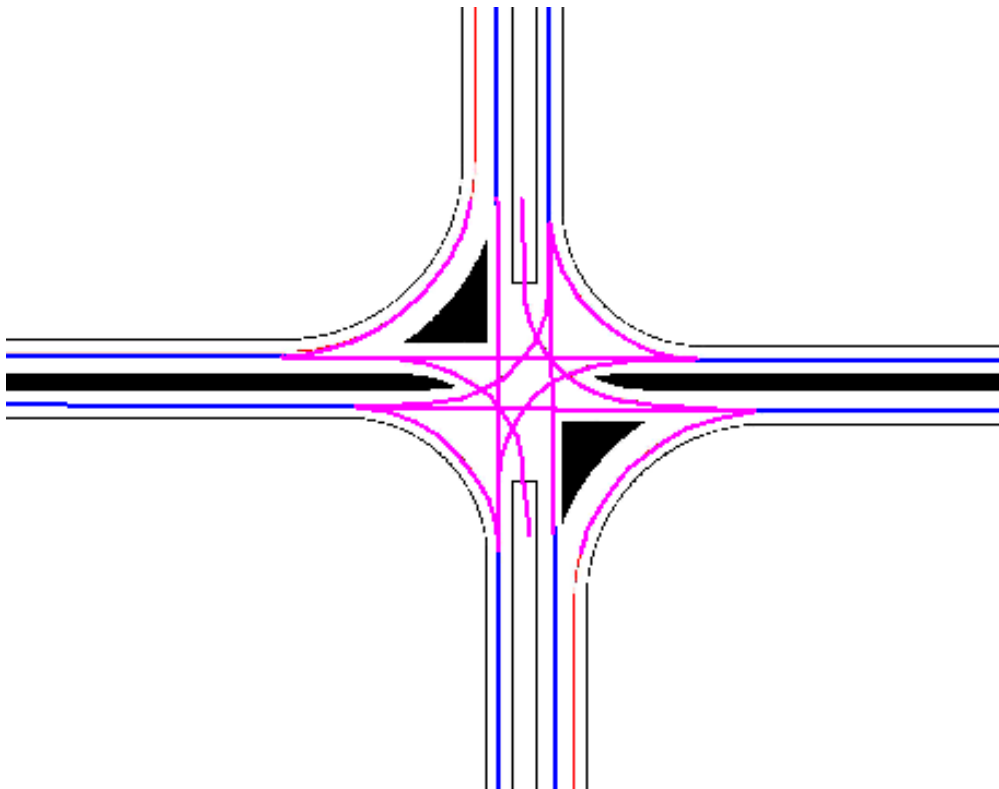
I. melléklet Szimmetrikus forgalom forgalomáramlási ábrája



