

Az „örvény körforgalom” (vortex junction) bemutatása az új forgalomelosztó műtárgy felülvizsgálata során szerzett tapasztalatok alapján

Schvanner Norbert, Dr. Tóth János, Dr. Kisgyörgy Lajos
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésüzemi Tanszék
schvanner@kku.bme.hu

Tartalmi kivonat: Jelen anyag célja egy új „forgalom elosztó műtárgy” (örvény körforgalom) bemutatása a hagyományos számítási eljárások és forgalom szimulációs módszer segítségével elvégzett vizsgálatok eredményei alapján. A szimulációs szoftver segítségével végzett felülvizsgálat célja az elméleti csomóponti kialakítás forgalomlebonyolódásának elemzése, szükség esetén javaslattétel a csomópont felépítésének módosítására a csomópont áteresztőképességének és biztonsági jellemzőinek javítása érdekében. A szimulációk futtatása során szerzett tapasztalatok alapján javaslatot tettünk az eredeti elgondolás kismértékű módosítása, és ezen a módosított csomóponton végeztük el a vizsgálatokat. A futtatások eredményei alapján elmondható, hogy a csomópont kialakítása forgalombiztonság szempontjából kedvező. A csomópont elméleti maximális kapacitása 22.500 – 24.000 Ej/h, amivel az eredeti elképzeléseknek megfelelően valóban egy jelenleg meglévő „rést” fed le a különböző 5 vagy annál több ágú csomóponti kialakítások között. Ez a csomópont típus mind kapacitásban, mind pedig építési költségében az eddig megoldási lehetőséget kínáló dupla szintbeli kereszteződés és a többszintes hídrendszerek között helyezkedik el, kiváló közlekedésbiztonsági jellemzőkkel.

1. BEVEZETÉS

Jelen anyag célja egy új „forgalom elosztó műtárgy” (örvény körforgalom) bemutatása a hagyományos számítási eljárások és forgalom szimulációs módszer segítségével elvégzett vizsgálatok eredményei alapján. A feltaláló (Somfai József) célja egy olyan csomópont típus megalkotása volt, amely 5 vagy annál több csomóponti ág találkozása esetén a jelenleg alkalmazott turbó körforgalmakkal szintben illetve felül - aluljárórendszerekkel külön szinten megoldott közlekedési kapcsolatok közötti rést próbálja meg lefedni, mind kapacitását, mind építési költségét illetően. A találmány alap gondolata: ^[1]

Világszerte beváltak a városokat elkerülő körgyűrűk, amelyek néhány kilométer kerülő árán nyújtanak alternatívát a városok tehermentesítésére. Ennek fényében miért ne lehetne kisebb méretben hasonlót építeni egy kereszteződést elkerülő gyűrű formájában, amely néhány száz méter kerülő árán megállás nélküli áthaladást biztosít. Mindemellett a körforgalmi szakaszhoz kapcsolódó be és kilépések

sajátos kialakításával úgy lehet szabályozni a forgalmat, hogy a járművezetőknek a kilépési pontok eléréséhez csak egy irányba, befelé keljen sávot váltaniuk.

A használatbavételi minta szerinti forgalomelosztó műtárgy (1. melléklet) legalább egy önmagába visszatérő körforgalmi sávot, valamint a körpálya elérésére szolgáló bevezető és a körpálya elhagyására alkalmas kivezető sávot tartalmaz, vagyis legalább három darab egymás mellett futó körforgalmi sávja van, melyek közül a belső a kihaladást teszi lehetővé külön szinten (alul illetve felüljárók alkalmazásával), a külső sávon történik a becsatlakozás, a középső sáv pedig körbehálad ezáltal lehetőséget biztosít a fonódásra. A különböző helyszíneken megjelenő, eltérő forgalmi viszonyokhoz a csomópont a sávok számának és a fonódási szakaszok hosszának változtatásával képes alkalmazkodni. Az elgondolás nagy előnye, hogy a kihajtások a belső sávból, külön szinten történnek, ezáltal csak egy irányba (a körpálya középpontja felé) van szükség sáv váltásokra (egyoldalú fonódás), aminek

következtében a konfliktuspontok száma jelentősen csökken, hiszen megszűnnek a keresztezések és ezáltal várhatóan fokozódik a biztonság és növekszik a kapacitás. Mindemellett nagyobb átmérő esetén a belső terület értéke elhelyezkedésénél és megközelíthetőségénél fogva jelentősen megemelkedhet (aluljárók alkalmazásával az értékesíthető terület nagysága növelhető).

A tanulmány elkészítésének célja tehát az örvény körforgalom kialakításának szakértői szemmel történő felülvizsgálata, egy modellezésre, kapacitászámításra alkalmas változat kidolgozása, majd ezen átdolgozott változat forgalom-szimulációs módszerrel történő modellezése a szimulációk során kapott, és a hagyományos számítási eljárások során kiszámított eredmények értékelése.

