



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőmérnöki Kar  
Út és Vasútépítési Tanszék**

## **DIPLOMAMUNKA 2014**

**Jelzőlámpás szabályozású körforgalom kapacitásának  
vizsgálata mikroszimulációval, a nemzetközi szakirodalom és  
a magyar szabályozás alapján**

Készítette: Barna Szabolcs MSc építőmérnök hallgató

Konzulens: Dr. Schuchmann Gábor, egyetemi docens, BME Út és Vasútépítési Tanszék

Társ-konzulens: Kelló Balázs, tervezőmérnök, TRENECON COWI Tanácsadó és Tervező Kft.

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. BEVEZETÉS .....                                                                                      | 1  |
| 1.1. Történeti áttekintés.....                                                                          | 1  |
| 1.2. A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmú csomópontoknál .....                               | 3  |
| 1.3. A jelzőlámpás irányításból származó előnyök .....                                                  | 5  |
| 1.4. A diplomamunka célkitűzése.....                                                                    | 6  |
| 2. JELZŐLÁMPÁS SZABÁLYOZÁSÚ KÖRFORGALMAK .....                                                          | 7  |
| 2.1. Indirekt irányítási mód - "Lámpásított" körforgalom .....                                          | 7  |
| 2.1.1. Az általános működési elv .....                                                                  | 9  |
| 2.1.2. Az utólagos lámpásítás lehetőségének vizsgálata.....                                             | 9  |
| 2.1.3. Ausztrál javaslatok - The Australian Traffic Signal Guide ajánlása.....                          | 10 |
| 2.1.4. A forgalmi vizsgálatok és lámpásítás hatásainak tapasztalatai .....                              | 10 |
| 2.1.5. Egy ausztrál példa .....                                                                         | 12 |
| 2.1.6. Európai helyzet .....                                                                            | 13 |
| 2.2. "Direkt" irányítási mód - Jelzőlámpával szabályozott körforgalom, mint önálló csomóponttípus ..... | 14 |
| 2.2.1. A jelzőlámpás forgalomirányítás jellemzői.....                                                   | 14 |
| 2.2.2. A működési típusok fő jellemzői .....                                                            | 15 |
| 3. AZ EGYES TÍPUSOK RÉSZLETES JELZÉSIDŐTERVE .....                                                      | 19 |
| 3.1. A turbina elv szerinti program.....                                                                | 19 |
| 3.1.1. A program működési alapelve .....                                                                | 19 |
| 3.1.2. Meghatározandó programparaméterek.....                                                           | 20 |
| 3.1.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram.....                                                  | 21 |
| 3.2. A torkolatpáronkénti program .....                                                                 | 22 |
| 3.2.1. A program működési alapelve .....                                                                | 22 |
| 3.2.2. Meghatározandó programparaméterek.....                                                           | 23 |
| 3.2.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram.....                                                  | 25 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.4. Kiegészítés.....                                                | 28 |
| 3.3. A teljes turbina elv szerinti program.....                        | 30 |
| 3.3.1. A program működési alapelve .....                               | 30 |
| 3.3.2. Meghatározandó programparaméterek.....                          | 30 |
| 3.3.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram.....                 | 33 |
| 3.4. A programok viselkedése az alapprogram megváltoztatásával .....   | 35 |
| 3.4.1. Turbina-elv .....                                               | 36 |
| 3.4.2. Torkolatpáronkénti irányítás.....                               | 37 |
| 3.4.3. Teljes turbina-elv .....                                        | 38 |
| 3.4.4. A programok típusok viselkedésének grafikus szemléltetése ..... | 39 |
| 4. FORGALMI ELEMZÉSEK MÓDSZERTANA .....                                | 40 |
| 4.1 Alkalmazott program, VISSIM.....                                   | 40 |
| 4.1.1. Tudományos alapok .....                                         | 40 |
| 4.2. A vizsgálat csomópontjai .....                                    | 41 |
| 4.2.1. A négyágú csomópontok.....                                      | 41 |
| 4.2.2. Az ötágú csomópontok.....                                       | 43 |
| 4.3. Kör sugara és elérhető sebesség összefüggése .....                | 45 |
| 4.4. A program beállításai .....                                       | 46 |
| 4.4.1. Mintaforgalom .....                                             | 46 |
| 4.4.2. Sebesség beállítások.....                                       | 47 |
| 4.4.3. Gyorsulás beállítások .....                                     | 49 |
| 4.4.4. "Csökkentett sebességű területek" .....                         | 50 |
| 4.4.5. Sávhasználat .....                                              | 51 |
| 5. SAJÁT MÉRÉSEK TERVEZÉSE ÉS VÉGREHAJTÁSA.....                        | 53 |
| 5.1. Meghatározott programparaméterek .....                            | 53 |
| 5.2. A mérések ismertetése.....                                        | 54 |
| 5.2.1. Két fix pont közötti utazási idők.....                          | 54 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.2. Közbenső idők .....                                                    | 55 |
| 5.3. A mérései eredmények .....                                               | 60 |
| 6. MINTACSOMÓPONTOK SZIMULÁCIÓJA .....                                        | 65 |
| 6.1. A meghatározott paraméterek alapján a várható csomóponti kapacitás ..... | 65 |
| 6.2. A kapacitásvizsgálatok eredményeinek szemléltetése .....                 | 66 |
| 6.3. Az eredmények összegzése .....                                           | 69 |
| 7. ÉRTÉKELÉS ÉS JAVASLAT .....                                                | 73 |
| HIVATKOZÁSJEGYZÉK                                                             |    |
| IRODALOMJEGYZÉK                                                               |    |
| MELLÉKLETEK                                                                   |    |

## **TÁBLÁZAT ÉS ÁBRAJEGYZÉK**

1. táblázat: A jelzőlámpás körforgalom előnyei a hagyományos körforgalommal szemben
2. táblázat: Indirekt programtervek különböző szempontok mellett
3. táblázat: A működési módok típusai
4. táblázat: Turbina-elv, alapprogramtól való eltérés hatása
5. táblázat: Torkolatpáronkénti irányítás, alapprogramtól való eltérés hatása
6. táblázat: Tejes turbina-elv, alapprogramtól való eltérés hatása
7. táblázat: Az elérhető sebességek mintacsomópontok szerint
9. táblázat: A mintacsomópontok várható kapacitása az 1800 E/h telített forgalomnagyság mellett
10. táblázat: A 4 ágú mintacsomópontok kapacitásmutatóinak eredményei
11. táblázat: Az 5 ágú mintacsomópontok kapacitásmutatóinak eredményei

1. ábra: A "Circus" csomópont Bath városában, Egyesült Királyság
2. ábra: Az "Arc de Triomphe" Párizsban, Franciaország
3. ábra: Jacob's Well, az első "lámpás" körforgalom, Bradford, Egyesült Királyság
4. ábra: Nagyvárad tér a 60-as években
5. ábra: Kálvin tér a 60-as években
6. ábra: A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmaknál
7. ábra: Jelzőlámpával szabályozott körforgalom kialakítása indirekt irányítási mód mellett

8. ábra: Jelzőlámpával szabályozott körforgalom indirekt irányítási mód mellett (Ausztrália)

9. ábra: A jelzőlámpásítás hatása különböző forgalmak mellett a forgalmi vizsgálatok alapján

10. ábra: Nepean Highway - McDonald Street csomópontja, Mordialloc, Victoria, Ausztrália

11. ábra: Villamos átvezetése körforgalmon, jelzőlámpával, Gaußplatz, Bécs, Ausztria

12. ábra: Példa turbina-elv szerint működő csomópontra, Szeged

13. ábra: Példa torkolatpáronkénti irányítás szerint működő csomópontra, Rzeszów, Lengyelország

14. ábra: Példa teljes turbina-elv szerint működő csomópontra, Praternstern, Bécs, Ausztria

15. ábra: A behaladási és a kihaladási szakaszok értelmezése

16. ábra: Példa turbina-elv szerinti jelzésidőtervre

17. ábra: Torkolatpáronkénti irányítás két fázisa 4 ágú csomópontnál

18. ábra: A torkolatpáronkénti irányítás programfelépítése (szimmetrikus csomópont esetén)

19. ábra: Jelzőlámpa-kordon szabad jelzés elejének kiválasztása torkolatpáronkénti irányítás mellett

20. ábra: Jelzőlámpa-kordon szabad jelzés végének kiválasztása torkolatpáronkénti irányítás mellett

21. ábra: Torkolatpáronkénti irányítás egy lehetséges kialakítása 5 ágú csomópont esetén

22. ábra: Példa torkolatpáronkénti irányítás jelzésidőtervére

23. ábra: Csomópont önzáródása

24. ábra: Teljes turbina-elv jelzésidőterve: azonos torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén

25. ábra: Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Eltérő torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén
26. ábra: Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Azonos torkolati szabad jelzések biztosítása, fonódás csak a kanyarodó sávnál (pl. érintőleges ágcsatlakozás)
27. ábra: Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Azonos torkolati és kordon szabad jelzések biztosítása (nincs elcsúsztatás)
28. ábra: Az alapprogram hossza és a zöldidő arány összefüggése, azonos geometria mellett
29. ábra:  $R=20$  m belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK20)
30. ábra:  $R=40$  m belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK40)
31. ábra:  $R=60$  m belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK60)
32. ábra:  $R=20$  m belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_20)
33. ábra:  $R=40$  m belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_40)
34. ábra:  $R=60$  m belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_60)
35. ábra: Körpályán elérhető sebesség [m/s]
36. ábra: Körpályán elérhető sebesség [km/h]
37. ábra: A járművek viselkedése az előkészítési idő (piros-sárga) alatt
38. ábra: Példa VISSIM sebesség alapbeállításra
39. ábra: Példa "konstans" sebességérték beállítására
40. ábra: Példa VISSIM gyorsulás alapbeállítására
41. ábra: Példa "konstans" gyorsulásérték beállítására
42. ábra: Példa a "csökkentett sebességű területek" beállítására
43. ábra: Megengedett sávhasználat a "rotor" típusú körforgalmakban
44. ábra: Megengedett sávhasználat a szabályos ötszög alakú csomópontokban

45. ábra: Közbenső idő meghatározása, ürítési és behaladási idő
46. ábra: Adott zöldidő mellett áthaladni képes járműszám meghatározása
47. ábra: Zöldidő és áthaladó járműszám VISSIM alapbeállítás mellett
48. ábra: Zöldidő és áthaladó járműszám a konstans gyorsulásértékek mellett
49. ábra: A becsült, a számolt és mért áthaladó járműszám a zöldidő alapján
50. ábra: Az alapprogram hosszának változása a csomópont méretének növekedésével a különböző működési módok szerint, 50km/h sebesség és VISSIM alapbeállítások mellett
51. ábra: Az összes zöldidő arányának alapprogram hosszához képesti változása a csomópont méretének növekedésével az egyes működési módok szerint, 50km/h, VISSIM alapbeállítás
52. ábra: A programparaméterek kerekítésének hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára 1.
53. ábra: A programparaméterek felkerekítésének hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára 2.
54. ábra: A járművek gyorsítási képességeinek változtatásának hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára
55. ábra: A járművek gyorsítási képességeinek változtatásának hatása az alapprogram hosszára
56. ábra: Az elérhető sebesség magyar és holland gyakorlata közötti számításkülönbség hatása az alapprogram hosszára, azonos forgalom és VISSIM alapbeállítások mellett 1.
57. ábra: Az elérhető sebesség magyar és holland gyakorlata közötti számításkülönbség hatása az alapprogram hosszára, azonos forgalom és VISSIM alapbeállítások mellett 2.
58. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK20 mintacsomópontnál
59. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK40 mintacsomópontnál

60. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK60 mintacsomópontnál

61. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK\_5\_20 mintacsomópontnál

62. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK\_5\_40 mintacsomópontnál

63. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK\_5\_60 mintacsomópontnál

64. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a 4 ágú mintacsomópontoknál

65. ábra: Járművenkénti átlagos időveszteség és a csomópont összforgalma közötti összefüggés az 5 ágú mintacsomópontoknál

66. ábra: VISSIM alapbeállítású forgalom viselkedése a 1 m/s<sup>2</sup> konstans érték alapú jelzésidőterv mellett

67. ábra: VISSIM alapbeállítású forgalom viselkedése a 2 m/s<sup>2</sup> konstans érték alapú jelzésidőterv mellett

Konzulens: Dr. Schuchmann Gábor, egyetemi docens, BME Út és Vasútépítési Tanszék

Társ-konzulens: Kelló Balázs tervezőmérnök, TRENECON COWI Tanácsadó és Tervező Kft.

**Jelzőlámpás szabályozású körforgalom kapacitásának vizsgálata  
mikroszimulációval, a nemzetközi szakirodalom és a magyar szabályozás alapján**

**Összefoglaló**

A jelzőlámpás szabályozású körforgalom mint közúti csomóponttípus Magyarországon nem túl ismert. Az országban összesen 3 darab ilyen kialakítású csomópont található. Az elsőt 2006-ban Győrben adták át, holott külföldön, különösen Németországban és az Egyesült Királyságban (több) évtizedes gyakorlata van az ilyen típusú csomópontok alkalmazásnak.

Egy rövid történeti áttekintés után az irányítási elvek alapján ismertetem a jelzőlámpás szabályozású körforgalmak lehetséges típusait. A Magyarországon nem alkalmazott "indirekt" irányítás általános bemutatása után részletesen kitérek a magyar szabályozásban szereplő "direkt" működési módokra (turbina-elv, torkolatpáronkénti irányítás és a teljes turbina-elv). Definiálom azokat a programparamétereket, amelyek ismerete szükséges a jelzőlámpás irányítás jelzésidőterveinek elkészítéséhez, konkrét példákat mutatva ezek kialakítási lehetőségeiről.

Az elméleti összefoglalást követően röviden leírom a szimulációs mérések végrehajtásához használt VISSIM mikroszimulációs program működését. A programban használt csomóponti modellek geometriai vázlata mellett az alkalmazott programbeállítások (forgalom, sebesség, vezetői viselkedés stb.) ismertetésére is sor kerül. A helyesen beállított modellek segítségével az összes szükséges programparaméter meghatározható, így elkészíthetők a mintacsomópontok jelzőlámpás vezérléseinek tervei. Következő lépésként a már jelzőlámpás szabályozású körforgalomként működő modellcsomópontok kapacitásainak vizsgálatára kerül sor. A kapacitás jellemzésére a csomóponti összeforgalom járművenkénti átlagos idővesztesége és az egy óra alatt áthaladó összes járműszám a mértékadó. A kapott eredmények elemzését követően értékelem az egyes kialakításokat, és javaslatokat teszek ezek alkalmazhatóságaira, illetve további vizsgálatokra a témával kapcsolatban.

Supervisor: Dr. Gábor Schuchmann, Associate Professor, BME Department of Highway and Railway Engineering

Co-supervisor: Balázs Kelló, Transport Planner, TRENECON COWI Consulting and Planning Ltd.

**Analysis of the capacity of traffic light controlled roundabout with microscopic simulation, based on the international literature and the Hungarian regulation**

**Abstract**

The traffic light controlled roundabout as a road junction type is not very known in Hungary. A total of three pieces of this design can be found in the country. The first one was introduced in 2006 in Győr, while foreign countries, particularly Germany and the United Kingdom has decades of experience in the usage of this type.

After a brief historical overview I describe possible types of traffic light controlled roundabouts on the base of the management principles. After a general introduction of the "indirect" control, which is not used in Hungary, I discuss in detail the "direct" mode of operation regulated in the Hungarian legislation (turbine principle, two-phase traffic signal settings management and the entire turbine principle). I define the program parameters, knowledge of which is necessary to make the traffic light control signal time plans, showing specific examples of their design options.

After the summary of the theoretical section I describe shortly the use of Vissim microscopic simulation program used for simulation measurements. In addition to the geometric frame of the nodal models in the program, the applied program settings (traffic, speed, driving behavior etc) are described. With the help of correctly set models all required program parameters can be determined, thus the plan for the control of traffic lights can be prepared for the sample junctions. Next step will be to examine the capacities of the existing traffic light controlled roundabouts as model nodes. To characterize the capacity the average overall intersection delay and the number of all vehicles passing through on a one-hour standard are both fundamental parameters. After analyzing the results I evaluate the different designs and I give proposals for the application of them and for further studies on the subject.

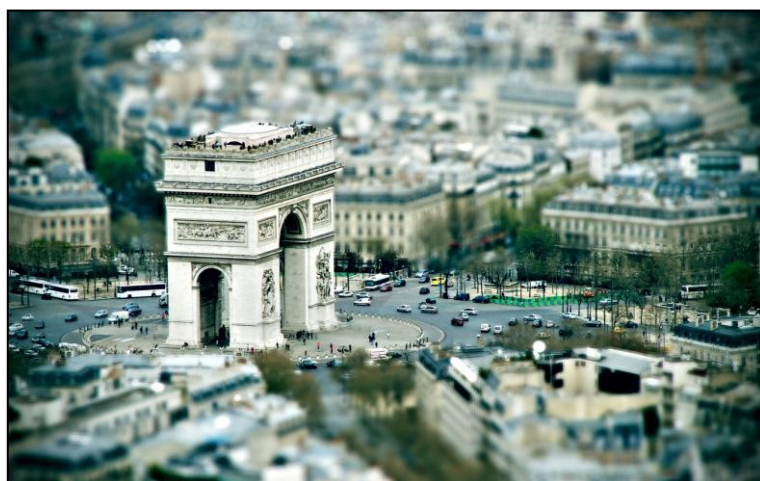
## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. Történeti áttekintés

Kör alakú csomópontok már jóval a körforgalmak előtt is léteztek. Ilyen például az angliai "Circus" Bath városában vagy az Arc de Triomphe Párizsban. Ezeknek a csomópontoknak mind a működésük mind a karakterisztikájuk különbözött a mai modern körforgalmaktól. [1]



1. ábra A "Circus" csomópont Bath városában, Egyesült Királyság [2]



2. ábra Az "Arc de Triomphe" Párizsban, Franciaország [3]

A modern körforgalmak elterjedéséhez a körpálya elsőbbségének elfogadása nyitott utat. Előtte az "egységes nemzetközi szabály, a jobbkéz-szabály védelme érdekében a körforgalommal sem tettek kivételt, így a belépő forgalom kapott elsőbbséget." [4] "A problémára két megoldás született: az angol és a német. Az angolok 1966-ban megváltoztatták az elsőbbségadási viszonyokat, sikerült a körpálya elsőbbségét elfogadtatni. Németországban is hasonló megoldás született, bár eltérő szabályozással: a "körforgalom" tábla mellőzésével és a belépő torkolatokon az "Elsőbbségadás kötelező" jelzőtábla kihelyezésével. Mindkét megoldás jelenleg is érvényben van." [5] Az új szabályozást a hetvenes években "Bretagne több városában is átvették, majd 1983-ban egész Franciaországban, egységesen bevezették." [6] "A megújult körforgalom a legbiztonságosabb csomópontok egyikévé vált, jelentős áteresztőképességgel és igen kedvező forgalomlebonnyolódási színvonallal. E megújulási folyamat valójában csak az egy forgalmi sáv, úgynevezett kis körforgalmak (külső átmérőjük 40-45 méter) problémájára hozott megoldást. A nagyméretű, többnyire fonódásos típusú, koncentrikus forgalmisáv-vezetésű, többsávú körforgalmak viszont folyamatos forgalomnövekedés miatt a legveszélyesebb csomóponttípussá váltak. A balesetek egy része olyan volt, amelyeket jelzőlámpás irányítással meg lehetett volna előzni." [7] "Először 1976-ban, Angliában kísérelték meg jelzőlámpával biztonságosabbá és jobb áteresztőképességűvé tenni a nagyméretű körforgalmakat, azonban az irányítás kialakulatlansága miatt néhány hetes működés után eltávolították. A körpályán belüli forgalmi sávváltások elkerülése és az áthaladási idő csökkentése érdekében Edinburgh-ban 1978-ban alkalmaztak először spirális sávvezetést." [8]



3. ábra Jacob's Well, az első "lámpás" körforgalom, Bradford, Egyesült Királyság [9]

"A baleseti statisztikák a bevezetés után kedvezően alakultak, de igazán jó eredményt ott értek el, ahol a spirális sávvezetést a jelzőlámpával együtt alkalmazták, erre először 1991-ben szintén Edinburgh-ban került sor (az együttes alkalmazás 51%-kal csökkentette a balesetek számát egy hároméves megfigyelési periódusban)."[10] "A Német Közlekedési Minisztérium 2000-ben kiadott, a többsávú körforgalmat vizsgáló kutatási jelentésében, a jelzőlámpás irányítási technikája terén szerzett tapasztalatok eredményeként arról számolt be, hogy "a jelzőlámpás szabályozású nagyméretű körforgalmak áteresztőképessége elérheti vagy akár felül is múlhatja a különszintű csomópontokét". Ily módon "létrejött" tehát a legnagyobb áteresztőképességű szintbeni csomóponttípus." E megújult, többsávú, jelzőlámpás szabályozású csomóponttípus elterjedése Európában is csak most vette kezdetét. Az utólag "lámpázott" körforgalmak száma ezzel szemben már igen nagy, Európa szinte valamennyi nagyvárosában szép számban találkozhatunk velük."[11] "Magyarországon korábban már működtek jelzőlámpás szabályozású körforgalmak, például a budapesti Kálvin téren, Nagyvárad téren" [12], de az első két modern, új típusú csomópontot 2006-ban Győrben adták át. A harmadik 2010-ben Szegeden épült meg.



4. ábra Nagyvárad tér a 60-as években [13]

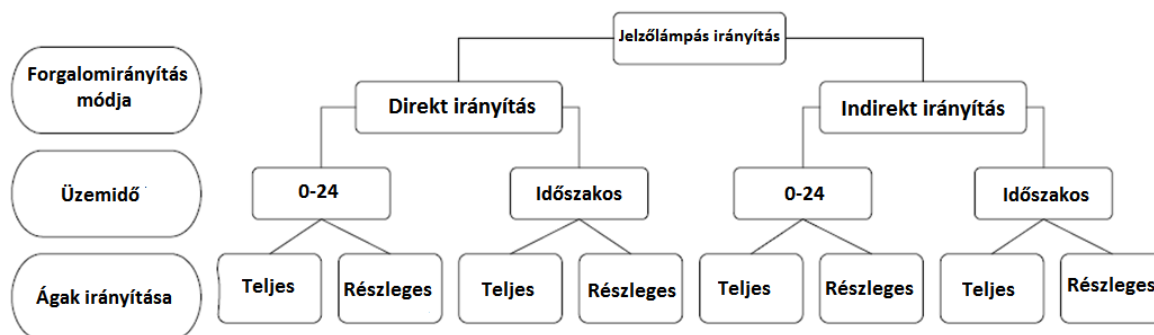


5. ábra Kálvin tér a 60-as években [14]

## 1.2. A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmú csomópontoknál

"Időközben jelentősen megnőtt az utólagosan jelzőlámpával szabályozott többsávú körforgalmú csomópontok száma. A működésük során szerzett tapasztalatok az irányítás technikájának folyamatos javulásához vezettek. M.S. Hallworth már 1992-ben

felvetette, hogy nem lenne-e célszerűbb többsávos körforgalmak építése helyett, melyek jórészt úgy is jelzőlámpás irányítással kell ellátni, eleve ilyen típusú csomópontokat építeni. A tudatosan megépített jelzőlámpás körgeometriájú csomópont a forgalmi és geometriai jellemzők összehangolás miatt lényegesen hatékonyabb működésre alkalmas." [15]



6. ábra A jelzőlámpás irányítás lehetőségei körforgalmaknál [16]

Hallworth szintén 1992-ben fogalmazta meg a körforgalmú csomópontok jelzőlámpával történő irányításának lehetőségeit. Az irányítási módok azt írják le, hogy a jelzőlámpák hogyan szabályozzák a járművek csomópontba való belépését és az onnan történő kihaladást. Az irányítás lehet direkt (közvetlen) vagy indirekt (közvetett). 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 egy bizonyos távolságban a belépési ponttól, a körpályán való mozgás nincs befolyásolva. Az irányítások kiegészülhetnek gyalogos jelzőlámpával is. Az üzemidő lehet állandó, ekkor a lámpás szabályozás folyamatosan üzemel, így a nem-csúcsórai időszakokban is működik, illetve időszakos, ekkor csak a nap egy bizonyos részében, általában csak a csúcsórákban, üzemelnek a lámpák. A jelzőlámpák kapcsolása történhet napszak, illetve kiegészítő detektorok alapján. A detektorok egy bizonyos távolságba elhelyezve a kialakuló sorhosszak alapján hozzák működésbe a jelzőlámpákat. 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. [17]

### 1.3. A jelzőlámpás irányításból származó előnyök

Habár a jelzőlámpás szabályozás ellent mond a hagyományos körforgalmak működési természetének, bizonyos példák esetében megoldást jelenthetnek. Ezáltal csökkenthetik az idővesztéseket, csökkenthetik a kialakuló torlódások hosszát, növelhetik a kapacitást és növelhetik a biztonságot. [18]

Hallworth 1992-ben az alábbi előnyeit fogalmazta meg a jelzőlámpás körforgalmaknak, a hagyományos körforgalmakkal szemben.

|                            | Hagyományos körforgalom                                                                  | Jelzőlámpás körforgalom                                                                                        |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Idővesztések</i></b> | Egyes ágakon a kiegyensúlyozatlan forgalmi áramlások miatt túlzottá válhat az idővesztés | A jelzőlámpákkal megváltoztathatjuk az eredeti elsőbbségi viszonyokat, így egyensúlyba hozva az idővesztéseket |
| <b><i>Torlódások</i></b>   | Egyes ágakon a torlódás hossza elérhet egy kritikus értéket                              | A torlódás hosszának megfigyelésével, a jelzőlámpák zöld idejének változtatásával csökkenthetőek               |
| <b><i>Kapacitás</i></b>    | A teljes körforgalom kapacitása elégtelen lehet                                          | A jelzőlámpákkal növelhető a kapacitás                                                                         |
| <b><i>Biztonság</i></b>    | A besoroló és keresztező mozgású járműveknél nehézségek léphetnek fel                    | A jelzőlámpák jobban szabályozzák a forgalmat, csökkentve a sebességet és a problémás mozgások számát          |
| <b><i>Gyalogosok</i></b>   | Irányítás nélkül a gyalogosoknak nehéz lehet az átkelés az ágaknál                       | A jelzőlámpák biztonságosabbá és könnyebbé tehetik az átkelést                                                 |

1. táblázat A jelzőlámpás körforgalom előnyei a hagyományos körforgalommal szemben[19]

Ezzel összhangban egy 1997-es Egyesült Királyságban készült tanulmányban az alábbi okokat jelölték meg a jelzőlámpás szabályozás bevezetésére a hagyományos körforgalmak esetében: [20]

- Sorhosszak szabályozása - 42%
- Kapacitás növelése - 39%
- Balesetveszélyesség csökkentése/Balesetek számának csökkentése - 17%

#### **1.4. A diplomamunka célkitűzése**

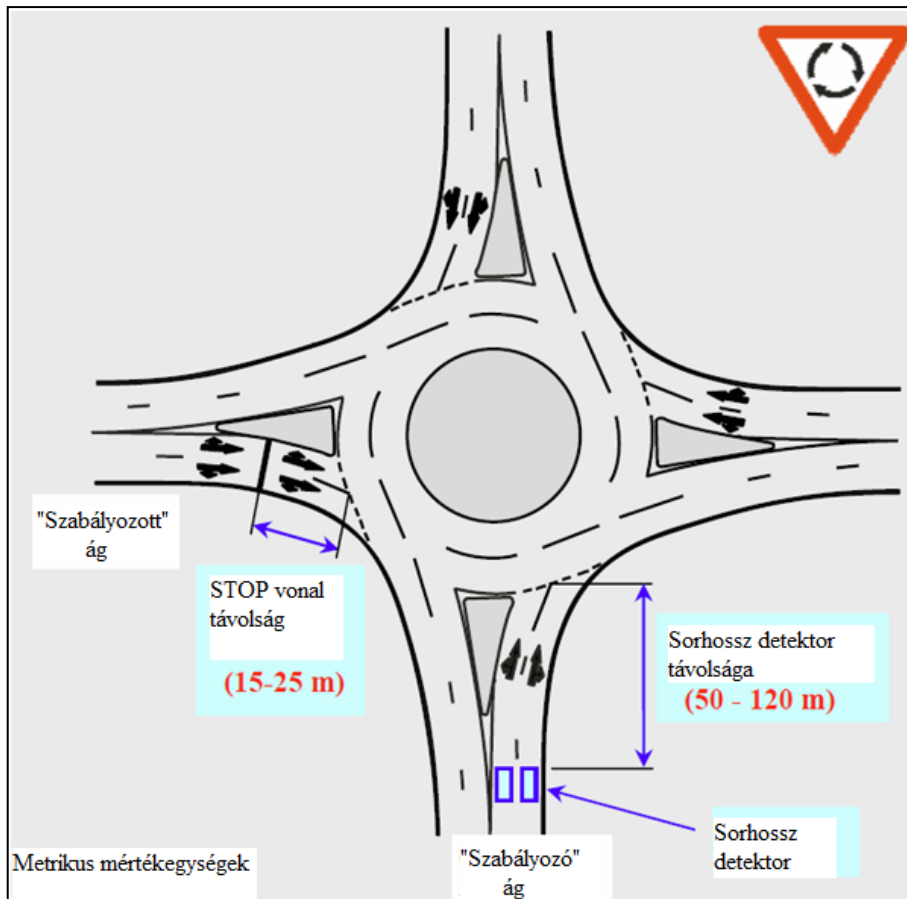
A diplomamunkámban bemutatom a különböző jelzőlámpás irányítások jellemzőit a hazai és a nemzetközi publikált anyagok segítségével. Részletesebben megvizsgálom a hazai jelzőlámpás szabályozás által ismertett programtípusok jelzésidőterveinek készítését. A saját mikroszimulációs modellek elkészítése után a célprogramon belül méréseket végzek el. A mintacsomópontok kapacitására vonatkozó eredményeket elemzem, ismertetem.

## 2. JELZŐLÁMPÁS SZABÁLYOZÁSÚ KÖRFORGALMAK

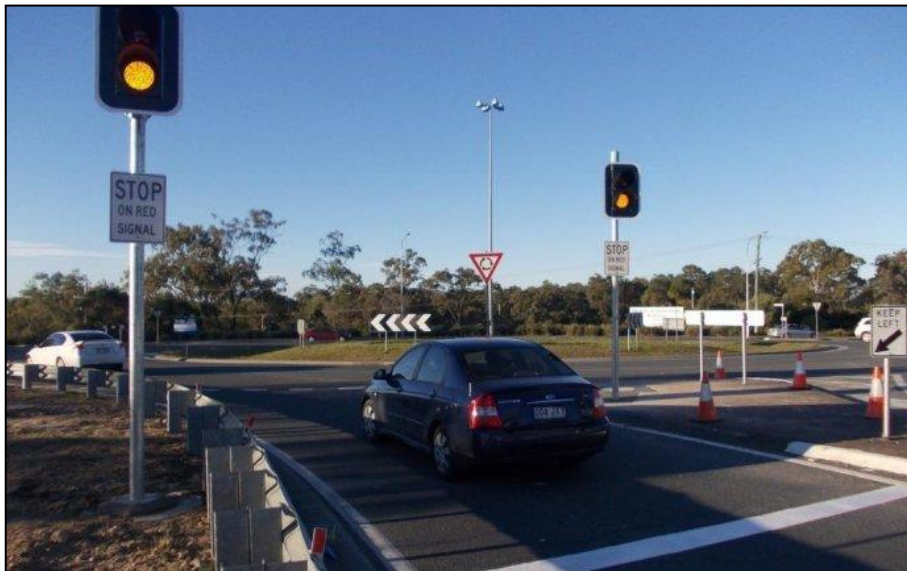
### 2.1. Indirekt irányítási mód - "Lámpásított" körforgalom

Indirekt irányítás esetén a jelzőlámpák a kialakuló sorhosszak alapján (általában csak csúcsórában) befolyásolják az egyik ágon a körpályára való behaladást. Mondhatjuk a meglévő körforgalmú csomópontok utólagos lámpázásának is. Alkalmazása akkor célszerű, ha a körforgalom kiegyensúlyozatlan forgalmi áramlásoktól (unbalanced traffic flow) "sz szenved". Ez azt jelenti, hogy ha egy ágon nagyon nagy a forgalom a többi ághoz képest, akkor azon az ágon a behaladás zavartalan. Emiatt a többi ágon szinte lehetetlenné válik a besorolás a körpályára. A kiegyensúlyozatlan forgalmi áramlások nem okoznak addig gondot, amíg a forgalom alacsony, így a "korlátozottabb" ágakon is megfelelő szolgáltatási szinten tudnak a járművek közlekedni. Ha a forgalom nagysága megnő, hamarosan jelentős különbségek alakulnak ki a szolgáltatási szintek között az egyes ágakon. A magas sebesség a körpályán szintén indokolhatja az utólagos lámpázást. A körpályán nagyobb sebességgel haladó járművek (pl. ellipszis alakú sziget hosszabbik oldalán) nehezebbé tehetik a behaladást az alacsonyabb sebességgel vagy álló helyzetből induló, torkolat felől érkező járműveknek. Jelzőlámpákkal közvetlenül szabályozható, csökkenthető a sebesség, és hézagokat képezhetünk a forgalom áramlásában, mely biztosítja a biztonságosabb behaladást a körpályára, kiegyensúlyozva a kapacitást." [21] Ennek a módszernek az alkalmazásával, ha elegendő az általa nyújtott előny elkerülhetjük a csomópont teljes jelzőlámpásítását, és a szükséges időszakon kívül hagyományos körforgalomként tud működni, korlátozások nélkül. [22]

A körforgalomban a körpálya elsőbbségének megtartása és jelzőlámpás forgalomirányítás együttes alkalmazása nem elterjedt. Hazai gyakorlatban ilyen szabályozás mellett üzemelő körforgalmú csomóponttal nem találkozhatunk, ezért a nemzetközi szakirodalom alapján kerül bemutatásra. A 7. ábrán láthatjuk ennek az irányítási módnak a kialakítását.



7. ábra Jelzőlámpával szabályozott körforgalom kialakítása indirekt irányítási mód mellett [23]



8. ábra Jelzőlámpával szabályozott körforgalom indirekt irányítási mód mellett (Ausztrália) [24]

### **2.1.1. Az általános működési elv [25]**

A szabályozni kívánt belépő ághoz jelzőlámpákat telepítünk egy bizonyos távolságra az elsőbbségadás kötelező jelzés táblától. A lámpák általában csak a csúcsórai forgalom megjelenésének időszakában működnek. Vezérlésük általában egy másik ághoz (a szabályozó ághoz) telepített sorhossz detektorok által történik (de akár előre is beprogramozhatóak azok az időszakok, amikor működtetésük célszerű).

A lámpásított körforgalom két fázisban üzemel. A piros jelzés akkor aktiválódik, ha a szabályozó (controlling) ágon a kritikus sorhossz kialakul. Ilyenkor a szabályozott (metered) ágon a forgalom felsorakozik a jelzőlámpák előtt. A többi ágon zavartalan a behaladás. Innentől kezdve a szabályozott ágon a zöld jelzés (vagy üres jelzésekép) az előre beprogramozott fázisterv szerint jelenik meg. Zöld jelzésnél (vagy üres jelzéseképénél) a körforgalom továbbra is a hagyományos módon, a körpálya elsőbbségének biztosításával működik (tehát a zöld jelzés ebben az esetben nem jelent automatikus továbbhaladási lehetőséget).

A lámpásítás minden esetben növeli a szabályozott ág időveszteségét és csökkenti a többi ág időveszteségét. Így meghatározható egy optimális zöldidő, mellyel az időveszteségeket egymáshoz közelíthetjük.

### **2.1.2. Az utólagos lámpásítás lehetőségének vizsgálata [26]**

1. Forgalmi adatok összegyűjtése a körforgalomban, ahol problémák merültek fel a forgalom lefolyásával kapcsolatban.
2. Az összegyűjtött adatok alapján meghatározni a körforgalom jelenlegi állapotjellemzőit (telítettség foka, átlagos időveszteség, torlódások hossza).
3. Az összegyűjtött adatok alapján meghatározni a lámpásítás hatásával a körforgalom állapotjellemzőit (telítettség foka, átlagos időveszteség, torlódások hossza).
4. Összehasonlítjuk az eredményeket, hogy azonosíthassuk a fejlesztések eredményességét, hogy ki tudjuk választani a leghatékonyabb működési változatot.

### 2.1.3. Ausztrál javaslatok - The Australian Traffic Signal Guide ajánlása [27]

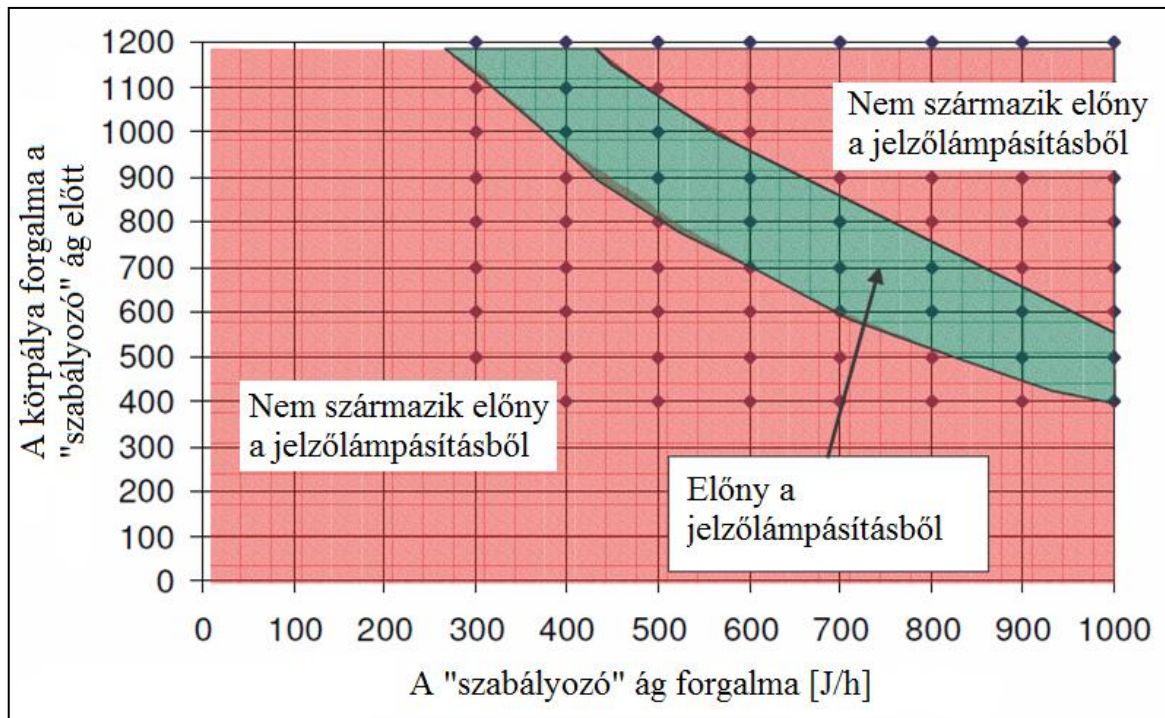
- Minimum két jelzőlámpa használata a szabályozott ágon
- "Piros jelzésnél állj!" tábla kihelyezése a lámpákhoz
- A STOP vonalat minimum 3 méter távolságra kell elhelyezni a szabályozott (metered) belépő ági elsőbbségadás kötelező jelzésektől, de 20 méter az ajánlott érték
- A sorhossz detektorok távolsága 50-120 m a szabályozó (controlling) belépő ági elsőbbségadás kötelező jelzésektől
- Néhány esetben további jelzőtáblák kihelyezése szükséges lehet (fix és változtatható képű)
- Az alap üzemeltetési paraméterek a legjobb teljes csomóponti kapacitás és teljesítmény eléréséhez:
  - Sorhossz detektorok távolsága a belépési ponttól: 60 m
  - Minimum zöld (vagy üres) jelzésekép ideje: 20 mp
  - Minimum piros jelzés ideje: 20 mp

### 2.1.4. A forgalmi vizsgálatok és lámpásítás hatásainak tapasztalatai

A különböző irányítási rendszerek összehasonlítása során az alábbi eredményekre juthatunk: [28]

- Hosszabb idejű minimum zöld (vagy üres jelzésekép) és piros jelzés használatának több előnyösebb hatása van a szabályozó ág kapacitására és teljesítményére, mint a belépési ponthoz közelebb elhelyezett detektorok alkalmazása. A hosszabb periódusidőt a szabályozó ág jobban hasznosítja
- A detektor kisebb távolságba való elhelyezésének a belépési ponttól kisebb a hatása a szabályozott ág kapacitására és teljesítményére, mint a magasabb minimum zöld (vagy üres jelzésekép) és piros jelzésidőtartam használata. Ezért a rövidebb periódusidőkből a szabályozott ág profitál

- A rövidebb idejű minimum piros jelzés alkalmazásának kisebb hatása van a szabályozott ág kapacitására és teljesítményére, mint egy hosszabb zöld (vagy üres jelzésekép) jelzésidőtartam használata vagy a belépési ponttól távolabb elhelyezett detektorok alkalmazása



9. ábra A jelzőlámpásítás hatása különböző forgalmak mellett a forgalmi vizsgálatok alapján [29]

Az ábra alapján 1300-1400 J/h együttes belépő és körpályán haladó forgalom nagyságtól lehet előnye a lámpásításnak egészen 1550-1650 J/h értékig, így egy mindösszesen 250 J/h "széles" intervallumban juthatunk előnyhöz.

A szabályozott ágnak természetesen rendelkeznie kell kapacitástartalékkal, amivel lehetséges a lámpásítás okozta veszteségek kompenzálása.

Egy körforgalom jelzőlámpásítására tekinthetünk visszalépésként. Körforgalmakat azért létesítünk, hogy nagyobb kapacitást és alacsonyabb idővesztéseget érjünk el a csomópontban, de a jelzőlámpásítással ezekkel a célokkal "részben" szembe megyünk. Meg kell jegyezni, hogy a körforgalmak jelzőlámpásítása még mindig jobb megoldás, mint a hagyományos jelzőlámpás kereszteződés kialakítása. A jelzőlámpás kereszteződésekhez képesti biztonsági mutatókat is figyelembe véve kedvezőbb az üzemeltetés a kapacitáscsökkentő és idővesztésnövelő hatás ellenére is (Baranowski 2004). [30]

### 2.1.5. Egy ausztrál példa



10. ábra Nepean Highway - McDonald Street csomópontja, Mordialloc, Victoria, Ausztrália [31]

|                                                          | Szabályozott ág - McDonald Street |                        |                       |                           |                                 |                           | Szabályozó ág - Nepean Highway |                                 |                           |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
|                                                          | Periódusidő<br>[s]                | Piros<br>jelzés<br>[s] | Zöld<br>jelzés<br>[s] | Telítettség<br>foka (f/c) | Átlagos<br>idővesztésé<br>g [s] | Max.<br>sorhossz<br>z [m] | Telítettség<br>foka (f/c)      | Átlagos<br>idővesztésé<br>g [s] | Max.<br>sorhossz<br>z [m] |
| <i>Alap- nincs<br/>lámpa</i>                             | -                                 | -                      | -                     | 0,325                     | 13,5                            | 14                        | 1,067                          | 84,2                            | 449                       |
| <i>Periódusidő<br/>100 s -<br/>azonos<br/>idővesztés</i> | 100                               | 34                     | 66                    | 0,49                      | 23,8                            | 118                       | 0,944                          | 23,6                            | 194                       |
| <i>Periódusidő<br/>45 s -<br/>azonos<br/>idővesztés</i>  | 45                                | 17                     | 28                    | 0,514                     | 20,1                            | 68,6                      | 0,929                          | 20,4                            | 160                       |
| <i>Periódusidő<br/>100 s -<br/>azonos<br/>sorhossz</i>   | 100                               | 51                     | 49                    | 0,659                     | 37,5                            | 170                       | 0,877                          | 16,2                            | 169                       |
| <i>Periódusidő<br/>45 s -<br/>azonos<br/>sorhossz</i>    | 45                                | 29                     | 16                    | 0,895                     | 56,5                            | 129                       | 0,813                          | 13,3                            | 124                       |

2. táblázat Indirekt programtervek különböző szempontok mellett [32]

### 2.1.6. Európai helyzet

Ehhez hasonló működést (részlámpásítást) a német szabvány is ismer. Ilyenek a körpályára telepített jelzőlámpák pl. a (közúti) tömegközlekedés átjutásának gyorsítása érdekében vagy a körforgalmon átvezetett villamos vonal biztonsági kiegészítéseként. A busz vagy villamos "bejelentkezése" hozza működésbe őket, biztosítva a gyorsabb, biztonságosabb áthaladást a tömegközlekedési járművek részére. [33]



11. ábra Villamos átvezetése körforgalmon, jelzőlámpával, Gaußplatz, Bécs, Ausztria [34]

## 2.2. "Direkt" irányítási mód - Jelzőlámpával szabályozott körforgalom, mint önálló csomóponttípus

"A jelzőlámpás szabályozású körforgalom egy önálló, mind a körforgalomtól, mind pedig a szokásos (kereszteződést szabályozó) jelzőlámpától eltérő működési jellemzőjű, öntörvényű csomópont (ez utóbbinak a figyelembevétele döntő fontosságú a tervezésnél)."[35] "A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi felépítése alapvetően különbözik a kereszteződéseket szabályozó jelzőlámpák programjaitól, noha annak minden elemét alkalmazzák. A kereszteződés esetén valamely irányt érintő jelzésidőtervi beavatkozás csak közvetetten hat a többi irányra. Körgeometria esetén ez a hatás közvetlen, és minden módosítás kizárólag csak az összes többi csomóponti mozgásra gyakorolt hatás egyidejű figyelembevételével történhet."[36] "Ennek elmulasztása, illetve figyelmen kívül hagyása vagy a folyamatos forgalomáramlás megszakadását, - ami a teljesítőképesség csökkenésével jár - vagy a körpálya forgalomáramlásának torlódását okozza, mely annak önzáródásához vezethet. A körgeometria tehát zárt rendszer, mely *egyirányú útvonalra felfűzött csomópontok összehangolásának is tekinthető*, ahol azonban - a szokványos összehangolásoktól eltérően - az összehangolás utolsó csomópontja egyúttal ugyanezen rendszer első csomópontja is. Jelzésidőtervi vonatkozásban is tehát egyetlen zárt rendszerként kezelendő. Itt az a megoldás előnyösebb, mely a rendszert nem hagyományos út-idő diagramos formában próbálja leírni, hanem - az alcsomópontok közötti időbeli kötöttségeket belső összehangolásként figyelembe véve - az egész csomópontrendszert egyetlen jelzésidőtervben foglalja össze." [37]

### 2.2.1. A jelzőlámpás forgalomirányítás jellemzői

"A működési mód, mely elsősorban a körpálya mentén lévő kétfázisú keresztezések egy speciális összehangolási változata, az egész csomópont teljesítőképességi és szolgáltatási színvonalbeli jellemzőinek legfőbb meghatározója. Tipikusan körspecifikus, melynek a kereszteződéses típusú csomópontoknál nincs megfelelője. Három alaptípusa határozható meg, melyek összehangolási jellemzőit az alábbi táblázat mutatja." [38]

A működési módok típusai:

| Az érintett torkolatok száma       | A belépők összehangolt vezetése |                              |                    |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------|
|                                    | Az első kordonig                | A második kordonig           | Az utolsó kordonig |
| <i>Egy torkolat</i>                | -                               | -                            | Turbina-elv        |
| <i>Két (szemben lévő) torkolat</i> | -                               | Torkolatpáronkénti irányítás | -                  |
| <i>Az összes torkolat</i>          | Teljes turbina-elv              | -                            | -                  |

3. táblázat A működési módok típusai [39]

### 2.2.2. A működési típusok fő jellemzői

"Főbb működési sajátosságai – a teljesítőképességi jellemzőkkel kiegészítve – az alábbiak szerint foglalhatók össze:

*Turbina-elv:*

- az úttorkolatok forgalmának az óramutató járásával megegyező sorrendű belépése a körpályára,
- folyamatos közbenső megállítás nélküli vezetés a körpályán,
- aszimmetrikus torkolati terhelések rugalmas kiszolgálása
- teljesítőképesség
- három ág esetén: 2200-2400 E/h/sáv
- négy ág esetén: 2000-2200 E/h/sáv
- öt ág esetén: 1800-2000 E/h/sáv
- a teljes belépő kapacitás megkötés nélküli felhasználhatósága balrakanyarodásra.