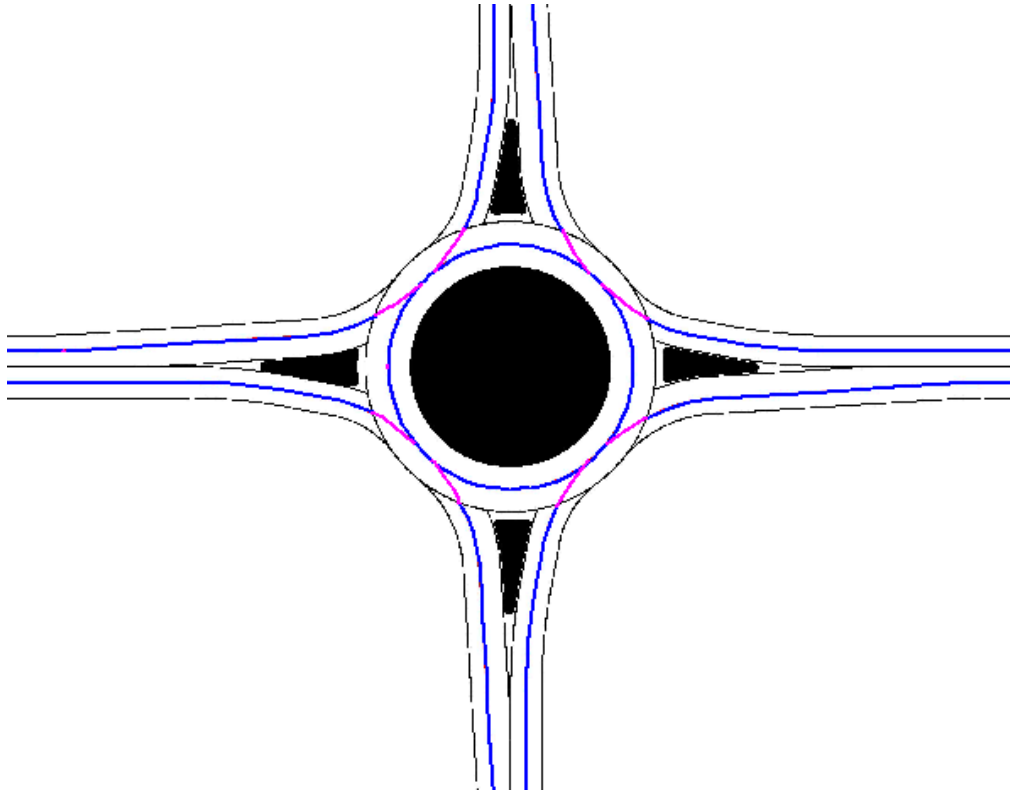
II. melléklet 2-szeres főirányú forgalom forgalomáramlási ábrája



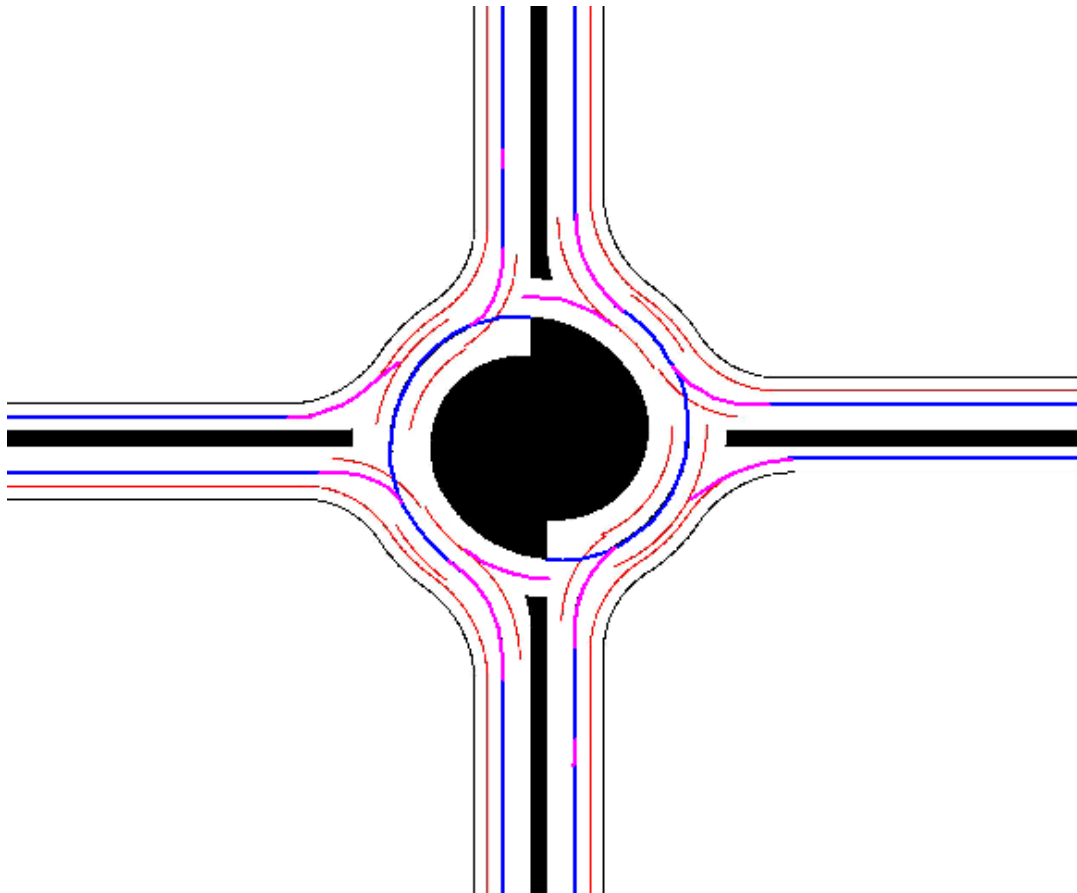
III. melléklet Jelzótáblás csomópont 1 – 2x1 sáv fő és mellékirányban