2. AZ EREDETI ELGONDOLÁS SZAKÉRTŐI SZEMMEL TÖRTÉNŐ FELÜLVIZSGÁLATA

Az elképzelések felülvizsgálata előtt a feltalálóval közösen meghatároztuk azokat a peremfeltételeket, amelyekre vonatkozóan a felülvizsgálatot, majd a későbbiekben a számításokat és a modellezést el fogjuk végezni. A vizsgálandó modellt a következő feltételek alapján alakítottuk ki:

1. Három 2x2 forgalmi sávós út kereszteződését vizsgáljuk (6 db egyenként 2x2 sávós csomóponti ág)
2. A forgalmi terheléseket minden irányba azonosnak feltételeztük. A használatbavételi minta szerinti forgalomelosztó műtárgy a jobbra kisíves kapcsolatokat minden irányból külön kanyarodó sáv kialakításával vezeti el ezért ez a forgalom (egyenletes elosztásnál a belépő forgalom 20%-a) nem lép be a körpályára.
3. A tervezési sebesség értéke 50 km/h (elővárosi csomópont).

Ezen feltételek szerint kiszámításra került (az 50 km/h-ás tervezési sebesség függvényében) a fonódási szakaszok szükséges hossza (2. melléklet) és ennek alapján meghatároztuk a körpálya belső átmérőjének minimális értékét (600 m).^[2]

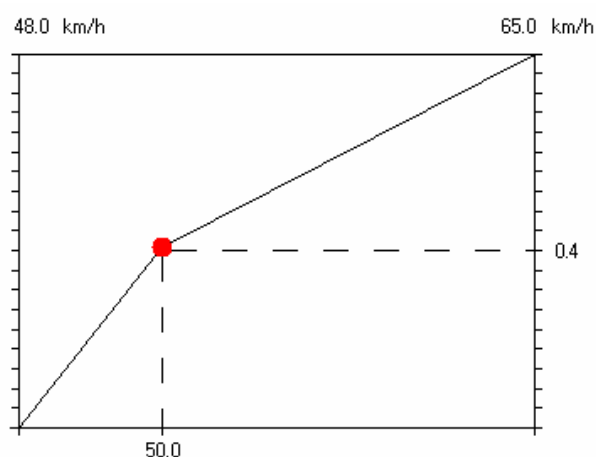
A fonódási hosszak és a körpálya minimális átmérőjének meghatározása után javaslatokat tettünk az alapötlet új és kétséget kizáróan hatékonyak tűnő megoldásainak továbbfejlesztésére. A legfontosabb változtatási javaslatunk az volt, hogy az eredeti elgondolástól eltérően a körpályán elhelyezkedő sávok ne önmagukba záródó körök legyenek, hanem spirális vonalvezetésűek. Ezáltal ugyanis tovább csökkenthető az egyoldali fonódások száma és a fonódásra rendelkezésre álló szakaszok hossza is növekszik, hiszen a belépő járműveknek nem kell feltétlenül sávot váltaniuk a következő bejáratig, így a behaladás valóban akadálymentessé válik. A spirális vonalvezetés másik nagy előnye, hogy azoknak a járműveknek, amelyek a legtávolabbi kihajtón kívánják elhagyni a körpályát egyáltalán nem kell sávot váltaniuk, vagyis a saját belépő sávjukon végighaladva sávváltás nélkül el tudják hagyni a csomópontot (3. melléklet). A spirális kialakítás következtében a körpálya egy tetszőleges keresztmetszetében 10 forgalmi sáv kialakítására tettünk javaslatot (2 sávós kihajtó és két sávós behajtó ágakat figyelembe véve). A feltalálóval történt egyeztetések után a 3. mellékletben látható csomóponti kialakítás került modellezésre.^[2]

3. FORGALMI MODELL

Az örvény körforgalom forgalomtechnikai kialakítását követően további paraméterek kerültek meghatározásra a forgalmi modell felépítéséhez. A szimulációs szoftver legfontosabb bemenő adatait, létező példák hiányában a futtások során szerzett tapasztalatok alapján folyamatosan finomítottuk. Az alkalmazott forgalom-szimulációs szoftver ugyanis alkalmas a forgalom lebonyolódásának 2D-s illetve 3D-s megjelenítésére, továbbá a

nagyszámú paraméter széleskörű állítási lehetőségével lehetővé teszi, hogy a valós körülményekhez leginkább illeszkedő forgalmi viszonyok mellett értékeljük a tervezett csomópontot. Mindezek mellett lehetőséget biztosít a vizsgált forgalomra vonatkozó adatok rögzítésére, amelyek segítségével a különböző változtatások hatása számszerűen is vizsgálható (pl.: eljutási idő, késedelem, átlagsebesség a hálózaton stb.). A rendelkezésre álló paraméterek véglegesnek tekintett értéke több konzultációs beszélgetés és megoldási lehetőség vizsgálata után a feltalálóval egyetértésben került megállapításra.

A járművezetők viselkedésre vonatkozó számos paraméter beállításán túl, talán a legfontosabb tényező a kívánt haladási sebesség választására vonatkozik. Téves lenne ugyanis azt feltételezni, hogy minden jármű az előírt 50 km/h sebességgel halad keresztül a csomóponton, ezért a valós viszonyokhoz jobban illeszkedő sebesség-eloszlási görbét határoztunk meg. Az eloszlási görbe megválasztása során azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a járművezetők 40%-a szabálykövető, azaz közel 50 km/h-val halad keresztül a csomóponton, a fennmaradó 60% pedig ennél nagyobb sebességet választ.