12. ábra Példa turbina-elv szerint működő csomópontra, Szeged [40]

*Torkolatpáronkénti irányítás:*

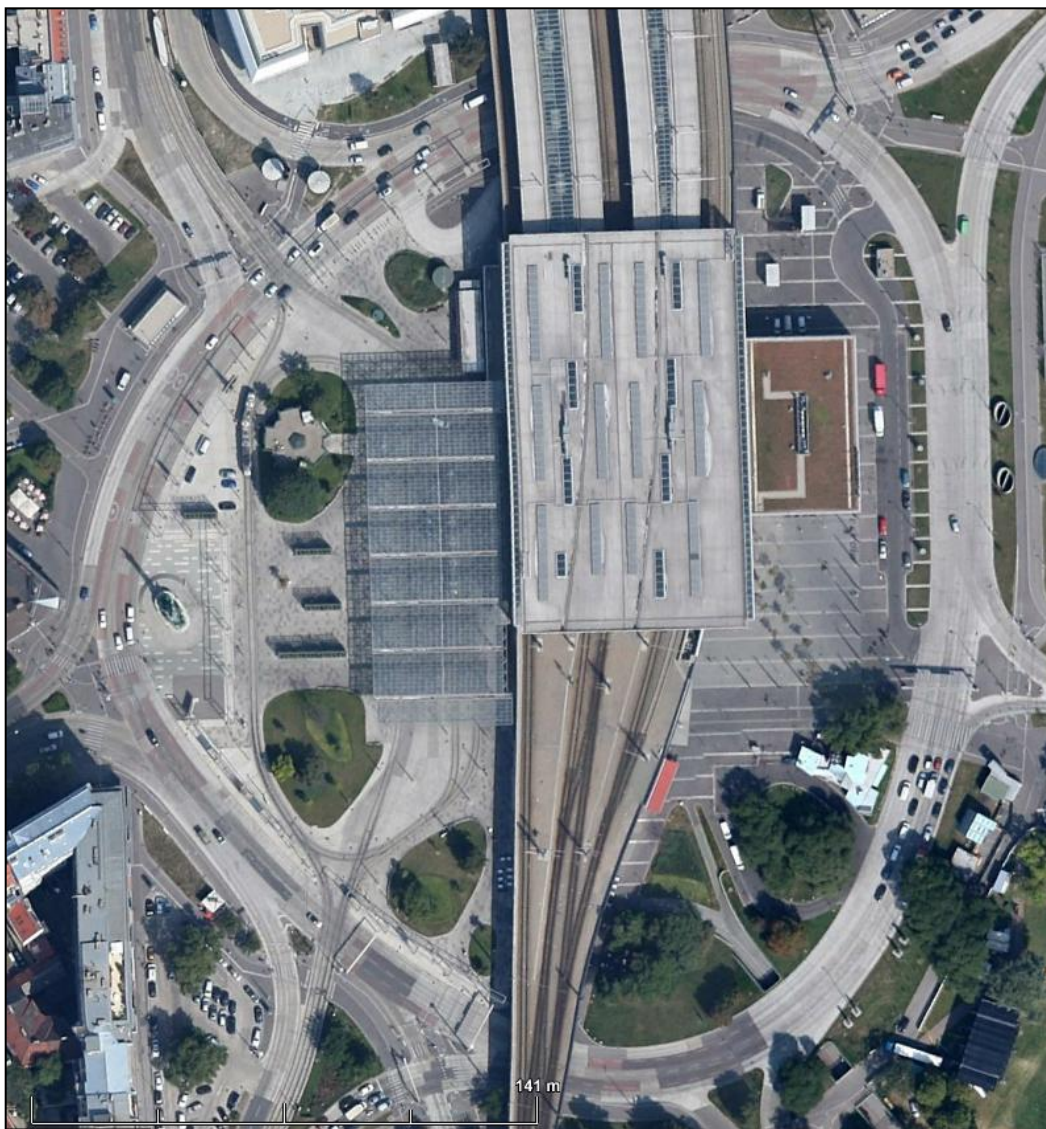
- a belépő járművek a körpálya második kordonáig kapnak megállítást nélküli vezetést
- az egyenesen és jobbra kanyarodókat kivéve valamennyi jármű közbenső megállítást után halad ki a körpályáról
- a teljesítőképesség a turbina-elv teljesítőképességét meghaladja
- a balra kanyarodási kapacitás – méret és periódusidőtől függően – részben korlátozott



13. ábra Példa torkolatpáronkénti irányítás szerint működő csomópontra, Rzeszów, Lengyelország [41]

### *Teljes turbina-elv:*

- valamennyi torkolat azonos, illetve közel azonos időben halad be a körpályára az első kordonig (a körpályára feltöltése),
- a behaladás befejeződése után a körpályára összes kordonának egyidejű, illetve közel egyidejű szabad jelzésére minden jármű elhagyja a körpályát (a körpályára kiürítése),
- nagy méretek és négy (öt)-nél több csomóponti ág esetén, illetve közel egyenlő torkolati terhelések esetén előnyös,
- teljesítőképessége az összes irányítási mód között a legnagyobb, a zöldidő-arány ( $\sum t_{zi}/t_p$ ) elérheti az 1,8-as értéket is.



14. ábra Példa teljes turbina-elv szerint működő csomópontra, Praternstern, Bécs, Ausztria [42]

*Vegyes irányítási mód:*

- az előző irányítási módok kombinációjaként előállított irányítási mód
- az adottságokhoz és kötöttségekhez való igazodás (pl. összehangolásba való beillesztés) teszi szükségessé alkalmazását
- teljesítőképessége – méretétől és a belső felsorakozási lehetőségektől függően – a torkolatpáronkénti és a teljes turbina-elv közötti" [43]

Magyarországon a direkt irányítású programok elfogadottak, így a diplomamunka további részeiben csak ezek vizsgálatával foglalkozom.

### **3. AZ EGYES TÍPUSOK RÉSZLETES JELZÉSIDŐTERVE**

A magyar szabvány (UT 2-1.219) a fenti három direkt irányítási módot tartalmazza (ellenben a német szabvánnyal, mely a teljes turbina-elvet nem említi [44]). Részletesebb leírást, csak a turbina-elv, illetve a torkolatpáronkénti irányítás szerinti működésről ad. A hazai publikált leírások szintén csak erről a két irányítási módról találhatók, itt kiemelhető Dr. Maklári Jenő munkássága. A teljes turbina-elv szerinti irányításról publikált anyagot nem találtam, így annak leírása, részletesebb ismertetése a szimulációs vizsgálataim tapasztalatainak összefoglalása.

#### **3.1. A turbina elv szerinti program**

##### **3.1.1. A program működési alapelve**

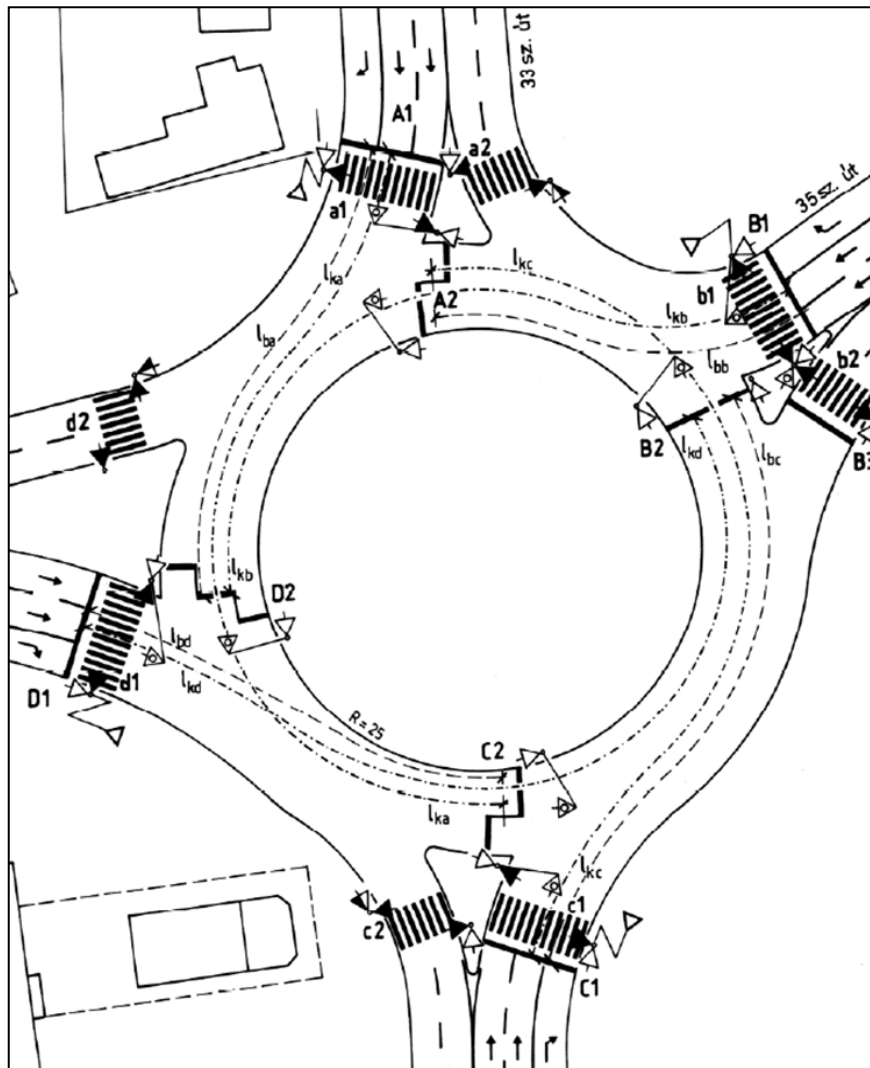
„Az ún. turbina-elv szerinti működés alapja, hogy a torkolatok az óramutató járásával megegyező sorrendben, egymás után kapnak szabad jelzést. Az egyes torkolatok – a körpályán létesített jelzőlámpakordonokkal – kétfázisú kereszteződések alkotnak. A körpálya mentén lévő kordonoknak úgy kell működniük, hogy a torkolatok belépő forgalma számára biztosított legyen a folyamatos, megállítást nélküli áramlás. Ez a szabad jelzések megfelelő belső összehangolásával úgy érhető el, ha valamennyi torkolatból:

- az utolsónak behaladó jármű – az ívviszonyoknak megfelelő sebességgel haladva – a legtávolabbi torkolaton kiléphet (kihaladási feltétel), továbbá, ha
- az elsőként behaladó jármű az ív és a gyorsítási jellemzőknek megfelelő időeltolódással kapja az első kordonnál a szabad jelzést (behaladási feltétel).

A behaladási és kihaladási feltételek egyértelműen meghatározzák a programparamétereket. A torkolatok belépési sorrendjéből következően a körpályán való folyamatos forgalomlebonnyolódás úgy érhető el, ha a befejeződő szabad jelzéssel egyidejűleg a követő csomóponti ágon – a torkolatok távolságának és a közbenső időnek megfelelő időeltolódással – már megkezdődik a járművek belépése a csomópontba." [45]

### 3.1.2. Meghatározandó programparaméterek

- Behaladási idő ( $t_{be}$ ) – a szabad jelzést követően az álló helyzetből induló jármű első jelzőlámpa-kordonig tartó mozgásának ideje
- Kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) – a szabad jelzés végétől a balra kihaladó járműnek az utolsó általa érintett jelzőlámpa-kordonig tartó mozgásának ideje
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) – a torkolat felőli forgalmat a kordon felől érkező forgalom követi
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) – a kordon felől érkező forgalmat a torkolati forgalom követi



15. ábra A behaladási és a kihaladási szakaszok értelmezése [46]

### 3.1.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram

"A kihaladási és behaladási feltételeket kielégítő programban az egyik fázis végétől a következő fázis végéig a következő lépésekben juthatunk el (pl. az A torkolattól kiindulva, 4 ág esetén):

- A1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: C2 vége
- C2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: C1 eleje
- C1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: B2 eleje
- B2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: B1 vége

(A teljes csomópontra nézve, 4 és 5 ág esetén az összes lépés a I. és II. sz. mellékletként)

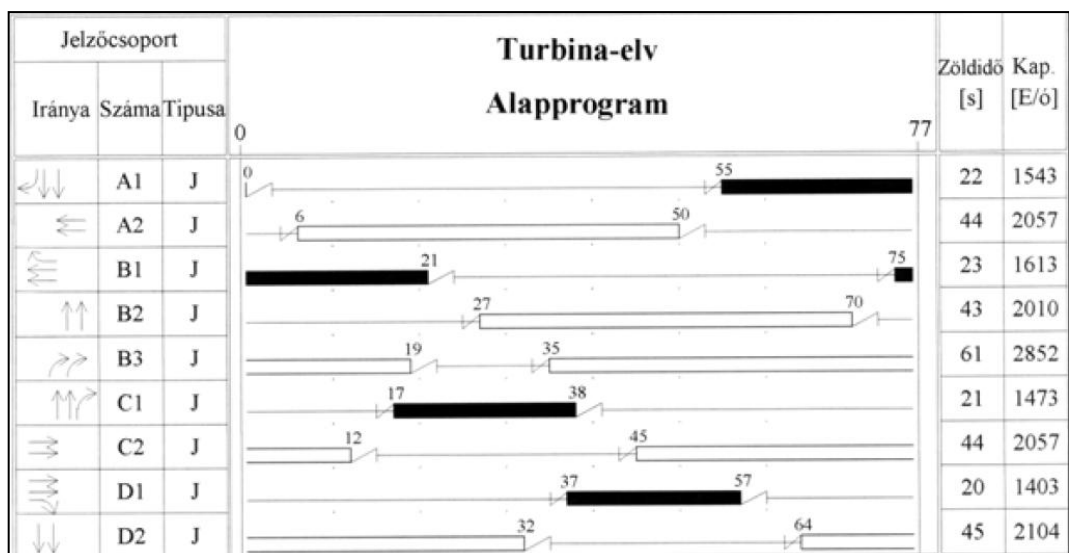
Az összes torkolatra kiterjesztve, azaz A1 végétől A1 végéig, a kiindulási feltételben rögzítetteket kielégítő program periódusidejéhez jutunk, melyet **alapprogramnak** nevezünk:

$$t_p = t_{pa} = \sum t_{ki,i} + \sum t_{be,i} + \sum t_{k\bar{o}i21,i} - \sum t_{k\bar{o}i12,i}$$

A kapott kifejezés legfőbb sajátossága, hogy forgalmi adat nem szerepel benne, azaz a legfőbb jelzésidőtervi paraméter, a periódusidő – ha a kiindulási feltételeknek megfelel – független a forgalomnagyságtól, értéke csakis a csomópont geometriai kialakításától, - elsősorban a körpálya sugarától – függ.

A zöldidők összege:

$$\sum t_{z,i} = t_{pa} + \sum t_{be,i} - \sum t_{k\bar{o}i12,i} \text{ " [47]}$$



16. ábra Példa turbina-elv szerinti jelzésidőtervre [48]

## 3.2. A torkolatpáronkénti program

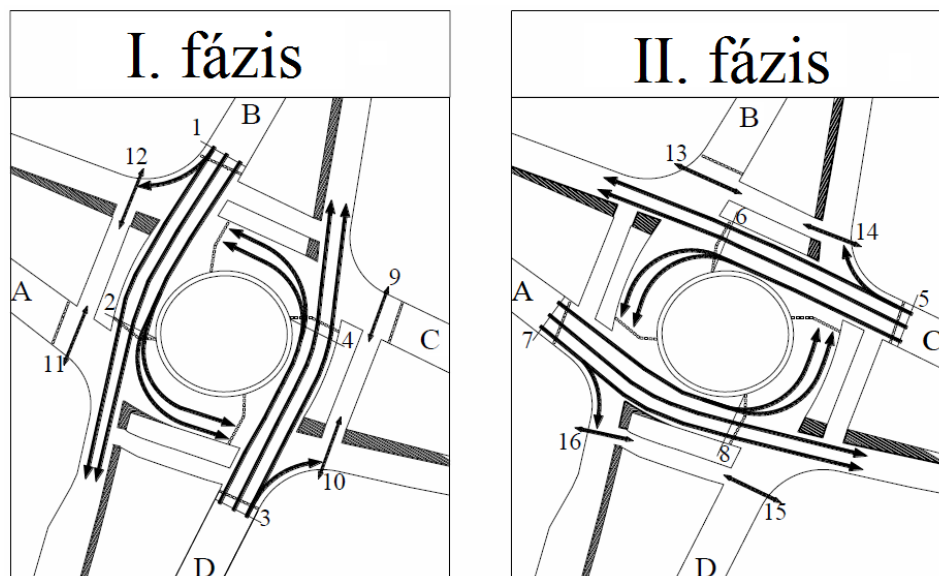
### 3.2.1. A program működési alapelve

A torkolatpáronkénti program működési alapelve, hogy "a (funkcionálisan) szemben lévő torkolatok egy időben (párban), vagy közel egy időben kapnak szabad jelzést" [49]. Ezután a konfliktusba nem kerülő, egyenesen és jobbra továbbhaladó forgalom megállítás nélkül elhagyja a csomópontot. A balra továbbhaladó forgalom csak közbenső megállítás után (második alcsomópont szabad jelzését követően) halad tovább (fontos az önálló balra kanyarodó sáv használata), megelőzve a következő fázis forgalmát, melynek forgalma ugyanilyen módon bonyolódik le. "A belső jelzőlámpakordonoknak - szemben a turbina-elv szerinti működéssel, ahol inkább csak forgalombiztonsági szerepük van (pl. visszaforduló, vagy elakadt járművek miatt) - itt tehát fontos irányító szerepet kell ellátniuk." [50]

"A forgalom zavartalansága és folyamatossága érdekében a mindenkor programoknak biztosítani kell, hogy

- az előző fázisban érkezett és felsorakozott balra kanyarodó járművek a követő fázis egyenes irányú járművei előtt időben, azok hátráltatása nélkül kihaladhassanak, hogy
- a csomópontba utolsónak belépő jármű is el tudja még hagyni a belépést követő első alcsomópontot.

A megfelelő működés előfeltétele tehát - a turbina-elv szerinti működéshez hasonlóan - a geometriai adottságok és a forgalmi terhelés alapján meghatározott behaladási és kihaladási idők biztosítása." [51]



17. ábra Torkolatpáronkénti irányítás két fázisa 4 ágú csomópontnál [52]

### 3.2.2. Meghatározandó programparaméterek

- Behaladási idő ( $t_{be}$ ) – a szabad jelzést követően az álló helyzetből induló jármű első jelzőlámpa-kordonig tartó mozgásának ideje (megegyezik a turbina-elvnél vett értékkel)
- Kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) – a szabad jelzés végétől az utolsó (felsorakozó, lassító) balra kanyarodó jármű első jelzőlámpa-kordonig tartó mozgásának ideje (tehát nem azonos a turbina-elvnél vett értékkel)

- Két kordon közötti kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) – az első és a második alcsomópontok jelzőlámpa-kordonjai közötti távolság álló helyzetből történő megtételéhez szükséges idő
- Zöldidő ( $t_z$ ) - az első és a második alcsomópontok jelzőlámpa-kordonjai közötti területen felsorakozó balra kanyarodó járművek áthaladásának zöldidő igénye (egy fázis alatt átvezethető balra kanyarodó forgalom zöldideje)
- Előnyitási idő ( $t_e$ ) - a torkolat szabad jelzése és a torkolattal szemben lévő első alcsomópont szabad jelzése közötti idő (torkolat ennyivel később kap szabad jelzést az alcsomópontához képest), mely biztosítja, hogy az előző fázisban érkezett és felsorakozott balra kanyarodó járművek a követő fázis egyenes irányú járművei előtt időben, azok hátráltatása nélkül kihaladhassanak
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{köl2}$ ) – a torkolati forgalmat a kordon felől érkező forgalom követi (a turbina-elvnél meghatározott közbenső időhöz képest itt annyi a különbség, hogy a kordon felőli forgalom nem más, mint a felsorakozó (álló helyzetből induló) balra kanyarodó forgalom és a torkolat felőli forgalom nem más, mint az azonos fázisban, de szemben lévő torkolat felől érkező forgalom)
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{köl1}$ ) – a kordon felől érkező forgalmat a torkolati forgalom követi (ez megegyezik a turbina-elv programparaméterével)
- Összegezett járművezetői reakcióidők ( $\sum t_{re}$ ) - az első és a második alcsomópontok jelzőlámpa-kordonjai között maximálisan felsorakozni képes járművek vezetőinek összegezett reakcióideje a szabad jelzést követően

## Megjegyzések

A zöldidő meghatározása szoros összefüggésben áll a rendelkezésre álló (tervezett) férőhely nagyságával. Érdemes úgy megválasztani a zöldidőket, hogy az rendelkezzen tartalékkal, ha előfordulna, hogy több jármű halad át, mint amire előzetesen számítottunk. Ez biztosítja, hogy minimalizáljuk azon járművek számát, amelyek a szabad jelzés végét követően nem képesek a következő jelzőlámpa-kordonon áthaladni (így csak a következő fázisban tudnak továbbhaladni, csökkentve a következő fázis kapacitását)

Az előnyitási idő ( $t_e$ ) meghatározása:

$$t_e = t_{ki'} + \sum t_{re} - t_{be}$$

A  $t_{ki'} + \sum t_{re}$  értékek összege nem egyezik meg a torkolati zöld -  $t_z$  - értékével, tehát hibás az a feltételezés, hogy ezzel helyettesíthető ez az összeg. Egyrészt, ahogy fentebb említettem érdemes a zöldidőt "tartalékkal" figyelembe venni, így a zöldidőn elvileg áthaladni képes járműszám nem egyezik meg a két jelzőlámpa-kordon között maximálisan elférő járműszámmal. Másrészt a zöldidő végénél az utolsó járműnek elegendő csak elérni a jelzőlámpa-kordont, míg az előnyitási időnél fontos, hogy az utolsó jármű már áthaladjon azon, hogy a jelzőlámpa-kordont -  $t_{be}$  - idő múlva elérő első behaladó jármű ne kerüljön konfliktusba az előtte haladóval, ne kényszerüljön lassításra. Mindezeket figyelembe véve biztosíthatjuk, hogy az esetlegesen előző fázisban beragadt járművek miatt a két jelzőlámpa-kordon közötti teljes hosszon álló járművek is még időben ki tudjanak haladni a torkolat felől érkező forgalom elől.

A magyar szabványban az előnyitási idő meghatározására a

$$t_e = 0,2 R + 0,33$$

összefüggés szerepel, ahol -  $R$  - a körpálya tengelyének sugara méterben. Az összefüggés levezetését megtalálhatjuk Dr. Maklári Jenő Városi Közlekedés c. folyóiratban megjelent, Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész c. cikkében.

A két megoldás alapjaiban megegyezik. A későbbiekben az előnyitási idő meghatározása az általam vázolt paraméterek segítségével történik.

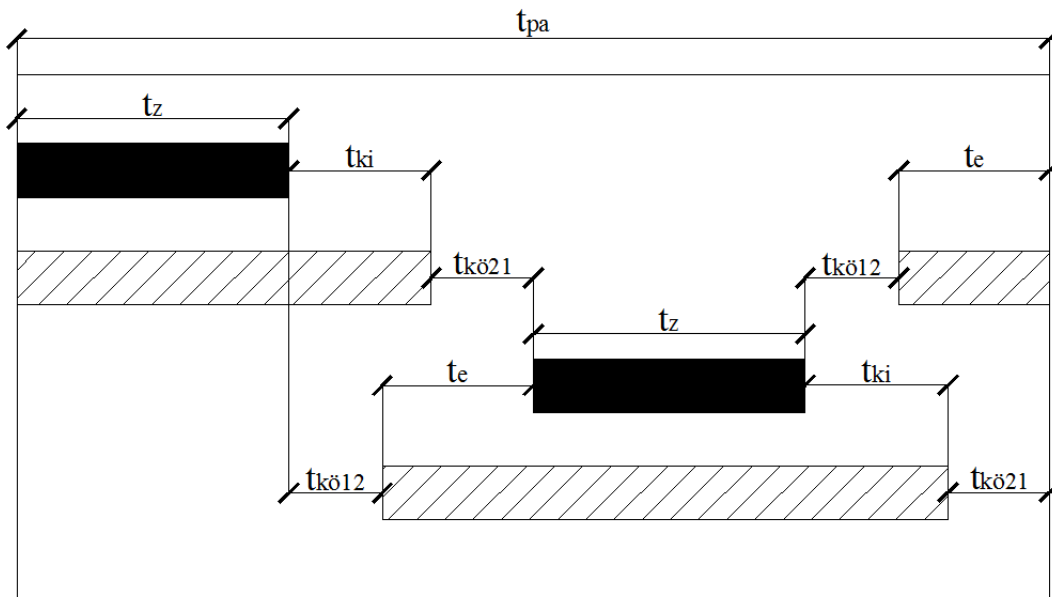
### 3.2.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram

A fenti programparaméterek meghatározását követően elkészíthetjük az alapprogramot. Könnyen belátható, hogy két változat is lehetséges

- hisz a kordonok szabad jelzésének végét az azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének végétől a -  $t_{ki}$  - kihaladási idő biztosításával kapjuk, és a

kordonok szabad jelzésének végétől a következő fázis torkolati jelzőlámpák szabad jelzése előtt a -  $t_{k\delta 21}$  - közbenső időt kell biztosítani

- illetve a kordonok szabad jelzésének elejét az azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje előtt a -  $t_e$  - előnyitási idő biztosításával kapjuk, és a kordonok szabad jelzésének eleje és a megelőző fázis torkolati jelzőlámpáinak szabad jelzésének vége között a -  $t_{k\delta 12}$  - közbenső időt kell biztosítani



18. ábra A torkolatpáronkénti irányítás programfelépítése (szimmetrikus csomópont esetén)

Az alapprogram hossza ezek szerint:

$$t_{pa} = \sum t_z + 2 (t_{ki} + t_{k\delta 21})$$

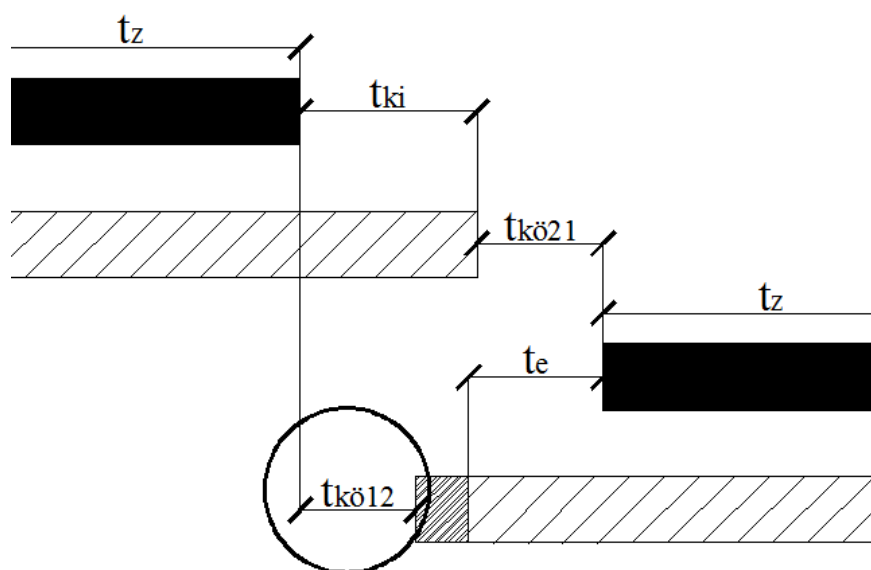
vagy

$$t_{pa} = \sum t_z + 2 (t_{k\delta 12} + t_e)$$

Mértékadó az, amelyiknél hosszabb a programidő, mivel az egyszerre kielégíti mindkét feltételt, hogy két torkolati szabad jelzés között legalább  $(t_{ki} + t_{k\delta 21})$  vagy  $(t_{k\delta 12} + t_e)$  időnek kell lennie.

## Megjegyzések

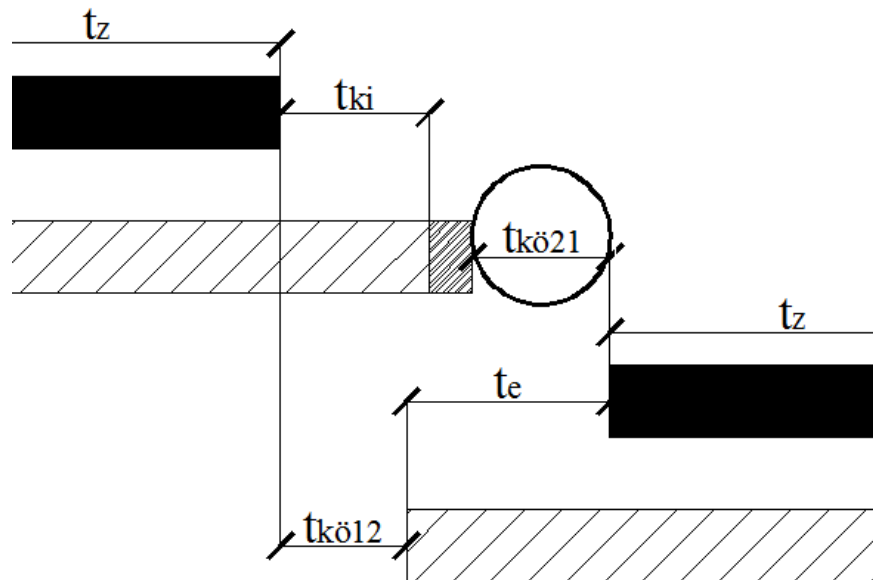
Ha  $(t_{ki} + t_{k\bar{o}21}) > (t_{k\bar{o}12} + t_e)$ , akkor egyértelműen meghatározható a kordonok szabad jelzésének vége (azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének vége  $+ t_{ki}$ ), illetve a következő fázis torkolati jelzőlámpáinak szabad jelzésének kezdete (előző fázis torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének vége  $+ (t_{ki} + t_{k\bar{o}21})$ ). Azonban a kordonok szabad jelzésnek eleje két értéket is felvehet, az előző fázis torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének vége  $+ t_{k\bar{o}21}$  vagy az azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje  $- t_e$ . A két érték közül érdemes a "minimálist" használni, azaz amelyik több zöldidőt biztosít előnyítási időnek (belátható, hogy ez minden esetben a  $- t_{k\bar{o}21}$  - közbenső idővel számolt érték lesz). Ez "még jobban" elősegíti, hogy ne fordulhasson elő, hogy a torkolati forgalom utoléri az előző fázis balra kanyarodó forgalmát (de arra is figyelni kell, hogy ez ne okozza azt, hogy a kordonhoz elsőnek érkező jármű megállás nélkül tudjon továbbhaladni, mivel a  $- t_{k\bar{o}12}$  - közbenső időnél számoltunk a megállással).



19. ábra Jelzőlámpa-kordon szabad jelzés elejének kiválasztása torkolatpáronkénti irányítás mellett

Ha  $(t_{ki} + t_{k\bar{o}21}) < (t_{k\bar{o}12} + t_e)$ , akkor egyértelműen meghatározható a kordonok szabad jelzésének eleje (azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje  $- t_e$ ), illetve az előző fázis torkolati jelzőlámpáinak szabad jelzésének vége (következő fázis torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje  $- (t_{k\bar{o}12} + t_e)$ ). Azonban a kordonok szabad jelzésnek vége két értéket is felvehet, az előző fázis torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének vége  $+ t_{ki}$  vagy az azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje  $- t_e$ . A két érték közül érdemes a "maximálist" használni, azaz amelyik kevesebb zöldidőt biztosít előnyítási időnek (belátható, hogy ez minden esetben a  $- t_{k\bar{o}12}$  - közbenső idővel számolt érték lesz). Ez "még jobban" elősegíti, hogy ne fordulhasson elő, hogy a torkolati forgalom utoléri az előző fázis balra kanyarodó forgalmát (de arra is figyelni kell, hogy ez ne okozza azt, hogy a kordonhoz elsőnek érkező jármű megállás nélkül tudjon továbbhaladni, mivel a  $- t_{k\bar{o}12}$  - közbenső időnél számoltunk a megállással).

jelzésének vége +  $t_{ki}$  vagy az azonos fázisú torkolati jelzőlámpák szabad jelzésének eleje -  $t_{kö21}$ . A két érték közül érdemes a "maximálist" használni, azaz amelyik több zöldidőt biztosít kihaladási időnek (belátható, hogy ez minden esetben a -  $t_{kö21}$  - közbenső idővel számolt érték lesz). Ez még jobban elősegíti, hogy ne fordulhasson elő, hogy a felsorakozó balra kanyarodó járművek közül senki se "ragadjon be" a fázison belül, hogy csak a következő fázison belül tudjanak csak kihaladni, csökkentve a kapacitást.



20. ábra Jelzőlámpa-kordon szabad jelzés végének kiválasztása torkolatpáronkénti irányítás mellett

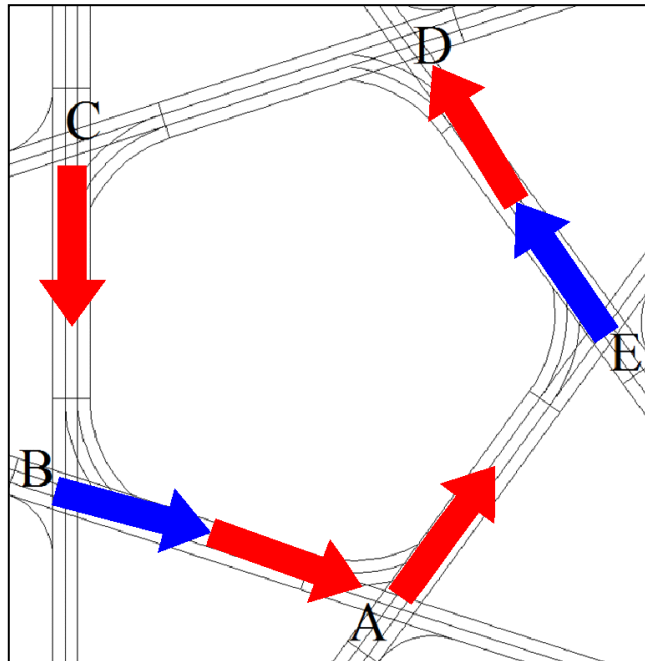
A közbenső megállítás miatt, ennél a irányítási módnál, már nem igaz a turbina-elvnél meghatározott megállapítás, hogy a jelzésidőterv független a forgalmi adatoktól és csak a geometriától függ.

### 3.2.4. Kiegészítés

A torkolatpáronkénti irányítás jelzésidőterve elkészíthető 5 ágú csomópontokra is. Ebben az esetben egy perióduson belül az alapprogram kétszer ad zöldet az adott torkolatnak.

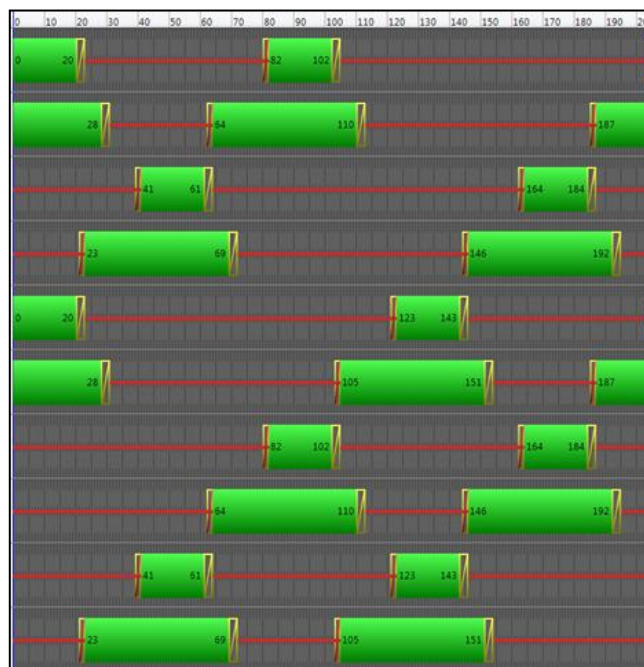
A program felépítése két torkolat kiválasztásával kezdődik, melyeknek forgalma nem metszi egymást az első megállítási pontig. Innentől kezdve a többi torkolat közül mindig az

a kettő kap szabad jelzést, amelyek előtt az előző fázis balra kanyarodó forgalmai felsorakoznak.



21. ábra Torkolatpáronkénti irányítás egy lehetséges kialakítása 5 ágú csomópont esetén

pl. A és C torkolat, majd B és E, A és D, C és E, B és D, majd megint A és C.



22. ábra Példa torkolatonkénti irányítás jelzésidőtervére [53]

Az óramutató járásával megegyező irányban, az első ág felé továbbhaladó forgalom (nagyobbik része), ha a fentebb ismertetett négyágú csomóponti jelzésidőterv felépítését alkalmazva készítjük el az ötágú csomópont jelzésidőtervét, nem csak az második alcsomópontnál áll meg, hanem a harmadiknál is. Ez a megfelelően kiválasztott geometriai elrendezés és sávhasználat esetén nem jelent problémát (pl. spirális sávvezetés alkalmazása, önálló balra kanyarodó sáv, elegendő felállási hely biztosítása a mögöttük haladó forgalom feltartásának elkerülése érdekében). Ilyenkor a "kétszer" megállított forgalom a következő fázis balra kanyarodó forgalmával együtt, az azt követő fázis előnyitási ideje alatt hagyja el a csomópontot. Ez a megoldás ugyan hosszabb idővesztést okoz a legtávolabbi ágon kihaladó forgalom számára, de sokkal kedvezőbb a csomópont összforgalmára nézve, minthogy egy megállással biztosítjuk a kihaladásukat (pl. rövidebb alapprogram).

### **3.3. A teljes turbina elv szerinti program**

#### **3.3.1. A program működési alapele**

A teljes turbina-elv irányítás működésének alapja, hogy a csomópont valamennyi torkolata felől a járművek azonos fázisban haladnak be az első alcsomópontig, majd a következő fázisban (közel) egyszerre haladnak ki onnan. Az első fázis (körpálya feltöltése) szabad jelzésének hosszát a fogadó (kör)pályaszakaszok felállási lehetőségei szabják meg. A második fázis (kihaladási szakasz) szabad jelzésének hosszát úgy kell meghatározni, hogy a körpályán felsorakozott járműoszlopok a legtávolabbi kordont is megállítás nélkül átléphessék. [54]

#### **3.3.2. Meghatározandó programparaméterek**

- Zöldidő ( $t_z$ ) - az első fázisban a körpályán felsorakozni képes járműszám áthaladásához szükséges szabad jelzés hossza

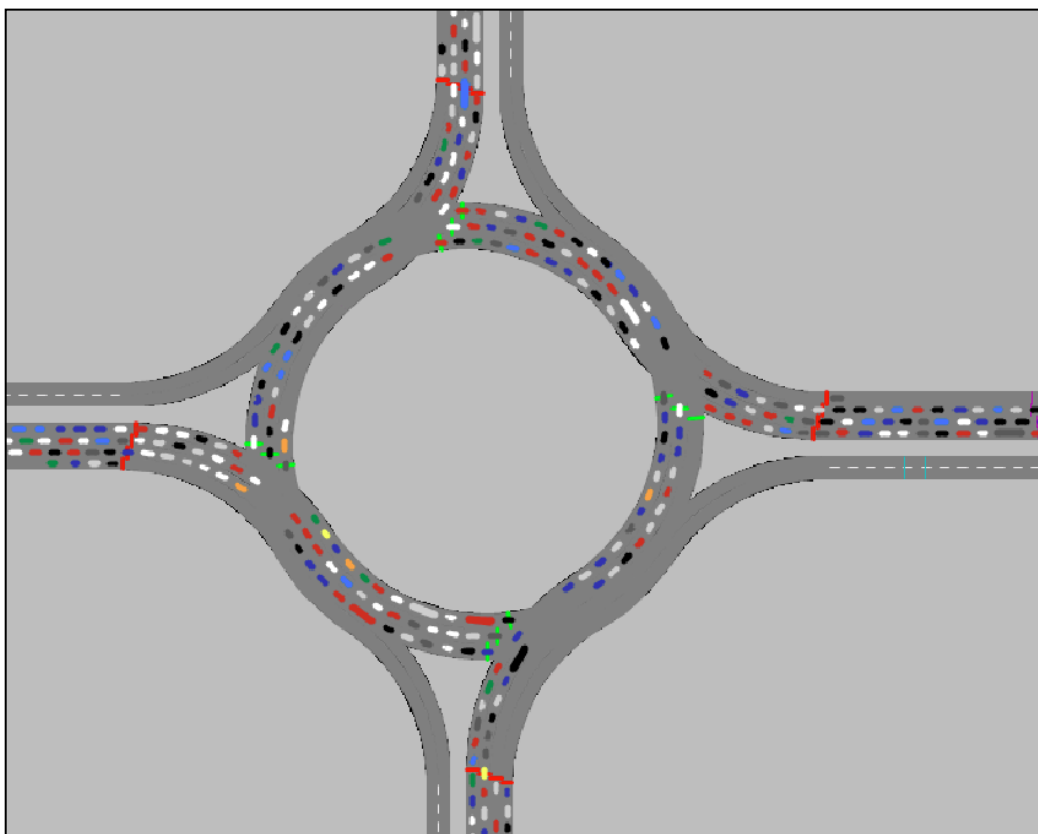
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) – a torkolati forgalmat a kordon felől érkező forgalom követi (a kordon felőli forgalom nem más, mint a felsorakozó ( így álló helyzetből induló) szomszédos torkolat felől érkező forgalom)
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) – a kordon felől érkező forgalmat a torkolati forgalom követi (a kordon felőli forgalom minden esetben a csomópontot utoljára elhagyó, balra kanyarodóak járművek)
- Kordon zöldidő ( $t_{z,k}$ ) - a második fázisban a jelzőlámpa-kordonok szabad jelzése
- Érintett kordonok közötti út megtételéhez szükséges idő ( $t_{ek}$ ) - a szomszédos torkolat felől érkező balra kanyarodó utolsó jármű az általa érintett kordonok közötti távolság megtételéhez szükséges idő
- Összegezett járművezetői reakcióidők ( $\sum t_{re}$ ) - az első fázisban a körpályán felsorakozni képes járműszám vezetőinek összegezett reakcióideje a szabad jelzést követően

Megjegyzések:

A -  $t_{k\bar{o}12}$  - közbenső időnél az biztos, hogy a belső jelzőlámpa-kordonok piros jelzést mutatnak az első jármű megérkezésekor, hiszen csak akkor lehetne szabad jelzés, ha csak annyi zöldidőt biztosítanak a torkolat felől érkező forgalom számára, aminek a -  $t_{k\bar{o}12}$  - közbenső idővel vett összege kisebb, mint a behaladási idő, ami értelmetlen. Így kijelenthető, hogy a torkolat felől biztos, hogy a járművek lassuló mozgással érkeznek (felsorakozás), és a kordon felől pedig álló helyzetből érkezik a forgalom.