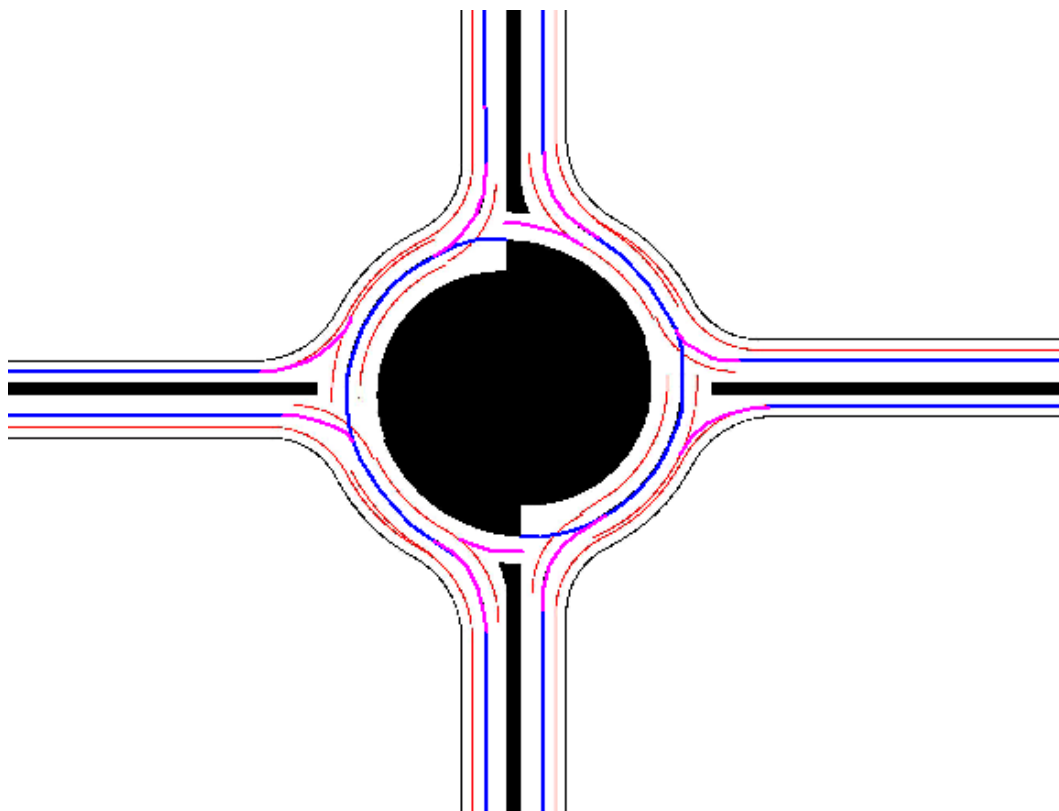
IV. melléklet Jelzótáblás csomópont 2 – Mellékirány 2x1 sáv, főirányban 3 sávós járműosztályozó