1. ábra: sebesség eloszlási görbe ^[2]

Az 1. ábráról leolvasható, hogy a járművezetők 48 km/h és 65 km/h sebességértékek közül választják ki a kívánt haladási sebességüket. A hálózaton ténylegesen elért haladási sebesség a járművezető

által választott sebesség és a mindenkor forgalmi helyzet függvényében változik.

A másik fontos tényező, hogy a forgalom a 2. pontban említett peremfeltételeknek megfelelően egyenletesen oszlik meg az egyes csomóponti ágak között, vagyis az adott irányból érkező forgalom (a járművek poisson eloszlás szerint lépnek be a rendszerbe) 20 - 20%- a halad tovább minden egyes kihajtó felé. Továbbá a jobbra kisívbé kanyarodó járművek külön sávon vannak elvezetve, ezért ez a 20% nem lép be a körpályára és így nem képezi részét a szimulációnak, mivel akadálymentesen (fonódások nélkül) jut el a szomszédos forgalmi ágra.

4. SZIMULÁCIÓS FUTTATÁSOK, EREDMÉNYEK

A szimulációs futtatások segítségével igyekeztünk meghatározni az áganként belépő forgalom azon értékét, amelynél a csomóponti forgalomlebonyolódás a forgalom nagyság – sebesség közötti összefüggés szerint a stabil részen belül marad, vagy oly mértékben kerül át az instabil részre, hogy onnan még képes a rövid ideig fennálló torlódások leépülésével visszatérni a stabil tartományba. Ezen érték meghatározása érdekében négy különböző (1500–2000–2500–3000 Ej/h/belépő ág – Ej-egységjármű) forgalomnagyság mellett futtattuk le a szimulációt, ezután értékeltük a kapott eredményeket, és meghatároztuk a csomópont maximális kapacitását.

A szimulációs szoftver segítségével megjelenített forgalomlebonyolódás alapján értékeltük a csomópontot forgalombiztonság szempontjából is. Az egyirányú sávváltások miatt kevés konfliktushelyzet alakul ki, a konfliktusok száma a forgalom növekedésével fokozódik ugyan, de a rendszer felépítéséből fakadóan súlyos személyi sérüléssel járó baleseteket okozó konfliktushelyzet nem jön létre. További előny, hogy a sávváltásokhoz a járművezetőnek a hozzá közelebbi visszapillantó tükröt kell használnia,

aminek következtében a holt tér nagysága minimális, illetve könnyebben ellenőrizhető, mint a másik oldalon lévő visszapillantó tükör esetében.

Konfliktust többnyire azok a járművek okoznak, amelyek a legközelebbi kihajtón szeretnének kihaladni és a nagy forgalom miatt nem képesek megfelelő számú sávot –a rendelkezésre álló távolság alatt – keresztezni, így a kihajtó közelébe érve egyre inkább lelassítanak esetenként meg is állnak annak érdekében, hogy ne kelljen egy újabb kört megtenniük (az esetleges megállás az 50 km/h tervezési sebesség és a csomópont méretének ismeretében reálisnak látszik). A megállás azonban folyamatos lassítás, illetve a sávváltási szándékot jelző indexelés mellett történik, vagyis a követő jármű vezetőjének megfelelő idő áll rendelkezésére az esetleges sávváltásra így az utoléréstől származó balesetek valószínűsége minimális. A járművek megállására olyan nagy forgalom esetén kerül sor, ahol már kialakulnak a nagy, igen nagy sűrűségű csoportok (mikroszkopikus jellemző), amelyeken belül létrejön az úgynevezett csoportsebesség, vagyis a követő jármű vezetője nem képes a saját maga által választott sebességgel haladni. Ennek következtében a járművek gyorsítása és lassítása már nem individuális gyorsításként vagy lassításként történik, hanem csoportosan, ezért a csoportokban résztvevő járművek között komoly személyi sérüléssel járó baleset kialakulásának a veszélye minimális. A kérdéses csomópontban jellemző baleset típus lehet az úgynevezett ráfutásos baleset, amelyek esetében a személyi sérülés kockázata alacsony.

A szimulációk futtatása során szerzett tapasztalatok alapján (a járművek kihajtóknál történő túlzott lassítása, esetenkénti megállása nagy forgalomnál), a feltalálóval egyetértésben a csomópont további módosítását tartottuk célravezetőnek, melynek során a kihajtókra felvezető sávok számát megnöveltük. A módosított verzióban három sáv vezet fel a kihajtóra (4. melléklet) melyek közül a külső egy közös egyenesen haladó, kanyarodó sávként van

definiálva. Ezáltal a kihajtó eléréséhez a járműveknek egyel kevesebb sávot kell váltaniuk, mindemellett az egyenesen továbbhaladó járművek is használhatják ezt a sávot, így a körpálya kapacitása nem csökken. Ez a módosítás kedvező eredményeket hozott, így a végső futtatásokat ilyen csomóponti kialakítás mellett végeztük el.