A kordon szabad jelzésének van egy minimális és egy maximális hossza. Minimális időt a -  $t_z + t_{ek}$  - összege jelenti, ennyi időt kell biztosítani, hogy az utolsó balra kanyarodó jármű is elhagyja a csomópontot. Azonban a spirális sávvezetés következtében a balra kanyarodó forgalom a következő alcsomópontig sávot vált, így utoléri az ott felsorakozott (egyenesen továbbhaladó) járműveket. Ennek következménye, hogy újból megállnak a járműk - így újból megjelenik a szabad jelzést követő reakcióidőkből származó veszteség - ami miatt a sor vége nem lesz képes elhagyni a csomópont területét,

"beragad". Alacsonyabb forgalom mellett még nem jelentkezik probléma, de ha nő a forgalom nagysága, akkor egy idő után az összeérő forgalmi áramlatok egymást torlasztják fel, egyre több jármű marad a megelőző fázis során a csomópontban ami végül a csomópont önzáródásához vezet.



23. ábra Csomópont önzáródása [55]

Ahhoz, hogy ezt elkerüljük több lehetőség is rendelkezésre áll. Az első, hogy a balra kanyarodók sávjának szabad jelzését elcsúsztatjuk a felsorakozó járművek vezetőinek összegzett reakcióidejével (ez biztosítja, hogy az utolsó jármű és a mögötte érkező első jármű is egyszerre indul el, így nem tartják fel egymást). Fontos megjegyezni, hogyha nem csak a kanyarodó mozgás sávja van spirálisan vezetve, akkor minden egyes további fonódó sáv esetében is meg kell tenni a szabad jelzések elcsúsztatását (ez nem érinti a középszigethez érintőlegesen csatlakozó ágakkal kialakított geometriákat). Egy másik megoldás, hogy ezeknél a sávoknál, ahol lényegében nem közös sávhasználatról van szó (mint a balra kanyarodók és szomszédos torkolat egyenesen továbbhaladó forgalma között, hanem csak a kihaladási útvonaluk egy része közös) a torkolati szabad jelzést csökkentjük olyan mértékben, hogy csak annyi jármű legyen képes áthaladni, hogy a kihaladás során ne tudjanak konfliktusba kerülni (ne tartsák fel) a mögöttük érkező

forgalmat. Ugyanezt érhetjük el ha a geometriát úgy alakítjuk ki, hogy ez a közös szakasz minél kisebb legyen (a csomópont területének növekedésével jár). A kordon szabad jelzésének maximális értéke a  $t_z + t_{ek}$  - kifejezés összes reakcióidős elcsúsztatással vett összege. Szintén megoldás lehet, ha a tervezett geometriához a jelzőlámpák zöldidejének hosszát úgy határozzuk meg, hogy csak annyi jármű tudjon behaladni, hogy a jelzőlámpa-kordontól érkező első jármű behaladási ideje a következő szomszédos jelzőlámpa-kordon előtt álló utolsó járműig hosszabb legyen, mint az utolsó jármű elindulásáig („utazósebesség” eléréséig) szükséges idő (ennek a megoldásnak a hátránya lehet a megadott zöldidőhöz képesti nagyobb méret).

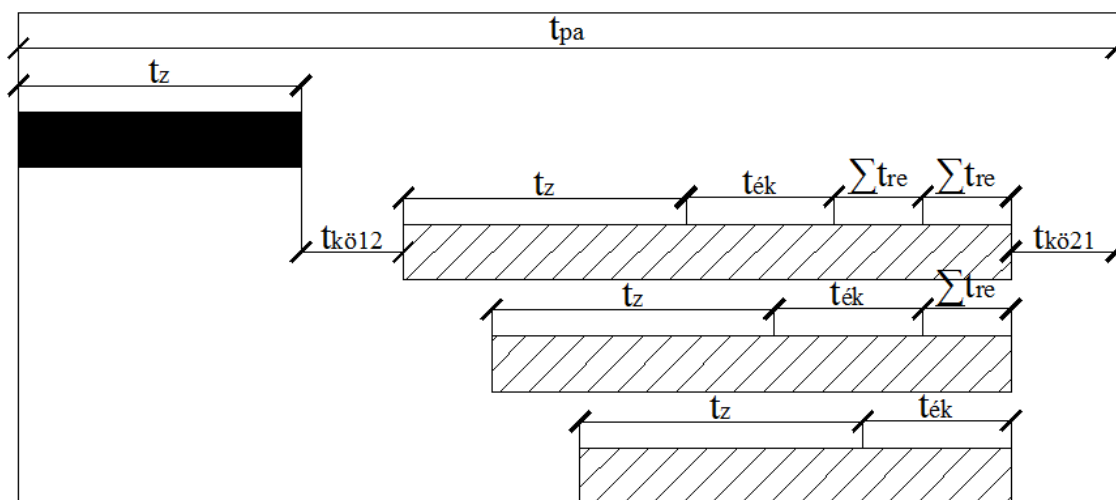
5 ág esetén két lehetőség van, vagy biztosítjuk az összes járműnek az azonos perióduson belüli kihaladást. Ehhez a kordon zöldidejét kell növelni, ami növeli a programidőt, így csökkenti a kapacitást. A másik lehetőség, hogy a torkolatpáronkénti irányításhoz hasonlóan (lásd. 3.2.4) azok a járművek amelyek az óramutató járásával megegyező irányban, az első ág irányába mennének tovább, azoknak egy része csak a következő periódusban tudna továbbhaladni. Itt az a mértékadó, hogy mennyi a periódusonként "beragadó" járművek száma? Hogyan férnek el a rendelkezésre álló helyen a következő periódusban behaladó járművekkel együtt?

### 3.3.3. A jelzésidőterv felépítése. Az alapprogram

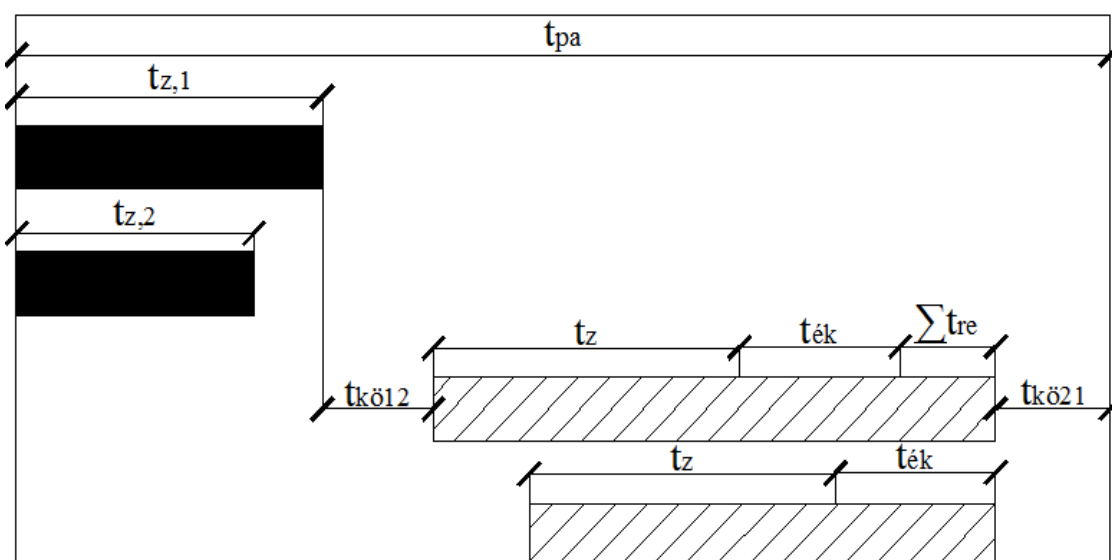
A meghatározott paraméterek felhasználásával és a megfogalmazott megjegyzések figyelembevételével több jelzésidőterv is elkészíthető.

Például:

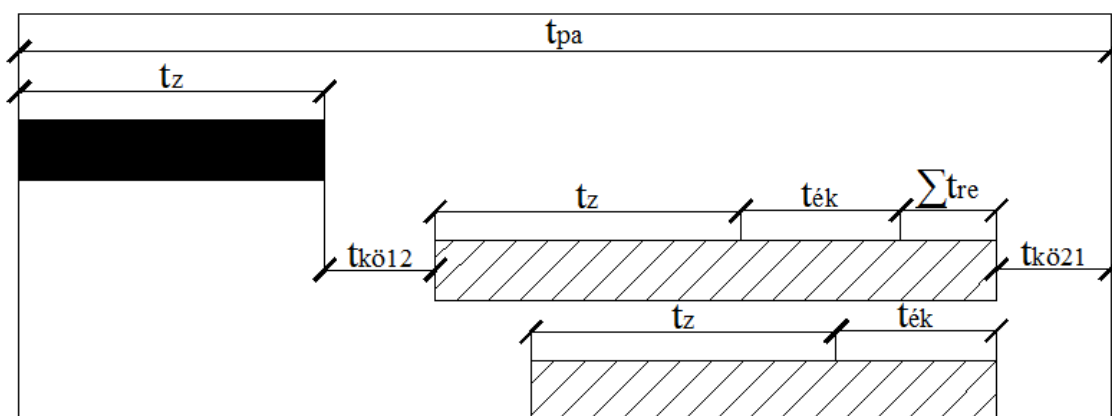
- Azonos torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén.
- Eltérő torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén.
- Azonos torkolati szabad jelzések biztosítása, fonódás csak a kanyarodó sávnál (pl érintőleges ágcsatlakozás)
- Azonos (geometriához képest rövidebb) torkolati és kordon szabad jelzések biztosítása, nincs elcsúsztatás.



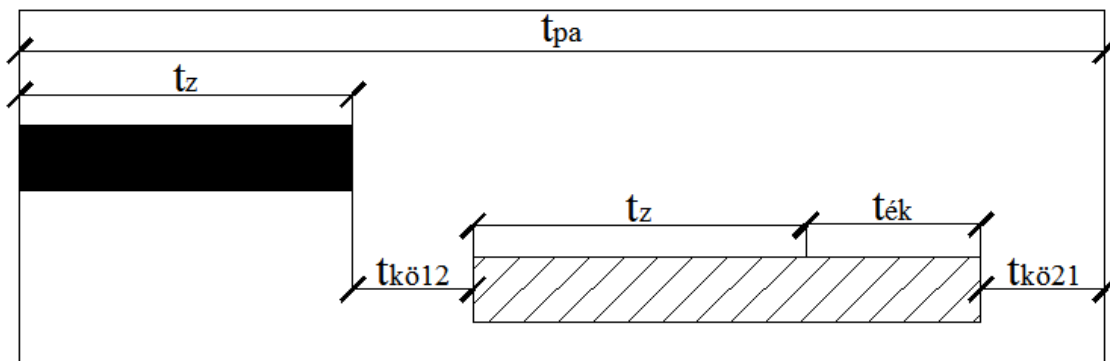
24. ábra Teljes turbina-elv jelzésidőterve: azonos torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén



25. ábra Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Eltérő torkolati szabad jelzések biztosítása több fonódó sáv esetén



26. ábra Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Azonos torkolati szabad jelzések biztosítása, fonódás csak a kanyarodó sávnál (pl. érintőleges ágcsatlakozás)



27. ábra Teljes turbina-elv jelzésidőterve: Azonos torkolati és kordon szabad jelzések biztosítása (nincs elcsúsztatás)

(Az ábrákon használt paraméterek szimmetrikus csomópont kialakításra érvényesek.)

Ezek alapján kijelenthető, hogy a teljes turbina-elv irányítás mellett a geometriának nagyon fontos szerepe van. A jelzésidőterv típusa szoros összefüggésben áll csomópont kialakításával.

### 3.4. A programok viselkedése az alapprogram megváltoztatásával

Más jelzőlámpás szabályozású csomópontokkal való összehangolási igény miatt felmerülhet az alapprogram módosítása. Ez mindegyik irányítási módnál lehetséges, de ekkor számolni kell, a csökkenő csomóponti kapacitással, hisz az alapprogram melletti működés biztosítja a legnagyobb csomóponti áteresztőképességet. [56]

### 3.4.1. Turbina-elv

Ha növelni szükséges az alapprogram hosszát, akkor azt a  $t_{ki}$  - kihaladási idő(k) növelésével tehetjük meg, mert amíg ez(ek) "megnövekedése előnyös lehet a forgalomlebonyolódás szempontjából (esetleges lassúbb járművek kihaladásának elősegítése stb.) és elfogadható, addig a behaladási idők megnövekedése, mivel az a forgalom folyamatos áramlásának megtorpanását idézné elő, és torlódásokhoz is vezethetne, nem fogadható el." [57]

Ha csökkenteni kell az alapprogram hosszát, akkor a  $t_{ki}$  - " kihaladási idő lesz a mértékadó, mivel annak rövidülése - szemben a behaladási idő ( $t_{be}$ ) rövidülésével - nem elfogadható." [58]

Összefoglalva, növelés esetén a  $t_{ki}$  - kihaladási idő(ke)t növeljük, csökkentés esetén pedig a  $t_{be}$  - behaladási idő(ke)t csökkentjük, a többi programparaméter megváltoztatása nélkül.

Táblázatosan szemléltetve:

| $t_{ki}$ [s] | $t_{be}$ [s] | $t_{k012}$ [s] | $t_{k021}$ [s] | $t_p$ [s] | $\sum t_z$ [s] | $\sum t_z/t_p$ |
|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| 25           | 12           | 7              | 2              | 128       | 148            | 1,16           |
| 24           | 12           | 7              | 2              | 124       | 144            | 1,16           |
| 23           | 12           | 7              | 2              | 120       | 140            | 1,17           |
| 22           | 12           | 7              | 2              | 116       | 136            | 1,17           |
| 21           | 12           | 7              | 2              | 112       | 132            | 1,18           |
| 20           | 12           | 7              | 2              | 108       | 128            | 1,19           |
| 19           | 12           | 7              | 2              | 104       | 124            | 1,19           |
| 18           | 12           | 7              | 2              | 100       | 120            | 1,20           |
| 17           | 12           | 7              | 2              | 96        | 116            | 1,21           |
| 16           | 12           | 7              | 2              | 92        | 112            | 1,22           |
| 16           | 11           | 7              | 2              | 88        | 104            | 1,18           |
| 16           | 10           | 7              | 2              | 84        | 96             | 1,14           |
| 16           | 9            | 7              | 2              | 80        | 88             | 1,10           |
| 16           | 8            | 7              | 2              | 76        | 80             | 1,05           |
| 16           | 7            | 7              | 2              | 72        | 72             | 1,00           |
| 16           | 6            | 7              | 2              | 68        | 64             | 0,94           |
| 16           | 5            | 7              | 2              | 64        | 56             | 0,88           |
| 16           | 4            | 7              | 2              | 60        | 48             | 0,80           |

|    |   |   |   |    |    |      |
|----|---|---|---|----|----|------|
| 16 | 3 | 7 | 2 | 56 | 40 | 0,71 |
| 16 | 2 | 7 | 2 | 52 | 32 | 0,62 |
| 16 | 1 | 7 | 2 | 48 | 24 | 0,50 |
| 16 | 0 | 7 | 2 | 44 | 16 | 0,36 |

4. táblázat Turbina-elv, alapprogramtól való eltérés hatása

Látható, hogy az alapprogram 1 mp-es növekedés esetén a program zöldideje ugyanennyivel nő, míg az alapprogram egy mp-es csökkenése esetén a zöldidő ennek kétszeresével csökken.

### 3.4.2. Torkolatpáronkénti irányítás

Ha növelni szükséges az alapprogram hosszát, akkor azt a -  $t_{z,ej}$  - egyenesen továbbhaladó és jobbra kanyarodó forgalom (torkolati) szabad jelzésének növelésével tehetjük meg. Természetesen a geometriai adottságok miatt a felsorakozó, balra kanyarodó forgalom -  $t_{z,bal}$  - (torkolati) zöldideje nem növelhető tovább az alapprogramnál meghatározott értéknél.

Ha csökkenteni kell az alapprogram hosszát, azt a zöldidők ( $t_{z,ej}$  ,  $t_{z,bal}$ ) együttes csökkentésével tehetjük meg.

Táblázatosan szemlélítve:

| $t_{z,bal}$ [s] | $t_{z,ej}$ [s] | $t_e$ [s] | $t_{kö12}$ [s] | $t_p$ [s] | $\Sigma t_{z,bal}$ [s] | $\Sigma t_{z,bal}/t_p$ | $\Sigma t_{z,ej}$ [s] | $\Sigma t_{z,ej}/t_p$ |
|-----------------|----------------|-----------|----------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 5               | 5              | 9         | 7              | 42        | 20                     | 0,48                   | 20                    | 0,48                  |
| 8               | 8              | 9         | 7              | 48        | 32                     | 0,67                   | 32                    | 0,67                  |
| 11              | 11             | 9         | 7              | 54        | 44                     | 0,81                   | 44                    | 0,81                  |
| 14              | 14             | 9         | 7              | 60        | 56                     | 0,93                   | 56                    | 0,93                  |
| 17              | 17             | 9         | 7              | 66        | 68                     | 1,03                   | 68                    | 1,03                  |
| 20              | 20             | 9         | 7              | 72        | 80                     | 1,11                   | 80                    | 1,11                  |
| 21              | 21             | 9         | 7              | 74        | 84                     | 1,14                   | 84                    | 1,14                  |
| 21              | 24             | 9         | 7              | 80        | 84                     | 1,05                   | 96                    | 1,20                  |
| 21              | 27             | 9         | 7              | 86        | 84                     | 0,98                   | 108                   | 1,26                  |
| 21              | 30             | 9         | 7              | 92        | 84                     | 0,91                   | 120                   | 1,30                  |
| 21              | 33             | 9         | 7              | 98        | 84                     | 0,86                   | 132                   | 1,35                  |

|    |    |   |   |     |    |      |     |      |
|----|----|---|---|-----|----|------|-----|------|
| 21 | 36 | 9 | 7 | 104 | 84 | 0,81 | 144 | 1,38 |
| 21 | 39 | 9 | 7 | 110 | 84 | 0,76 | 156 | 1,42 |
| 21 | 42 | 9 | 7 | 116 | 84 | 0,72 | 168 | 1,45 |
| 21 | 45 | 9 | 7 | 122 | 84 | 0,69 | 180 | 1,48 |
| 21 | 48 | 9 | 7 | 128 | 84 | 0,66 | 192 | 1,50 |

5. táblázat Torkolatpáronkénti irányítás, alapprogramtól való eltérés hatása

### 3.4.3. Teljes turbina-elv

Ha növelni szükséges az alapprogram hosszát, akkor azt a -  $t_{ék}$  - érintett kordonok közötti távolság megtételéhez szükséges idő növelésével tehetjük meg, ami nem jelent mást, mint a jelzőlámpa-kordonok szabad jelzés hosszának növelését. Természetesen a geometriai adottságok miatt a felsorakozó forgalom -  $t_z$  - (torkolati) zöldideje nem növelhető tovább az alapprogramnál meghatározott értéknél.

Ha csökkenteni kell az alapprogram hosszát, azt a (torkolati) zöldidő ( $t_z$ ) csökkentésével tehetjük meg. Ekkor csökken az összegzett reakcióidők értéke is, hiszen a rövidebb szabad jelzés alatt kevesebb jármű képes áthaladni.

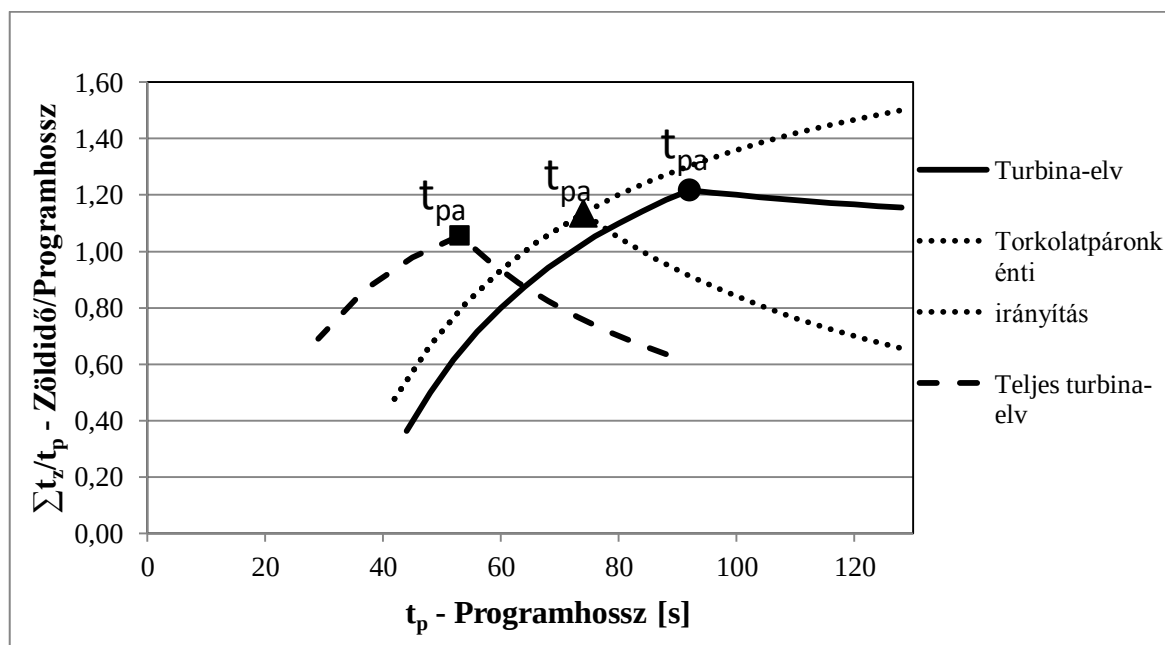
Táblázatosan szemlélítve:

| $t_z$ [s] | $\Sigma t_{re}$ [s] | $t_{kő12}$ [s] | $t_{kő21}$ [s] | $t_{ék}$ [s] | $t_p$ [s] | $\Sigma t_z$ [s] | $\Sigma t_z/t_p$ |
|-----------|---------------------|----------------|----------------|--------------|-----------|------------------|------------------|
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 42           | 88        | 56               | 0,64             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 37           | 83        | 56               | 0,67             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 32           | 78        | 56               | 0,72             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 27           | 73        | 56               | 0,77             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 22           | 68        | 56               | 0,82             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 17           | 63        | 56               | 0,89             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 12           | 58        | 56               | 0,97             |
| 14        | 9                   | 7              | 2              | 7            | 53        | 56               | 1,06             |
| 11        | 7                   | 7              | 2              | 7            | 45        | 44               | 0,98             |
| 8         | 5                   | 7              | 2              | 7            | 37        | 32               | 0,86             |
| 5         | 3                   | 7              | 2              | 7            | 29        | 20               | 0,69             |

6. táblázat Tejes turbina-elv, alapprogramtól való eltérés hatása

### 3.4.4. A programok típusok viselkedésének grafikus szemléltetése

A három program összefoglalása grafikonon:



28. ábra Az alapprogram hossza és a zöldidő arány összefüggése, azonos geometria mellett

Látható, hogy azonos geometriájú csomópont esetén a leghosszabb idejű alapprogramot a turbina-elv, és a legalacsonyabbat a teljes turbina-elv alkalmazásával kaphatjuk.

A különböző programok hosszának megváltoztatásával minden esetben jelentős kapacitásvesztéssel kell számolni. Ettől eltérő a torkolatpáronkénti irányítás, ahol a balra kanyarodó kapacitás kárára jelentősen növelhető az egyenes és jobbos irány kapacitása.

Bizonyos méret felett az adott geometriához elkészíthető mindegyik programtípus, és az alpprogrami kapacitás mellett az esetleges összehangolási igény figyelembevételével kiválasztható a megfelelő.

## **4. FORGALMI ELEMZÉSEK MÓDSZERTANA**

### **4.1 Alkalmazott program, VISSIM [59]**

A PTV VISSIM egy multimodális mikroszimulációs programcsomag, melyet a PTV Planung Transport Verkehr AG (Karlsruhe, Németország) fejlesztett ki. A név a német "Verkehr In Städten -SIMulationsmodell" magyarul "Városi forgalom - Szimulációs modell" kifejezésből jön. Az első változat 1992-ben jelent meg és mára piacvezető szoftver lett.

"Mikroszkópikus szimuláció", vagy mikroszimuláció azt jelenti, hogy minden valós entitás (pl. gépkocsi, vonat, ember) egyénileg van szimulálva egy hozzá hasonló entitással a szimuláción belül, figyelembe véve az összes lényeges tulajdonságát. Ugyanez elmondható az entitások közötti interakciókra is.

Multimodális a szimuláció, a program több forgalom típust is képes szimulálni, amik kölcsönösen tudnak egymásra hatni (pl. járművek: személygépjárművek, buszok, nehézgépjárművek; közösségi közlekedés: buszok, villamosok; kerékpárosok, motorkerékpárosok, gyalogosok).

#### **4.1.1. Tudományos alapok**

A használt forgalomi modell alapjait, ami a járművek mozgását szabályozza Rainer Wiedemann fejlesztette ki 1974-ben a Karlsruhe-i Egyetemen. Ez egy járműkövetési modell (Wiederman74), mely a járművezetők fizikai és pszichológiai tulajdonságait is figyelembe veszi. "A modell többnyire megfelelő a városi forgalom szimulálásához." [60]

A későbbiekben minden egyes programparaméter és forgalmi vizsgálat a VISSIM program használatával történik.

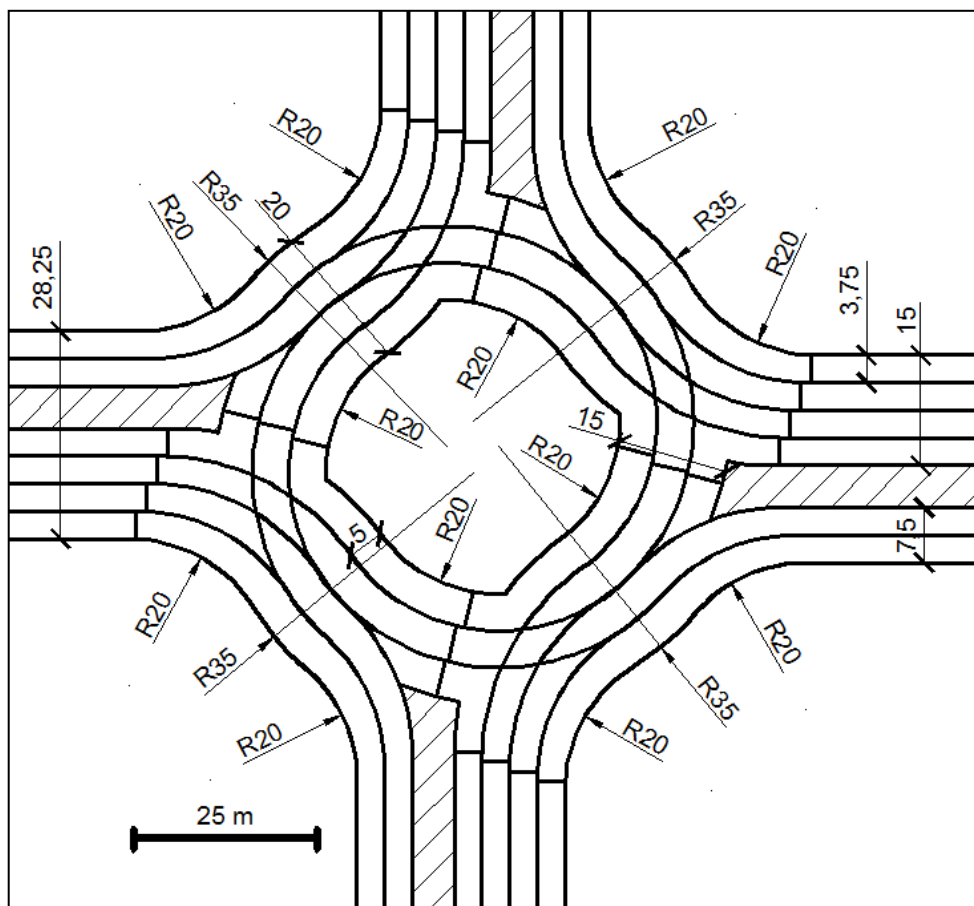
## 4.2. A vizsgálat csomópontjai

A szimulációs mérésekhez mintacsomópontokat terveztem, melyek alkalmasak a jelzőlámpás szabályozású körforgalmak vizsgálatára. Három-három különböző méretű 4 és 5 ágú csomópont képezte a vizsgálat alapjait.

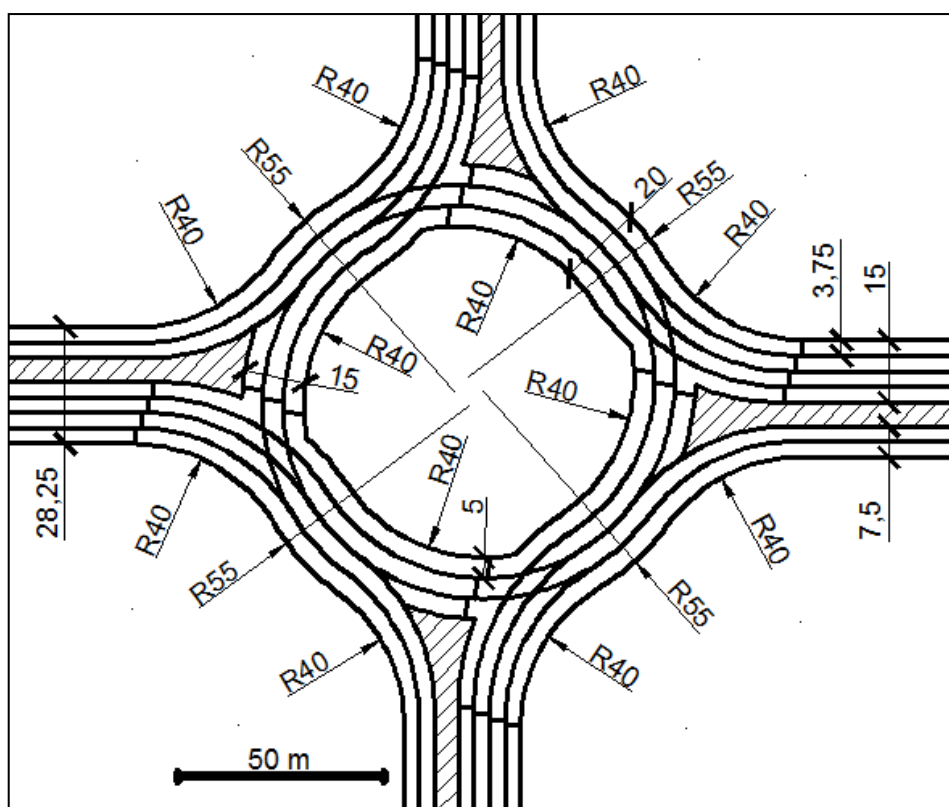
### 4.2.1. A négyágú csomópontok – 4 sávos (módosított) „rotor” [61] típusú körforgalmak

Mindhárom geometria esetén,

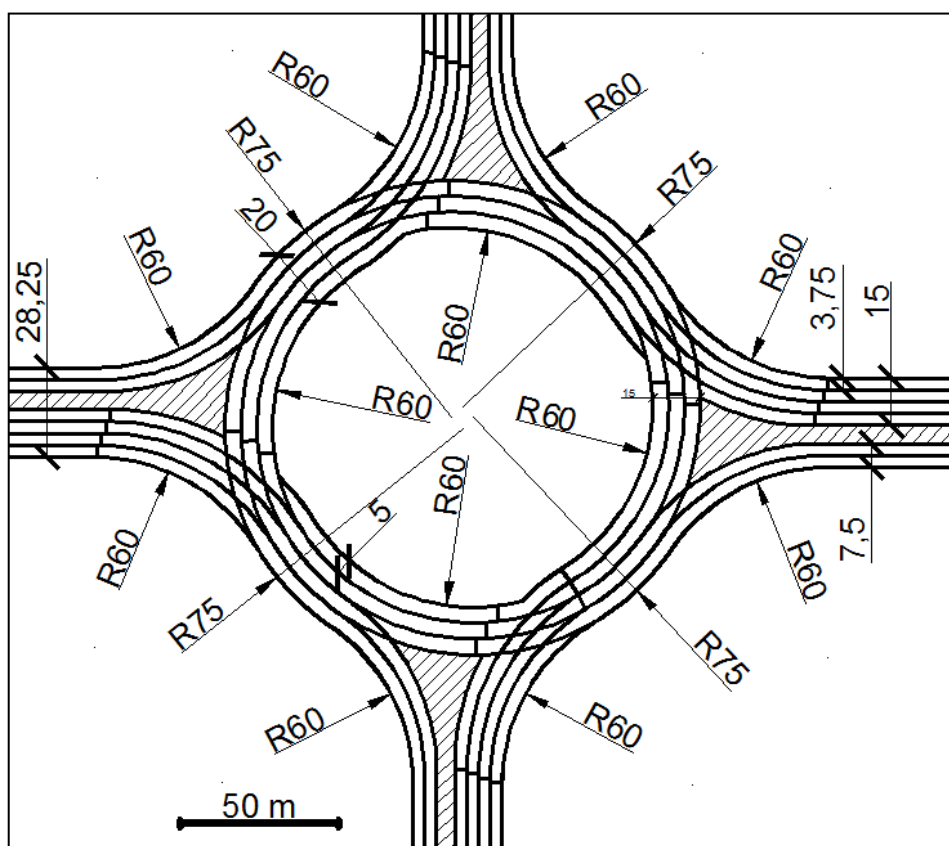
- az ágak sávszélessége: 3,75 m
- a körpálya sávszélessége: 5 m



29. ábra R=20 m belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK20)



30. ábra  $R=40\text{ m}$  belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK40)

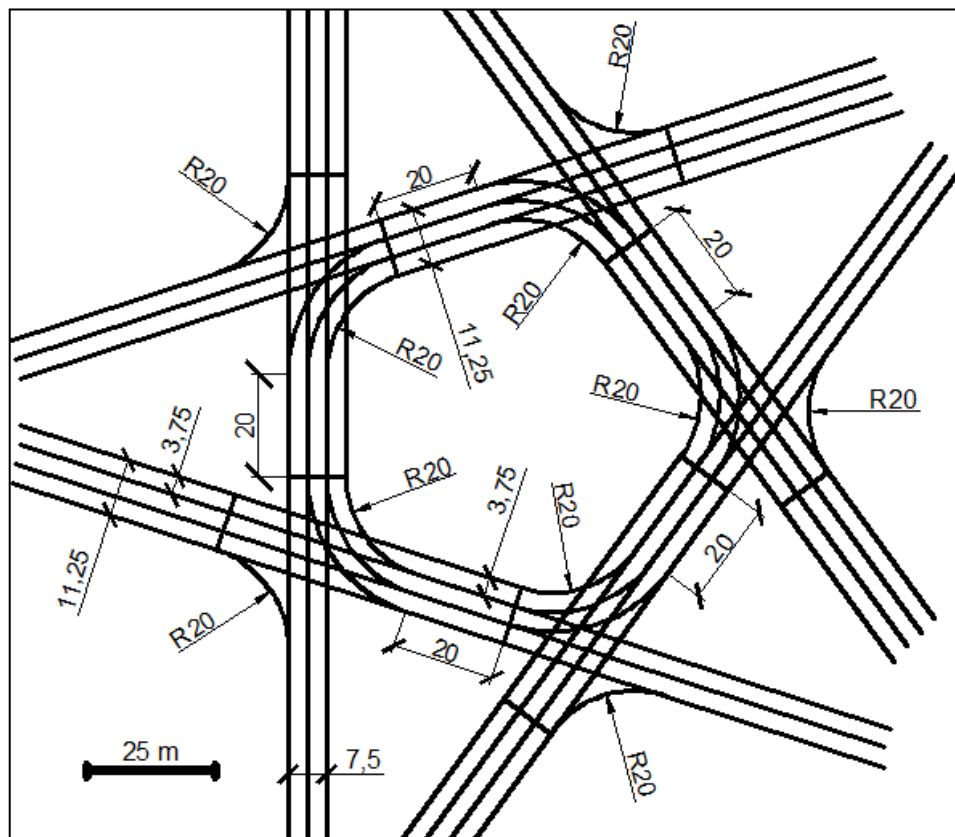


31. ábra  $R=60\text{ m}$  belső sugarú "rotor" körforgalom vázlatrajza (JK60)

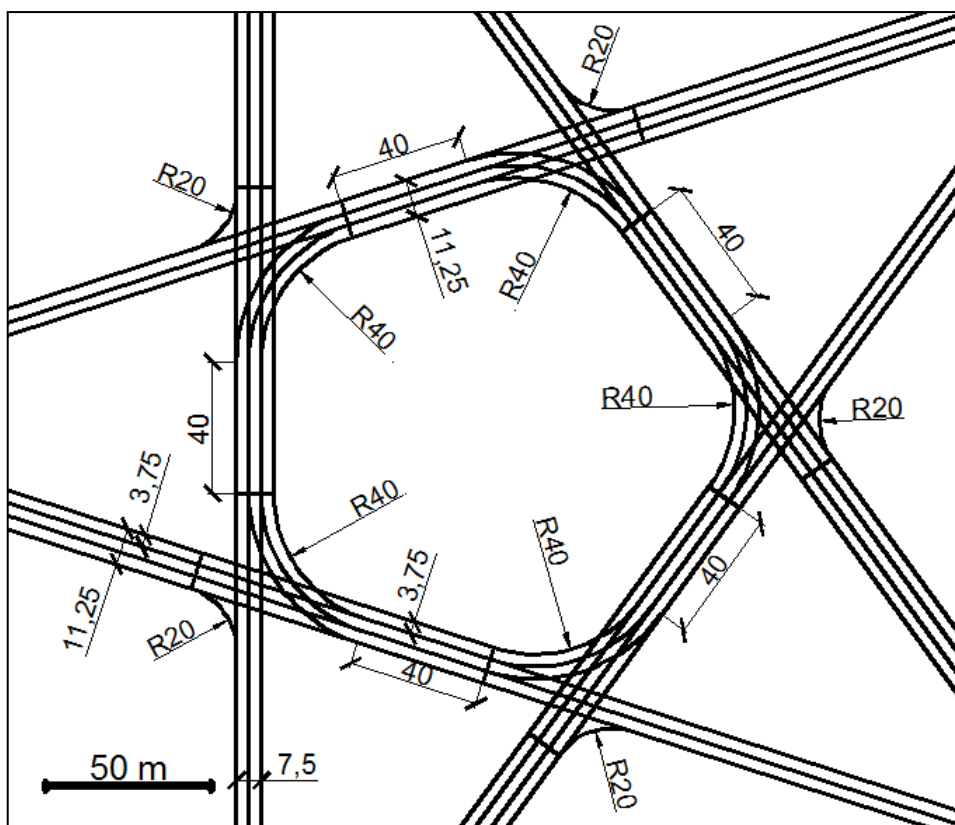
**4.2.2. Az ötágú csomópontok** - szabályos ötszög alakú középzigethez érintőlegesen csatlakozó 3 sávos ágak, balra kanyarodás spirális sávvezetéssel

Mindhárom geometria esetén,

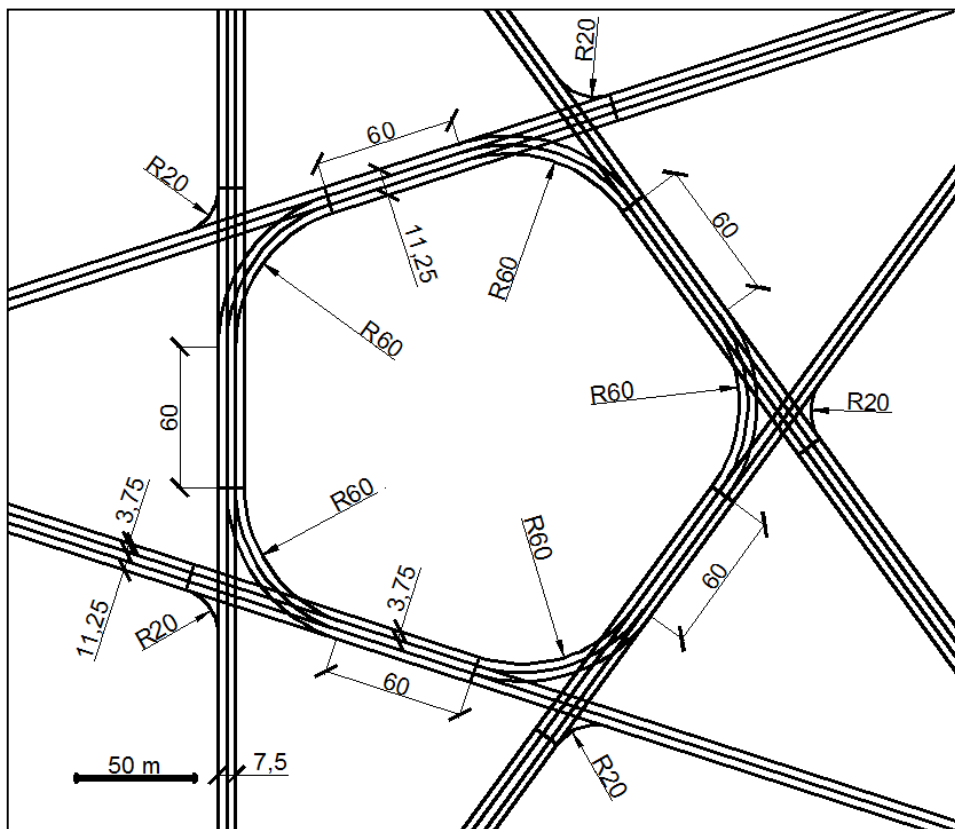
- az ágak sávszélessége: 3,75 m
- a körpálya sávszélessége: 3,75 m



32. ábra R=20 m belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_20)



33. ábra  $R=40\text{ m}$  belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_40)



34. ábra  $R=60\text{ m}$  belső sugarú szabályos ötszög alakú csomópont (JK\_5\_60)

### 4.3. Kör sugara és elérhető sebesség összefüggése

A körforgalmú csomópontok esetében a körpályán elérhető sebesség "elsődlegesen a körpálya sugarától függ. A számításokhoz alapulveendő értékéhez - bevezető jelleggel - kielégítő alapot nyújtanak a különböző hazai körforgalmakban végzett sebességmérések. A mérési adatok és a rájuk illeszkedő regressziós egyenlet alapján a körív sugara és a kifejthető haladási sebesség közötti összefüggés:

$$v_k = 0,79 R_j + 12,6 \text{ [km/h]}$$

ahol  $R_j$  a jármű által járt kör sugara.

A jelzésidőtervek méretezéséhez alapul venni javasolt értéksor a fenti összefüggés 0,85-szerese:

$$v_k = 0,67 R_j + 11 \text{ [km/h]}$$

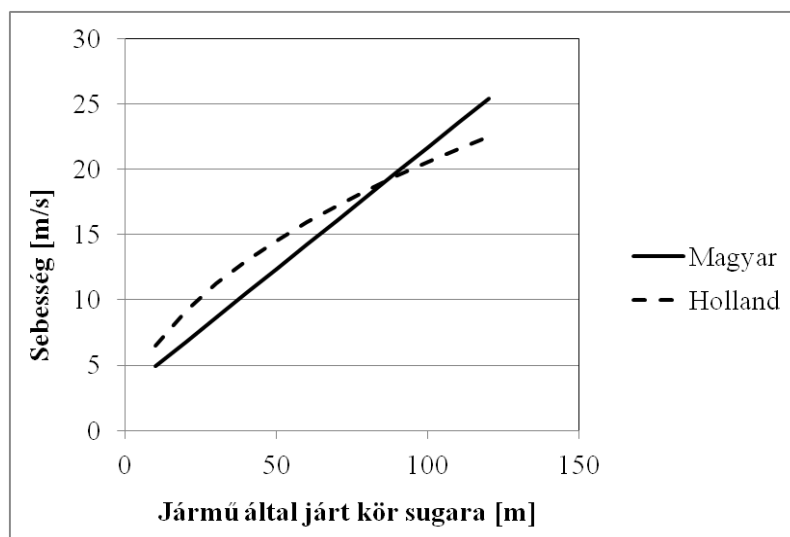
mely m/s-ban:

$$v_k = 0,186 R_j + 3,06 \text{ " [62]}$$

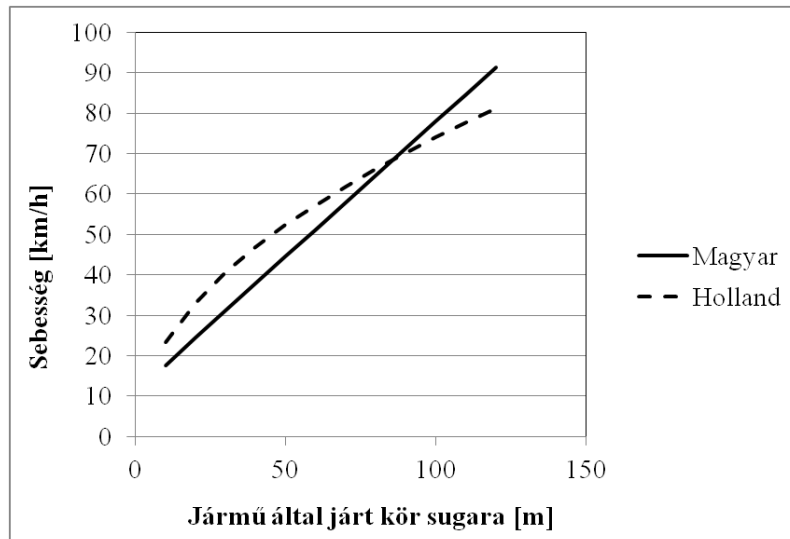
Ehhez hasonló összefüggést találhatunk a holland gyakorlatban is:

$$v_k = 7,4 \sqrt{R_j} \text{ [km/h] [63]}$$

Ábrázolva a két összefüggést egy közös grafikonba:



35. ábra Körpályán elérhető sebesség [m/s]



36. ábra Körpályán elérhető sebesség [km/h]

Beláthatjuk, hogy a holland értékek alacsonyabb sugár értékek mellett is magasabb elérhető sebességet feltételeznek. Ez fontos szempont, hisz a programparaméterek legtöbbjét éppen az elérhető sebességek alapján számolhatjuk, határozhatjuk meg.