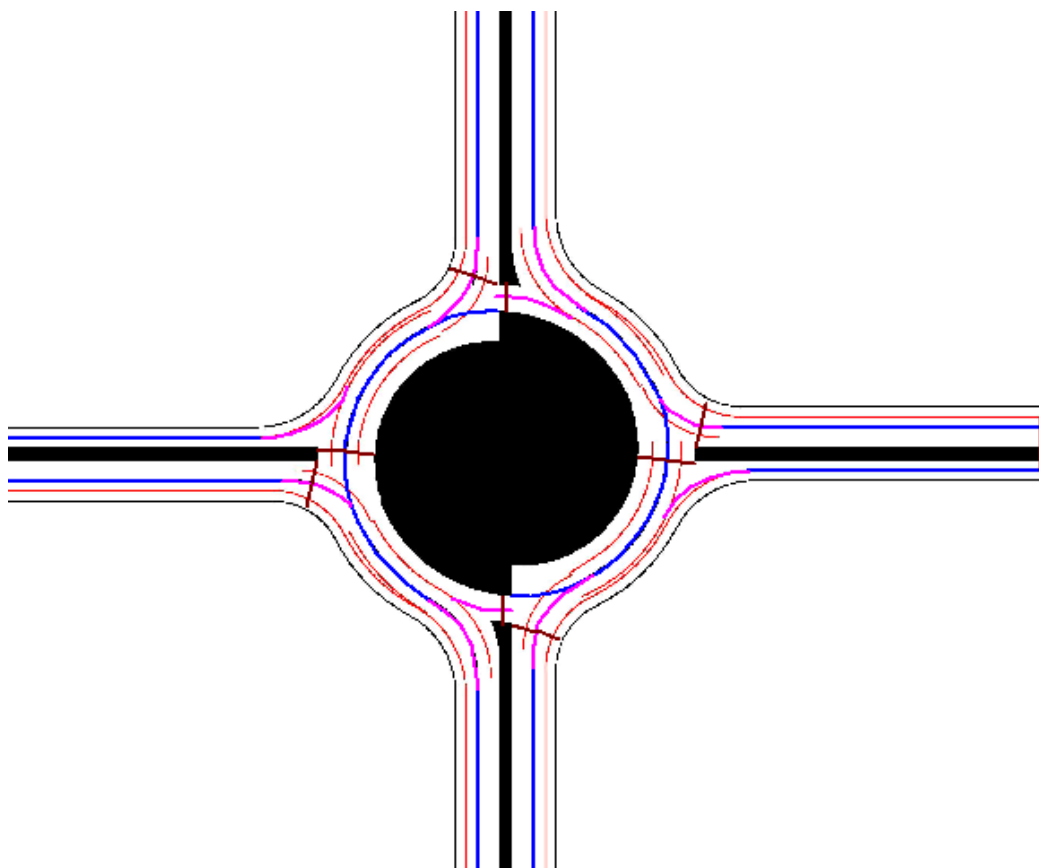
V. melléklet Egysávos körforgalom – belső sugár értéke 12 m