A szimulációs szoftver által szolgáltatott adatok alapján meghatároztuk az örvény körforgalom ezen kialakításához tartozó maximális átbocsátóképességet, ennek értéke belépésként 3000 - 3200 Ej/h, amely az egész csomópontra nézve (a jobbra kanyarodó járműveket is hozzávéve) 22.500 - 24.000 Ej/h kapacitást jelent. A futtatások során további a csomóponti forgalomlebonnyolódás minősítésére alkalmas paramétereket rögzítettünk a szimulációs szoftver segítségével. A kapott eredményeket részletesen az 5. - 8. mellékletek tartalmazzák. ^[2]

Az 5. melléklet tartalmazza a kapott eredmények összefoglaló táblázatát. A táblázat első három sorában a szimuláció bemenő adatai szerepelnek, amelyek a csomóponti forgalomnagyságra vonatkoznak. A következő sorokban a szimulációs szoftver által szolgáltatott adatok találhatóak, melyek segítségével értékelhető a csomóponti forgalomlebonnyolódás. A kapott adatokból jól látható, hogy a körpályára belépő forgalomnagyság növekedésével csökken az átlagsebesség, továbbá növekszik az elméleti átjutási időhöz viszonyított késedelem és a megállásokból adódó időveszteség. 3000 Ej/h/belépés esetén a mért adatok jelentős változást mutatnak, a megállásokból adódó időveszteség értéke egy nagyságrenddel nagyobb mint 2500 Ej/h/belépés esetén volt, az elméleti átjutási időhöz viszonyított késedelem értéke is jelentősen növekszik, mindemellett a megállások száma az előző mért értéknek több mint a háromszorosa, továbbá az átlagsebesség értéke is nagyobb mértékben csökken mint az ezt megelőző esetekben. Ezen eredmények tükrében elmondható, hogy a csomópont kapacitásának maximuma

(„stabil” forgalmi viszonyok mellett) 3000 Ej/h/belépés körül található, ami a teljes csomópontra vetítve 22.500 Ej/h forgalomnagyságot jelent. ^[2] A 7. mellékletben az összefoglaló táblázat eredményei kerültek ábrázolásra diagramok formájában. Ezen diagramok segítségével a vizsgált jellemzők változása a belépő forgalom függvényében szemléletes módon jelenik meg.

A 6. mellékletben található mátrixokból kiolvasható az eljutási idők változása az egyes belépő – kilépő pontok között a forgalomnagyság függvényében. Az eljutási idők változására példaként vizsgáljuk meg hogyan alakul az 1-es belépéstől a 4-es kilépésig való eljutási idő értéke a forgalom növekedésének hatására:

1 -> 4			
Belépő forgalomnagyság [Ej/h/belépés]	Belépő forgalomnagyság sávonként [Ej/h/belépő sáv]	Eljutási idő [s]	Eljutási idő növekedése [%]
1500	750	146,2	1,3
2000	1000	148,1	
2500	1250	150,7	1,8
3000	1500	164,1	8,9

1. táblázat: eljutási idők változása az 1-es belépés és a 4-es kilépés között ^[2]

Az adatokból jól látható, hogy az eljutási idő értékek növekedése ugrásszerű változást mutat 2500 és 3000 Ej/h/belépés forgalomnagyság értékek között, a forgalomnagyság további növekedésével az eljutási idők exponenciálisan fognak tovább fokozódni. A vizsgálatok során azt a forgalomnagyság értéket kívántuk meghatározni, ahol ez az exponenciális növekedés elkezdődik, hiszen ennél nagyobb forgalom esetén a csomóponti forgalomlebonylódás körülményei jelentősen romlanak, a csomópont instabil helyzetbe kerül. Tehát az eljutási idők vizsgálata is azt támasztja alá, hogy a körpálya kapacitásának maximuma közel 3000 Ej/h/belépés.

A 8. mellékletben szereplő sebesség eloszlási ábrák segítségével vizsgálható, hogy mely szakaszokon milyen átlagsebességgel haladnak a