(A vizsgálat során mérések mind a magyar mind a holland értékekkel készültek.)

#### 4.4. A program beállításai

##### 4.4.1. Mintaforgalom

A mérések mindegyikéhez csak személygépjárművekből álló forgalmat használtam ("egységjárművek"). Kapacitásméréseknél minden sávnak önálló forgalma volt (elkerülve a "rossz" sávváltásból eredő esetleges hibákat). A használt mintacsomópontok szimmetrikus kialakítása miatt, a mérések során minden sávon azonos volt a forgalom ráterhelés (kivételek az egyik torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterv típus vizsgálata volt, ahol az egyik sáv torkolati szabad jelzés hossza kisebb volt a többinél, ott a csökkentés arányában kisebb forgalmi ráterhelés volt megadva).

Driving Behavior Parameter Set

No.: 1 Name: Urban (motorized)

Following Lane Change Lateral Signal Control

Reaction to amber signal

Decision model: Continuous

Probability factors: Alpha: 1.59  
Beta 1: -0.26  
Beta 2: 0.27

Behavior at red/amber signal: Go (same as green)  
Go (same as green)  
Stop (same as red)

Reduced safety distance close to a stop: Stop (same as red)

37. ábra A járművek viselkedése az előkészítési idő (piros-sárga) alatt [64]

A járművek jelzőlámpánál való viselkedés beállításánál a magyarországi körülményeknek jobban megfelelő, piros-sárga előkészítési időnél "állj, mint pirosnál" beállítást alkalmaztam.

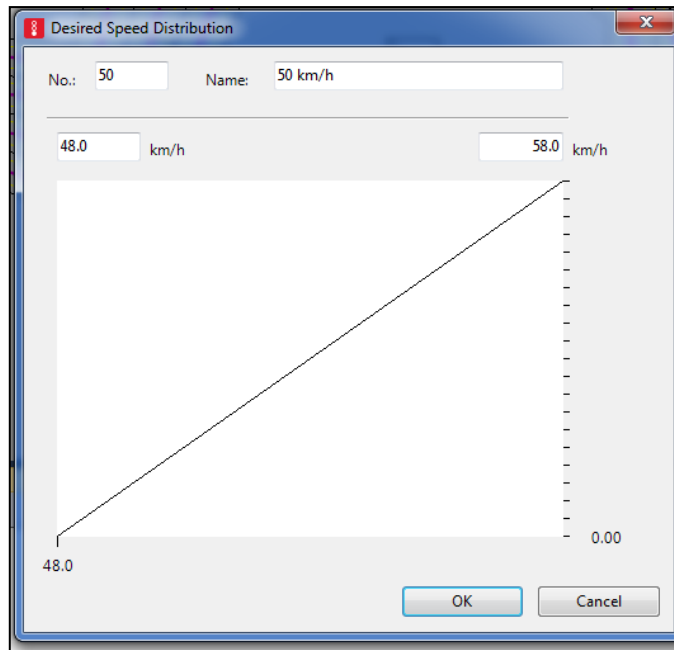
#### 4.4.2. Sebesség beállítások

A 41/2003. (VI. 20.) GKM rendelet, a forgalomirányító jelzőlámpák követelményeiről, tervezési, telepítési és üzemeltetési előírásairól:

"5.5. Azon az úton, ahol a megengedett sebesség 70 km/óránál nagyobb, forgalomirányító fényjelző készülék csak legfeljebb 70 km/óra sebességkorlátozás elrendelésével létesíthető." [65] alapján a mérések 40 – 50 – 60 – 70 km/h-ás sebességértékek mellett történtek (városokhoz közeli alkalmazás figyelembevételével együtt).

A forgalom sebességének beállításánál két különböző változatot használtam.

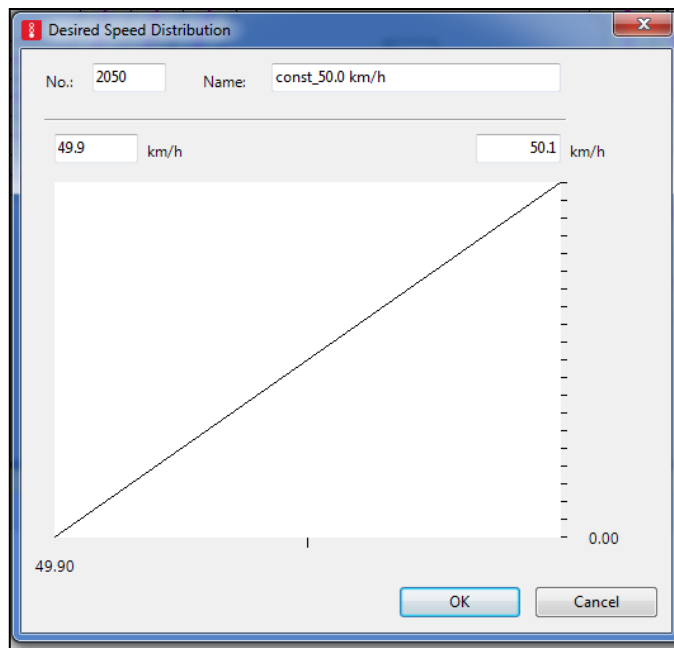
- VISSIM alapbeállításainak megfelelő sebesség



38. ábra Példa VISSIM sebesség alapbeállításra [66]

Az így megadott sebességértéknél a járművek a valós forgalmi körülményekhez hasonlóan nem pontosan a meghatározott sebességgel haladnak, attól lassabban vagy éppen gyorsabban közlekednek.

- "Konstans" értékek beállítása



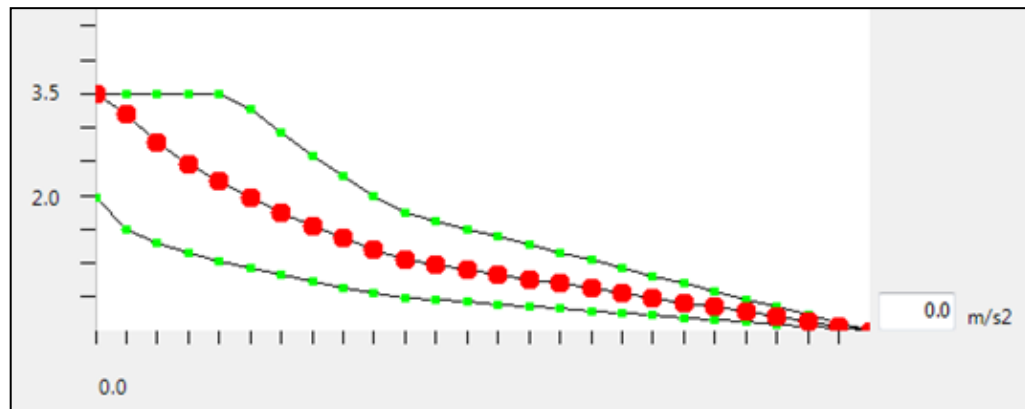
39. ábra Példa "konstans" sebességérték beállítására [67]

Így a kézi számítások által kapott eredményeket tudtam helyettesíteni.

#### 4.4.3. Gyorsulás beállítások

Itt a sebességértékekhez hasonlóan szintén két változatot használtam ugyanazon elv alapján.

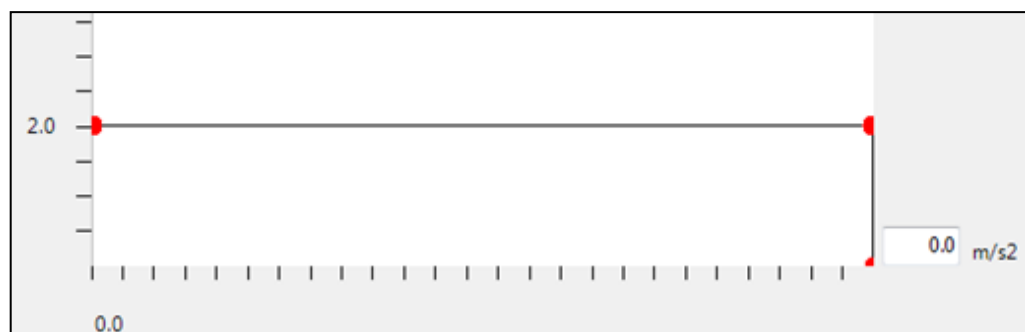
- VISSIM alapbeállításainak megfelelő gyorsulás



40. ábra Példa VISSIM gyorsulás alapbeállítására [68]

A gyorsulásértékek a sebességekhez hasonlóan az egyes járműveknél eltérő lehet. A gyorsulás értékek az alacsonyabb sebességtartományban magasabbak, és a végsebesség felé közeledve fokozatosan csökkenek.

- "Konstans" értékek beállítása ( a vizsgálatoknál négy értékkel mértem:  $1 \text{ m/s}^2$  ;  $1,5 \text{ m/s}^2$  ;  $2 \text{ m/s}^2$  ;  $3 \text{ m/s}^2$  )



41. ábra Példa "konstans" gyorsulásérték beállítására [69]

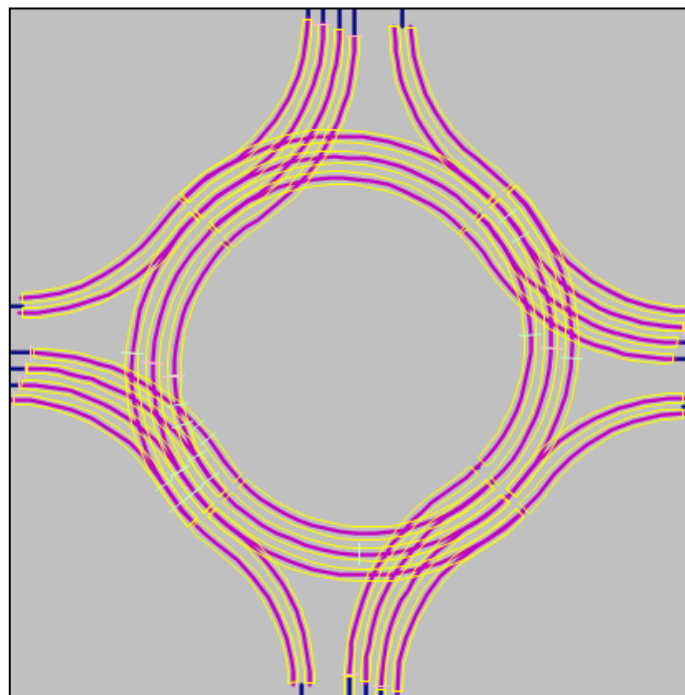
#### 4.4.4. "Csökkentett sebességű területek"

A program, ha az elérhető sebességről van szó nem tesz különbséget az alkotóelemek alakja között (ív, egyenes). Ha nincs külön beállítva, mindenhol a forgalomnál beállított sebességgel haladnak a szimulált járművek. Ezt elkerülve szükséges „csökkentett sebességű területek” beállítása.

A "csökkentett sebességű területek" értékeit a 4.3. fejezetben ismertetett ajánlások (magyar és holland) alapján számoltam, állítottam be.

|                                                             | Magyar [km/h] | Holland [km/h] |
|-------------------------------------------------------------|---------------|----------------|
| <i>JK20 - <math>R_{\text{átlag}}=27,82 \text{ m}</math></i> | 29,6          | 39             |
| <i>JK40 - <math>R_{\text{átlag}}=47,64 \text{ m}</math></i> | 42,9          | 51             |
| <i>JK60 - <math>R_{\text{átlag}}=66,72 \text{ m}</math></i> | 55,7          | 60,4           |
| <i>JK_5_20 - <math>R=21,875 \text{ m}</math></i>            | 26            | 35             |
| <i>JK_5_40 - <math>R=41,875 \text{ m}</math></i>            | 39            | 48             |
| <i>JK_5_60 - <math>R=41,875 \text{ m}</math></i>            | 53            | 59             |

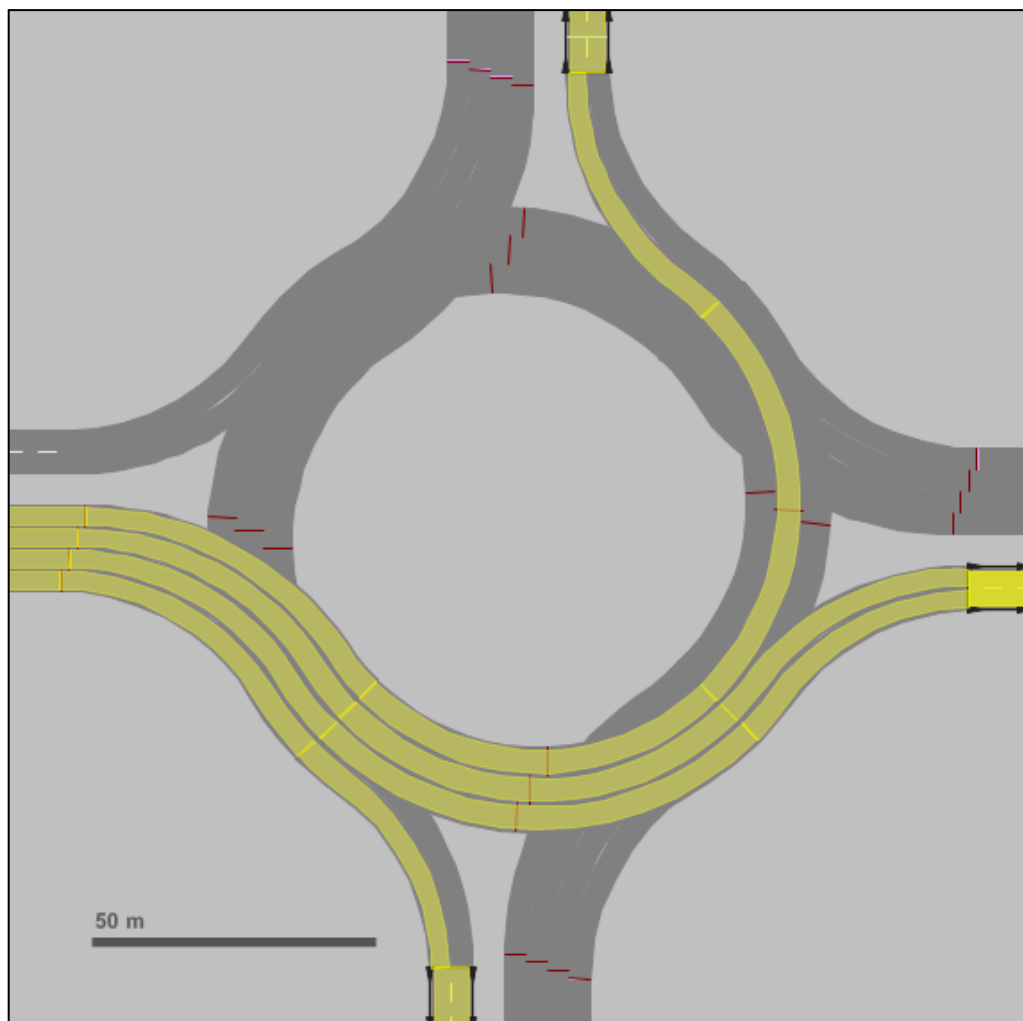
7. táblázat Az elérhető sebességek mintacsomópontok szerint



42. ábra Példa a "csökkentett sebességű területek" beállítására [70]

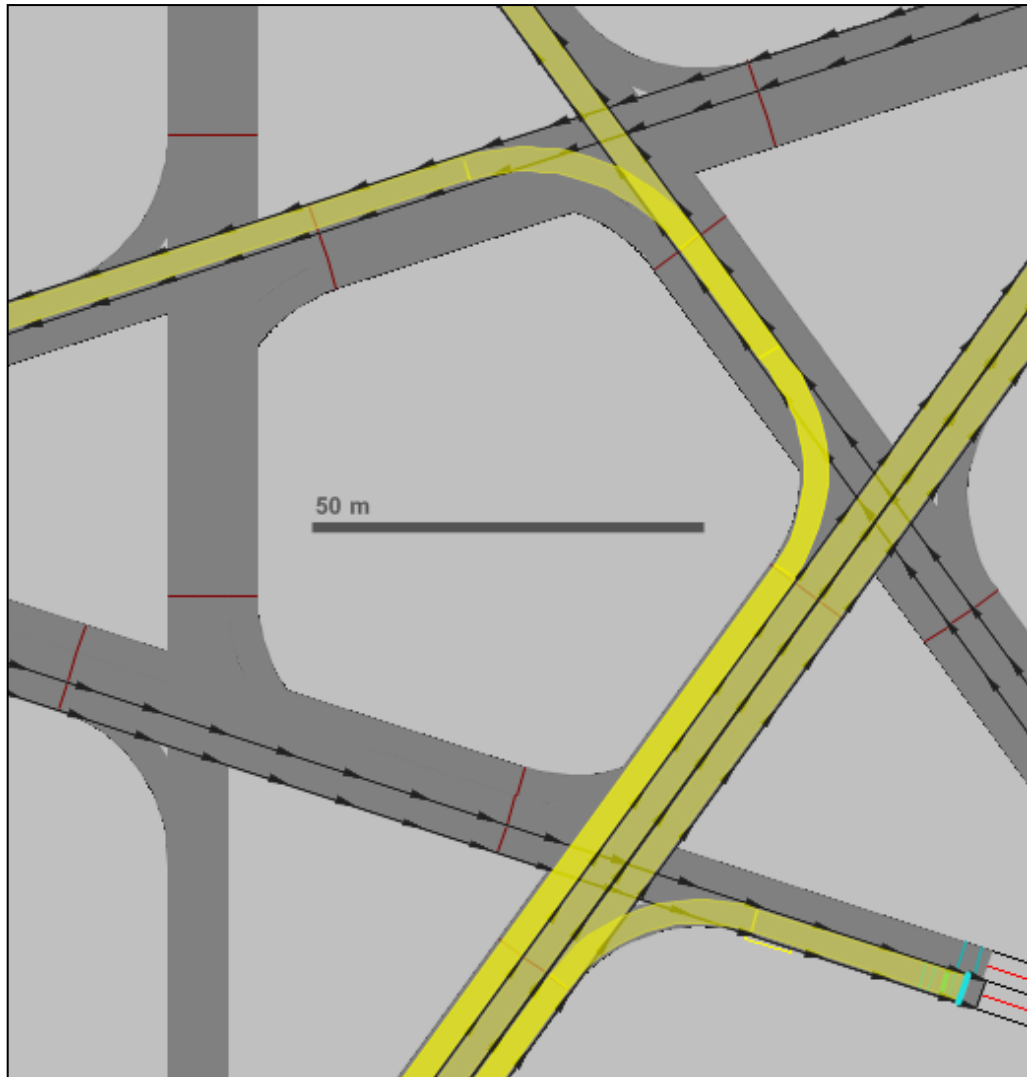
#### 4.4.5. Sávhasználat

A három programtípus azonos körülmények közötti összehasonlítása érdekében, minden csomópontcsoportnál a megengedett sávhasználat minden esetben ugyan az volt. Visszafordulási lehetőség nem volt biztosítva.



43. ábra Megengedett sávhasználat a "rotor" típusú körforgalmakban [71]

4 ágú: belső – önálló balos, középső 2 db – egyenes, külső – önálló jobbos



44. ábra Megengedett sávhasználat a szabályos ötszög alakú csomópontokban [72]

5 ágú: belső – önálló balos, középső– egyenes, külső – egyenes és jobbos

## 5. SAJÁT MÉRÉSEK TERVEZÉSE ÉS VÉGREHAJTÁSA

### 5.1. Meghatározott programparaméterek

A három programtípushoz tartozó jelzésidőtervek elkészítéséhez a 3. fejezetben a szereplő programparaméterek ismeretére van szükség.

Turbina-elv:

- Behaladási idő - ( $t_{be}$ )
- Kihaladási idő - ( $t_{ki}$ )
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}12}$ )
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}21}$ )

Torkolatpáronkénti irányítás:

- Behaladási idő - ( $t_{be}$ )
- Kihaladási idő - ( $t_{ki}$ )
- Két kordon közötti kihaladási idő - ( $t_{ki'}$ )
- Zöldidő - ( $t_z$ )
- Előnyitási idő - ( $t_e$ )
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}12}$ )
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}21}$ )
- Összegezett járművezetői reakcióidők - ( $\sum t_{re}$ )

Teljes turbina-elv:

- Zöldidő - ( $t_z$ )
- A torkolat felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") kordon felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}12}$ )
- A kordon felőli forgalom és a szomszédos ("merőleges") torkolat felőli forgalom közötti közbenső idő - ( $t_{k\bar{o}21}$ )
- Kordon zöldidő - ( $t_{z,k}$ )
- Érintett kordonok közötti út megtételéhez szükséges idő - ( $t_{ék}$ )
- Összegezett járművezetői reakcióidők - ( $\sum t_{re}$ )

Minden szükséges programparamétert a VISSIM programban elkészített 6 db mintacsomópont modellben, a programon belüli mérési eszközök segítségével határoztam meg a 3. fejezetben ismertetett szempontok figyelembevételével.

## 5.2. A mérések ismertetése

A programparaméterek meghatározásánál mindegyik mintacsomópont esetében a fentebb ismertetett 4 db sebességérték és 5 db gyorsulásérték mellett mind a magyar és mind a holland módszer szerinti meghatározott elérhető sebesség beállítások mellett futattam a szimulációs méréseket. A valós forgalom reprezentálását a VISSIM alapbeállításai, a kézi számítás módszerét a "konstans" értékekkel végzett mérések adták. Mindig két darab mérés átlagából határoztam meg a szükséges adatokat (a mérések különböző forgalomgenerálási szám mellett történtek).

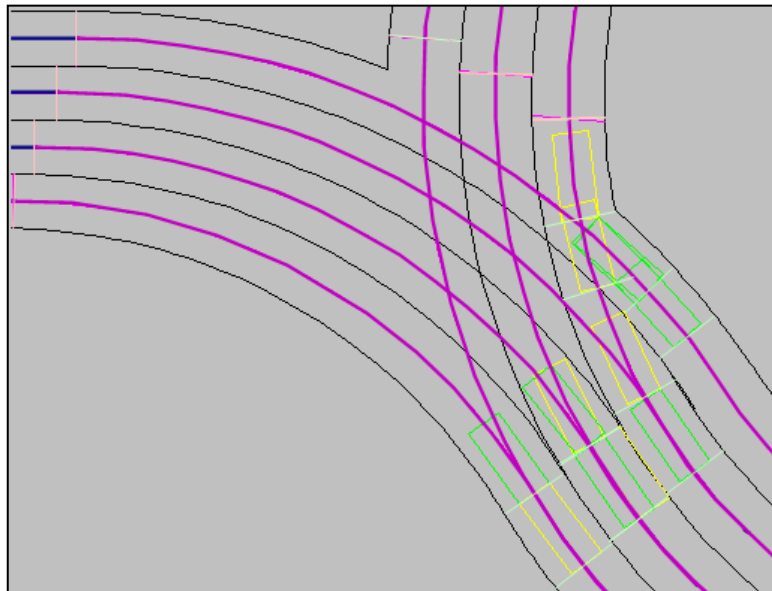
### 5.2.1. Két fix pont közötti utazási idők

Az egyszerűbb mérések közé tartoztak a behaladási idők, kihaladási idők és az érintett kordonok közötti távolságok megtételéhez szükséges idők meghatározása. A

kijelölt kezdő és végpont között a program automatikusan számolta, átlagolta az áthaladó járművekhez tartozó utazási időket. Ahol szükséges volt (lásd 3. fejezet) az álló helyzetből való érték mérése, ott "STOP" vonallal „kényszerítettem” ki a járművek megállást.

### 5.2.2. Közbenső idők

A közbenső idők meghatározásához előre megrajzoltam a konfliktusba kerülő járművek helyzetét és az alapján állítottam be az ürítéshez és behaladáshoz tartozó utazási idő méréseinek kezdő és végpontjait (a jelzőlámpák helyzetétől a konfliktuspontig).



45. ábra Közbenső idő meghatározása, ürítési és behaladási idők [73]

Átmeneti időknél a megengedett sebességnek megfelelő (3, 4, 5 s – 50, 60, 70 km/h) értékeket alkalmaztam (megegyezik a német gyakorlattal [74]). Ahol elviekben a körgeometria nem teszi lehetővé a megengedett sebességgel való közlekedést, a meghatározott maximálisan elérhető sebességek szerint kerültek kiválasztásra az átmeneti idők (a "rotor" típusú körforgalmak esetén a számított legnagyobb sebesség 60 km/h volt). Az összes kiszámított közbenső idők közül mindig a mértékadót választottam ki a csomópont jelzésidőtervének elkészítéséhez (a számítás során a mért ürítési időt 20%-kal magasabb, a behaladási időt 20%-kal alacsonyabb értékkel vettem figyelembe)..

### 5.2.3. Zöldidők a megengedhető járműszám alapján

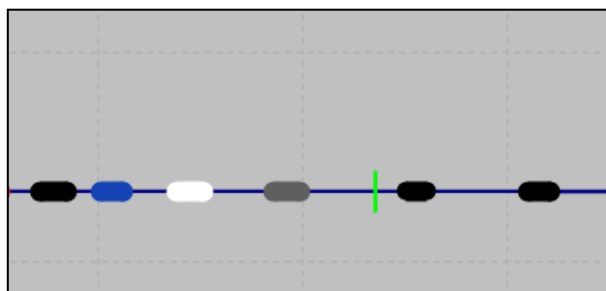
A programparaméterek ismertetésénél láthattuk, hogy a torkolatpáronkénti, és a teljes turbina-elv szerinti irányítás esetén fontos szerepe van a megengedhető szabad jelzések hosszának. A jól megválasztott zöldidők biztosítják, hogy a csomópontba ne tudjon több jármű érkezni, mint amit a geometriai adottságok megengednek.

Az áthaladni képes járművek számát többféleképpen is meghatározhatjuk:

- Becsléssel, pl. 2 mp-es követési közöket feltételezve [75]
- Számítással, a gyorsulás, az elérhető sebesség, vezetői reakcióidők és az utolsó jármű áthaladáshoz szükséges út figyelembevételével
- Szimulációs mérésekkel - az adott zöldidő alatt ténylegesen áthaladó járműszám átlagolásával
- Valós forgalmi szituációk vizsgálatával

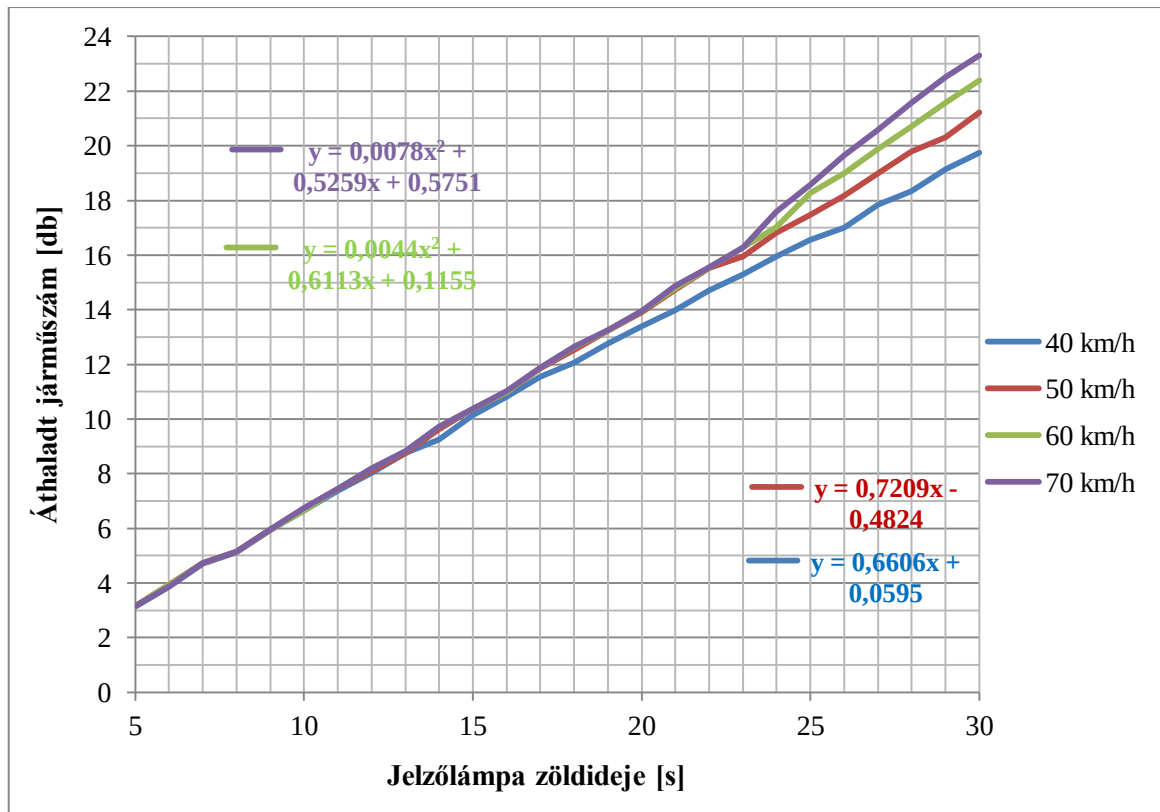
Ez utóbbi megoldás kivételével a többi módszert egyszerűen alkalmazhatjuk.

Az első két megoldásnál a forgalmi viszonyok (pl. járműszám, sebesség stb.) alapján határoztam meg a zöldidőt, míg a szimulációnál a zöldidőkhöz néztem az áthaladt járműszámot.

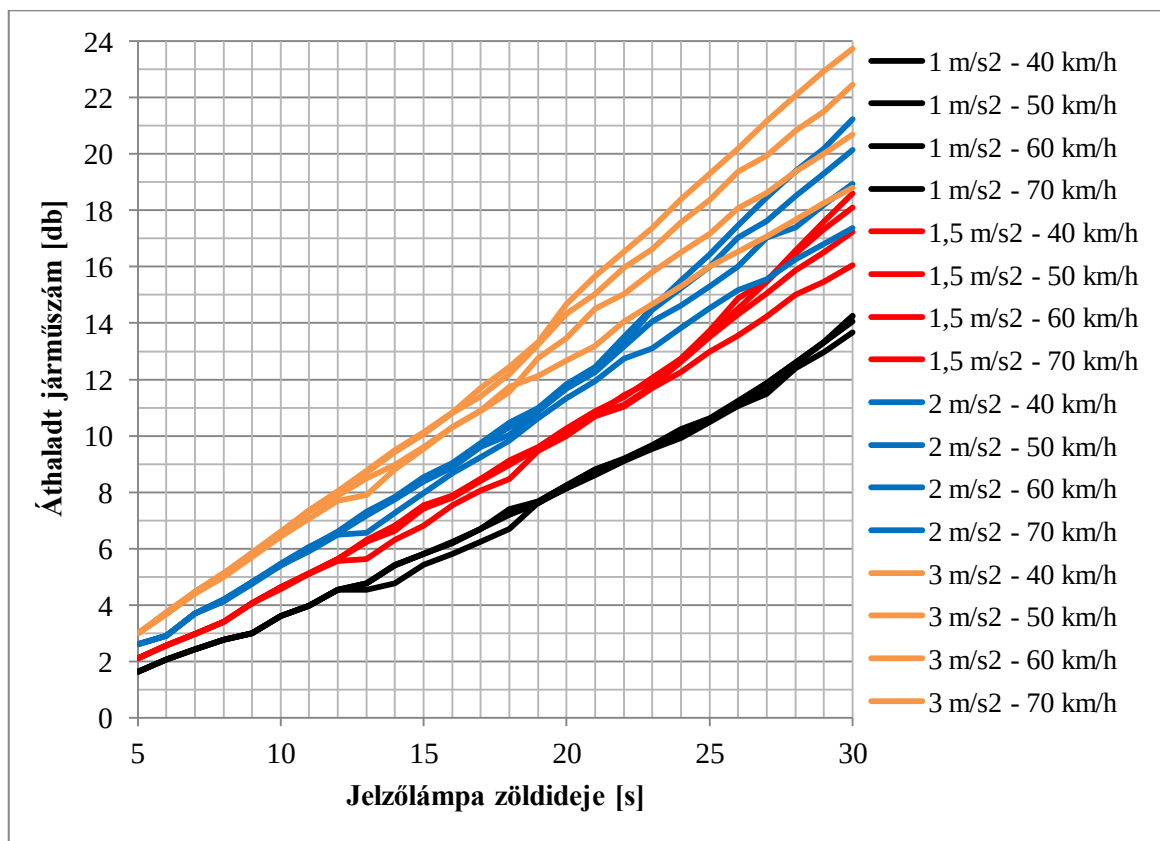


46. ábra Adott zöldidő mellett áthaladni képes járműszám meghatározása [76]

A mérésnél a felállított jelzőlámpa zöldidejét 5 – 30 mp között, másodpercenként változtattam egy 60 mp-es periódusidő programban. „Egy órán” keresztül mértem az áthaladt járművek számát (csak személygépjárművek) a 4 db sebességérték (40 – 70 km/h) és a VISSIM gyorsulás alapbeállítások és konstans (1; 1,5; 2; 3 m/s<sup>2</sup>) értékek mellett. A 60 periódus eredményeit kiátlagolva az alábbi görbék mutatják az eredményeket.



47. ábra Zöldidő és áthaladó járműszám VISSIM alapbeállítás mellett

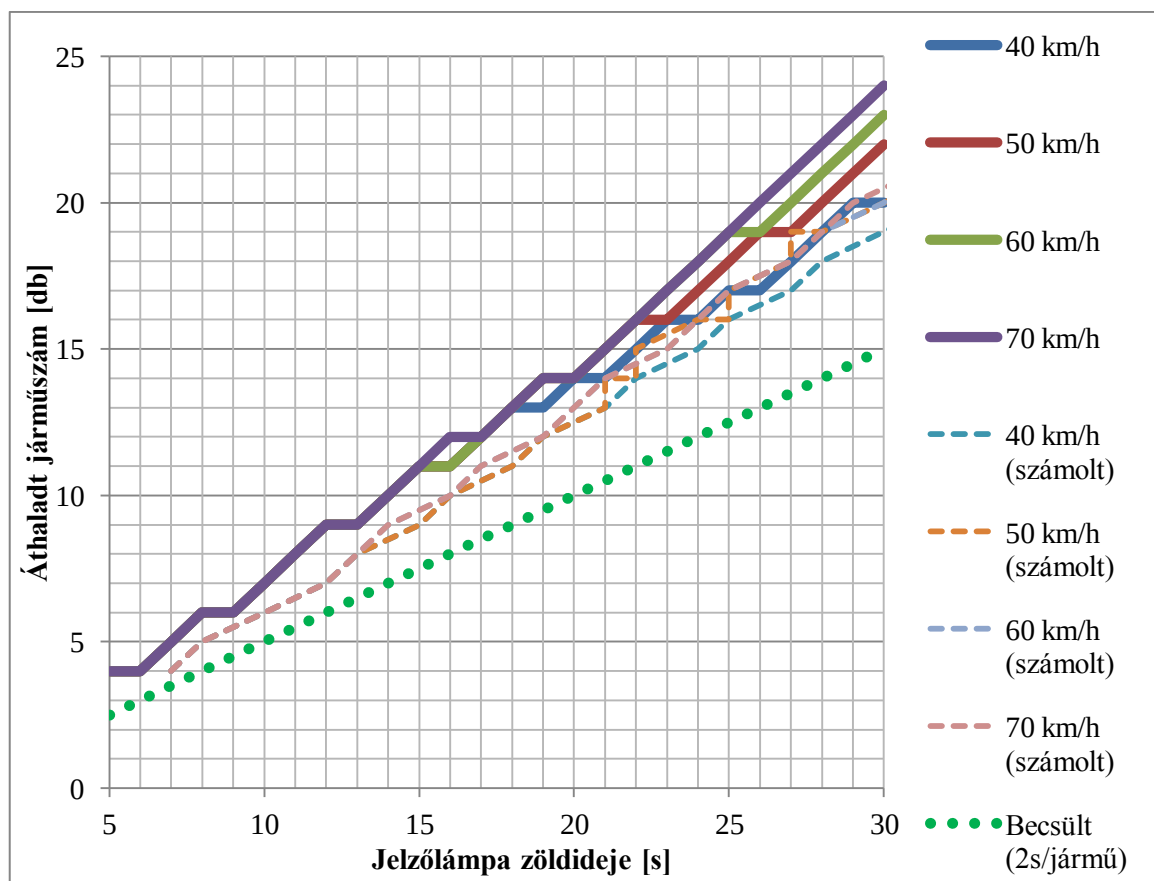


48. ábra Zöldidő és áthaladó járműszám a konstans gyorsulásértékek mellett

Láthatjuk, hogy alacsonyabb zöldidő mellett nincs különbség a különböző „elérhető” sebességgel továbbhaladó járműveknél. Ez teljesen logikus, hisz a kevesebb jármű még nem tesz meg akkora távolságot, hogy a sebességkülönbségek számíthassanak.

A kapott értékeket (VISSIM alap) egész járműre való felkerekítés (biztonság javára történő eltérés) után számolhatjuk (pl.  $2 \text{ m/s}^2$  gyorsulás, 1 mp-es reakcióidő feltételezésével) és becsülhetjük (2 mp / jármű) az adott járműszámhoz tartozó, megengedhető zöldidőket.

Közös grafikonon ábrázolva az eredményeket észrevehető, hogy jelentős eltérések adódhatnak a különböző módszerek eredményei között. Ennek figyelembevétele azért nagyon fontos, mert a rosszul megadott zöldidő esetén a vártnál több jármű képes a csomópontba behajtani és így a torkolatpáronkénti irányítás és teljes turbina-elv szerint üzemelő csomópontok geometriai kötöttségeik mellett csak "hibásan" tudnak működni (állandó feltartóztatások, önzáródás stb.).



49. ábra A becsült, a számolt és mért áthaladó járműszám a zöldidő alapján

#### 5.2.4. Vezetői reakcióidők mérése

Ismerve a zöldidőkhöz tartozó áthaladt járműszámot, meghatározható az átlagos vezetői reakcióidő. Ehhez a megadott zöldidőre az alábbi egyenletet kell megadni:

$$t_z = t_{l,(n-1)} + \sum t_{re}$$

ahol,

$t_z$  – a megadott zöldidő

$t_{l,(n-1)}$  - az utolsó áthaladó jármű jelzőlámpáig megtett útjának megtételéhez szükséges idő

$\sum t_{re}$  – az áthaladt járművek vezetőinek összegzett reakcióideje a szabad jelzést követően

Ebből:

$$\sum t_{re} = t_z - t_{l,(n-1)}$$

A szimuláció során megfigyelve az első jármű mozgását, ami a lámpa zöldre váltása után 0,1 mp-en belül "elindult" (, megállapítható, hogy a piros-sárga előkészítő idő az első jármű reakcióidejét „fedezi” így az összegezett vezetői reakcióidők az első és utolsó jármű elindulása közötti időeltolódással közelíthető.

Így:

$$t_{re, \text{átlag}} = \frac{\sum t_{re}}{n-1} \Rightarrow \sum t_{re} = t_{re, \text{átlag}} * (n-1)$$

ahol,

$n$  – az áthaladt járműszám.

Az áthaladt járműszám meghatározásához a „legrosszabb” esetet vettem figyelembe, a 70 km/h sebességhez tartozó értékeket (lásd 49. ábra).

A továbbiakban az így kapott átlagértékeket használtam fel a programparaméterek meghatározásához.

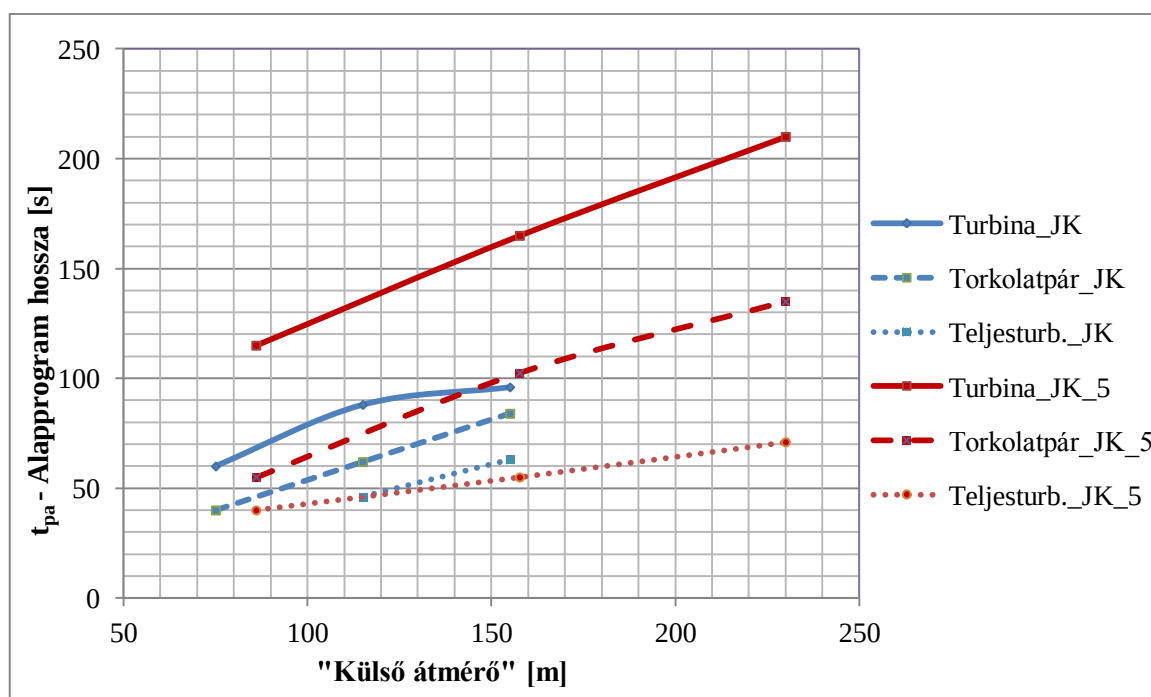
(A VISSIM alapbeállításhoz tartozó számítás táblázata a III. sz. mellékletként elérhető a többi a terjedelemre való tekintettel csak a digitális változatban látható.)

| "Gyorsulás"         | $t_{re, \text{átlag}}$ [s] |
|---------------------|----------------------------|
| <i>VISSIM alap</i>  | 0,96                       |
| $1 \text{ m/s}^2$   | 1,18                       |
| $1,5 \text{ m/s}^2$ | 1,15                       |
| $2 \text{ m/s}^2$   | 1,08                       |
| $3 \text{ m/s}^2$   | 1                          |

8. táblázat Az átlagos vezetői reakciók

### 5.3. A mérései eredmények

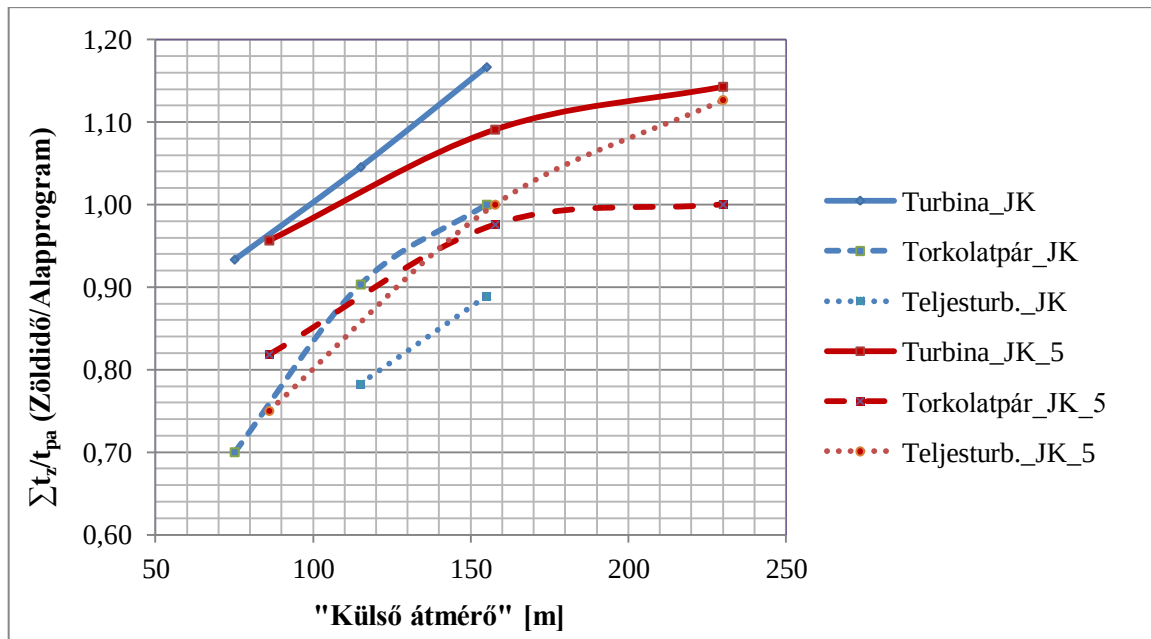
Az alábbiakban néhány összegző grafikon szerepel az eredmények szemléltetésére.