VI. melléklet Turbó körforgalom 1 – belső sáv belső sugara, $R_1=12$ m



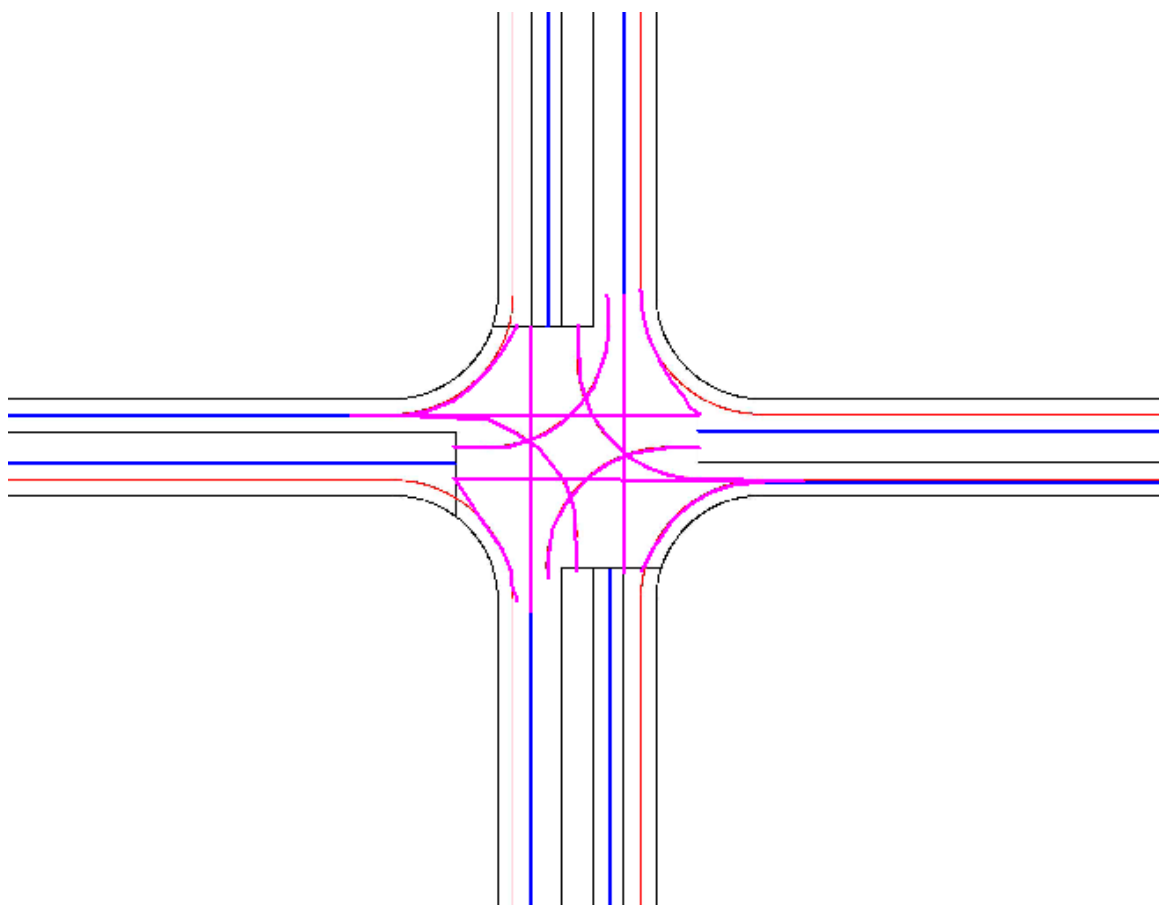
VII. melléklet Turbó körforgalom 2 – belső sáv belső sugara, $R_1=20$ m



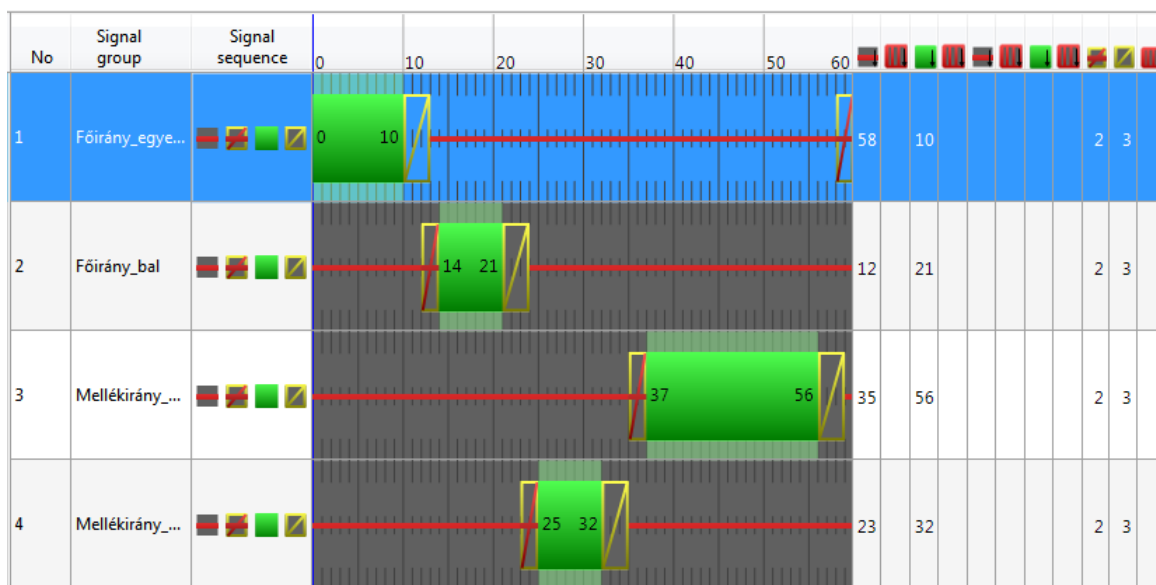
VIII. melléklet Turbó körforgalom 3 – jelzőlámpás irányítással, belső sáv belső sugara, $R_1=20$ m