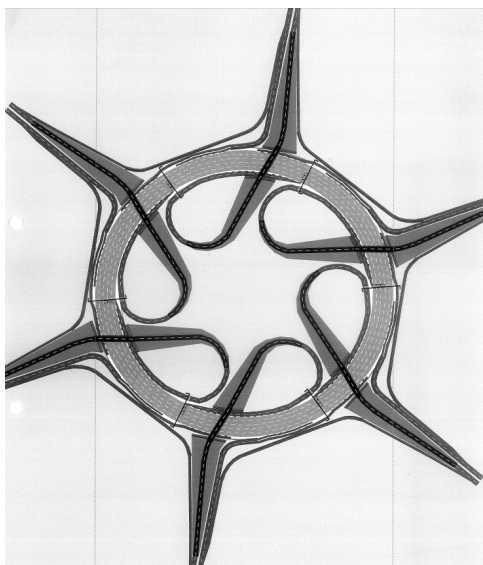
járművek, illetve az is látható, hogy ez az átlagsebesség hogyan változik a forgalom növekedésnek hatására. Problémák jellemezően a kihajtók előtt jelentkeznek, ahol a járművezetők akár megállás árán is igyekeznek elérni azt a kihajtót, amelyen el szeretnék hagyni a csomópontot. Ezáltal ezeken a helyeken az átlagsebesség értéke nagyobb mértékben csökken mint a körpálya más területein. Az ábrákból látszik, hogy 3000 Ej/h/belépés esetén már minden kihajtó előtt 20 – 25 km/h közé csökken az átlagsebesség, továbbá jelentősen nő azon területek mérete, ahol a járművezetők már nem tudják elérni a kívánt 50 km/h haladási sebességet.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A felülvizsgálat során az eredeti elgondolás szerinti csomópont felépítése a szimulációs futtatások segítségével szerzett tapasztalatok és a feltalálóval történt egyeztetések alapján kismértékben módosult. A legjelentősebb módosítás a sávok spirális vonalvezetése és a kihajtások három sávossá bővítése volt. Az átalakítások célja a forgalomlebonylódás javítása és a csomópont áteresztőképességének fokozása volt. A csomópont az eredeti elgondolásban megfogalmazott elveknek köszönhetően nagyon kedvező tulajdonságokkal rendelkezik közlekedésbiztonsági szempontból, hiszen az egyirányú sávváltások következtében a csomópont jelzésrendszere meglehetősen egyszerű, így a járművezetők a kihelyezett tájékoztató táblák és a felfestett útburkolati jelek segítségével időben felkészülhetnek a sávváltásokra. A csomópont kedvező forgalombiztonsági jellemzőit a szimulációs futtatások során szerzett tapasztalatok is alátámasztottak. Mindemellett a szoftver által szolgáltatott adatok alapján meghatározhatóvá vált az a maximális forgalomnagyság érték, amelynél a csomópont még „stabil” marad forgalomlebonylódás szempontjából, vagyis az esetlegesen fellépő torlódások rövid időn belül leépülnek és így nem „bénul” meg a teljes

csomópont. A kapott értékek alapján a csomópont maximális kapacitása 22.500 – 24.000 Ej/h. [2] Mindezek alapján kijelenthető, hogy a csomópont ezen kiépítésében képes az eredeti célkitűzés teljesítésére, vagyis valóban egy jelenleg meglévő „rét” fed le a különböző 5 vagy annál több ágú csomóponti kialakítások között. Ez a csomópont típus mind kapacitásában, mind pedig építési költségében az eddig megoldási lehetőséget kínáló dupla szintbeli kereszteződés és a többszintes hídrendszerek között helyezkedik el, kiváló közlekedésbiztonsági jellemzőkkel (9. melléklet). A csomópontnak egy valós helyszínen történő kiépítése során, az adott keresztezésre érvényes forgalmi viszonyokhoz illeszkedően a csomópont felépítése széles keretek között változhat. Bizonyos esetekben a csomópont szimmetriájának megbontása is elképzelhető, vagyis a különböző irányokból eltérő sávszámon történhet a belépés, illetve a kilépő ágak sávszáma, kivezetése (alul-felüljárók alkalmazásával), és a fonódási szakaszok hossza is változhat a fogalom függvényében. Ezáltal az alapelgondolás szerinti csomópont valóban képes lehet a valós forgalmi körülményekhez igazodóan, kedvező közlekedésbiztonsági mutatók mellett ellátni forgalomelosztó szerepét.

Mellékletek:



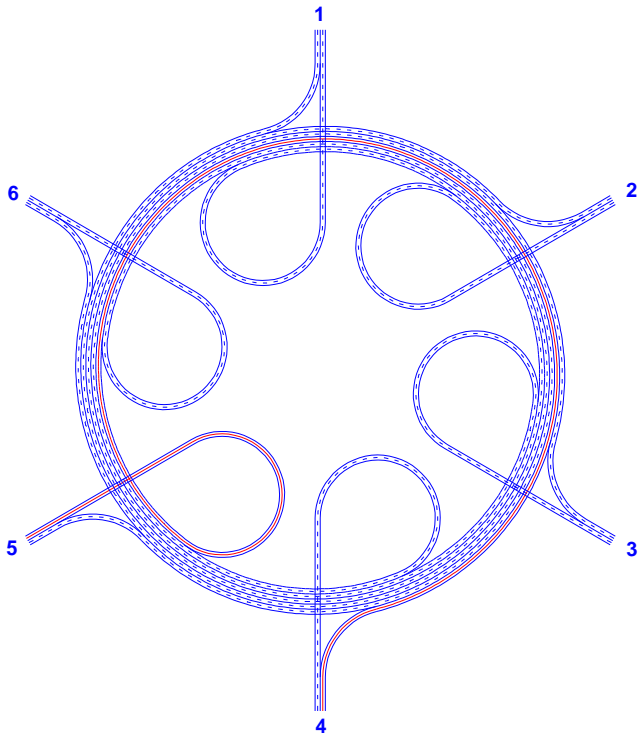
1. melléklet: használatbavételi minta szerinti forgalomelosztó műtárgy [1]