50. ábra Az alapprogram hosszának változása a csomópont méretének növekedésével a különböző működési módok szerint, 50km/h sebesség és VISSIM alapbeállítások mellett

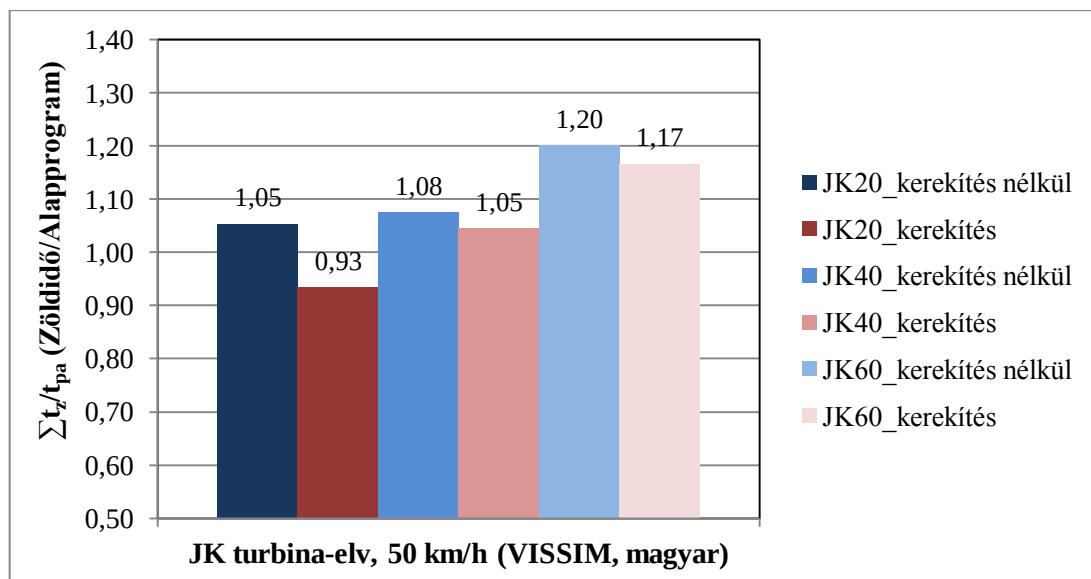
Ahogy a 3.4.4. részben már láthattuk, azonos geometria esetén a három működési mód közül a turbina-elvhez tartozik a leghosszabb alapprogram hossz. Ezt követi a torkolatpáronkénti irányítás, végül a teljes turbina-elv. A mintacsomópont csoportok eltérő geometriai kialakítása miatt pontos összehasonlítás nem lehetséges, de ez az ábra is

tudja szemléltetni, hogy az ágak számának növelése jobban növeli az alapprogram hosszát, mint a csomópont méretének növelése.

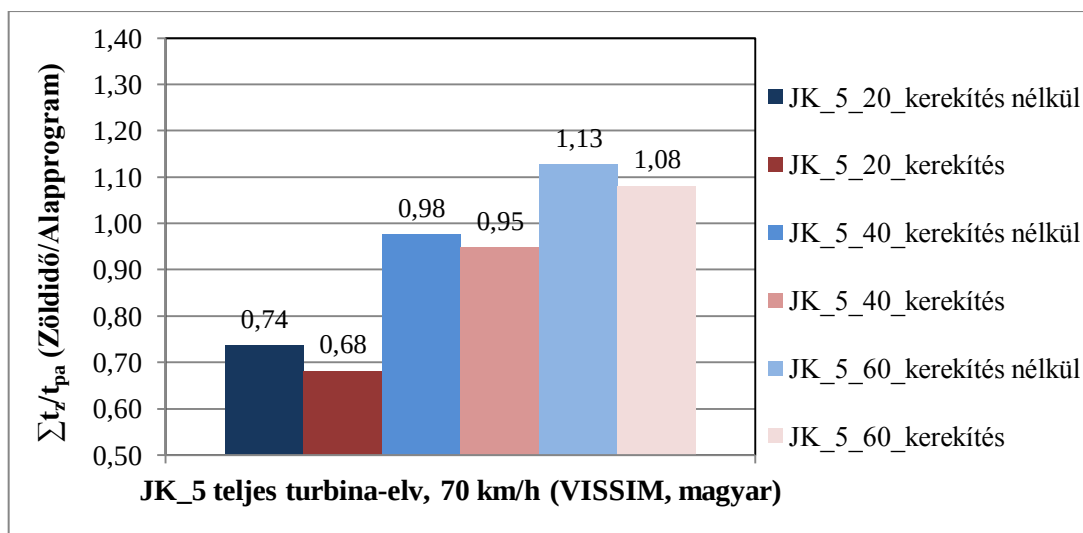


51. ábra Az összes zöldidő arányának alapprogram hosszához képesti változása a csomópont méretének növekedésével az egyes működési módok szerint, 50km/h, VISSIM alapbeállítás

Érdekes képet mutat az 51.ábra. E szerint az ötágú csomópontok esetén a méret növekedéséből legjelentősebb mértékben a teljes turbina-elv szerinti működés profitál. Ez fontos tényező lehet a későbbi kapacitás vizsgálatokhoz is.

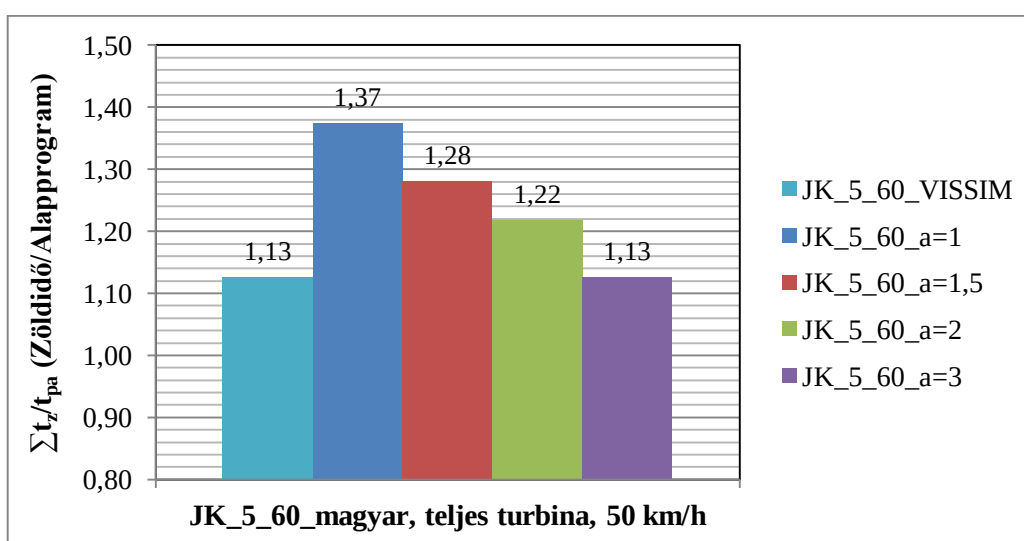


52. ábra A programparaméterek kerekítésének hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára 1.



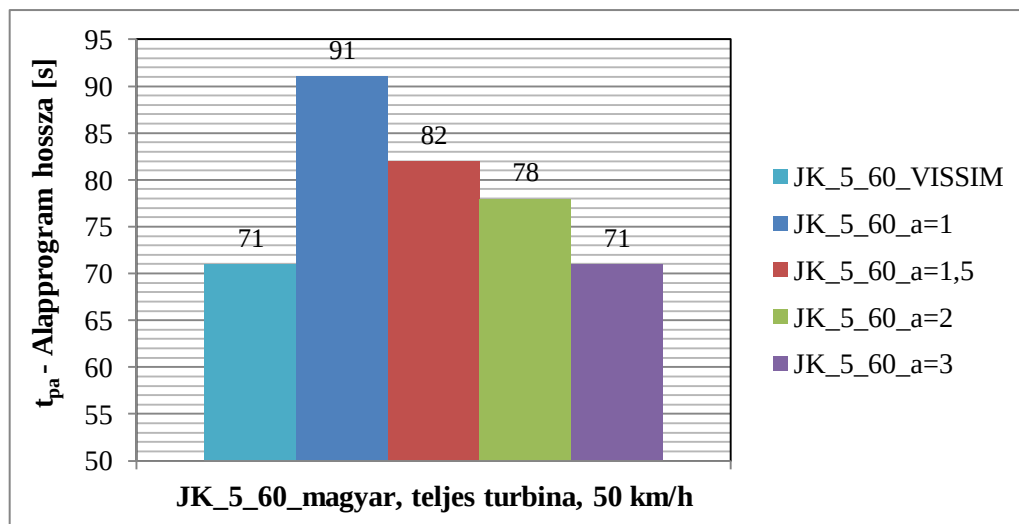
53. ábra A programparaméterek felkerekítésének hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára 2.

Szinte az összes előállított alapprogram esetén tapasztalható, hogy a programparaméterek kerekítésével néhány százaléknyi "extra" zöldidőt veszítünk. Felmerülhet a kérdés az ilyen típusú csomópont esetében (melyet rendszerint akkor alkalmazunk, amikor más szintbeni megoldással már nem lennénk képesek megfelelő kapacitást biztosítani), ha tudunk olyan jelzőlámpákat telepíteni, melyek nem csak egész másodpercben megadott jelzésidőterv szerint tudnak működni, szükség van-e a kerekítések megtartására a körforgalmú csomópont mellett?



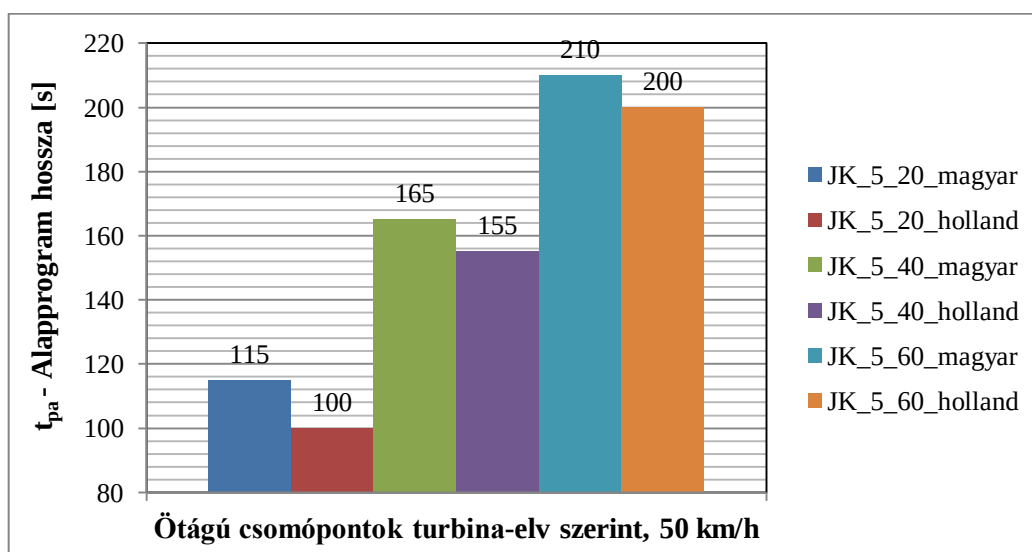
54. ábra A járművek gyorsítási képességeinek változtatásának hatása az összes zöldidő alapprogramhoz képesti arányára

Az 54. ábra alapján azt is feltételezhetnénk, hogy lassabban gyorsuló forgalom mellett a rendelkezésre álló "extra" zöldidő miatt nagyobb lehet a csomópont kapacitása. Valójában arról van szó, hogy a lassabban gyorsuló forgalom csomóponton belüli hosszabb tartózkodási ideje miatt merül fel a látszólagos "többletkapacitás". Ezt különösen jól szemlélteti a teljes turbina-elv szerint működő csomópont példája, hisz ott az összes járműnek kétszer kell gyorsítania, hogy elhagyja a csomópontot.

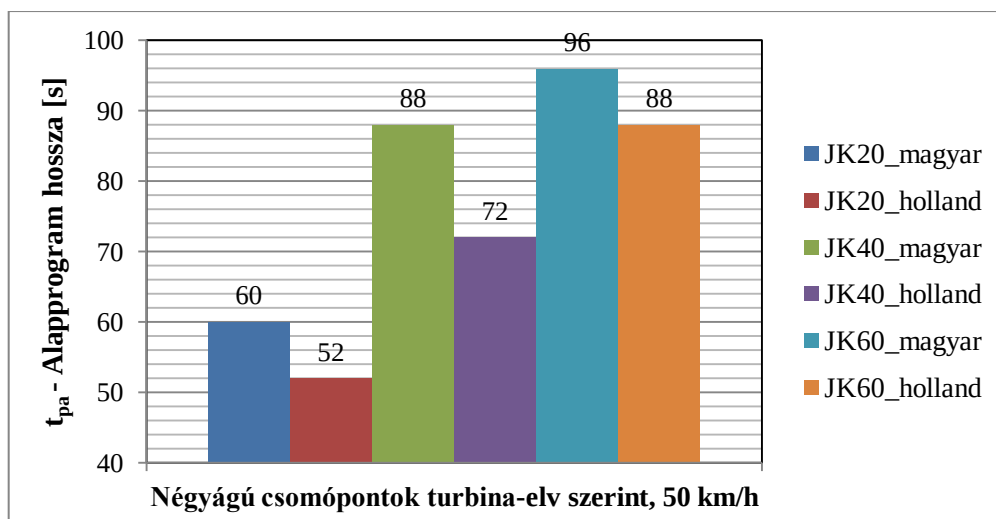


55. ábra A járművek gyorsítási képességeinek változtatásának hatása az alapprogram hosszára

Az 55. ábra alapján látható, hogy a gyengébb "teljesítményre" képes forgalom miatt az alapprogram hossza is jelentősen megnövekszik, így egy óra alatt kevesebb periódusnak lesz idő, így csökken a kapacitás.



56. ábra Az elérhető sebesség magyar és holland gyakorlata közötti számításkülönbség hatása az alapprogram hosszára, azonos forgalom és VISSIM alapbeállítások mellett 1.



57. ábra Az elérhető sebesség magyar és holland gyakorlata közötti számításkülönbség hatása az alapprogram hosszára, azonos és VISSIM alapbeállítások forgalom mellett 2.

A "holland" körülmények között, azonos forgalmi viszonyok mellett nagyjából mindig kedvezőbben alakul az alapprogram hossza. Egy órán belül a több periódus miatt kedvezőbbek a csomóponti kapacitásmutatók, mint pl. az összes zöldidő alapprogram hosszához képesti arány.

(Az ábrákhoz tartozó mérési eredményeket a mellékletben szereplő IV. - XIX., XXX., XLII., LIV., LXVI. sz. táblázatok tartalmazzák. A terjedelemre való tekintetre az összes mérési eredmény csak a digitális változatba került bele.)

## 6. MINTACSOMÓPONTOK SZIMULÁCIÓJA

A mintacsomópontok kapacitásvizsgálatához elkészített jelzésidőtervek a magyar gyakorlat és VISSIM alapbeállítás szerint meghatározott, az 50 km/h sebességértékhez tartozó paraméterek felhasználásával készültek. A kapacitásvizsgálat során, a paraméterek meghatározásához hasonlóan két darab mérés átlagából határoztam meg a csomóponti jellemzőket (különböző forgalomgenerálási szám mellett).

Kapacitásvizsgálatnál mért jellemzők:

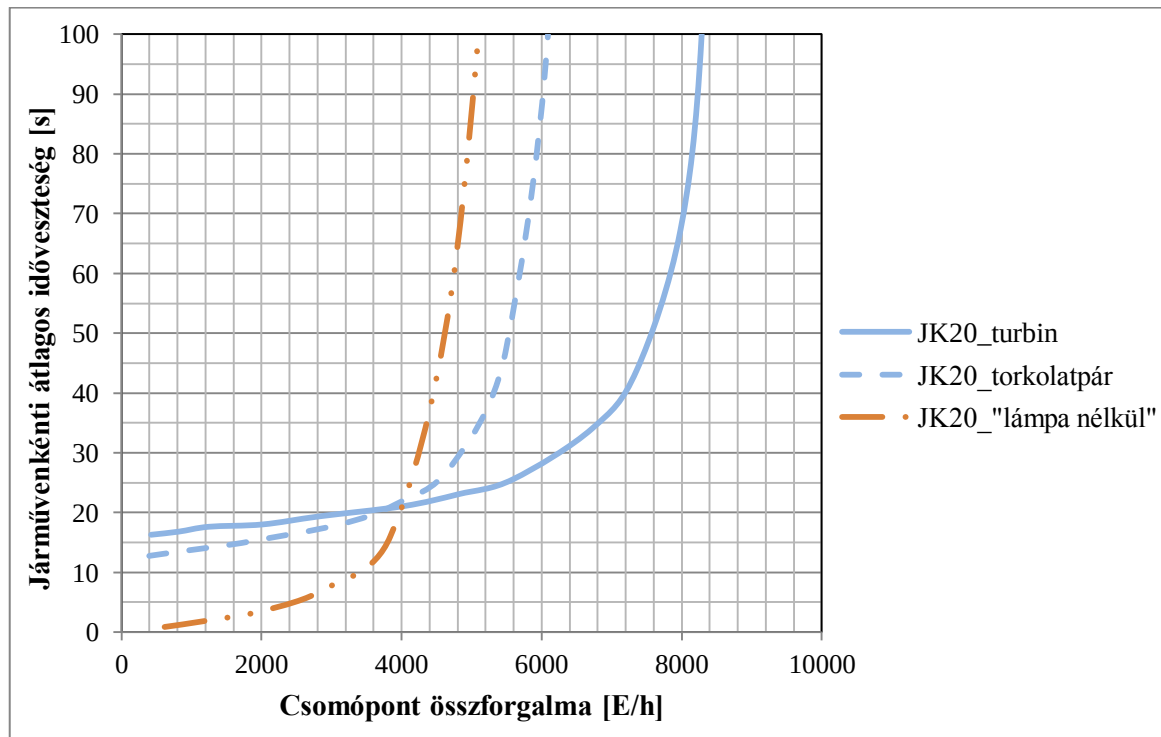
- Csomópont összforgalmának átlagos idővesztése
- Egy óra alatt maximálisan áthaladt járműszám

### 6.1. A meghatározott paraméterek alapján a várható csomóponti kapacitás

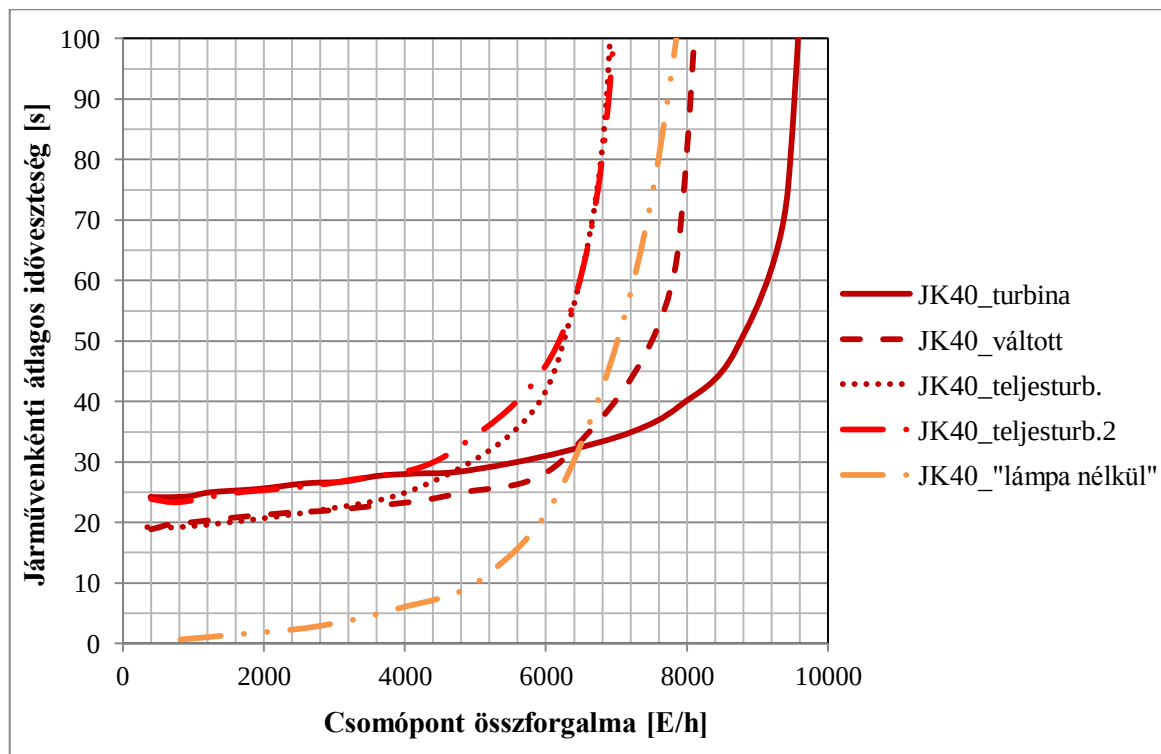
| Csomópont      | Működés módja | $\Sigma t_z/t_{pa}$ | Telített forgalom nagyság [E/h] | Sávok száma [db] | Várható kapacitás [E/h] |
|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|
| <b>JK20</b>    | turbina       | 0,93                | 1800                            | 4                | 6720                    |
|                | torkolatpár   | 0,70                |                                 |                  | 5040                    |
|                | teljes turb.  | -                   |                                 |                  | -                       |
| <b>JK40</b>    | turbina       | 1,05                |                                 | 4                | 7527                    |
|                | torkolatpár   | 0,90                |                                 |                  | 6503                    |
|                | teljes turb.  | 0,78                |                                 |                  | 5620                    |
|                | teljes turb.2 | 0,78                |                                 |                  | 5635                    |
| <b>JK60</b>    | turbina       | 1,17                |                                 | 4                | 8400                    |
|                | torkolatpár   | 1,00                |                                 |                  | 7200                    |
|                | teljes turb.  | 0,96                |                                 |                  | 6933                    |
|                | teljes turb.2 | 0,89                |                                 |                  | 6408                    |
|                | teljes turb.3 | 0,90                |                                 |                  | 6480                    |
| <b>JK_5_20</b> | turbina       | 0,96                |                                 | 3                | 5165                    |
|                | torkolatpár   | 0,82                |                                 |                  | 4418                    |
|                | teljes turb.  | 0,75                |                                 |                  | 4050                    |
| <b>JK_5_40</b> | turbina       | 1,09                |                                 | 3                | 5891                    |
|                | torkolatpár   | 0,98                |                                 |                  | 5268                    |
|                | teljes turb.  | 1,00                |                                 |                  | 5400                    |
| <b>JK_5_60</b> | turbina       | 1,14                |                                 | 3                | 6171                    |
|                | torkolatpár   | 1,00                |                                 |                  | 5400                    |
|                | teljes turb.  | 1,13                |                                 |                  | 6085                    |
|                | teljes turb.2 | 1,13                |                                 |                  | 6085                    |

9. táblázat A mintacsomópontok várható kapacitása az 1800 E/h telített forgalomnagyság mellett

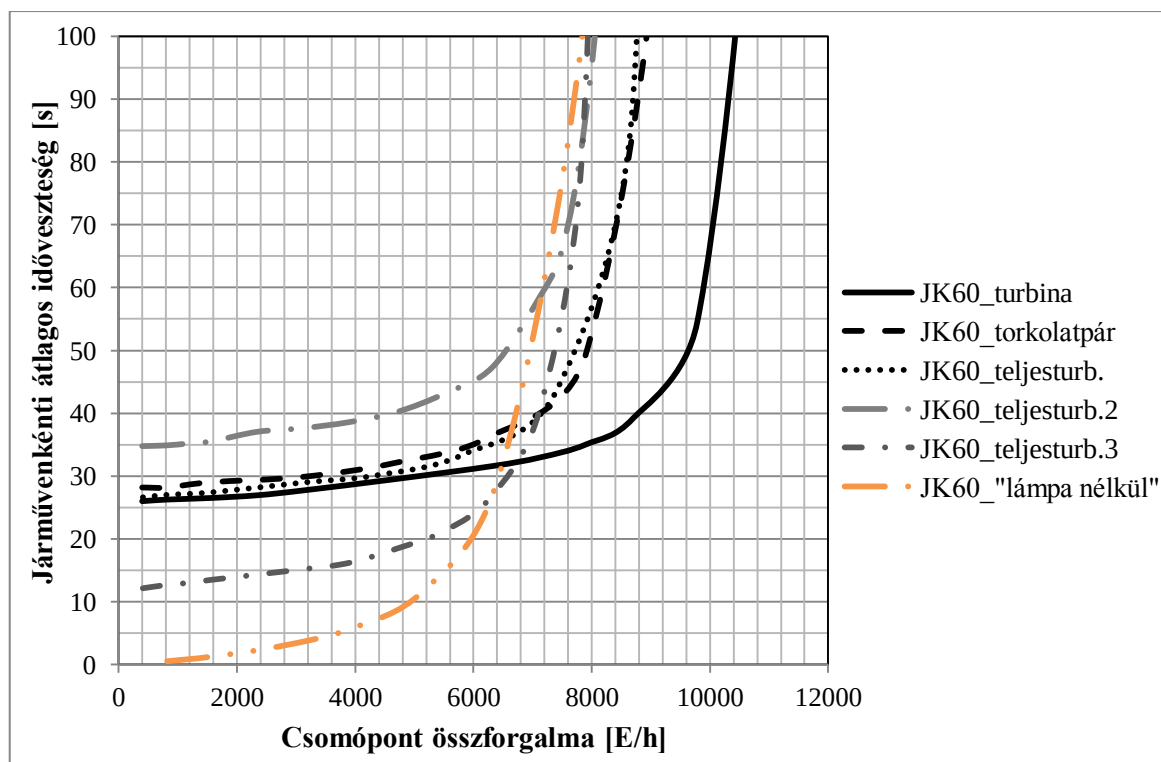
## 6.2. A kapacitásvizsgálatok eredményeinek szemléltetése



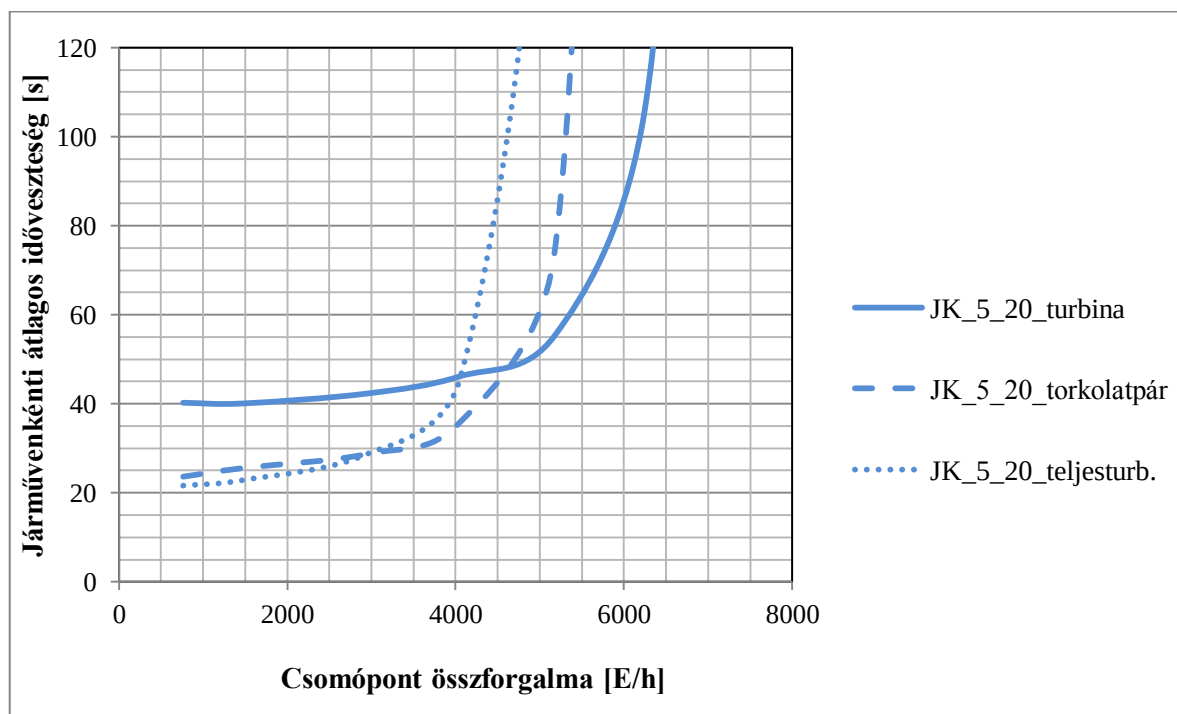
58. ábra Járművenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK20 mintacsomópontnál



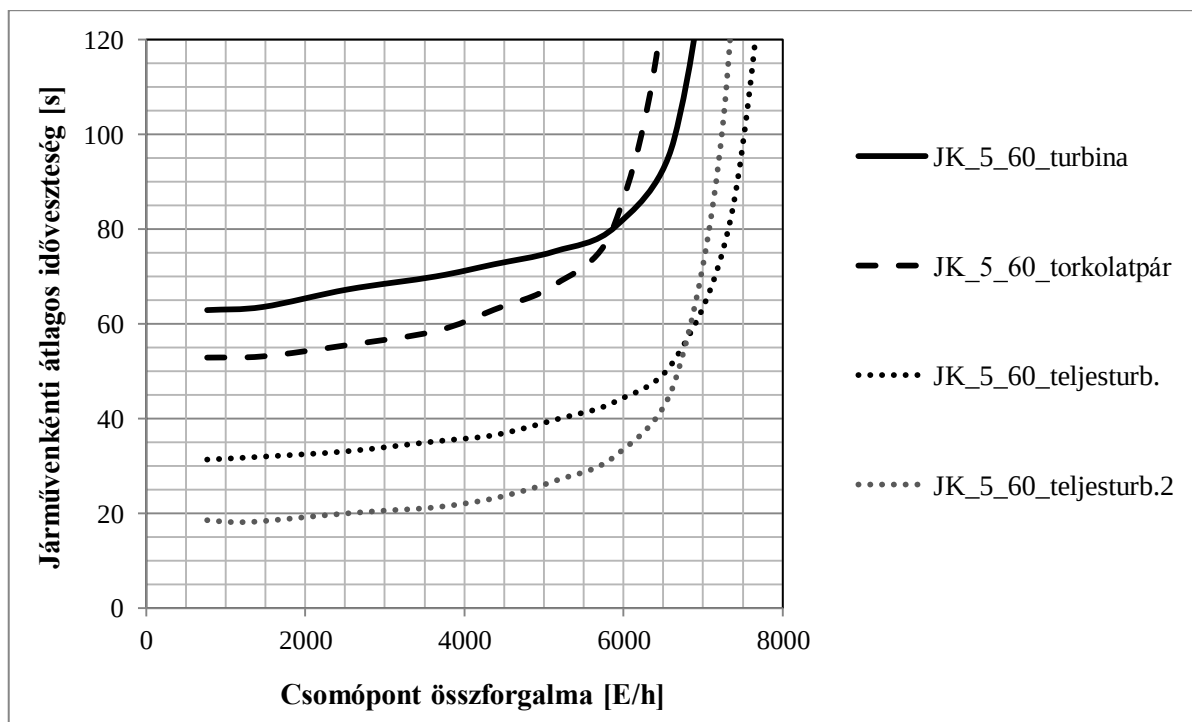
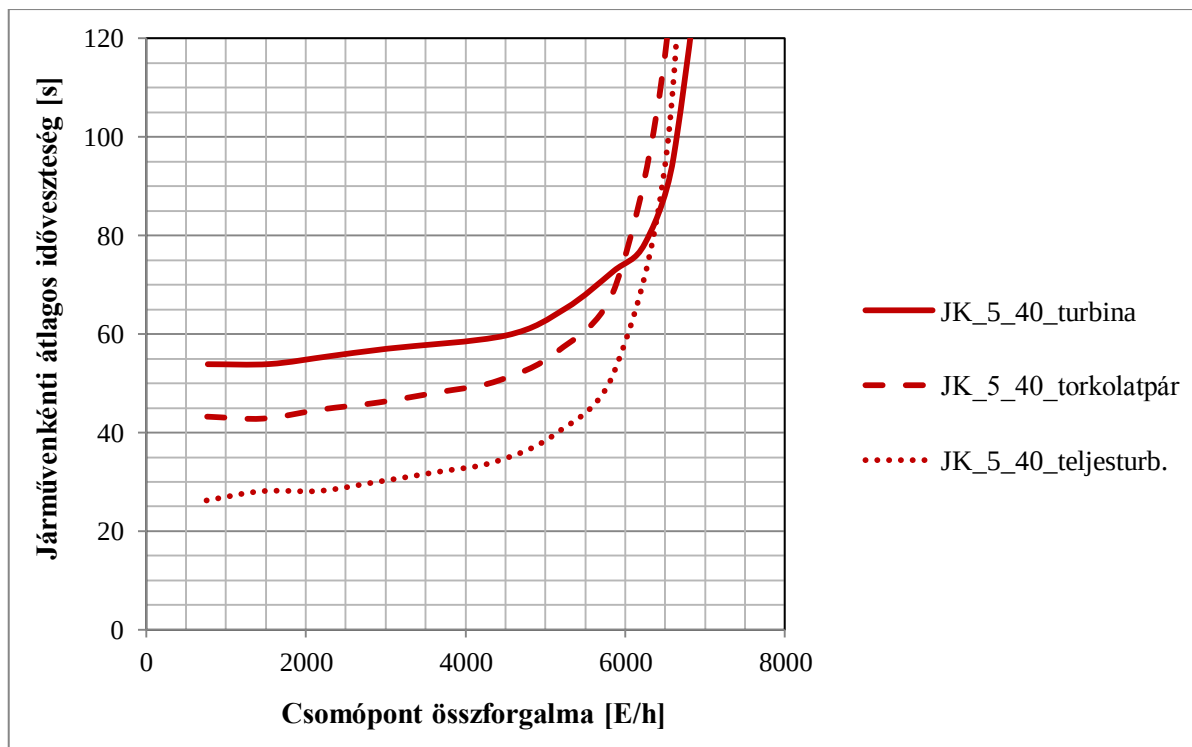
59. ábra Járművenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK40 mintacsomópontnál



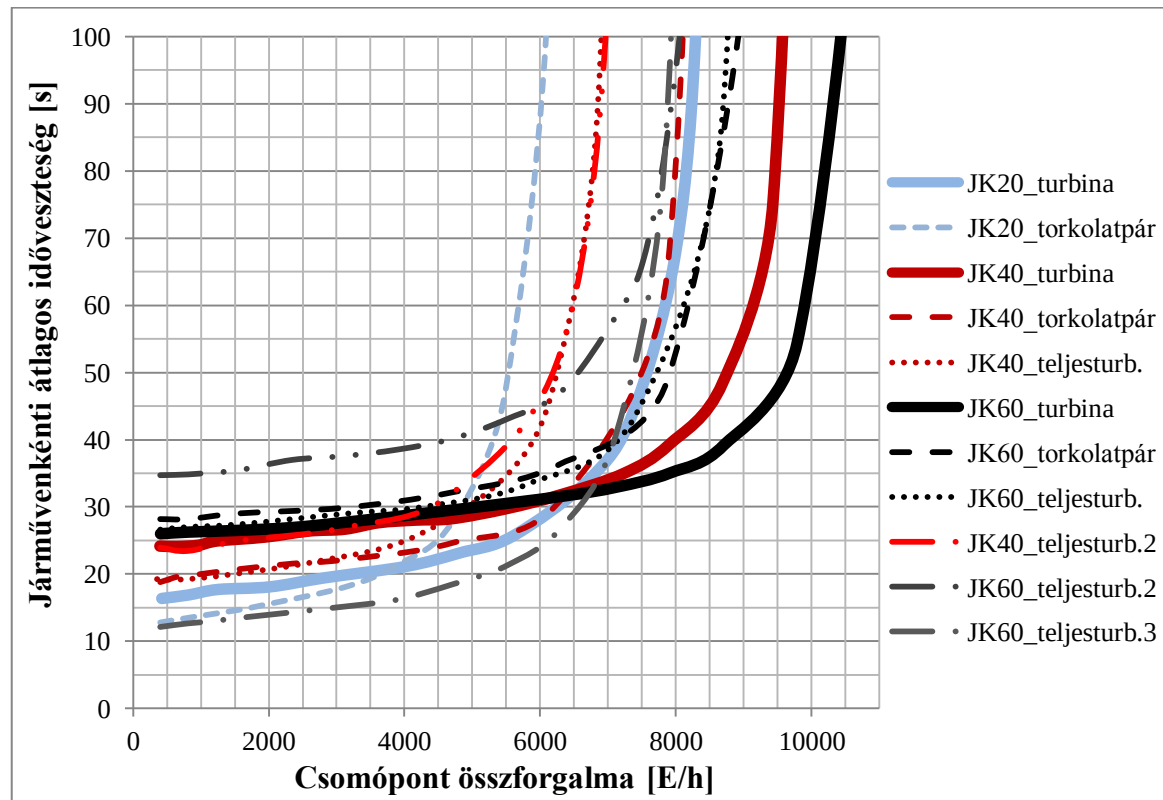
60. ábra Járművenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK60 mintacsomópontnál



61. ábra Járművenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a JK\_5\_20 mintacsomópontnál



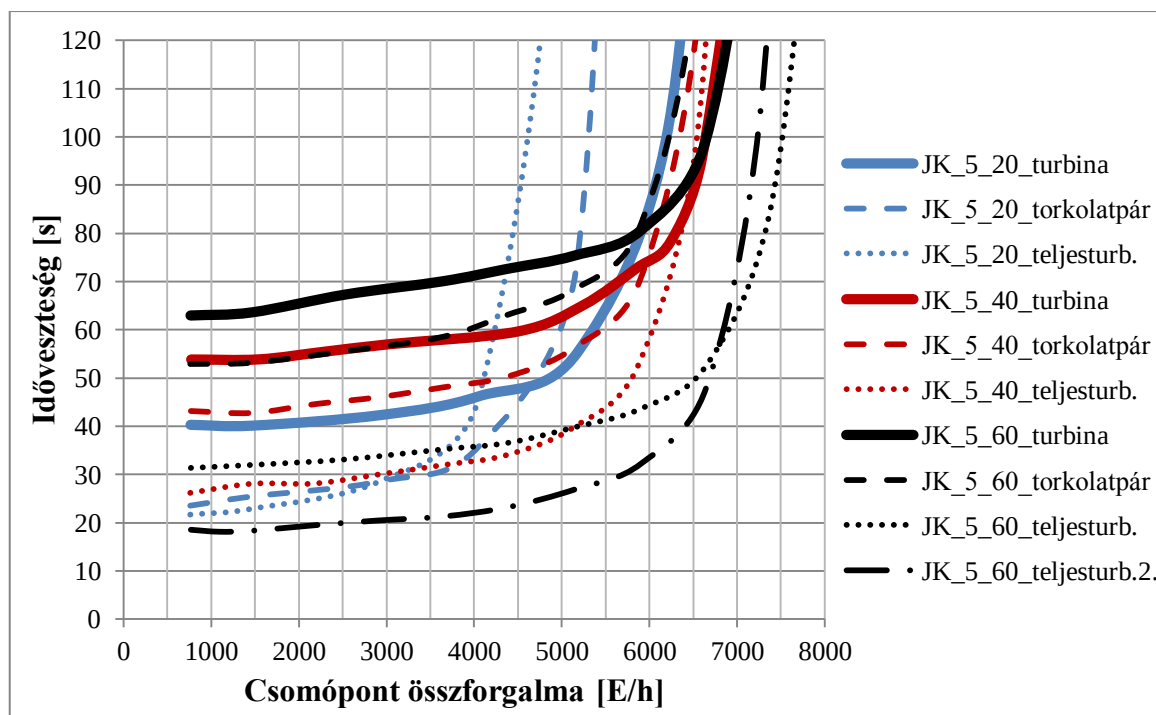
### 6.3. Az eredmények összegzése



64. ábra Járműenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés a 4 ágú mintacsomópontoknál

| Csomópont | Működés módja | Kapacitás "D" [77] szolg.szintig [E/h] | Max. kapacitás [E/h] | Telített forgalomnagyság [E/h] | Sávok száma [db] | Várt kapacitás [E/h] |
|-----------|---------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------|----------------------|
| JK20      | turbina       | 8030                                   | 8600                 | 2312                           | 4                | 6720                 |
|           | torkolatpár   | 6324                                   | 6324                 | 2259                           |                  | 5040                 |
|           | teljes turb.  | -                                      | -                    | -                              |                  | -                    |
| JK40      | turbina       | 9378                                   | 10406                | 2478                           | 4                | 7527                 |
|           | torkolatpár   | 7921                                   | 8520                 | 2367                           |                  | 6503                 |
|           | teljes turb.  | 6658                                   | 7168                 | 2297                           |                  | 5620                 |
|           | teljes turb.2 | 6658                                   | 7358                 | 2358                           |                  | 5635                 |
| JK60      | turbina       | 10059                                  | 10984                | 2347                           | 4                | 8400                 |
|           | torkolatpár   | 8409                                   | 8608                 | 2152                           |                  | 7200                 |
|           | teljes turb.  | 8409                                   | 9130                 | 2378                           |                  | 693                  |
|           | teljes turb.2 | 7618                                   | 8548                 | 2401                           |                  | 6408                 |
|           | teljes turb.3 | 7734                                   | 8186                 | 2274                           |                  | 6480                 |

10. táblázat A 4 ágú mintacsomópontok kapacitásmutatóinak eredményei



65. ábra Járművenkénti átlagos idővesztés és a csomópont összforgalma közötti összefüggés az 5 ágú mintacsomópontoknál

| Csomópont | Működés módja | Kapacitás "D" szolg.szintig [E/h] | Max. kapacitás [E/h] | Telített forgalomnagyság [E/h] | Sávok száma [db] | Várt kapacitás [E/h] |
|-----------|---------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------|----------------------|
| JK_5_20   | turbina       | 5679                              | 6802                 | 2362                           | 3                | 5165                 |
|           | torkolatpár   | 5146                              | 5642                 | 2293                           |                  | 4418                 |
|           | teljes turb.  | 4346                              | 5055                 | 2247                           |                  | 4050                 |
| JK_5_40   | turbina       | 5661                              | 7310                 | 2235                           | 3                | 5891                 |
|           | torkolatpár   | 5888                              | 6885                 | 2342                           |                  | 5268                 |
|           | teljes turb.  | 6226                              | 6962                 | 2321                           |                  | 5400                 |
| JK_5_60   | turbina       | 3617                              | 7487                 | 2189                           | 3                | 6171                 |
|           | torkolatpár   | 5360                              | 7080                 | 2360                           |                  | 5400                 |
|           | teljes turb.  | 7154                              | 7962                 | 2042                           |                  | 6085                 |
|           | teljes turb.2 | 6976                              | 7425                 | 2292                           |                  | 6085                 |

11. táblázat Az 5 ágú mintacsomópontok kapacitásmutatóinak eredményei

A vizsgált jelzőlámpás szabályozású mintacsomópontok 6.1. fejezetben közölt várható csomóponti kapacitás értékeit az összes esetben jelentős mértékben meghaladták a szimulációval mért értékek. A mért kapacitásértékekből visszszámolva a sávonkénti "tényleges" telített forgalom nagyságát lényeges különbség adódik az alap 1800 E/h

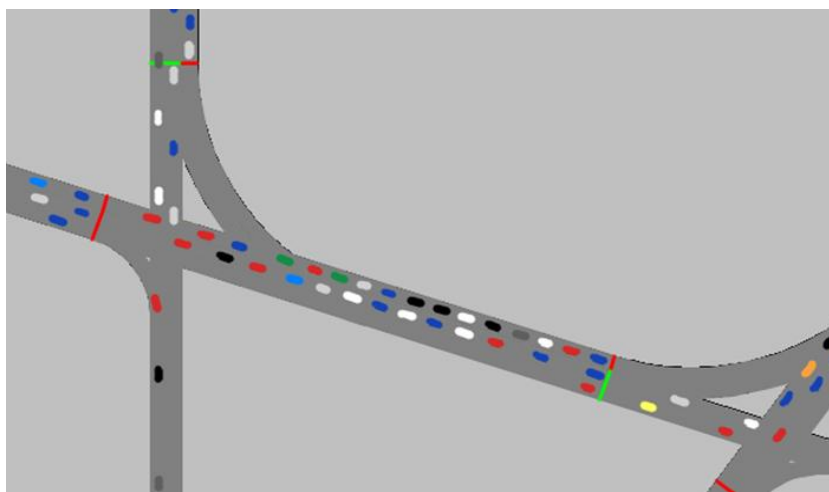
értékhez képest. Az összes eredmény átlaga 2300 E/h körül alakul (összehasonlításként, egy hagyományos jelzőlámpás kereszteződés szimulációjánál ugyanez az érték 1940 E/h).