No	Signal group	Signal sequence	0	10	20	30	40	50	60	68										
1	NY										52	68	50	0					2	3
2	K1			6							47		4	47					2	3
3	É			1	19								67	19					2	3
4	K2				14						64		12	64					2	3
5	K				18	34							16	34					2	3
6	K3			13							40		38	13					2	3
7	D							35	53				33	53					2	3
8	K4					30					58		56	30					2	3

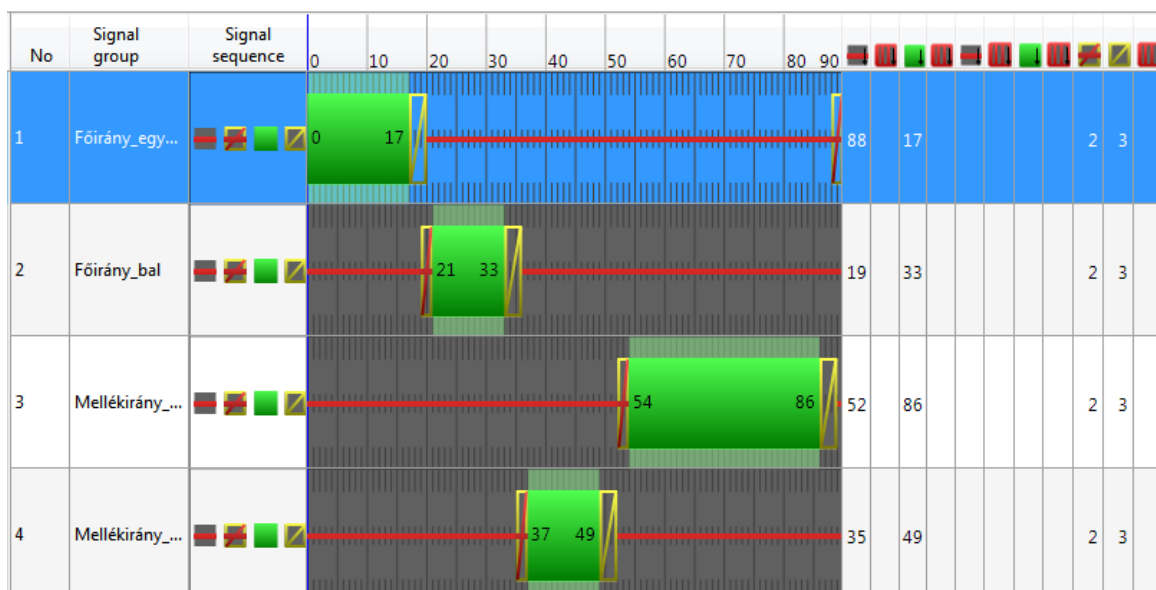
IX. melléklet Turbó körforgalom 3 – jelzőlámpás szabályozás alapprogramja