Forgalmi adatok:

Lépésköz	100
Min. forg.	100
Max. forg.	4000

Egy ágon belépő forgalom nagysága	Sűrűség	Sebesség	LOS
100	0,83	49,01	A
200	1,69	48,30	A
300	2,57	47,70	A
400	3,46	47,15	A
500	4,38	46,65	A
600	5,30	46,19	A
700	6,25	45,77	A
800	7,20	45,36	A
900	8,17	44,98	B
1000	9,15	44,63	B
1100	10,14	44,28	B
1200	11,15	43,96	B
1300	12,16	43,65	B
1400	13,19	43,35	B
1500	14,22	43,07	B
1600	15,27	42,79	C
1700	16,32	42,53	C
1800	17,39	42,28	C
1900	18,46	42,03	C
2000	19,54	41,79	C
2100	20,63	41,57	D
2200	21,73	41,35	D
2300	22,83	41,13	D
2400	23,95	40,92	E
2500	25,07	40,72	F
2600	26,20	40,53	F
2700	27,33	40,34	F
2800	28,48	40,15	F
2900	29,63	39,97	F
3000	30,78	39,80	F
3100	31,95	39,62	F
3200	33,12	39,46	F
3300	34,29	39,30	F
3400	35,47	39,14	F
3500	36,66	38,98	F
3600	37,86	38,83	F
3700	39,06	38,68	F
3800	40,26	38,54	F
3900	41,47	38,40	F
4000	42,69	38,26	F

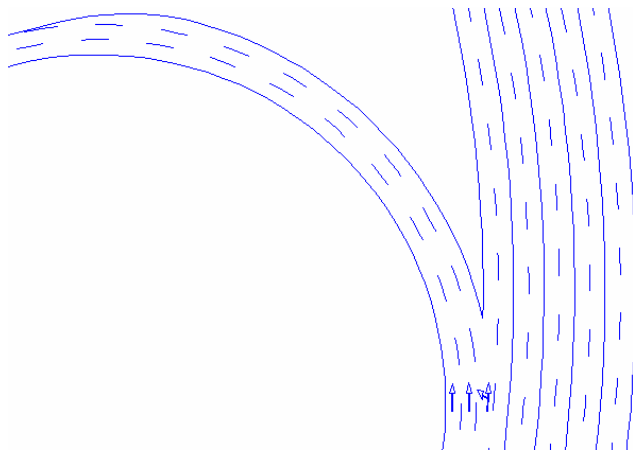
2. melléklet: fonódás számítás [2]



3. melléklet: átdolgozott csomóponti kialakítás (modellezett változat) ^[2]

Belépő forgalomnagyság [Ej/h]	1875	2500	3125	3750
Körforgalomba belépő forgalomnagysága áganként [Ej/h]	1500	2000	2500	3000
Körforgalomba belépő forgalomnagysága sávonként [Ej/h]	750	1000	1250	1500
Teljes forgalomnagyság [Ej/h]	11250	15000	18750	22500
Average speed [km/h]	52,544	51,841	50,905	48,913
Average delay time per vehicle [s]	5,664	8,357	12,322	21,463
Number of Stops	118	281	1007	3859
Average number of stops per vehicles	0,043	0,025	0,068	0,218
Average stopped delay per vehicle [s]	0,013	0,079	0,295	1,194

5. melléklet: a szimuláció során kapott eredmények összefoglalása ^[2]



4. melléklet: három sávós kihajtás (vázlat) ^[2]

1500 Ej/h/belépés (750 Ej/h/belépő sáv)						
	1	2	3	4	5	6
1	0	196,3	174,5	146,2	128,1	0
2	0	0	196,3	168,8	150,4	132,7
3	129,2	0	0	193,8	175,2	158,6
4	144,4	121	0	0	192,9	175,1
5	172,7	149,7	131,5	0	0	202,4
6	200	178,3	158,6	129,6	0	0