A 4 ágú mintacsomópontok esetében a legjobb kapacitásmutatókkal a turbina-elv szerinti működési mód rendelkezik, de alacsonyabb forgalom mellett az átlagos csomóponti időveszteségek kedvezőbbek a másik két program esetében, köszönhetően az alacsonyabb alapprogram időknek.

Az 5 ágú csomópontoknál kisebb csomóponti méretek mellett hasonló kép alakul ki, bár itt az időveszteségek között sokkal jelentősebb különbségek adódnak. A csomópont méretnek növekedésével (ahogy az a 5.3. fejezetben látható volt) a teljes turbina-elv szerinti működés sokkal kedvezőbb mutatókat eredményez, mint a másik két megoldás.

Kiegészítések:

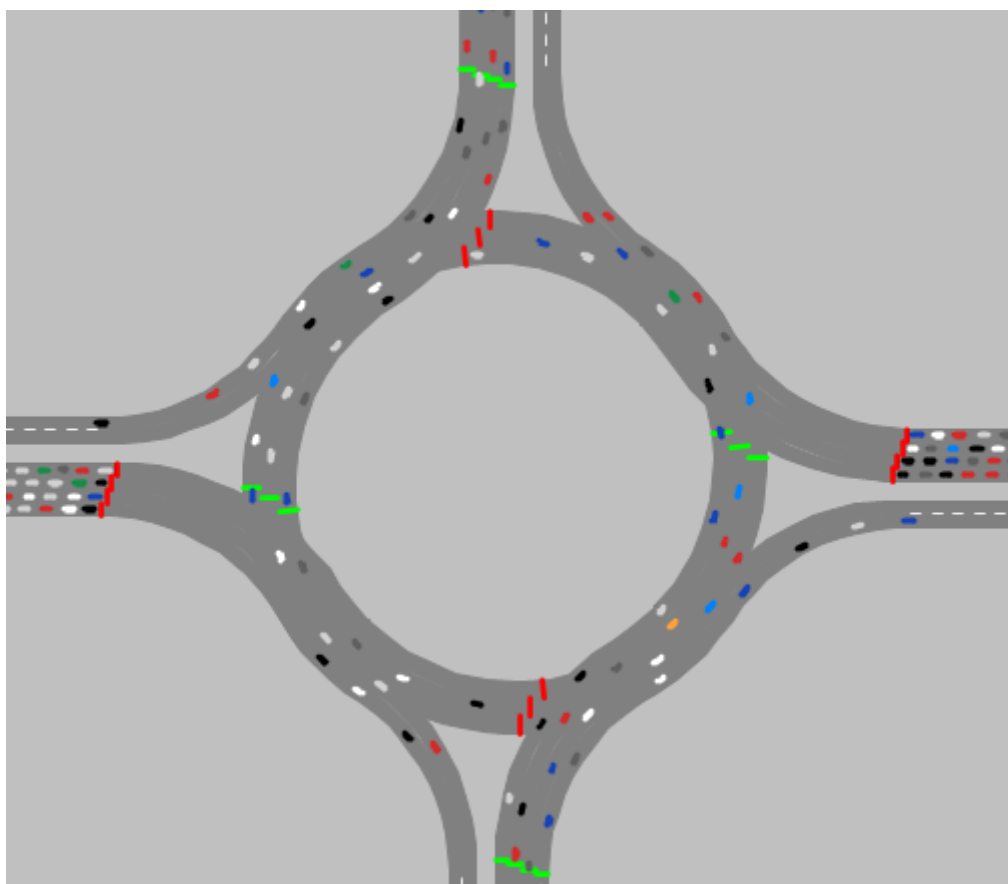
A meghatározott alapprogramok közül a legnagyobb "zöldidő arányt" (1,37) a JK\_5\_60 mintacsomópont teljes turbina-elv szerinti alapprogramja érte el az  $1 \text{ m/s}^2$  gyorsulás értéket használó forgalom mellett. Az ilyen körülmények között végzett kapacitásvizsgálat igazolta amit az 5.3. fejezet ábrái alapján már megállapíthattunk, hogy önmagában a "zöldidő arány" nem adhat pontos képet a várható csomóponti teljesítményről, az csakis a forgalmi körülményekkel együtt értelmezhető.



66. ábra VISSIM alapbeállítású forgalom viselkedése a  $1 \text{ m/s}^2$  konstans érték alapú jelzésidőterv mellett

Lényegesen alacsonyabb érték (6152 E/h) adódik a csomópont kapacitására a "kisebb" teljesítményű forgalom mellett végzett kapacitásvizsgálat során, ráadásul az ilyen körülmények alapján meghatározott program nem képes "rendesen" kezelni az ettől eltérő forgalmi viszonyokat (hibás működés, lásd 66. ábra).

A VISSIM alapbeállításainak eredményeit a  $3\text{m/s}^2$  konstans gyorsulásértékek alapján meghatározott programparaméterek közelítették meg legjobban. Az ezek alapján készült jelzésidőtervek probléma nélkül „vezetik” a VISSIM alapbeállítása mellett generált forgalmat, és a mért kapacitásértékek is közel azonosak (10734 E/h).



67. ábra VISSIM alapbeállítású forgalom viselkedése a  $2\text{m/s}^2$  konstans érték alapú jelzésidőterv mellett

A  $2\text{m/s}^2$  konstans érték alapján meghatározott programparaméterekkel készült jelzésidőtervek kisebb "hibával" (egy-egy jármű néha "beragad"), de szintén kezelni tudják a valós forgalmat reprezentáló VISSIM alapbeállítás melletti forgalmat.

## 7. ÉRTÉKELES ÉS JAVASLAT

Először is köszönettel tartozom Dr. Schuchmann Gábor konzulens tanáromnak, és Kellő Balázs tervezőmérnöknek, akik tanácsaikkal segítették a munkámat.

Az elkészült diplomamunka áttekintést ad a jelzőlámpás szabályozású körforgalmak alapvető jellemzőiről, legfontosabb tulajdonságairól. Betekintést nyerhetünk a programok működési különbségeire, az ezekből származó előnyökre és hátrányokra. A rendelkezésre álló idő rövidsége miatt sok dolog kimaradt, illetve egyszerűsítve lett figyelembe véve, így a lehetőség adott további vizsgálatok elvégzésére. Néhány észrevétel ezekkel kapcsolatban:

- Szimmetrikus geometriáktól eltérő kialakítások vizsgálata.
- Szimmetrikus forgalomtól eltérő forgalmak kapacitásvizsgálata
- Jelzőlámpa-kordonok helyének megválasztása
- 3 ágú csomópontok vizsgálata
- A személygépjárműveken (egységjárműveken) kívül további járműosztályok figyelembevétele
- Gyalogosok helyzete

Látható, hogy a hagyományos jelzőlámpás kereszteződésekhez képest a jelzésidőtervek elkészítéséhez nem elegendő csak a csomópontot használó forgalom nagyságát ismerni. Annak mozgásdinamikai jellemzői is nélkülözhetetlenek a pontos tervezés érdekében, így a paraméterek meghatározásának pontosítása érdekében valós forgalmi körülmények közötti mérések is szükségesek lehetnek. Kérdés továbbá, helyes-e a közbenső idők meghatározásakor a hagyományos kereszteződésekénél ismert módszert alkalmazni, vagy lehetőség van attól eltérni, figyelembe véve a körgeometriából származó különbségeket.

A megismert működési módok közül kettő programfelépítése is szoros kapcsolatban áll a csomóponti geometriával. Így fontos feladat az azokra vonatkozó előírások meghatározása, hogy a működési módhoz optimális kialakítás valósuljon meg. További lehetőség adódik a kisebb méretű körforgalmak indirekt jelzőlámpásításának kedvező hatásainak kutatására, a külföldi gyakorlathoz hasonlóan.

## HIVATKOZÁSJEGYZÉK

---

- [1] Forrás: Wikipédia
- [2] Forrás: Google képtalálat
- [3] Forrás: Google képtalálat
- [4] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [5] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [6] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Lámpa+körforgalom, Autósélet c. folyóirat, 43. o.
- [7] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [8] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Lámpa+körforgalom, Autósélet c. folyóirat, 43. o.
- [9] Forrás: Google képtalálat
- [10] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [11] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Lámpa+körforgalom, Autósélet c. folyóirat, 43. o.
- [12] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Lámpa+körforgalom, Autósélet c. folyóirat, 43. o.
- [13] Forrás: Google képtalálat
- [14] Forrás: Google képtalálat
- [15] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [16] Forrás: Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, 5. o./2. ábra
- [17] Forrás: Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, 5. oldal
- [18] Forrás: Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, 2. o.
- [19] Forrás: Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals, 4. o.
- [20] Forrás: Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals, 4.o.
- [21] Forrás: Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, 6. o.  
(Hudaart 1983)
- [22] Forrás: Rahmi Akçelik [2004]: Roundabouts with Unbalanced Flow Patterns, 11. o.
- [23] Forrás: Rahmi Akçelik [2004]: Roundabouts with Unbalanced Flow Patterns, 7. ábra
- [24] Forrás: Google képtalálat

- 
- [25] Forrás: Rahmi Akçelik [2004]: Roundabouts with Unbalanced Flow Patterns és Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals
- [26] Forrás: Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals 5. oldal
- [27] Forrás: Rahmi Akçelik [2004]: Roundabouts with Unbalanced Flow Patterns, 11. o.
- [28] Forrás: Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals, 9. o.
- [29] Forrás: Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals, 10 o./4. ábra
- [30] Forrás: Charles R. Stevens [2005]: Signals and Meters at Roundabouts, 2.o.
- [31] Forrás: Rahmi Akçelik [2011]: Roundabout metering signals: capacity, performance and timing, 5. o./3. ábra
- [32] Forrás: Rahmi Akçelik [2011]: Roundabout metering signals: capacity, performance and timing, 10. o./1. táblázat
- [33] Forrás: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2012]: Straßenbau AZ, Sammlung Technischer Regelwerke und Amtlicher Bestimmungen für das Straßen- und Verkehrswesen, ESV (Herbert Kühn), "Kreisverkehr" rész
- [34] Forrás: Google képtalálat
- [35] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [36] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [37] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 1. Bevezetés
- [38] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, Közlekedés Kft., 2. o.
- [39] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, Közlekedés Kft., 3. o./1.táblázat
- [40] Forrás: Google képtalálat
- [41] Forrás: Google képtalálat
- [42] Forrás: Google Earth képmentés
- [43] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, Közlekedés Kft., 2.-3.o.

- 
- [44] Forrás: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2012]: Straßenbau AZ, Sammlung Technischer Regelwerke und Amtlicher Bestimmungen für das Straßen- und Verkehrswesen, ESV (Herbert Kühn), "Kreisverkehr" rész
- [45] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései I. rész (2.1.1. fejezet), Városi Közlekedés; Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása (3.,4. o.) c. munkái alapján
- [46] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, 6. o./1. ábra
- [47] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései I. rész (2.1.1. fejezet), Városi Közlekedés; Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása (4., 8. o.) c. munkái alapján
- [48] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2007]: Jelzőlámpás szabályozású körforgalmak teljesítőképességének és programparamétereinek meghatározása, Közlekedés Kft., 7 o./2. ábra
- [49] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés, 3.1. fejezet
- [50] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés, 3.1. fejezet
- [51] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés
- [52] Forrás: Marian Tracza, Janusz Chodura[2012]: Performance and Safety of Roundabouts with Traffic Signals, Procedia - Social and Behavioral Sciences 53 ( 2012 ) 789 – 800, 794 o./5. ábra
- [53] Forrás: VISSIM képmntés
- [54] Forrás: Magyar Útügyi Társaság: ÚT 2-1.219 A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése c. útügyi műszaki előírás
- [55] Forrás: VISSIM képmntés
- [56] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. és II. rész, Városi Közlekedés

- 
- [57] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 2.1.4.2.fejezet
- [58] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 2.1.4.2.fejezet
- [59] Forrás: Wikipédia
- [60] Forrás: VISSIM 5.30 manual, 131. o.
- [61] Forrás: Rogier R.M. Hoek [2013]: SIGNALIZED TURBO ROUNDABOUTS, A Study into the Applicability of Traffic Signals on Turbo Roundabouts, Delft, 30. o.
- [62] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés, 2.1.2. fejezet
- [63] Forrás: Dutch design guidelines (CROW, 1998, p.40). (Rogier R.M. Hoek [2013]: SIGNALIZED TURBO ROUNDABOUTS, 134. o.)
- [64] Forrás: VISSIM képmntés
- [65] Forrás: Jogtár
- [66] Forrás: VISSIM képmntés
- [67] Forrás: VISSIM képmntés
- [68] Forrás: VISSIM képmntés
- [69] Forrás: VISSIM képmntés
- [70] Forrás: VISSIM képmntés
- [71] Forrás: VISSIM képmntés
- [72] Forrás: VISSIM képmntés
- [73] Forrás: VISSIM képmntés
- [74] Forrás: Axel Wolfermann [2009]: Influence of Intergreen Times on the Capacity of Signalised Intersections (Guidelines for Traffic Signals (RiLSA)), 2. fejezet
- [75] Forrás: Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés, 3.2. fejezet
- [76] Forrás: VISSIM képmntés
- [77] Forrás: Kálmán László - Koren Csaba - Tóth-Szabó Zsuzsanna [2006]: Közúti forgalomtechnika I, 65. o., Német Szabvány tartalma

## **IRODALOMJEGYZÉK**

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

Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - I. rész, Városi Közlekedés

Dr. Maklári Jenő [2002]: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései - II. rész, Városi Közlekedés

Dr. Maklári Jenő [2002]: A jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok alkalmazási kérdései - Külföldi példák, Városi Közlekedés

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

Emmanuel Natalizio [2005]: Roundabouts with Metering Signals

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

Marian Tracza, Janusz Chodura [2012]: Performance and Safety of Roundabouts with Traffic Signals, Procedia - Social and Behavioral Sciences

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

Rahmi Akçelik [2004]: Roundabouts with Unbalanced Flow Patterns, Institute of Transportation Engineers 2004 Annual Meeting, USA

Rahmi Akçelik [2011]: Roundabout metering signals: capacity, performance and timing, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Sweden

Rogier R.M. Hoek [2013]: SIGNALIZED TURBO ROUNDABOUTS, A Study into the Applicability of Traffic Signals on Turbo Roundabouts, Delft, University of Technology

## MELLÉKLETEK

A1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: C2 vége  
C2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: C1 eleje  
C1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: B2 eleje  
B2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: B1 vége  
B1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: D2 vége  
D2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: D1 eleje  
D1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: C2 eleje  
C2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: C1 vége  
C1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: A2 vége  
A2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: A1 eleje  
A1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: D2 eleje  
D2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: D1 vége  
D1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: B2 vége  
B2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: B1 eleje  
B1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: A2 eleje  
A2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: A1 vége

### I. A turbina-elv szerinti program kialakításának lépései 4 ág esetén

A1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: C2 vége  
C2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: C1 eleje  
C1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: B2 eleje  
B2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: B1 vége  
B1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: D2 vége  
D2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: D1 eleje  
D1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: C2 eleje  
C2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: C1 vége  
C1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: E2 vége  
E2 végétől a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}21}$ ) biztosításával: E1 eleje  
E1 elejétől a behaladási idő ( $t_{be}$ ) biztosításával: D2 eleje  
D2 eleje előtt a közbenső idő ( $t_{k\bar{o}12}$ ) beiktatásával: D1 vége  
D1 végétől a kihaladási idő ( $t_{ki}$ ) biztosításával: A2 vége

A2 végétől a közbenső idő (tkö21) biztosításával: A1 eleje  
A1 elejétől a behaladási idő (tbe) biztosításával: E2 eleje  
E2 eleje előtt a közbenső idő (tkö12) beiktatásával: E1 vége  
E1 végétől a kihaladási idő (tki) biztosításával: B2 vége  
B2 végétől a közbenső idő (tkö21) biztosításával: B1 eleje  
B1 elejétől a behaladási idő (tbe) biztosításával: A2 eleje  
A2 eleje előtt a közbenső idő (tkö12) beiktatásával: A1 vége

## II. A turbina-elv szerinti program kialakításának lépései 5 ág esetén

| $t_{i,(n-1)}$ [s] | $t_z$ [s] | $\sum t_{re}$ [s] | (n-1) [db] | $t_{re, \text{átlag}}$ [s] |
|-------------------|-----------|-------------------|------------|----------------------------|
| 2,43              | 5         | 2,57              | 2,15       | 1,2                        |
| 3,03              | 6         | 2,97              | 2,87       | 1,04                       |
| 3,46              | 7         | 3,55              | 3,72       | 0,95                       |
| 3,73              | 8         | 4,28              | 4,15       | 1,03                       |
| 4,27              | 9         | 4,73              | 4,97       | 0,95                       |
| 4,4               | 10        | 5,61              | 5,75       | 0,97                       |
| 5,16              | 11        | 5,84              | 6,45       | 0,91                       |
| 5,55              | 12        | 6,46              | 7,18       | 0,9                        |
| 5,35              | 13        | 7,66              | 7,82       | 0,98                       |
| 5,81              | 14        | 8,19              | 8,72       | 0,94                       |
| 5,92              | 15        | 9,09              | 9,38       | 0,97                       |
| 6,43              | 16        | 9,57              | 10,02      | 0,96                       |
| 6,46              | 17        | 10,55             | 10,87      | 0,97                       |
| 7,17              | 18        | 10,83             | 11,65      | 0,93                       |
| 6,96              | 19        | 12,05             | 12,25      | 0,98                       |
| 7,76              | 20        | 12,24             | 12,97      | 0,94                       |
| 7,43              | 21        | 13,57             | 13,87      | 0,98                       |
| 8,55              | 22        | 13,45             | 14,55      | 0,92                       |
| 7,94              | 23        | 15,06             | 15,28      | 0,99                       |
| 8,95              | 24        | 15,05             | 16,58      | 0,91                       |
| 8,49              | 25        | 16,51             | 17,57      | 0,94                       |
| 8,59              | 26        | 17,41             | 18,65      | 0,93                       |
| 8,85              | 27        | 18,15             | 19,58      | 0,93                       |
| 9,13              | 28        | 18,87             | 20,57      | 0,92                       |
| 9,33              | 29        | 19,68             | 21,5       | 0,92                       |
| 9,61              | 30        | 20,39             | 22,32      | 0,91                       |
| VISSIM alap       |           |                   |            | 0,96                       |

## III. A VISSIM alapbeállításhoz tartozó reakcióidő meghatározása

| JK20              | Turbina-elv |       |                              |       |          |      |      |      |     |
|-------------------|-------------|-------|------------------------------|-------|----------|------|------|------|-----|
| Magyar            | v [km/h]    |       |                              |       | v [km/h] |      |      |      |     |
| VISSIM            | 40          | 50    | 60                           | 70    | 40       | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$          | 6,90        | 6,90  | 6,88                         | 6,92  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{ki}$          | 9,76        | 9,67  | 9,68                         | 9,76  | 10       | 10   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{k\delta 12}$  | 6,08        | 6,04  | 6,02                         | 6,00  | 7        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{k\delta 21}$  | 5,41        | 5,45  | 5,43                         | 5,45  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 63,91       | 63,87 | 63,89                        | 64,53 | 60       | 60   | 60   | 60   | [s] |
| $\sum t_z$        | 67,16       | 67,28 | 67,33                        | 68,20 | 56       | 56   | 56   | 56   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,05        | 1,05  | 1,05                         | 1,06  | 0,93     | 0,93 | 0,93 | 0,93 |     |
| $l$               | 37,04       | [m]   | Torkolatpáronkénti irányítás |       |          |      |      |      |     |
| $t_z$             | 7,00        | 7,00  | 7,00                         | 7,00  | 7        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_e$             | 5,72        | 5,72  | 5,74                         | 5,70  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{k\delta 12}$  | 4,38        | 4,32  | 4,31                         | 4,30  | 5        | 5    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 6,03        | 6,02  | 6,04                         | 6,04  | 7        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{pa}$          | 36,89       | 36,95 | 36,95                        | 36,99 | 40       | 40   | 40   | 40   | [s] |
| $t_z$             | 28,00       | 28,00 | 28,00                        | 28,00 | 28       | 28   | 28   | 28   | [s] |
| $t_z/t_{pa}$      | 0,76        | 0,76  | 0,76                         | 0,76  | 0,7      | 0,7  | 0,7  | 0,7  |     |

VIII. A JK20 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)

| JK20              | Turbina-elv |       |                              |       |          |      |      |      |     |
|-------------------|-------------|-------|------------------------------|-------|----------|------|------|------|-----|
| Holland           | v [km/h]    |       |                              |       | v [km/h] |      |      |      |     |
| VISSIM            | 40          | 50    | 60                           | 70    | 40       | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$          | 6,18        | 6,18  | 6,19                         | 6,17  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{ki}$          | 7,74        | 7,72  | 7,67                         | 7,73  | 8        | 8    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{k\delta 12}$  | 5,54        | 5,45  | 5,42                         | 5,41  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{k\delta 21}$  | 4,88        | 4,96  | 4,95                         | 4,94  | 5        | 5    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{pa}$          | 53,04       | 53,63 | 53,50                        | 53,70 | 52       | 52   | 52   | 52   | [s] |
| $\sum t_z$        | 55,60       | 56,56 | 56,55                        | 56,73 | 52       | 52   | 52   | 52   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,05        | 1,05  | 1,06                         | 1,06  | 1,00     | 1,00 | 1,00 | 1,00 |     |
| $l$               | 37,04       | [m]   | Torkolatpáronkénti irányítás |       |          |      |      |      |     |
| $t_z$             | 7,00        | 7,00  | 7,00                         | 7,00  | 7        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_e$             | 5,69        | 5,70  | 5,70                         | 5,71  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{k\delta 12}$  | 4,38        | 4,32  | 4,31                         | 4,30  | 5        | 5    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 5,28        | 5,28  | 5,29                         | 5,29  | 6        | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 34,33       | 34,49 | 34,46                        | 34,46 | 36       | 36   | 36   | 36   | [s] |

|              |       |       |       |       |      |      |      |      |     |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|
| $t_z$        | 28,00 | 28,00 | 28,00 | 28,00 | 28   | 28   | 28   | 28   | [s] |
| $t_z/t_{pa}$ | 0,82  | 0,81  | 0,81  | 0,81  | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 |     |

**IX. A JK20 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)**

| <b>JK40</b>           | <b>Turbina-elv</b> |       |                                     |       |                 |      |      |      |     |
|-----------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Magyar</b>         | <b>v [km/h]</b>    |       |                                     |       | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>VISSIM</b>         | 40                 | 50    | 60                                  | 70    | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$              | 10,12              | 10,12 | 10,09                               | 10,18 | 10              | 10   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{ki}$              | 14,23              | 14,16 | 14,11                               | 14,08 | 15              | 15   | 15   | 15   | [s] |
| $t_{kö12}$            | 8,63               | 8,52  | 8,45                                | 8,44  | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $t_{kö21}$            | 5,38               | 5,49  | 5,52                                | 5,55  | 6               | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$              | 84,41              | 85,01 | 85,10                               | 85,47 | 88              | 88   | 88   | 88   | [s] |
| $\sum t_z$            | 90,37              | 91,43 | 91,67                               | 92,42 | 92              | 92   | 92   | 92   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 1,07               | 1,08  | 1,08                                | 1,08  | 1,05            | 1,05 | 1,05 | 1,05 |     |
| $l$                   | 67,59              | [m]   | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |       |                 |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 14,00              | 14,00 | 14,00                               | 14,00 | 14              | 14   | 14   | 14   | [s] |
| $t_e$                 | 10,42              | 10,41 | 10,44                               | 10,37 | 11              | 11   | 11   | 11   | [s] |
| $t_{kö12}$            | 5,28               | 5,04  | 4,98                                | 4,96  | 6               | 6    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{ki}'$             | 9,49               | 9,47  | 9,46                                | 9,48  | 10              | 10   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{pa}$              | 59,40              | 58,91 | 58,83                               | 58,66 | 62              | 62   | 60   | 60   | [s] |
| $\sum t_z$            | 56,00              | 56,00 | 56,00                               | 56,00 | 56              | 56   | 56   | 56   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 0,94               | 0,95  | 0,95                                | 0,95  | 0,90            | 0,90 | 0,93 | 0,93 |     |
| $l$                   | 46,00              | [m]   | <b>Teljes turbina-elv</b>           |       |                 |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 9,00               | 9,00  | 9,00                                | 9,00  | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $\sum t_{re}$         | 4,80               | 4,80  | 4,80                                | 4,80  | 5               | 5    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{kö12}$            | 6,90               | 6,90  | 6,90                                | 6,90  | 7               | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{kö21}$            | 4,73               | 4,71  | 4,73                                | 4,72  | 5               | 5    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{ék}$              | 5,94               | 5,89  | 5,89                                | 5,90  | 6               | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa1}$             | 40,37              | 40,30 | 40,32                               | 40,32 | 41              | 41   | 41   | 41   | [s] |
| $t_{pa2}$             | 45,17              | 45,10 | 45,12                               | 45,12 | 46              | 46   | 46   | 46   | [s] |
| $\sum t_{z1}$         | 32,00              | 32,00 | 32,00                               | 32,00 | 32              | 32   | 32   | 32   | [s] |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 36,00              | 36,00 | 36,00                               | 36,00 | 36              | 36   | 36   | 36   | [s] |
| $\sum t_{z1}/t_{pa1}$ | 0,79               | 0,79  | 0,79                                | 0,79  | 0,78            | 0,78 | 0,78 | 0,78 |     |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 0,80               | 0,80  | 0,80                                | 0,80  | 0,78            | 0,78 | 0,78 | 0,78 |     |

**X. A JK40 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)**

| <b>JK40</b>                            | <b>Turbina-elv</b> |       |                                     |       |                 |      |      |      |     |
|----------------------------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Holland</b>                         | <b>v [km/h]</b>    |       |                                     |       | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>VISSIM</b>                          | 40                 | 50    | 60                                  | 70    | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| <b>t<sub>be</sub></b>                  | 9,06               | 9,06  | 9,02                                | 9,06  | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| <b>t<sub>ki</sub></b>                  | 11,80              | 11,35 | 11,27                               | 11,24 | 12              | 12   | 12   | 12   | [s] |
| <b>t<sub>kö12</sub></b>                | 7,85               | 7,54  | 7,39                                | 7,36  | 8               | 8    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>kö21</sub></b>                | 4,87               | 4,97  | 4,98                                | 5,06  | 5               | 5    | 5    | 6    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                  | 71,52              | 71,36 | 71,49                               | 71,97 | 72              | 72   | 72   | 76   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                  | 76,37              | 77,45 | 77,99                               | 78,76 | 76              | 76   | 76   | 80   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b>   | 1,07               | 1,09  | 1,09                                | 1,09  | 1,06            | 1,06 | 1,06 | 1,05 |     |
| <b>l</b>                               | 67,59              | [m]   | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |       |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                   | 14,00              | 14,00 | 14,00                               | 14,00 | 14              | 14   | 14   | 14   | [s] |
| <b>t<sub>e</sub></b>                   | 10,55              | 10,55 | 10,58                               | 10,55 | 11              | 11   | 11   | 11   | [s] |
| <b>t<sub>kö12</sub></b>                | 5,28               | 5,04  | 4,98                                | 4,96  | 6               | 6    | 5    | 5    | [s] |
| <b>t<sub>ki'</sub></b>                 | 8,71               | 8,35  | 8,30                                | 8,30  | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                  | 59,66              | 59,18 | 59,12                               | 59,02 | 62              | 62   | 60   | 60   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                  | 56,00              | 56,00 | 56,00                               | 56,00 | 56              | 56   | 56   | 56   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b>   | 0,94               | 0,95  | 0,95                                | 0,95  | 0,90            | 0,90 | 0,93 | 0,93 |     |
| <b>l</b>                               | 46,00              | [m]   | <b>Teljes turbina-elv</b>           |       |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                   | 9,00               | 9,00  | 9,00                                | 9,00  | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| <b>Σt<sub>re</sub></b>                 | 4,80               | 4,80  | 4,80                                | 4,80  | 5               | 5    | 5    | 5    | [s] |
| <b>t<sub>kö12</sub></b>                | 6,90               | 6,90  | 6,90                                | 6,90  | 7               | 7    | 7    | 7    | [s] |
| <b>t<sub>kö21</sub></b>                | 4,35               | 4,38  | 4,38                                | 4,40  | 5               | 5    | 5    | 5    | [s] |
| <b>t<sub>ék</sub></b>                  | 4,89               | 4,77  | 4,74                                | 4,75  | 5               | 5    | 5    | 5    | [s] |
| <b>t<sub>pa1</sub></b>                 | 38,95              | 38,84 | 38,82                               | 38,86 | 40              | 40   | 40   | 40   | [s] |
| <b>t<sub>pa2</sub></b>                 | 43,75              | 43,64 | 43,62                               | 43,66 | 45              | 45   | 45   | 45   | [s] |
| <b>Σt<sub>z1</sub></b>                 | 32,00              | 32,00 | 32,00                               | 32,00 | 32              | 32   | 32   | 32   | [s] |
| <b>Σt<sub>z2</sub>/t<sub>pa2</sub></b> | 36,00              | 36,00 | 36,00                               | 36,00 | 36              | 36   | 36   | 36   | [s] |
| <b>Σt<sub>z1</sub>/t<sub>pa1</sub></b> | 0,82               | 0,82  | 0,82                                | 0,82  | 0,80            | 0,80 | 0,80 | 0,80 |     |
| <b>Σt<sub>z2</sub>/t<sub>pa2</sub></b> | 0,82               | 0,82  | 0,83                                | 0,82  | 0,80            | 0,80 | 0,80 | 0,80 |     |

**XI. A JK40 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)**

| <b>JK60</b>           | <b>Turbina-elv</b> |       |       |       |                 |    |    |    |     |
|-----------------------|--------------------|-------|-------|-------|-----------------|----|----|----|-----|
| <b>Magyar</b>         | <b>v [km/h]</b>    |       |       |       | <b>v [km/h]</b> |    |    |    |     |
| <b>VISSIM</b>         | 40                 | 50    | 60    | 70    | 40              | 50 | 60 | 70 |     |
| <b>t<sub>be</sub></b> | 12,33              | 12,33 | 12,31 | 12,27 | 12              | 12 | 12 | 12 | [s] |
| <b>t<sub>ki</sub></b> | 15,88              | 15,59 | 15,34 | 15,23 | 16              | 16 | 16 | 16 | [s] |

|                       |        |        |                                     |        |      |      |      |      |     |
|-----------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|------|------|------|------|-----|
| $t_{k\ddot{o}12}$     | 7,98   | 7,63   | 8,47                                | 8,41   | 8    | 8    | 9    | 9    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$     | 3,02   | 3,09   | 4,15                                | 4,20   | 4    | 4    | 5    | 5    | [s] |
| $t_{pa}$              | 92,98  | 93,48  | 93,33                               | 93,15  | 96   | 96   | 96   | 96   | [s] |
| $\sum t_z$            | 110,40 | 112,25 | 108,71                              | 108,60 | 112  | 112  | 108  | 108  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 1,19   | 1,20   | 1,16                                | 1,17   | 1,17 | 1,17 | 1,13 | 1,13 |     |
| $l$                   | 98,22  | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 21,00  | 21,00  | 21,00                               | 21,00  | 21   | 21   | 21   | 21   | [s] |
| $t_e$                 | 14,94  | 14,94  | 14,94                               | 14,98  | 15   | 15   | 15   | 15   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$     | 6,23   | 5,85   | 6,63                                | 6,58   | 7    | 6    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{ki'}$             | 11,57  | 11,22  | 11,05                               | 11,05  | 12   | 12   | 12   | 12   | [s] |
| $t_{pa}$              | 84,34  | 83,57  | 85,15                               | 85,13  | 86   | 84   | 86   | 86   | [s] |
| $\sum t_z$            | 84,00  | 84,00  | 84,00                               | 84,00  | 84   | 84   | 84   | 84   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 1,00   | 1,01   | 0,99                                | 0,99   | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,98 |     |
| $l$                   | 71,80  | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b>           |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 14,00  | 14,00  | 14,00                               | 14,00  | 14   | 14   | 14   | 14   | [s] |
| $\sum t_{re}$         | 8,64   | 8,64   | 8,64                                | 8,64   | 9    | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$     | 6,71   | 6,71   | 7,71                                | 7,71   | 7    | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$     | 2,24   | 2,48   | 3,54                                | 3,60   | 3    | 3    | 4    | 4    | [s] |
| $t_{ék}$              | 6,49   | 6,42   | 6,35                                | 6,31   | 7    | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{pa1}$             | 52,07  | 52,24  | 54,24                               | 54,25  | 54   | 54   | 56   | 56   | [s] |
| $t_{pa2}$             | 60,71  | 60,88  | 62,88                               | 62,89  | 63   | 63   | 65   | 65   | [s] |
| $\sum t_{z1}$         | 52,00  | 52,00  | 52,00                               | 52,00  | 52   | 52   | 52   | 52   | [s] |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 56,00  | 56,00  | 56,00                               | 56,00  | 56   | 56   | 56   | 56   | [s] |
| $\sum t_{z1}/t_{pa1}$ | 1,00   | 1,00   | 0,96                                | 0,96   | 0,96 | 0,96 | 0,93 | 0,93 |     |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 0,92   | 0,92   | 0,89                                | 0,89   | 0,89 | 0,89 | 0,86 | 0,86 |     |

**XII. A JK60 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)**

| <b>JK60</b>       | <b>Turbina-elv</b> |        |        |        |                 |     |    |    |     |
|-------------------|--------------------|--------|--------|--------|-----------------|-----|----|----|-----|
| <b>Holland</b>    | <b>v [km/h]</b>    |        |        |        | <b>v [km/h]</b> |     |    |    |     |
| <b>VISSIM</b>     | 40                 | 50     | 60     | 70     | 40              | 50  | 60 | 70 |     |
| $t_{be}$          | 11,94              | 11,91  | 11,92  | 11,88  | 11              | 11  | 11 | 11 | [s] |
| $t_{ki}$          | 14,89              | 14,50  | 14,05  | 13,99  | 15              | 15  | 15 | 14 | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 7,85               | 7,37   | 8,11   | 8,05   | 8               | 8   | 9  | 9  | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 2,85               | 3,07   | 4,17   | 4,21   | 3               | 4   | 5  | 5  | [s] |
| $t_{pa}$          | 87,32              | 88,43  | 88,09  | 88,12  | 84              | 88  | 88 | 84 | [s] |
| $\sum t_z$        | 103,67             | 106,59 | 103,33 | 103,44 | 96              | 100 | 96 | 92 | [s] |

|                       |       |       |                                     |       |      |      |      |      |     |
|-----------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|------|------|------|------|-----|
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 1,19  | 1,21  | 1,17                                | 1,17  | 1,14 | 1,14 | 1,09 | 1,10 |     |
| <b>l</b>              | 98,22 | [m]   | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |       |      |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 21,00 | 21,00 | 21,00                               | 21,00 | 21   | 21   | 21   | 21   | [s] |
| $t_e$                 | 15,04 | 15,03 | 15,01                               | 15,04 | 16   | 16   | 16   | 16   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$     | 6,23  | 5,85  | 6,63                                | 6,58  | 7    | 6    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{ki'}$             | 11,27 | 10,83 | 10,58                               | 10,55 | 12   | 11   | 11   | 11   | [s] |
| $t_{pa}$              | 84,53 | 83,76 | 85,29                               | 85,24 | 88   | 86   | 88   | 88   | [s] |
| $\sum t_z$            | 84,00 | 84,00 | 84,00                               | 84,00 | 84   | 84   | 84   | 84   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$     | 0,99  | 1,00  | 0,98                                | 0,99  | 0,95 | 0,98 | 0,95 | 0,95 |     |
| <b>l</b>              | 71,80 | [m]   | <b>Teljes turbina-elv</b>           |       |      |      |      |      |     |
| $t_z$                 | 14,00 | 14,00 | 14,00                               | 14,00 | 14   | 14   | 14   | 14   | [s] |
| $\sum t_{re}$         | 8,64  | 8,64  | 8,64                                | 8,64  | 9    | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$     | 6,71  | 6,71  | 7,71                                | 7,71  | 7    | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$     | 2,12  | 2,44  | 3,59                                | 3,63  | 3    | 3    | 4    | 4    | [s] |
| $t_{ék}$              | 6,02  | 5,90  | 5,83                                | 5,74  | 7    | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa1}$             | 51,48 | 51,69 | 53,76                               | 53,71 | 54   | 53   | 55   | 55   | [s] |
| $t_{pa2}$             | 60,12 | 60,33 | 62,40                               | 62,35 | 63   | 62   | 64   | 64   | [s] |
| $\sum t_{z1}$         | 52,00 | 52,00 | 52,00                               | 52,00 | 52   | 52   | 52   | 52   | [s] |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 56,00 | 56,00 | 56,00                               | 56,00 | 56   | 56   | 56   | 56   | [s] |
| $\sum t_{z1}/t_{pa1}$ | 1,01  | 1,01  | 0,97                                | 0,97  | 0,96 | 0,98 | 0,95 | 0,95 |     |
| $\sum t_{z2}/t_{pa2}$ | 0,93  | 0,93  | 0,90                                | 0,90  | 0,89 | 0,90 | 0,88 | 0,88 |     |

**XIII. A JK60 mintacsomóponthoz tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)**

| <b>JK_5_20</b>    | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|-------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Magyar</b>     | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>VISSIM</b>     | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$          | 7,27               | 6,83   | 6,69                                | 6,67   | 7               | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{ki}$          | 18,97              | 18,64  | 18,58                               | 18,43  | 19              | 19   | 19   | 19   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 6,09               | 6,53   | 7,87                                | 9,05   | 7               | 7    | 8    | 10   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 4,51               | 4,19   | 5,01                                | 5,88   | 5               | 5    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 123,31             | 115,65 | 112,02                              | 109,61 | 120             | 115  | 115  | 105  | [s] |
| $\sum t_z$        | 129,21             | 117,14 | 106,07                              | 97,66  | 120             | 110  | 105  | 85   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,05               | 1,01   | 0,95                                | 0,89   | 1,00            | 0,96 | 0,91 | 0,81 |     |
| <b>l</b>          | 47,96              | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| $t_z$             | 9,00               | 9,00   | 9,00                                | 9,00   | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $t_e$             | 8,34               | 8,68   | 8,79                                | 8,80   | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |

|                   |        |        |                           |        |      |      |      |      |     |
|-------------------|--------|--------|---------------------------|--------|------|------|------|------|-----|
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 3,83   | 3,46   | 4,33                      | 5,29   | 4    | 4    | 5    | 6    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 6,44   | 6,07   | 5,94                      | 5,93   | 7    | 7    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 105,87 | 105,69 | 110,60                    | 115,49 | 110  | 110  | 115  | 120  | [s] |
| $(t_{pa})$        | 52,93  | 52,85  | 55,30                     | 57,74  | 55   | 55   | 58   | 60   | [s] |
| $\sum t_z$        | 90,00  | 90,00  | 90,00                     | 90,00  | 90   | 90   | 90   | 90   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 0,85   | 0,85   | 0,81                      | 0,78   | 0,82 | 0,82 | 0,78 | 0,75 |     |
| $l$               | 32,00  | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b> |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$             | 6,00   | 6,00   | 6,00                      | 6,00   | 6    | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $\sum t_{re}$     | 2,88   | 2,88   | 2,88                      | 2,88   | 3    | 3    | 3    | 3    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 5,19   | 5,19   | 6,19                      | 7,19   | 6    | 6    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 4,45   | 4,27   | 5,32                      | 6,43   | 5    | 5    | 6    | 7    | [s] |
| $t_{\acute{e}k}$  | 6,25   | 6,20   | 6,19                      | 6,10   | 7    | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{pa}$          | 37,01  | 36,73  | 38,77                     | 40,70  | 40   | 40   | 42   | 44   | [s] |
| $\sum t_z$        | 30,00  | 30,00  | 30,00                     | 30,00  | 30   | 30   | 30   | 30   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 0,81   | 0,82   | 0,77                      | 0,74   | 0,75 | 0,75 | 0,71 | 0,68 |     |

XIV. A JK\_5\_20 mintacsomóponthoz tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)

| <b>JK_5_20</b>    | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|-------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Holland</b>    | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>VISSIM</b>     | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$          | 7,27               | 6,83   | 6,69                                | 6,67   | 7               | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{ki}$          | 15,24              | 14,63  | 14,50                               | 14,45  | 16              | 15   | 15   | 15   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 5,18               | 5,17   | 6,46                                | 7,70   | 6               | 6    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 4,99               | 4,22   | 5,01                                | 5,88   | 5               | 5    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 111,58             | 102,57 | 98,68                               | 96,43  | 110             | 100  | 100  | 95   | [s] |
| $\sum t_z$        | 122,02             | 110,86 | 99,82                               | 91,25  | 115             | 100  | 95   | 85   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,09               | 1,08   | 1,01                                | 0,95   | 1,05            | 1,00 | 0,95 | 0,89 |     |
| $l$               | 47,96              | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| $t_z$             | 9,00               | 9,00   | 9,00                                | 9,00   | 9               | 9    | 9    | 9    | [s] |
| $t_e$             | 7,22               | 7,49   | 7,61                                | 7,62   | 8               | 8    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 3,83               | 3,46   | 4,33                                | 5,29   | 4               | 4    | 5    | 6    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 6,38               | 5,97   | 5,85                                | 5,82   | 7               | 6    | 6    | 6    | [s] |
| $t_{pa}$          | 101,88             | 99,78  | 104,67                              | 109,57 | 105             | 105  | 110  | 115  | [s] |
| $(t_{pa})$        | 50,94              | 49,89  | 52,34                               | 54,78  | 53              | 53   | 55   | 58   | [s] |
| $\sum t_z$        | 90,00              | 90,00  | 90,00                               | 90,00  | 90              | 90   | 90   | 90   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 0,88               | 0,90   | 0,86                                | 0,82   | 0,86            | 0,86 | 0,82 | 0,78 |     |

|                                      |       |       |                           |       |      |      |      |      |     |
|--------------------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|------|------|------|------|-----|
| <b>l</b>                             | 32,00 | [m]   | <b>Teljes turbina-elv</b> |       |      |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 6,00  | 6,00  | 6,00                      | 6,00  | 6    | 6    | 6    | 6    | [s] |
| <b>Σt<sub>re</sub></b>               | 2,88  | 2,88  | 2,88                      | 2,88  | 3    | 3    | 3    | 3    | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 5,19  | 5,19  | 6,19                      | 7,19  | 6    | 6    | 7    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 4,43  | 4,20  | 5,19                      | 6,28  | 5    | 5    | 6    | 7    | [s] |
| <b>t<sub>ék</sub></b>                | 4,90  | 4,68  | 4,67                      | 4,66  | 5    | 5    | 5    | 5    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 34,29 | 33,63 | 35,59                     | 37,67 | 36   | 36   | 38   | 40   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 30,00 | 30,00 | 30,00                     | 30,00 | 30   | 30   | 30   | 30   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 0,87  | 0,89  | 0,84                      | 0,80  | 0,83 | 0,83 | 0,79 | 0,75 |     |

**XV. A JK\_5\_20 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)**

|                                      |                    |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|--------------------------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>JK_5_40</b>                       | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
| <b>Magyar</b>                        | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>VISSIM</b>                        | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| <b>t<sub>be</sub></b>                | 10,06              | 9,12   | 8,70                                | 8,58   | 10              | 9    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>ki</sub></b>                | 24,89              | 23,12  | 22,33                               | 22,03  | 25              | 24   | 23   | 23   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 5,08               | 5,64   | 7,00                                | 8,29   | 6               | 6    | 7    | 9    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 5,89               | 5,34   | 5,97                                | 6,68   | 6               | 6    | 6    | 7    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 178,85             | 159,71 | 150,01                              | 144,97 | 175             | 165  | 150  | 145  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 203,77             | 177,09 | 158,51                              | 146,39 | 195             | 180  | 155  | 140  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 1,14               | 1,11   | 1,06                                | 1,01   | 1,11            | 1,09 | 1,03 | 0,97 |     |
| <b>l</b>                             | 92,18              | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 20,00              | 20,00  | 20,00                               | 20,00  | 20              | 20   | 20   | 20   | [s] |
| <b>t<sub>e</sub></b>                 | 17,12              | 17,35  | 17,54                               | 17,63  | 18              | 18   | 18   | 18   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 2,62               | 2,14   | 2,81                                | 3,61   | 3               | 3    | 3    | 4    | [s] |
| <b>t<sub>ki'</sub></b>               | 8,94               | 7,82   | 7,33                                | 7,16   | 9               | 8    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 198,69             | 197,46 | 201,76                              | 206,21 | 205             | 205  | 205  | 210  | [s] |
| <b>(t<sub>pa</sub>)</b>              | 99,34              | 98,73  | 100,88                              | 103,10 | 103             | 103  | 103  | 105  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 200,00             | 200,00 | 200,00                              | 200,00 | 200             | 200  | 200  | 200  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 1,01               | 1,01   | 0,99                                | 0,97   | 0,98            | 0,98 | 0,98 | 0,95 |     |
| <b>l</b>                             | 54,00              | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b>           |        |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 11,00              | 11,00  | 11,00                               | 11,00  | 11              | 11   | 11   | 11   | [s] |
| <b>Σt<sub>re</sub></b>               | 6,72               | 6,72   | 6,72                                | 6,72   | 7               | 7    | 7    | 7    | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 3,26               | 3,26   | 4,26                                | 5,26   | 4               | 4    | 5    | 6    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 5,73               | 5,28   | 5,98                                | 6,90   | 6               | 6    | 6    | 7    | [s] |
| <b>t<sub>ék</sub></b>                | 8,55               | 7,97   | 7,78                                | 7,73   | 9               | 8    | 8    | 8    | [s] |

|                   |       |       |       |       |      |      |      |      |     |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|
| $t_{pa}$          | 54,80 | 53,19 | 54,51 | 56,33 | 57   | 55   | 56   | 58   | [s] |
| $\sum t_z$        | 55,00 | 55,00 | 55,00 | 55,00 | 55   | 55   | 55   | 55   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,00  | 1,03  | 1,01  | 0,98  | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 0,95 |     |