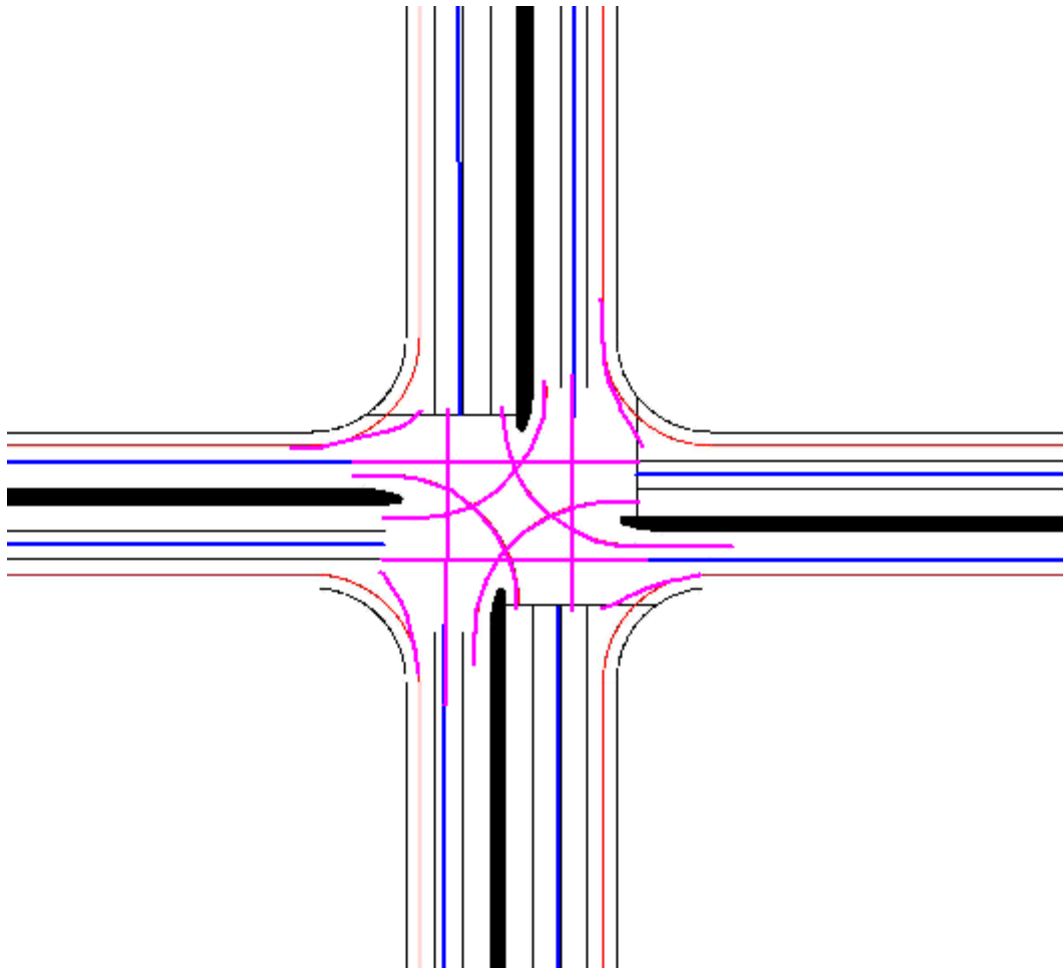
X. melléklet Jelzőlámpás csomópont 1 – mellékirány 2 sávós járműosztályozóval, főirány 3 sávós járműosztályozóval



XI. melléklet Jelzőlámpás csomópont 1 – 60 mp-es peridusú fázisterve



XII. melléklet Jelzőlámpás csomópont 1 – 90 mp-es peridusú fázisterve



XIII. melléklet Jelzőlámpás csomópont 2 – mellékirány 3 sávós járműosztályozóval, főirány 4 sávós járműosztályozóval

No	Signal group	Signal sequence	0	10	20	30	40	50	60										
1	Főirány_egy...		0	9					58	9							2	3	
2	Főirány_bal				13	23			11	23							2	3	
3	Mellékirány...						42	55	40	55							2	3	
4	Mellékirány...					27	37		25	37							2	3	

XIV. melléklet Jelzőlámpás csomópont 2 – 60 mp-es peridusú fázissterve