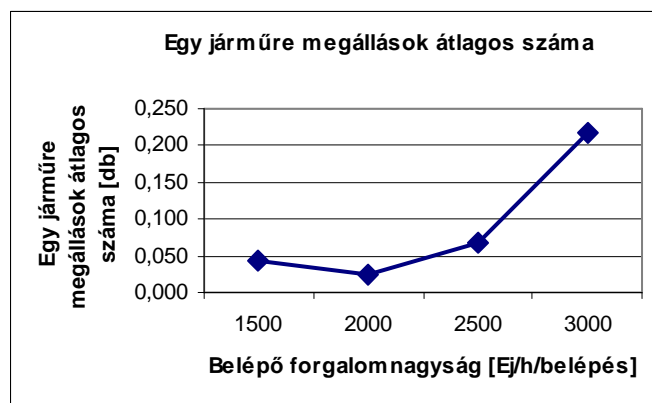
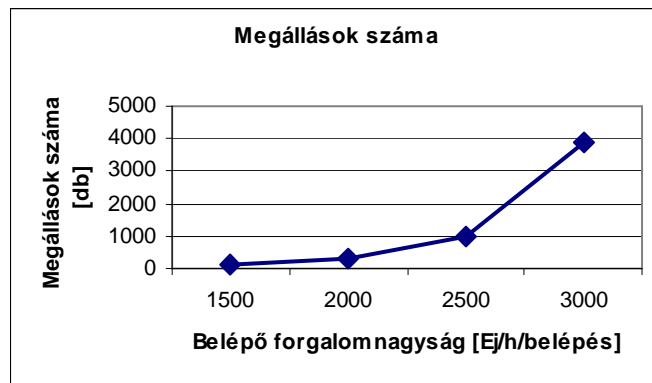
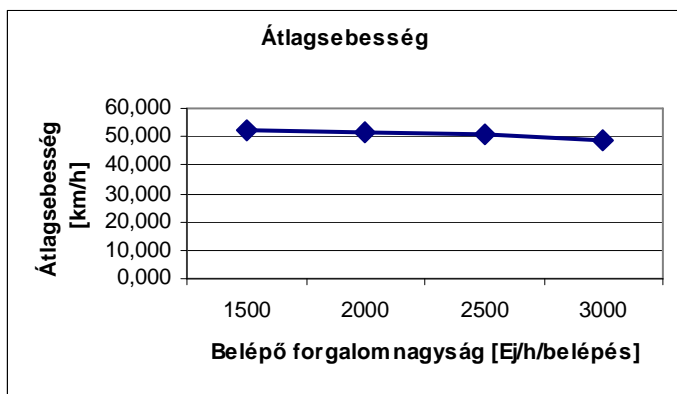
2000 Ej/h/belépés (1000 Ej/h/belépő sáv)						
	1	2	3	4	5	6
1	0	197,7	176,7	148,1	129,9	0
2	0	0	199,1	170,7	152,9	134,7
3	131,5	0	0	196	177,1	161
4	146,3	123,2	0	0	195,4	177,3
5	175,1	151,9	133,1	0	0	204,1
6	203,4	180,8	161,2	132,2	0	0

2500 Ej/h/belépés (1250 Ej/h/belépő sáv)						
	1	2	3	4	5	6
1	0	202,4	180,3	150,7	132,7	0
2	0	0	203	174,2	155,4	138,1
3	134,3	0	0	200	180,6	163,8
4	149,5	126,5	0	0	199,2	180,4
5	178,8	155,4	136,4	0	0	208,8
6	207	184,5	164,6	135,8	0	0

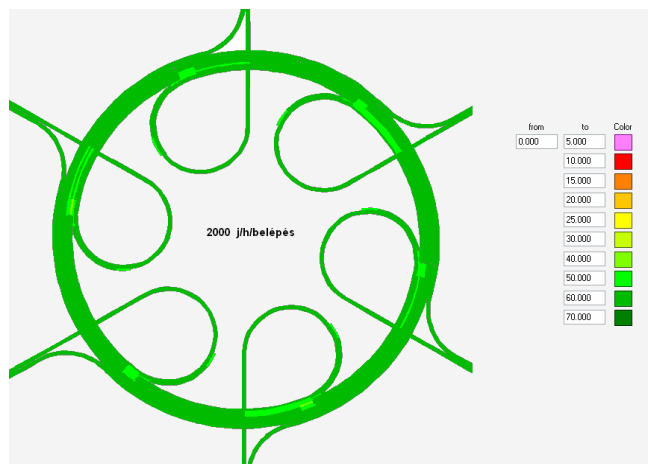
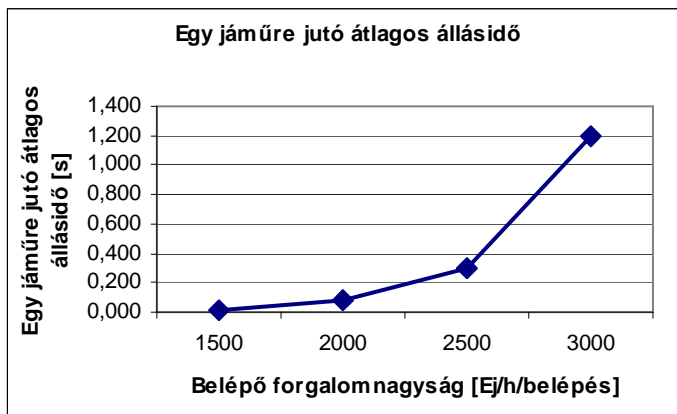
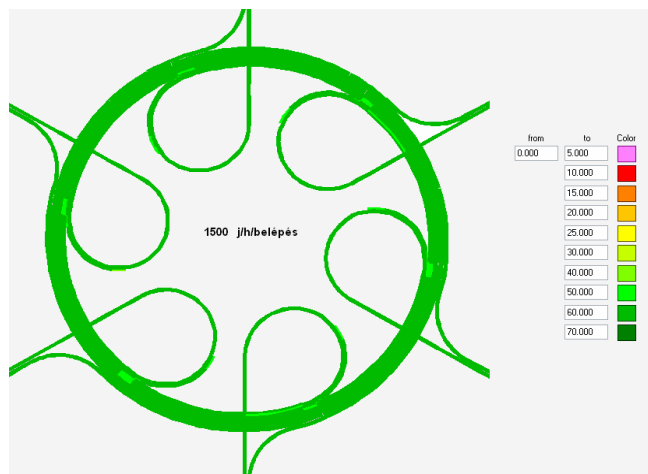
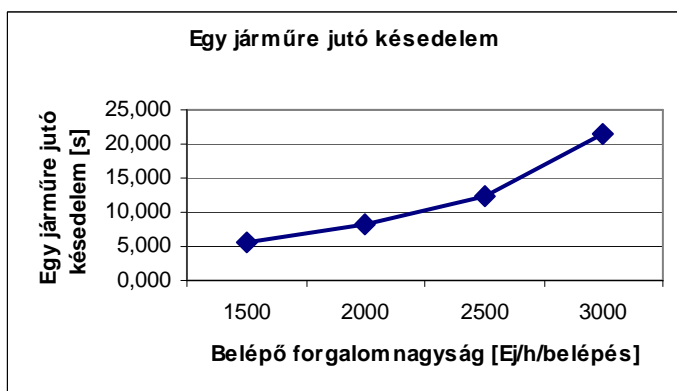
3000 Ej/h/belépés (1500 Ej/h/belépő sáv)						
	1	2	3	4	5	6
1	0	217,8	197,6	164,1	140,2	0
2	0	0	220,9	183,5	161,1	143,3
3	138	0	0	211,9	187,4	167,9
4	154,8	133,3	0	0	205,9	185,8
5	187	161,6	142,1	0	0	217,7
6	218,6	193,7	173,8	146,2	0	0