XVI. A JK\_5\_40 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)

| JK_5_40           | Turbina-elv |        |                              |        |          |      |      |      |     |
|-------------------|-------------|--------|------------------------------|--------|----------|------|------|------|-----|
| Holland           | v [km/h]    |        |                              |        | v [km/h] |      |      |      |     |
| VISSIM            | 40          | 50     | 60                           | 70     | 40       | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$          | 10,06       | 9,12   | 8,70                         | 8,58   | 10       | 9    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{ki}$          | 22,72       | 20,54  | 19,40                        | 18,97  | 23       | 21   | 20   | 19   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 5,12        | 4,43   | 5,72                         | 6,97   | 6        | 5    | 6    | 7    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 6,36        | 5,39   | 5,97                         | 6,70   | 7        | 6    | 6    | 7    | [s] |
| $t_{pa}$          | 170,14      | 153,02 | 141,75                       | 136,34 | 170      | 155  | 140  | 135  | [s] |
| $\sum t_z$        | 194,86      | 176,42 | 156,63                       | 144,36 | 190      | 175  | 150  | 140  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,15        | 1,15   | 1,10                         | 1,06   | 1,12     | 1,13 | 1,07 | 1,04 |     |
| l                 | 92,18       | [m]    | Torkolatpáronkénti irányítás |        |          |      |      |      |     |
| $t_z$             | 20,00       | 20,00  | 20,00                        | 20,00  | 20       | 20   | 20   | 20   | [s] |
| $t_e$             | 16,22       | 16,66  | 16,73                        | 16,80  | 17       | 17   | 17   | 17   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 2,62        | 2,14   | 2,81                         | 3,61   | 3        | 3    | 3    | 4    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 8,92        | 7,79   | 7,31                         | 7,13   | 9        | 8    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{pa}$          | 194,18      | 194,00 | 197,74                       | 202,08 | 200      | 200  | 200  | 205  | [s] |
| ( $t_{pa}$ )      | 97,09       | 97,00  | 98,87                        | 101,04 | 100      | 100  | 100  | 103  | [s] |
| $\sum t_z$        | 200,00      | 200,00 | 200,00                       | 200,00 | 200      | 200  | 200  | 200  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,03        | 1,03   | 1,01                         | 0,99   | 1,00     | 1,00 | 1,00 | 0,98 |     |
| l                 | 54,00       | [m]    | Teljes turbina-elv           |        |          |      |      |      |     |
| $t_z$             | 11,00       | 11,00  | 11,00                        | 11,00  | 11       | 11   | 11   | 11   | [s] |
| $\sum t_{re}$     | 6,72        | 6,72   | 6,72                         | 6,72   | 7        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 3,26        | 3,26   | 4,26                         | 5,26   | 4        | 4    | 5    | 6    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 5,61        | 5,26   | 5,95                         | 6,79   | 6        | 6    | 6    | 7    | [s] |
| $t_{ék}$          | 7,50        | 6,98   | 6,61                         | 6,55   | 8        | 7    | 7    | 7    | [s] |
| $t_{pa}$          | 52,58       | 51,20  | 52,14                        | 53,87  | 55       | 53   | 54   | 56   | [s] |
| $\sum t_z$        | 55,00       | 55,00  | 55,00                        | 55,00  | 55       | 55   | 55   | 55   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,05        | 1,07   | 1,05                         | 1,02   | 1,00     | 1,04 | 1,02 | 0,98 |     |

XVII. A JK\_5\_40 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)

| JK_5_60                          | Turbina-elv |        |                              |        |          |      |      |      |     |
|----------------------------------|-------------|--------|------------------------------|--------|----------|------|------|------|-----|
| Magyar                           | v [km/h]    |        |                              |        | v [km/h] |      |      |      |     |
| VISSIM                           | 40          | 50     | 60                           | 70     | 40       | 50   | 60   | 70   |     |
| t <sub>be</sub>                  | 12,97       | 11,50  | 10,72                        | 10,35  | 12       | 11   | 10   | 10   | [s] |
| t <sub>ki</sub>                  | 31,65       | 28,16  | 26,38                        | 25,45  | 32       | 29   | 27   | 26   | [s] |
| t <sub>kö12</sub>                | 5,03        | 4,91   | 6,44                         | 7,81   | 6        | 5    | 7    | 8    | [s] |
| t <sub>kö21</sub>                | 7,42        | 6,54   | 6,98                         | 7,56   | 8        | 7    | 7    | 8    | [s] |
| t <sub>pa</sub>                  | 235,00      | 206,47 | 188,21                       | 177,74 | 230      | 210  | 185  | 180  | [s] |
| Σt <sub>z</sub>                  | 274,68      | 239,41 | 209,62                       | 190,41 | 260      | 240  | 200  | 190  | [s] |
| Σt <sub>z</sub> /t <sub>pa</sub> | 1,17        | 1,16   | 1,11                         | 1,07   | 1,13     | 1,14 | 1,08 | 1,06 |     |
| l                                | 137,78      | [m]    | Torkolatpáronkénti irányítás |        |          |      |      |      |     |
| t <sub>z</sub>                   | 27,00       | 27,00  | 27,00                        | 27,00  | 27       | 27   | 27   | 27   | [s] |
| t <sub>e</sub>                   | 24,35       | 24,94  | 25,10                        | 25,19  | 25       | 25   | 26   | 26   | [s] |
| t <sub>kö12</sub>                | 1,54        | 1,18   | 1,87                         | 2,63   | 2        | 2    | 2    | 3    | [s] |
| t <sub>ki'</sub>                 | 12,06       | 10,37  | 9,40                         | 8,86   | 13       | 11   | 10   | 9    | [s] |
| t <sub>pa</sub>                  | 264,43      | 265,60 | 269,85                       | 274,08 | 270      | 270  | 275  | 280  | [s] |
| (t <sub>pa</sub> )               | 132,21      | 132,80 | 134,92                       | 137,04 | 135      | 135  | 138  | 140  | [s] |
| Σt <sub>z</sub>                  | 270,00      | 270,00 | 270,00                       | 270,00 | 270      | 270  | 270  | 270  | [s] |
| Σt <sub>z</sub> /t <sub>pa</sub> | 1,02        | 1,02   | 1,00                         | 0,99   | 1,00     | 1,00 | 0,98 | 0,96 |     |
| l                                | 77,00       | [m]    | Teljes turbina-elv           |        |          |      |      |      |     |
| t <sub>z</sub>                   | 16,00       | 16,00  | 16,00                        | 16,00  | 16       | 16   | 16   | 16   | [s] |
| Σt <sub>re</sub>                 | 9,60        | 9,60   | 9,60                         | 9,60   | 10       | 10   | 10   | 10   | [s] |
| t <sub>kö12</sub>                | 1,65        | 1,65   | 2,65                         | 3,65   | 2        | 2    | 3    | 4    | [s] |
| t <sub>kö21</sub>                | 7,08        | 6,48   | 6,93                         | 7,59   | 8        | 7    | 7    | 8    | [s] |
| t <sub>ék</sub>                  | 10,71       | 9,85   | 9,27                         | 9,05   | 11       | 10   | 10   | 10   | [s] |
| t <sub>pa</sub>                  | 71,76       | 69,44  | 69,73                        | 70,93  | 74       | 71   | 72   | 74   | [s] |
| Σt <sub>z</sub>                  | 80,00       | 80,00  | 80,00                        | 80,00  | 80       | 80   | 80   | 80   | [s] |
| Σt <sub>z</sub> /t <sub>pa</sub> | 1,11        | 1,15   | 1,15                         | 1,13   | 1,08     | 1,13 | 1,11 | 1,08 |     |

XVIII. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (magyar)

| JK_5_60           | Turbina-elv |       |       |       |          |    |    |    |     |
|-------------------|-------------|-------|-------|-------|----------|----|----|----|-----|
| Holland           | v [km/h]    |       |       |       | v [km/h] |    |    |    |     |
| VISSIM            | 40          | 50    | 60    | 70    | 40       | 50 | 60 | 70 |     |
| t <sub>be</sub>   | 12,97       | 11,50 | 10,72 | 10,35 | 12       | 11 | 10 | 10 | [s] |
| t <sub>ki</sub>   | 30,03       | 26,56 | 24,33 | 23,11 | 31       | 27 | 25 | 24 | [s] |
| t <sub>kö12</sub> | 5,20        | 4,50  | 5,09  | 6,47  | 6        | 5  | 6  | 7  | [s] |
| t <sub>kö21</sub> | 7,83        | 6,54  | 6,98  | 7,56  | 8        | 7  | 7  | 8  | [s] |

|                   |        |        |                                     |        |      |      |      |      |     |
|-------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|------|------|------|------|-----|
| $t_{pa}$          | 228,17 | 200,54 | 184,69                              | 172,72 | 225  | 200  | 180  | 175  | [s] |
| $\sum t_z$        | 267,03 | 235,56 | 212,85                              | 192,10 | 255  | 230  | 200  | 190  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,17   | 1,17   | 1,15                                | 1,11   | 1,13 | 1,15 | 1,11 | 1,09 |     |
| $l$               | 137,78 | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$             | 27,00  | 27,00  | 27,00                               | 27,00  | 27   | 27   | 27   | 27   | [s] |
| $t_e$             | 23,65  | 24,37  | 24,68                               | 24,65  | 24   | 25   | 25   | 25   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 1,54   | 1,18   | 1,87                                | 2,63   | 2    | 2    | 2    | 3    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 12,06  | 10,37  | 9,39                                | 8,86   | 13   | 11   | 10   | 9    | [s] |
| $t_{pa}$          | 260,94 | 262,78 | 267,72                              | 271,39 | 265  | 270  | 270  | 275  | [s] |
| $(t_{pa})$        | 130,47 | 131,39 | 133,86                              | 135,70 | 133  | 135  | 135  | 138  | [s] |
| $\sum t_z$        | 270,00 | 270,00 | 270,00                              | 270,00 | 270  | 270  | 270  | 270  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,03   | 1,03   | 1,01                                | 0,99   | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 0,98 |     |
| $l$               | 77,00  | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b>           |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$             | 16,00  | 16,00  | 16,00                               | 16,00  | 16   | 16   | 16   | 16   | [s] |
| $\sum t_{re}$     | 9,60   | 9,60   | 9,60                                | 9,60   | 10   | 10   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | 1,65   | 1,65   | 2,65                                | 3,65   | 2    | 2    | 3    | 4    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 6,84   | 6,36   | 6,91                                | 7,57   | 7    | 7    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{ék}$          | 10,25  | 9,11   | 8,49                                | 8,14   | 11   | 10   | 9    | 9    | [s] |
| $t_{pa}$          | 70,58  | 67,84  | 68,14                               | 69,10  | 73   | 71   | 70   | 72   | [s] |
| $\sum t_z$        | 80,00  | 80,00  | 80,00                               | 80,00  | 80   | 80   | 80   | 80   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,13   | 1,18   | 1,17                                | 1,16   | 1,10 | 1,13 | 1,14 | 1,11 |     |

**XIX. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó VISSIM alapbeállítások melletti programparaméterek (holland)**

| <b>JK_5_60</b>           | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|--------------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Magyar</b>            | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>1 m/s<sup>2</sup></b> | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$                 | 16,69              | 15,77  | 15,51                               | 15,51  | 16              | 15   | 15   | 15   | [s] |
| $t_{ki}$                 | 32,92              | 28,56  | 26,51                               | 25,49  | 33              | 29   | 27   | 26   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$        | 5,16               | 4,90   | 6,35                                | 7,72   | 6               | 5    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$        | 7,67               | 6,74   | 7,12                                | 7,66   | 8               | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{pa}$                 | 260,59             | 230,87 | 213,89                              | 204,66 | 255             | 230  | 215  | 205  | [s] |
| $\sum t_z$               | 318,22             | 285,21 | 259,65                              | 243,58 | 305             | 280  | 255  | 240  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$        | 1,22               | 1,24   | 1,21                                | 1,19   | 1,20            | 1,22 | 1,19 | 1,17 |     |
| $l$                      | 137,78             | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| $t_z$                    | 40,00              | 40,00  | 40,00                               | 40,00  | 40              | 40   | 40   | 40   | [s] |
| $t_e$                    | 31,00              | 31,17  | 30,96                               | 30,94  | 31              | 32   | 31   | 31   | [s] |

|                   |        |        |                           |        |      |      |      |      |     |
|-------------------|--------|--------|---------------------------|--------|------|------|------|------|-----|
| $t_{k\ddot{o}12}$ | -0,56  | -1,09  | -0,43                     | 0,32   | 0    | -1   | 0    | 1    | [s] |
| $t_{ki'}$         | 12,73  | 10,81  | 9,89                      | 9,57   | 13   | 11   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{pa}$          | 352,17 | 350,42 | 352,62                    | 356,28 | 355  | 355  | 355  | 360  | [s] |
| $(t_{pa})$        | 176,09 | 175,21 | 176,31                    | 178,14 | 178  | 178  | 178  | 180  | [s] |
| $\sum t_z$        | 400,00 | 400,00 | 400,00                    | 400,00 | 400  | 400  | 400  | 400  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,14   | 1,14   | 1,13                      | 1,12   | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,11 |     |
| $l$               | 77,00  | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b> |        |      |      |      |      |     |
| $t_z$             | 25,00  | 25,00  | 25,00                     | 25,00  | 25   | 25   | 25   | 25   | [s] |
| $\sum t_{re}$     | 11,80  | 11,80  | 11,80                     | 11,80  | 12   | 12   | 12   | 12   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$ | -0,46  | -0,46  | 0,54                      | 1,54   | 0    | 0    | 1    | 2    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$ | 7,25   | 6,62   | 7,03                      | 7,72   | 8    | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{\acute{e}k}$  | 11,74  | 10,05  | 9,28                      | 9,22   | 12   | 11   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{pa}$          | 92,07  | 88,05  | 87,94                     | 89,50  | 94   | 91   | 91   | 92   | [s] |
| $\sum t_z$        | 125,00 | 125,00 | 125,00                    | 125,00 | 125  | 125  | 125  | 125  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,36   | 1,42   | 1,42                      | 1,40   | 1,33 | 1,37 | 1,37 | 1,36 |     |

XXX. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó 1 m/s<sup>2</sup> gyorsulásérték melletti programparaméterek (magyar)

| <b>JK_5_60</b>             | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|----------------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Magyar</b>              | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>1,5 m/s<sup>2</sup></b> | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$                   | 14,95              | 13,63  | 13,00                               | 12,77  | 14              | 13   | 12   | 12   | [s] |
| $t_{ki}$                   | 32,66              | 28,56  | 26,49                               | 25,39  | 33              | 29   | 27   | 26   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$          | 5,25               | 4,88   | 6,45                                | 7,80   | 6               | 5    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$          | 7,67               | 6,74   | 7,12                                | 7,66   | 8               | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{pa}$                   | 250,15             | 220,25 | 200,78                              | 190,03 | 245             | 220  | 200  | 190  | [s] |
| $\sum t_z$                 | 298,64             | 264,01 | 233,50                              | 214,84 | 285             | 260  | 225  | 210  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$          | 1,19               | 1,20   | 1,16                                | 1,13   | 1,16            | 1,18 | 1,13 | 1,11 |     |
| $l$                        | 137,78             | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| $t_z$                      | 33,00              | 33,00  | 33,00                               | 33,00  | 33              | 33   | 33   | 33   | [s] |
| $t_e$                      | 29,10              | 29,55  | 29,59                               | 29,53  | 30              | 30   | 30   | 30   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$          | 0,54               | 0,03   | 0,68                                | 1,43   | 1               | 1    | 1    | 2    | [s] |
| $t_{ki'}$                  | 12,62              | 10,78  | 9,67                                | 9,06   | 13              | 11   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{pa}$                   | 313,23             | 312,91 | 316,35                              | 319,80 | 320             | 320  | 320  | 325  | [s] |
| $(t_{pa})$                 | 156,61             | 156,45 | 158,18                              | 159,90 | 160             | 160  | 160  | 163  | [s] |
| $\sum t_z$                 | 330,00             | 330,00 | 330,00                              | 330,00 | 330             | 330  | 330  | 330  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$          | 1,05               | 1,05   | 1,04                                | 1,03   | 1,03            | 1,03 | 1,03 | 1,02 |     |

|                                      |        |        |                           |        |      |      |      |      |     |
|--------------------------------------|--------|--------|---------------------------|--------|------|------|------|------|-----|
| <b>l</b>                             | 77,00  | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b> |        |      |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 21,00  | 21,00  | 21,00                     | 21,00  | 21   | 21   | 21   | 21   | [s] |
| <b>Σt<sub>re</sub></b>               | 11,50  | 11,50  | 11,50                     | 11,50  | 12   | 12   | 12   | 12   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 0,65   | 0,65   | 1,65                      | 2,65   | 1    | 1    | 2    | 3    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 7,23   | 6,62   | 7,01                      | 7,66   | 8    | 7    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>ék</sub></b>                | 11,19  | 9,97   | 9,25                      | 9,07   | 12   | 10   | 10   | 10   | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 83,75  | 80,71  | 80,65                     | 81,94  | 87   | 82   | 84   | 85   | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 105,00 | 105,00 | 105,00                    | 105,00 | 105  | 105  | 105  | 105  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 1,25   | 1,30   | 1,30                      | 1,28   | 1,21 | 1,28 | 1,25 | 1,24 |     |

XLII. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó 1,5 m/s<sup>2</sup> gyorsulásérték melletti programparméterek (magyar)

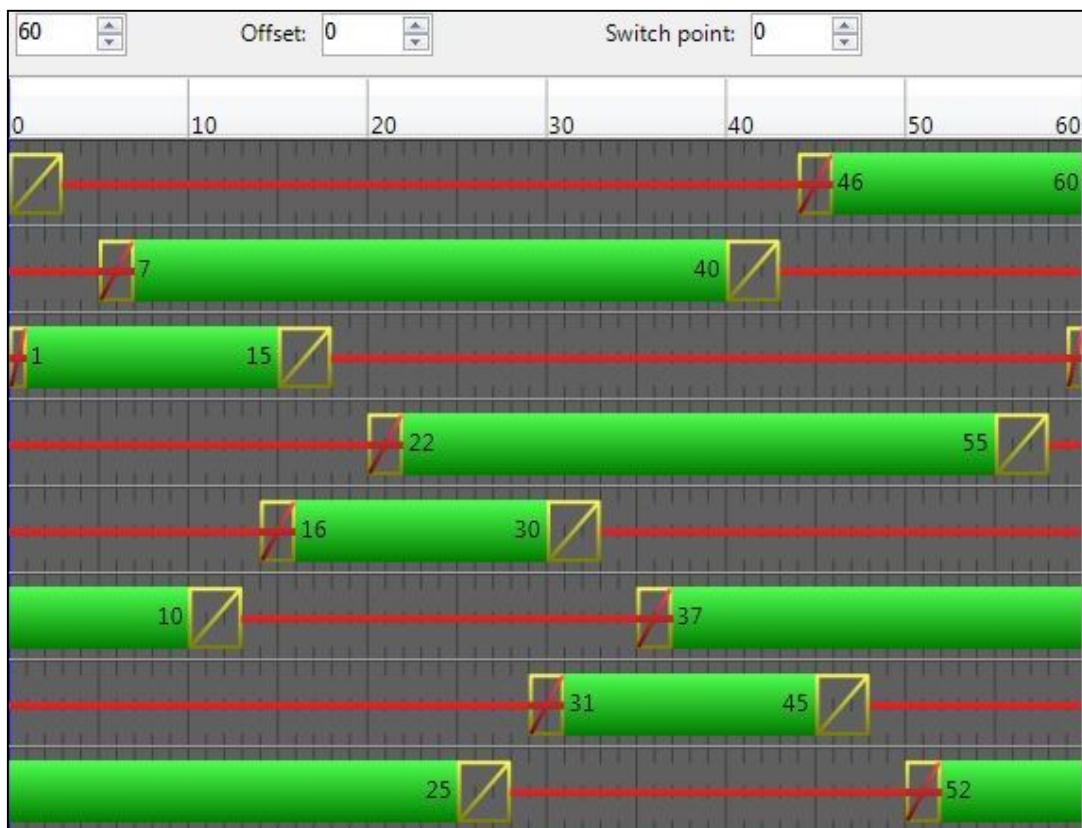
| <b>JK_5_60</b>                       | <b>Turbina-elv</b> |        |                                     |        |                 |      |      |      |     |
|--------------------------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|--------|-----------------|------|------|------|-----|
| <b>Magyar</b>                        | <b>v [km/h]</b>    |        |                                     |        | <b>v [km/h]</b> |      |      |      |     |
| <b>2 m/s<sup>2</sup></b>             | 40                 | 50     | 60                                  | 70     | 40              | 50   | 60   | 70   |     |
| <b>t<sub>be</sub></b>                | 14,12              | 12,58  | 11,73                               | 11,30  | 14              | 12   | 11   | 11   | [s] |
| <b>t<sub>ki</sub></b>                | 32,58              | 28,56  | 26,53                               | 25,37  | 33              | 29   | 27   | 26   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 5,30               | 4,84   | 6,43                                | 7,77   | 6               | 5    | 7    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 7,67               | 6,74   | 7,12                                | 7,66   | 8               | 7    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 245,34             | 215,18 | 194,71                              | 182,75 | 245             | 215  | 195  | 185  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 289,46             | 253,86 | 221,20                              | 200,37 | 285             | 250  | 215  | 200  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 1,18               | 1,18   | 1,14                                | 1,10   | 1,16            | 1,16 | 1,10 | 1,08 |     |
| <b>l</b>                             | 137,78             | [m]    | <b>Torkolatpáronkénti irányítás</b> |        |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 29,00              | 29,00  | 29,00                               | 29,00  | 29              | 29   | 29   | 29   | [s] |
| <b>t<sub>e</sub></b>                 | 27,01              | 27,66  | 27,86                               | 27,87  | 28              | 28   | 28   | 28   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 1,12               | 0,69   | 1,34                                | 2,09   | 2               | 1    | 2    | 3    | [s] |
| <b>t<sub>ki'</sub></b>               | 12,57              | 10,73  | 9,62                                | 8,96   | 13              | 11   | 10   | 9    | [s] |
| <b>t<sub>pa</sub></b>                | 285,66             | 286,75 | 291,00                              | 294,82 | 295             | 290  | 295  | 300  | [s] |
| <b>(t<sub>pa</sub>)</b>              | 142,83             | 143,38 | 145,50                              | 147,41 | 148             | 145  | 148  | 150  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub></b>                | 290,00             | 290,00 | 290,00                              | 290,00 | 290             | 290  | 290  | 290  | [s] |
| <b>Σt<sub>z</sub>/t<sub>pa</sub></b> | 1,02               | 1,01   | 1,00                                | 0,98   | 0,98            | 1,00 | 0,98 | 0,97 |     |
| <b>l</b>                             | 77,00              | [m]    | <b>Teljes turbina-elv</b>           |        |                 |      |      |      |     |
| <b>t<sub>z</sub></b>                 | 19,00              | 19,00  | 19,00                               | 19,00  | 19              | 19   | 19   | 19   | [s] |
| <b>Σt<sub>re</sub></b>               | 10,80              | 10,80  | 10,80                               | 10,80  | 11              | 11   | 11   | 11   | [s] |
| <b>t<sub>kő12</sub></b>              | 1,13               | 1,13   | 2,13                                | 3,13   | 2               | 2    | 3    | 4    | [s] |
| <b>t<sub>kő21</sub></b>              | 7,22               | 6,62   | 7,01                                | 7,64   | 8               | 7    | 8    | 8    | [s] |
| <b>t<sub>ék</sub></b>                | 11,00              | 9,95   | 9,24                                | 8,98   | 11              | 10   | 10   | 9    | [s] |

|                   |       |       |       |       |      |      |      |      |     |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|
| $t_{pa}$          | 79,14 | 76,44 | 76,41 | 77,53 | 81   | 78   | 80   | 79   | [s] |
| $\sum t_z$        | 95,00 | 95,00 | 95,00 | 95,00 | 95   | 95   | 95   | 95   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$ | 1,20  | 1,24  | 1,24  | 1,23  | 1,17 | 1,22 | 1,19 | 1,20 |     |

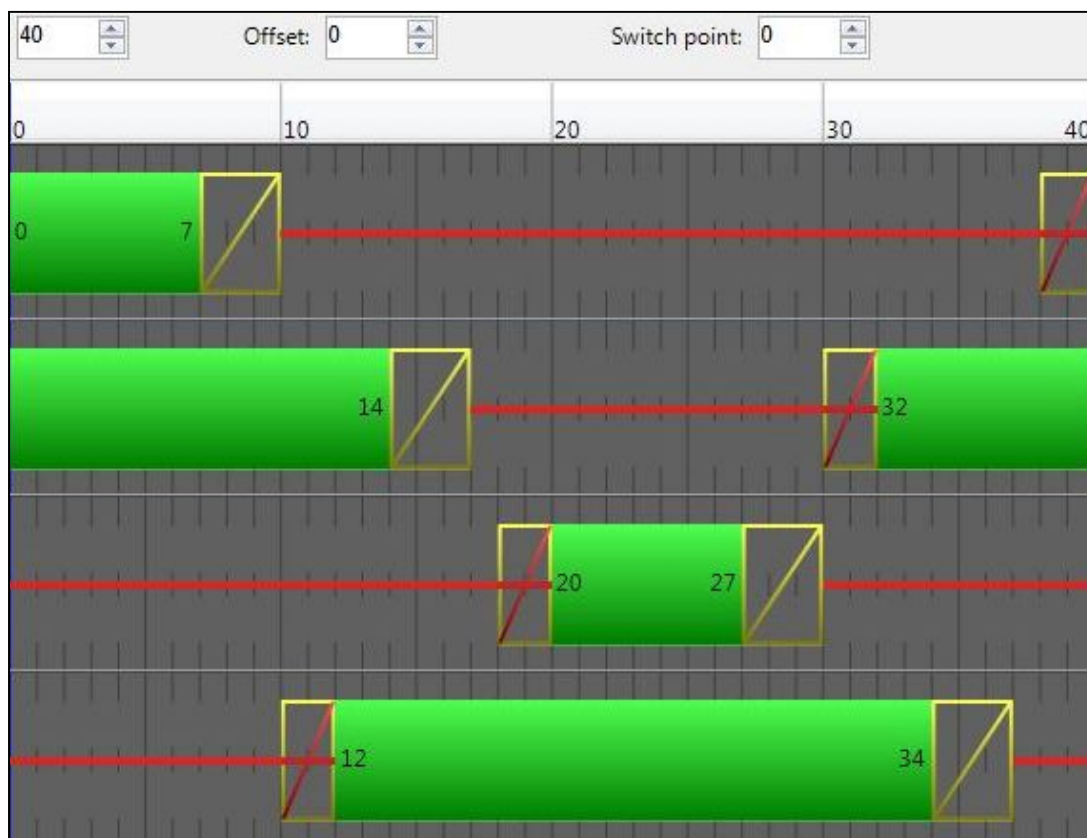
LIV. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó 2 m/s<sup>2</sup> gyorsulásérték melletti programparaméterek (magyar)

| JK_5_60            | Turbina-elv |        |                              |        |          |      |      |      |     |
|--------------------|-------------|--------|------------------------------|--------|----------|------|------|------|-----|
| Magyar             | v [km/h]    |        |                              |        | v [km/h] |      |      |      |     |
| 3 m/s <sup>2</sup> | 40          | 50     | 60                           | 70     | 40       | 50   | 60   | 70   |     |
| $t_{be}$           | 13,29       | 11,49  | 10,45                        | 9,80   | 13       | 11   | 10   | 9    | [s] |
| $t_{ki}$           | 32,49       | 28,47  | 26,58                        | 25,41  | 33       | 29   | 27   | 26   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$  | 5,33        | 4,87   | 6,44                         | 7,78   | 6        | 5    | 7    | 8    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$  | 7,67        | 6,74   | 7,12                         | 7,66   | 8        | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{pa}$           | 240,62      | 209,15 | 188,54                       | 175,40 | 240      | 210  | 190  | 175  | [s] |
| $\sum t_z$         | 280,43      | 242,23 | 208,59                       | 185,48 | 275      | 240  | 205  | 180  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$  | 1,17        | 1,16   | 1,11                         | 1,06   | 1,15     | 1,14 | 1,08 | 1,03 |     |
| l                  | 137,78      | [m]    | Torkolatpáronkénti irányítás |        |          |      |      |      |     |
| $t_z$              | 27,00       | 27,00  | 27,00                        | 27,00  | 27       | 27   | 27   | 27   | [s] |
| $t_e$              | 24,73       | 25,59  | 25,95                        | 26,04  | 25       | 26   | 26   | 27   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$  | 1,67        | 1,41   | 2,12                         | 2,88   | 2        | 2    | 3    | 3    | [s] |
| $t_{ki'}$          | 12,59       | 10,66  | 9,55                         | 8,86   | 13       | 11   | 10   | 9    | [s] |
| $t_{pa}$           | 267,01      | 270,01 | 275,38                       | 279,57 | 270      | 275  | 280  | 285  | [s] |
| ( $t_{pa}$ )       | 133,51      | 135,00 | 137,69                       | 139,79 | 135      | 138  | 140  | 143  | [s] |
| $\sum t_z$         | 270,00      | 270,00 | 270,00                       | 270,00 | 270      | 270  | 270  | 270  | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$  | 1,01        | 1,00   | 0,98                         | 0,97   | 1,00     | 0,98 | 0,96 | 0,95 |     |
| l                  | 77,00       | [m]    | Teljes turbina-elv           |        |          |      |      |      |     |
| $t_z$              | 16,00       | 16,00  | 16,00                        | 16,00  | 16       | 16   | 16   | 16   | [s] |
| $\sum t_{re}$      | 10,00       | 10,00  | 10,00                        | 10,00  | 10       | 10   | 10   | 10   | [s] |
| $t_{k\ddot{o}12}$  | 1,78        | 1,78   | 2,78                         | 3,78   | 2        | 2    | 3    | 4    | [s] |
| $t_{k\ddot{o}21}$  | 7,20        | 6,62   | 7,01                         | 7,61   | 8        | 7    | 8    | 8    | [s] |
| $t_{ék}$           | 10,92       | 9,93   | 9,23                         | 8,88   | 11       | 10   | 10   | 9    | [s] |
| $t_{pa}$           | 72,82       | 70,26  | 70,24                        | 71,16  | 74       | 71   | 73   | 72   | [s] |
| $\sum t_z$         | 80,00       | 80,00  | 80,00                        | 80,00  | 80       | 80   | 80   | 80   | [s] |
| $\sum t_z/t_{pa}$  | 1,10        | 1,14   | 1,14                         | 1,12   | 1,08     | 1,13 | 1,10 | 1,11 |     |

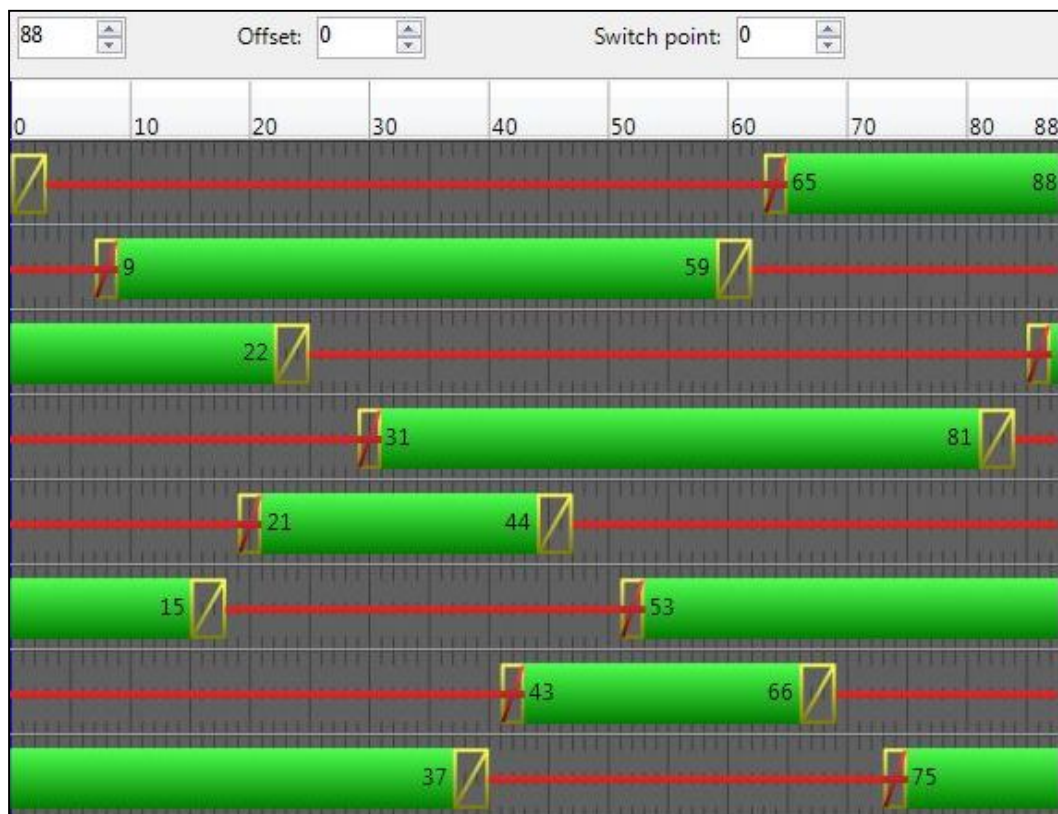
LXVI. A JK\_5\_60 mintacsomópontához tartozó 3 m/s<sup>2</sup> gyorsulásérték melletti programparaméterek (magyar)



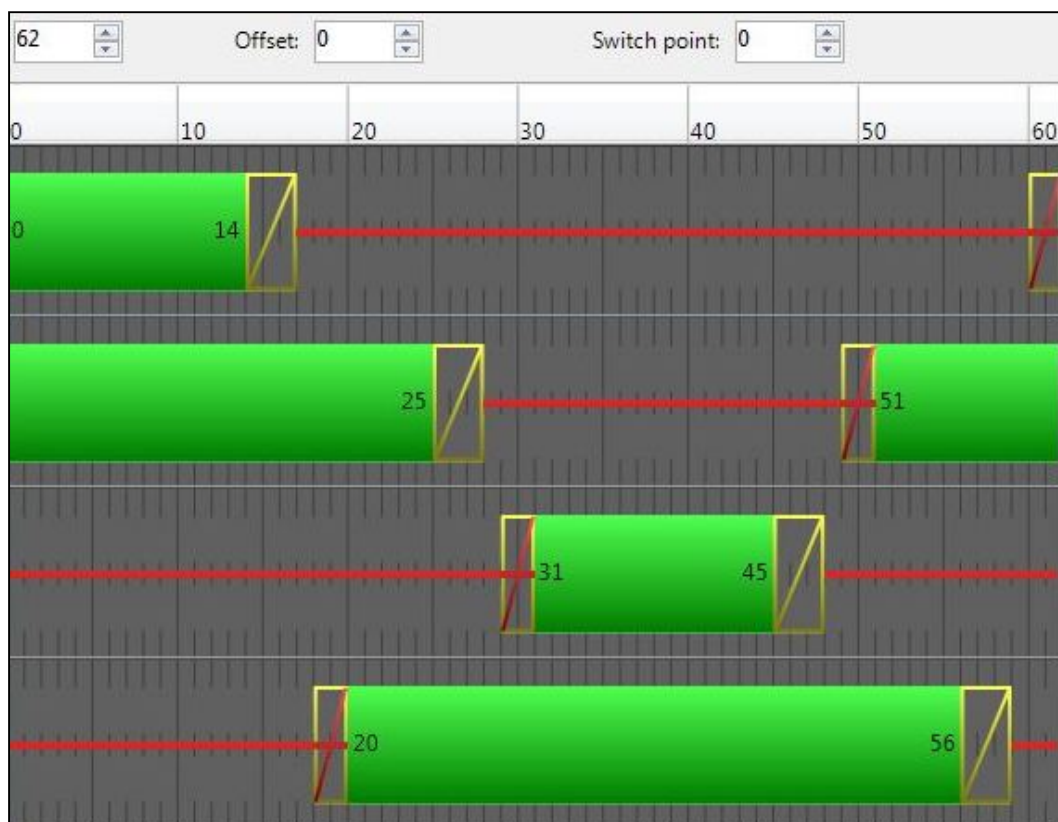
LXVIII. JK20 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



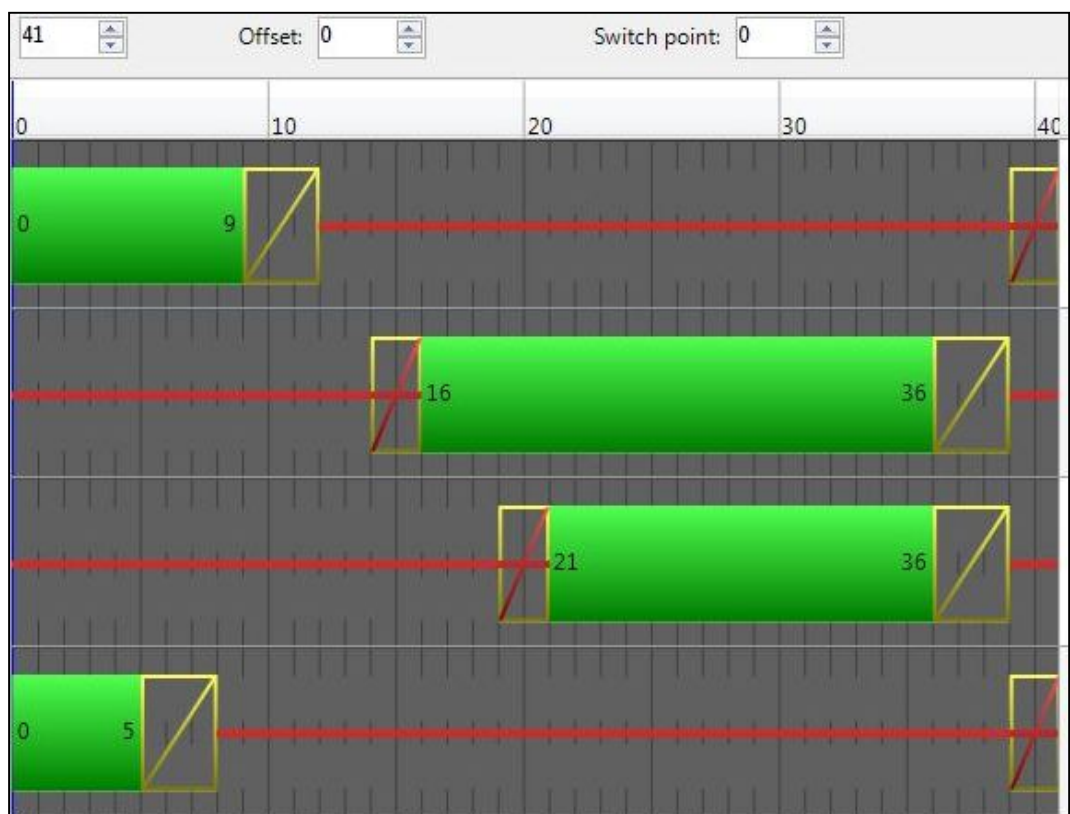
LXIX. JK20 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



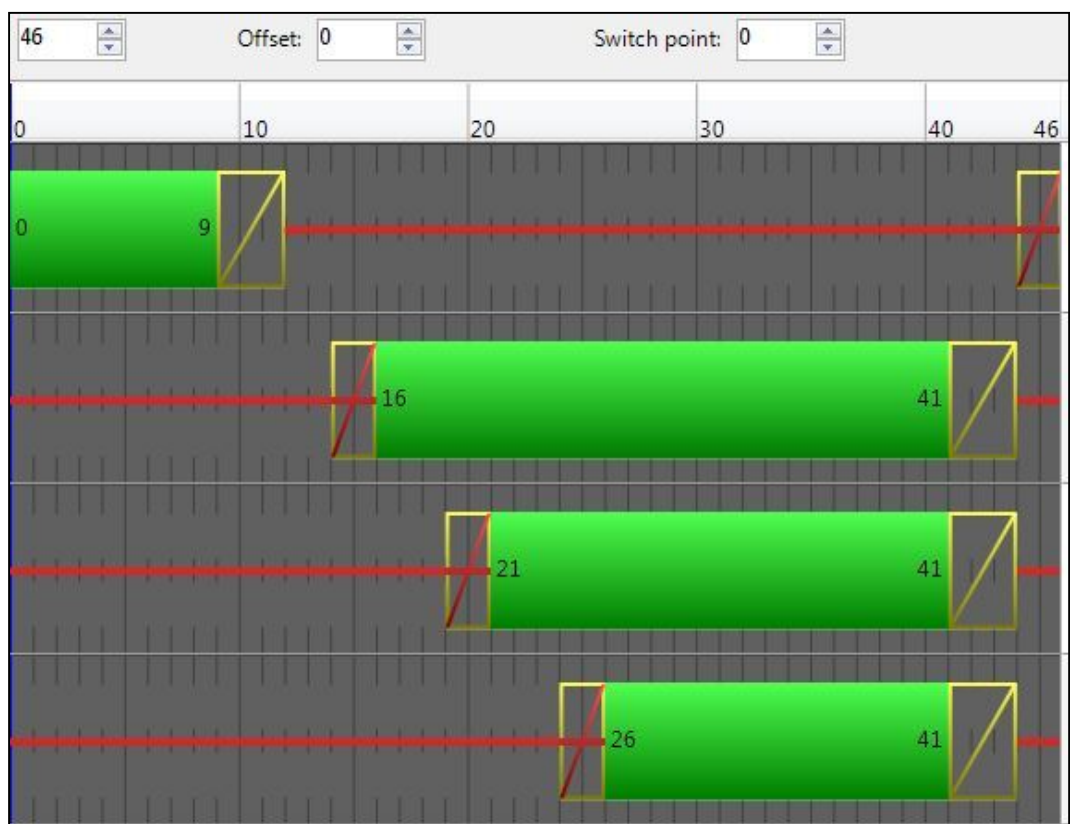
LXX. JK40 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



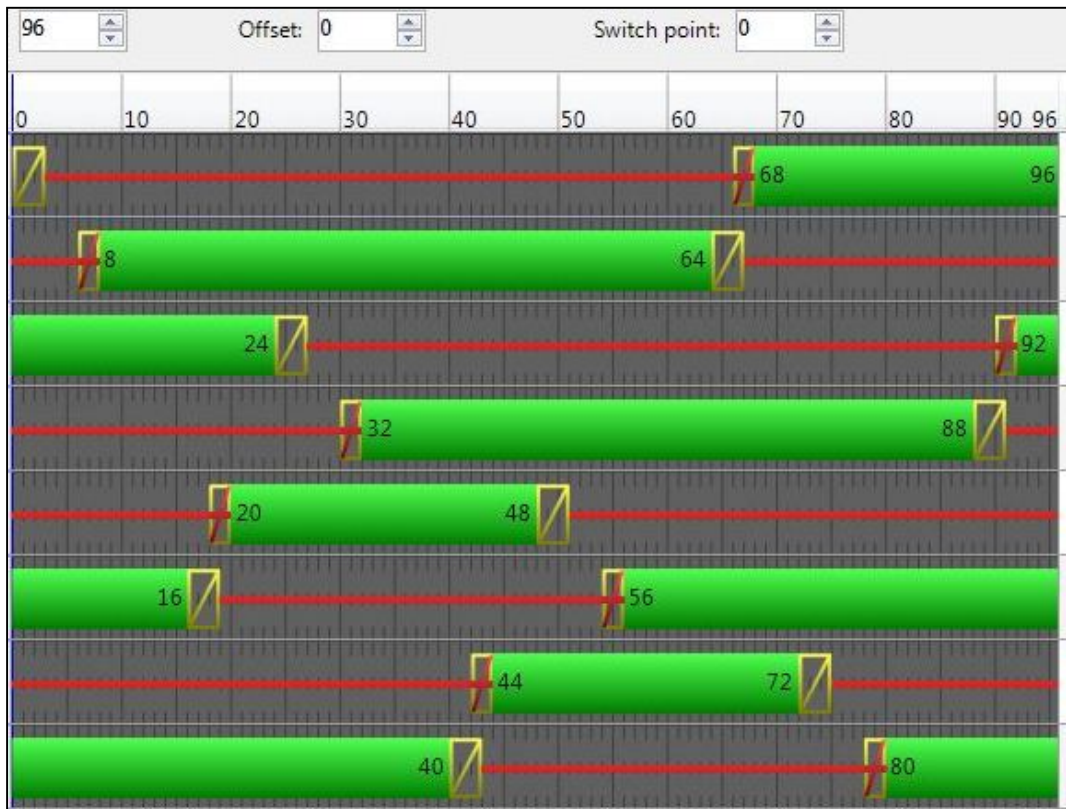
LXXI. JK40 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



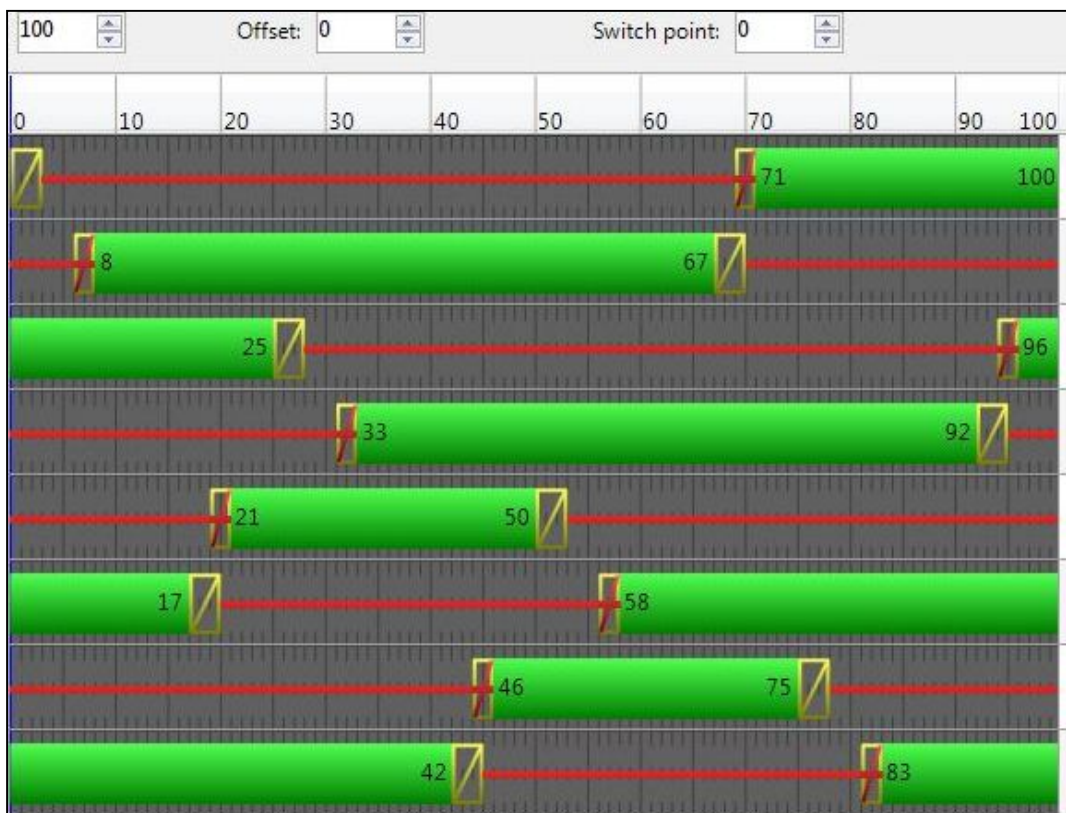
LXXII. JK40 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (1)



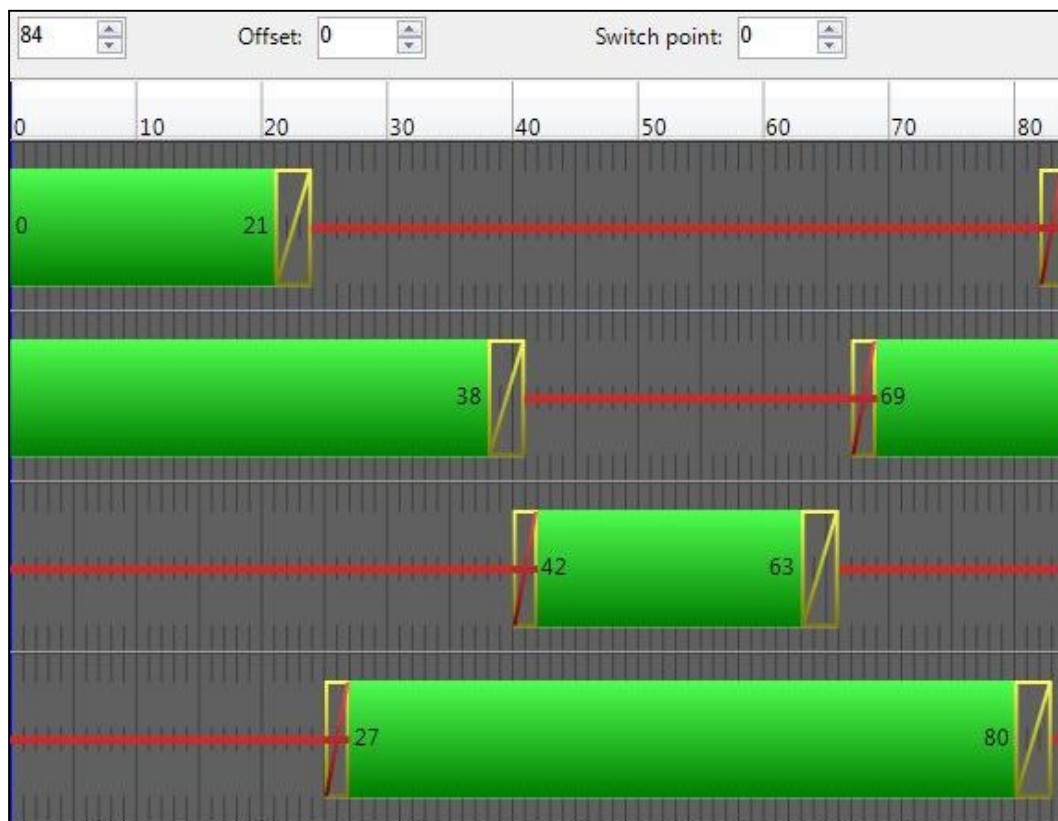
LXXIII. JK40 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (2)



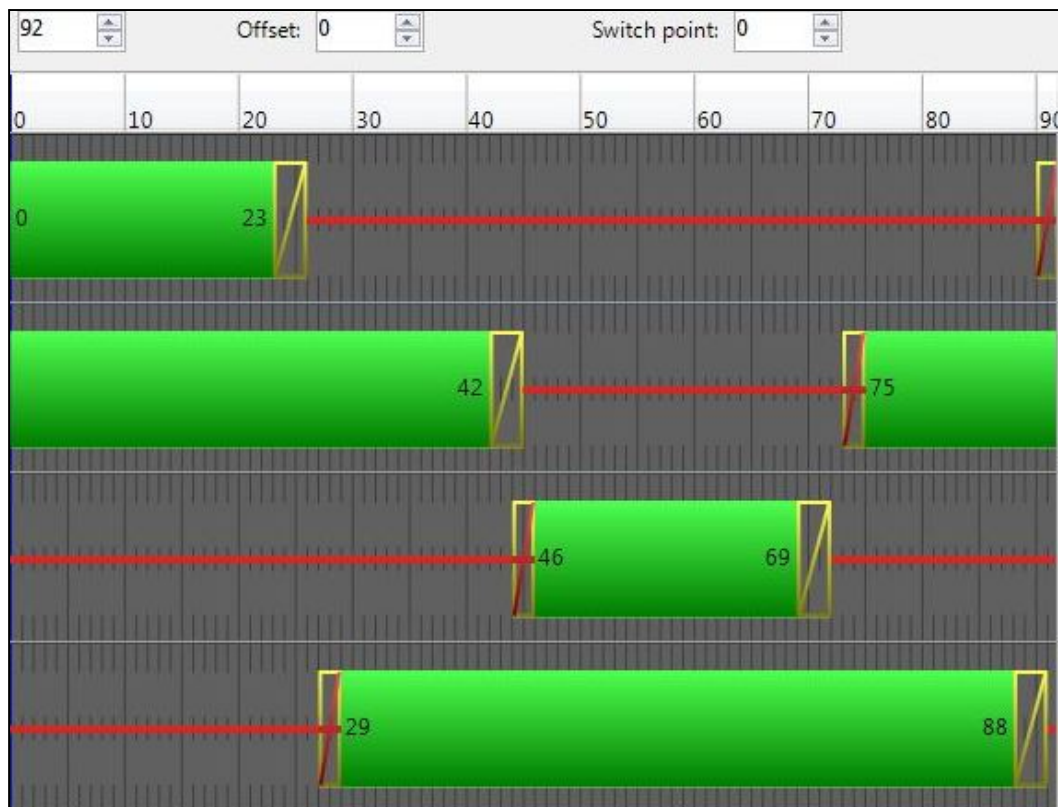
LXXIV. JK60 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



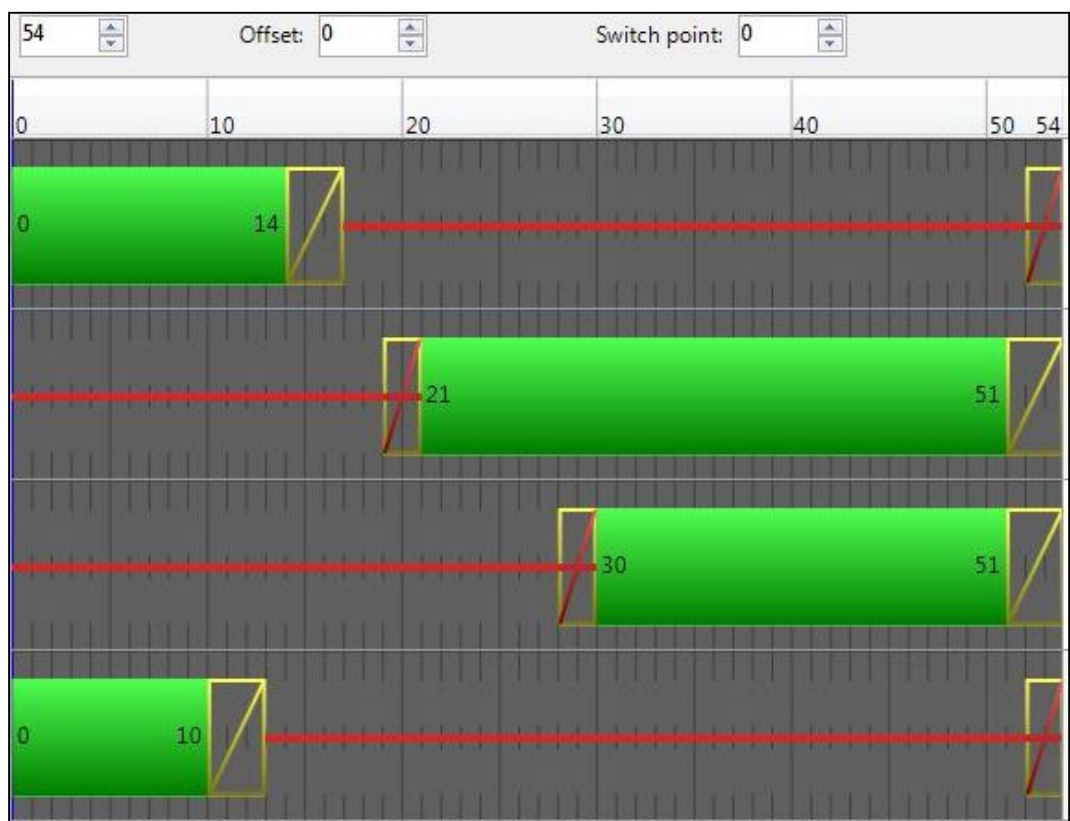
LXXV. JK60 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve ( $a=3\text{m/s}^2$ )



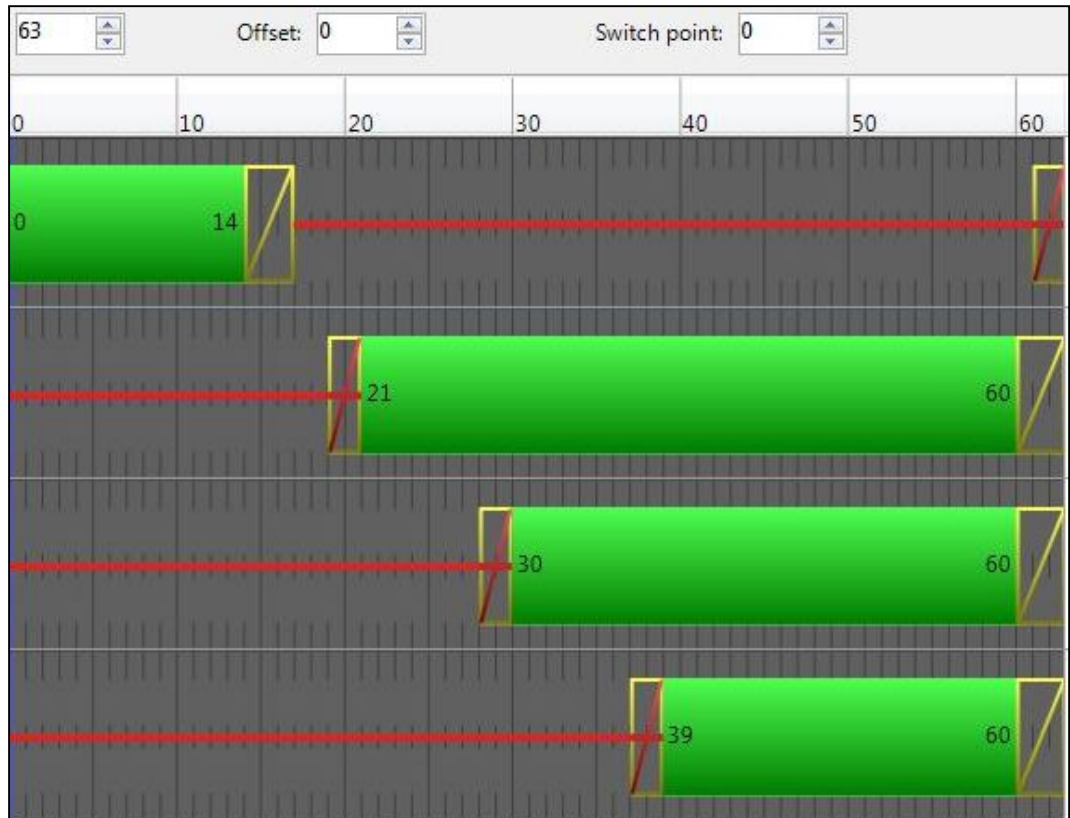
LXXVI. JK60 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



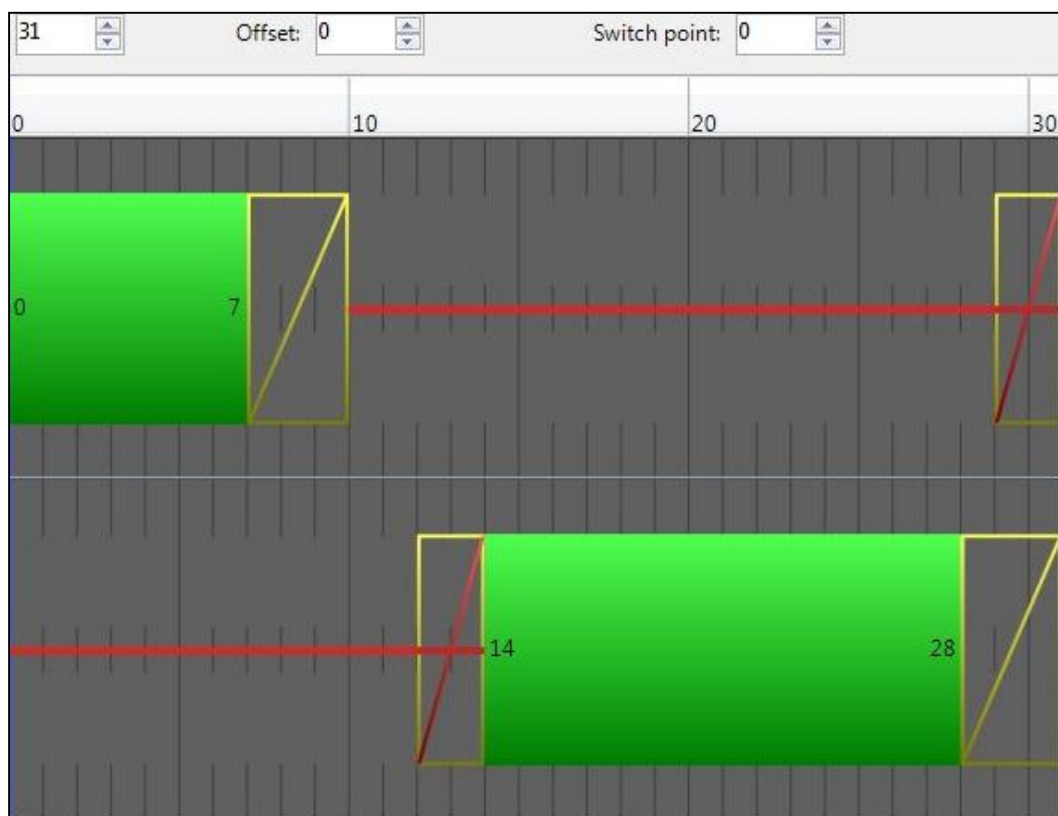
LXXVII. JK60 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve ( $a=2m/s^2$ )



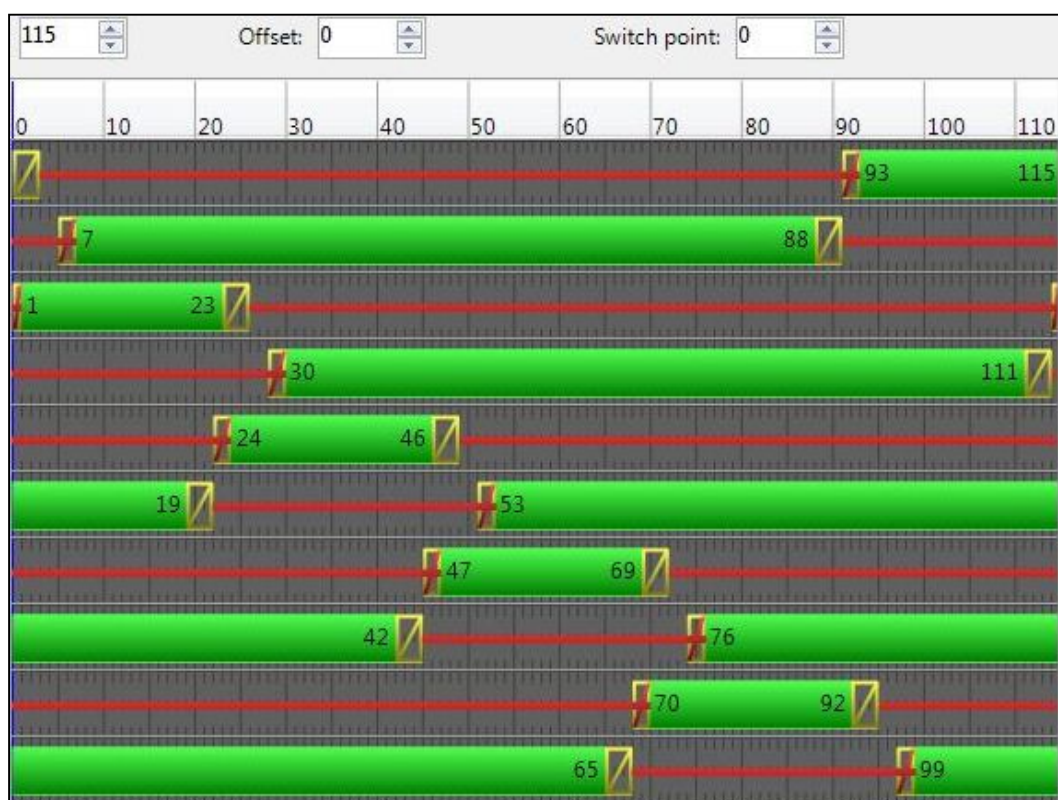
**LXXVIII. JK60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (1)**



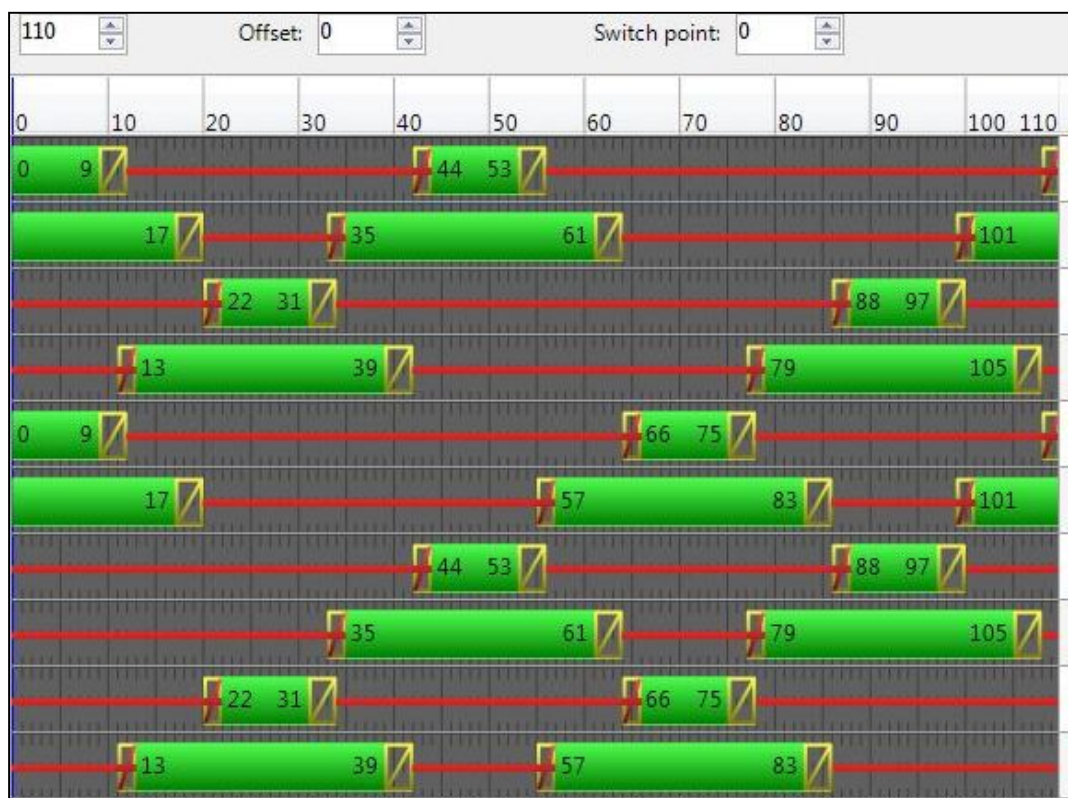
**LXXIX. JK60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (2)**



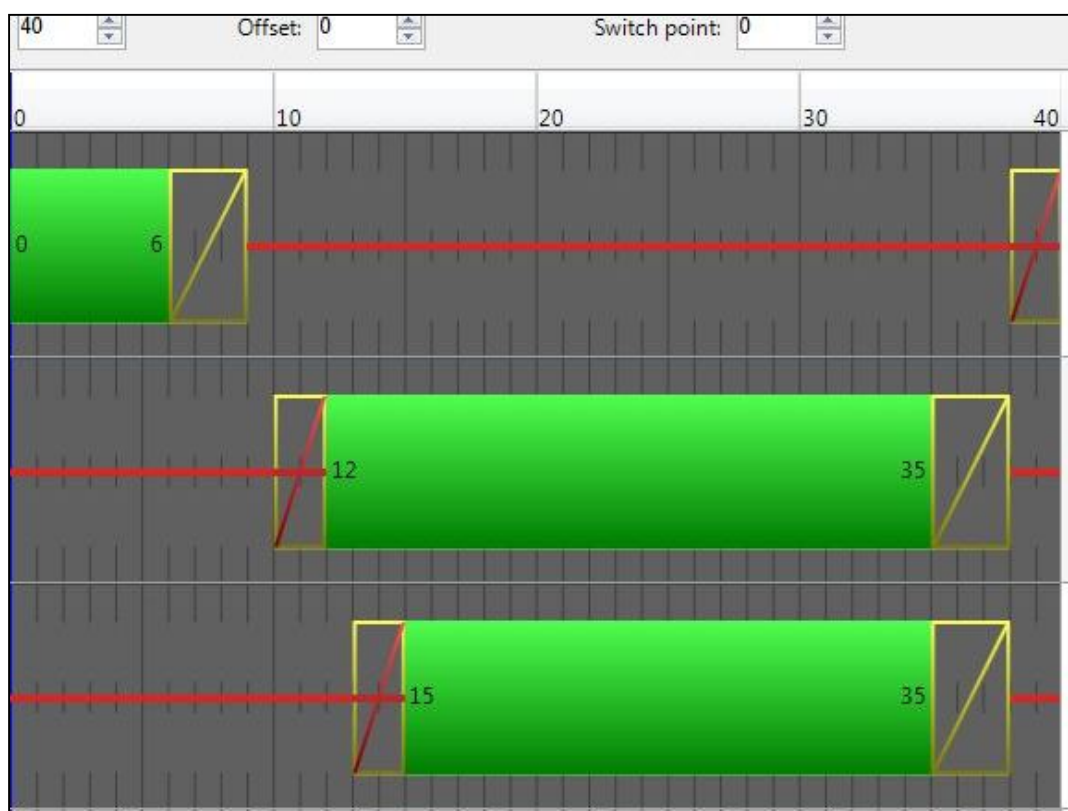
LXXX. JK60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (3)



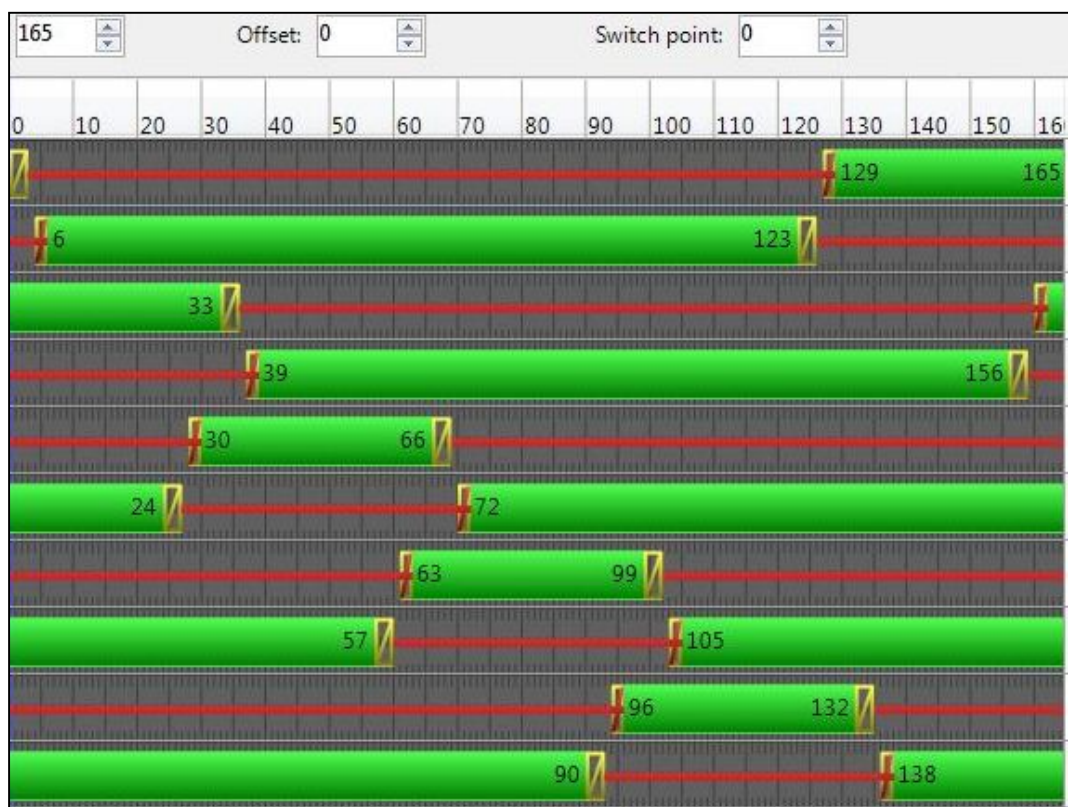
LXXXI. JK\_5\_20 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



LXXXII. JK\_5\_20 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



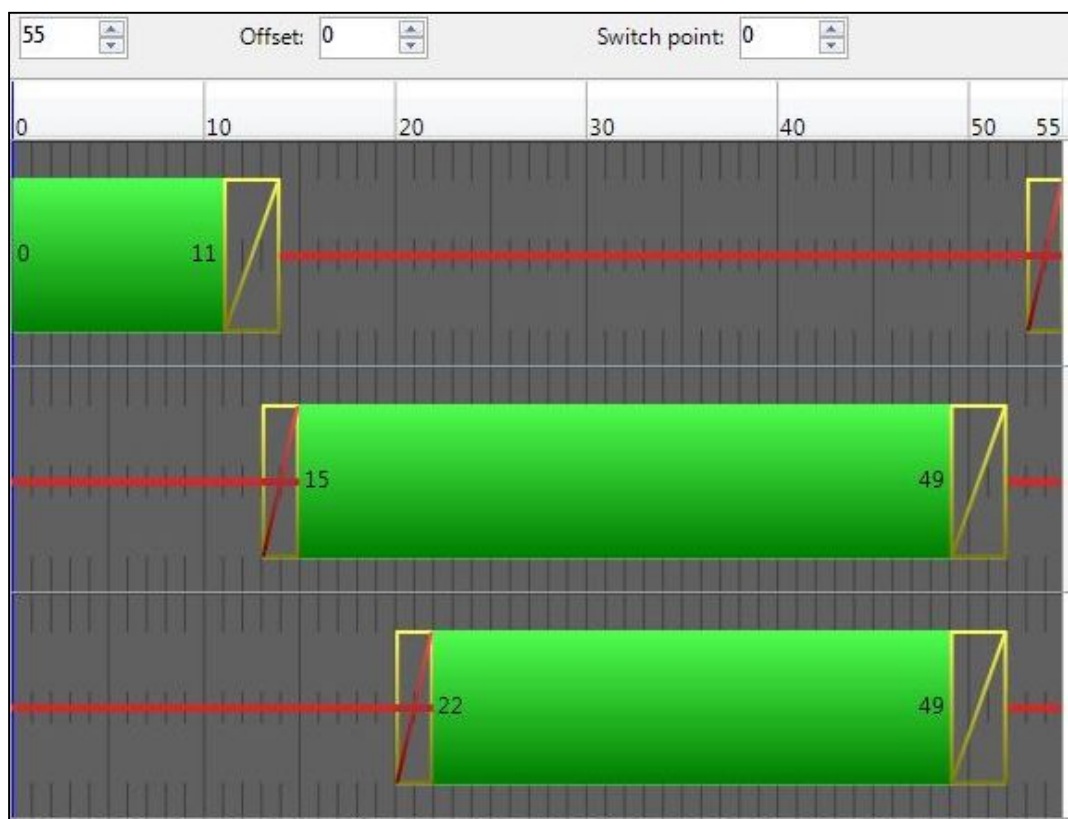
LXXXIII. JK\_5\_20 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve



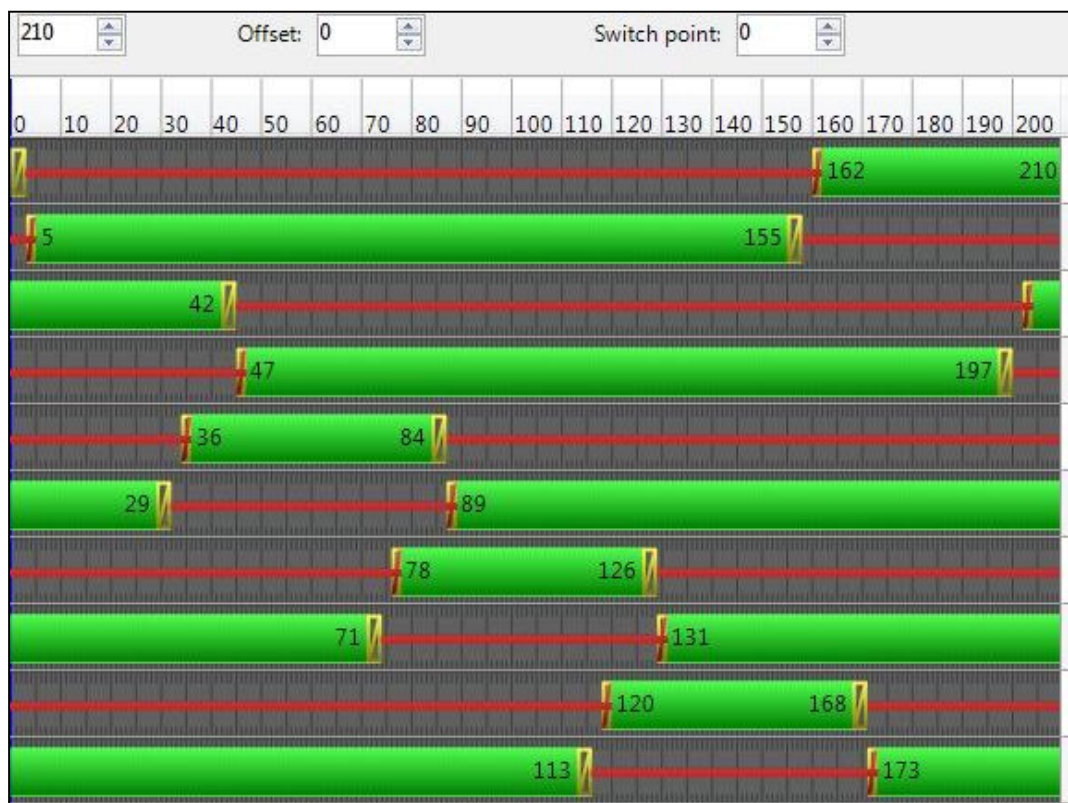
LXXXIV. JK\_5\_40 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



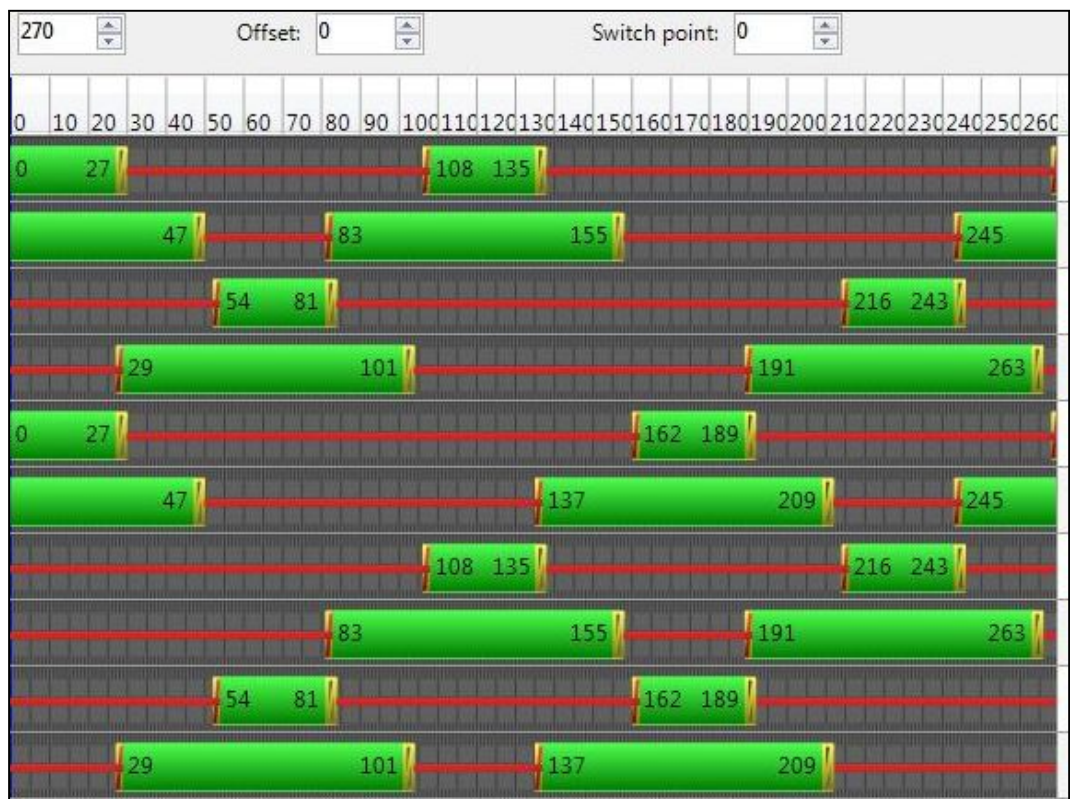
LXXXV. JK\_5\_40 csomópont torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



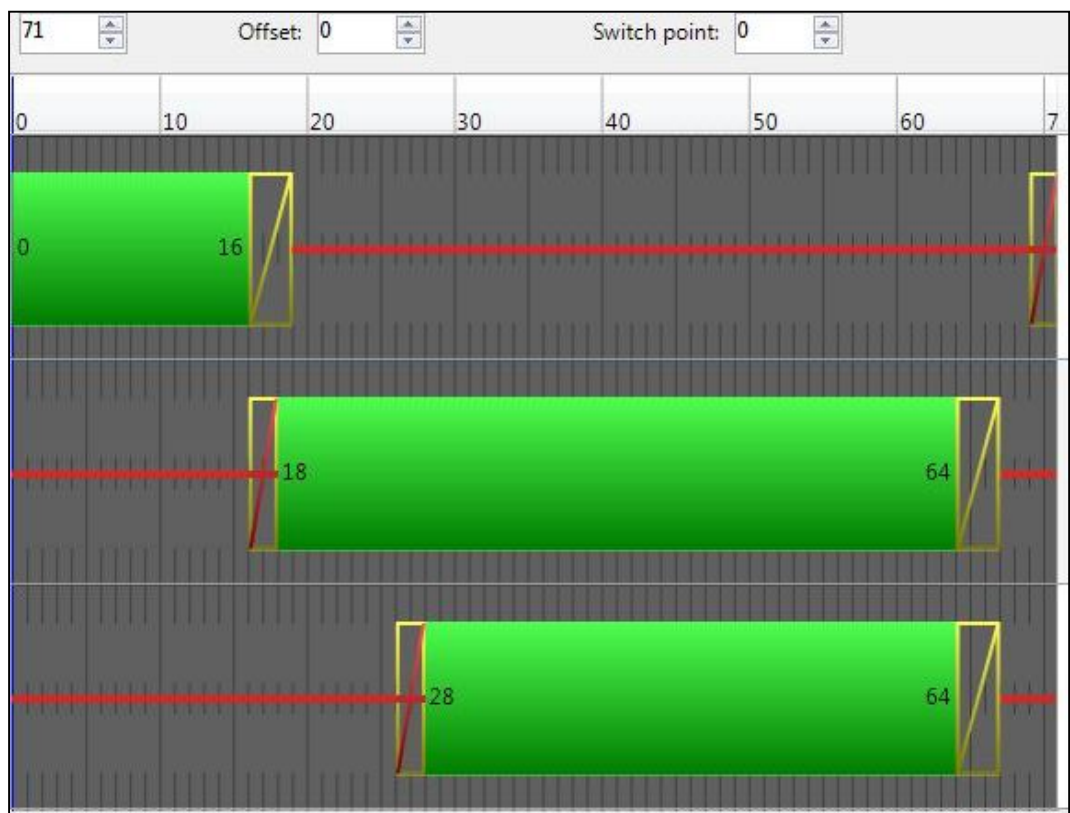
LXXXVI. JK\_5\_40 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve



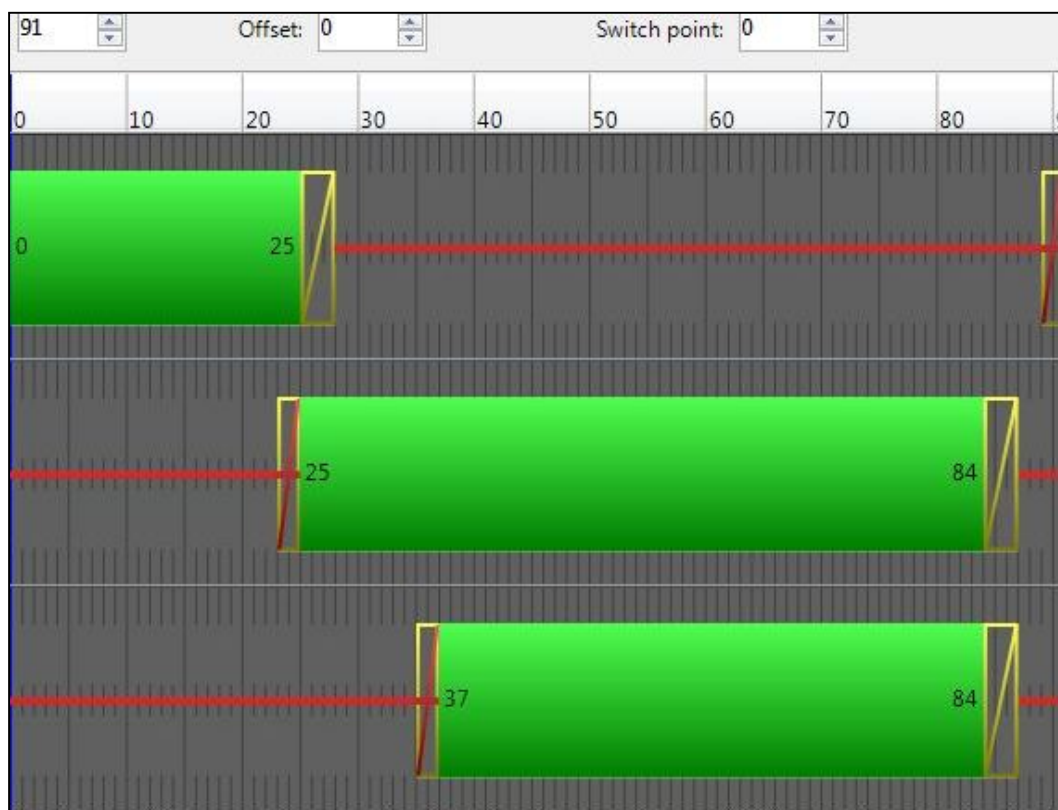
LXXXVII. JK\_5\_60 csomópont turbina-elv szerinti jelzésidőterve



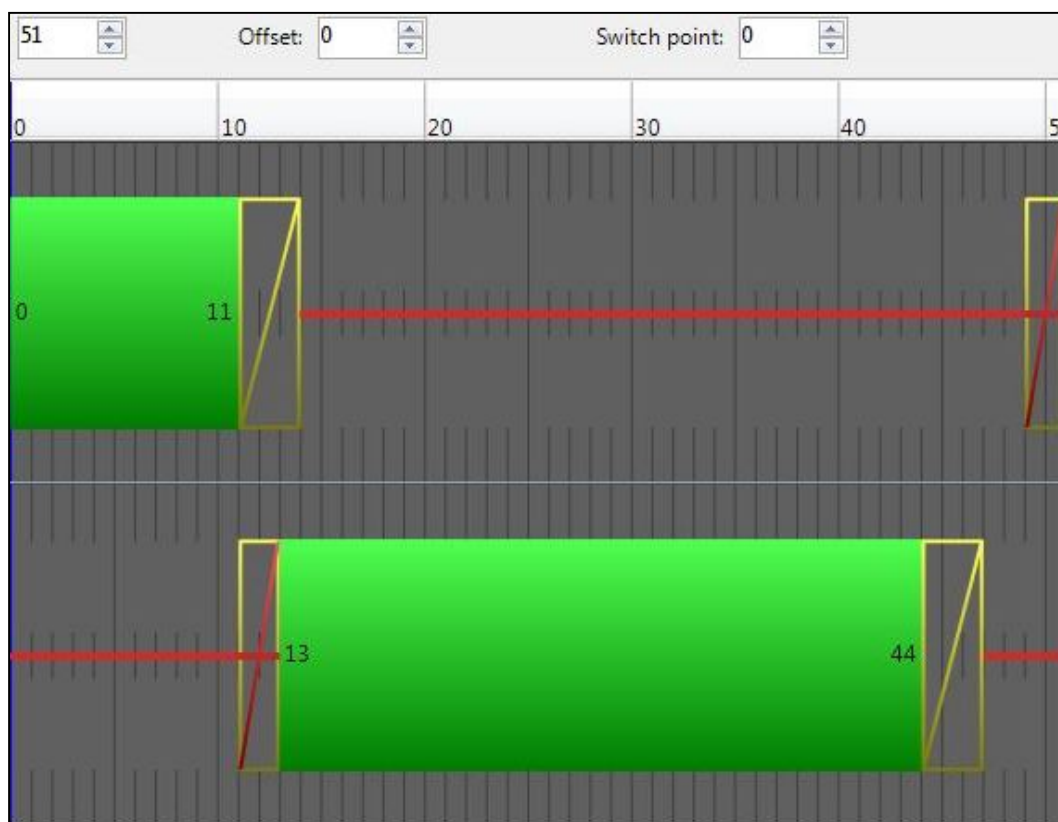
LXXXVIII. JK\_5\_60 csomópont teljes torkolatpáronkénti irányítás szerinti jelzésidőterve



LXXXIX. JK\_5\_60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (1)



XC. JK\_5\_60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve ( $a=1\text{m/s}^2$ )



XCI. JK\_5\_60 csomópont teljes turbina-elv szerinti jelzésidőterve (2)