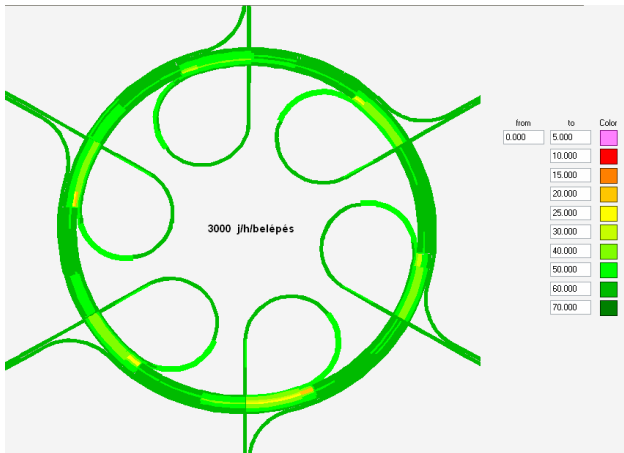
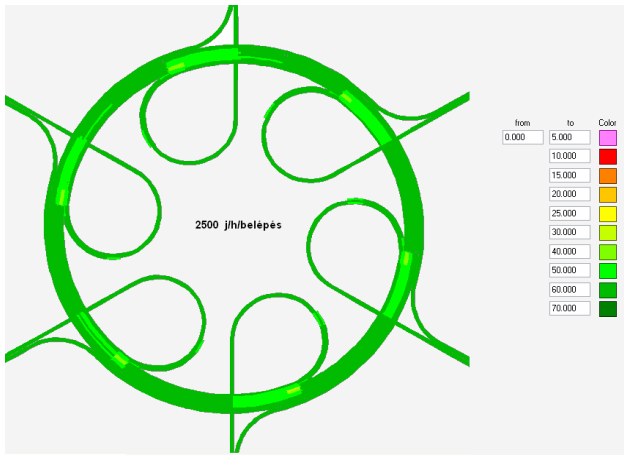
megj.: minden eljutási idő érték dimenziója [s]

6. melléklet: eljutási idők alakulás a hálózaton ^[2]



7. melléklet: diagramok ^[2]





8. melléklet: sebesség eloszlások [2]

Irodalomjegyzék

[1] Somfai József, Berkes Koppány:
 Forgalmelosztó műtárgy közötti csomópontokba kapcsolódó útpályák forgalmi torlódásoktól való mentesítésének elősegítésére, Budapest, 2007. 08.15.

[2] Dr. Tóth János, Dr. Kisgyörgy Lajos, Schvanner Norbert:
 A használatbavételi minta szerinti örvény körforgalom kialakításának közlekedési szempontból történő felülvizsgálata, Budapest, 2008. 01.15.

Színek jelentése:	Jó	Elhúzott keresztvezetés (két szintbeli csomópont)	Örvény körforgalom	Többszintű csomópont rendszer
	Közepes			
	Rossz			
Beruházási költségek	Alacsony	Közepes	Magas	
Terület igény	Közepes	Közepes	Magas	
A szomszédos területek hasznosíthatósága	Közepes	Jó	Rossz	
Kapacitás	Közepes	Magas	Magas	
Jelzésrendszer áttekinthetősége	Közepes	Jó	Közepes	
Vezetői stressz	Közepes	Alacsony	Közepes	
Konfliktuspontok száma	Közepes	Kevés	Kevés	
Baleseti kockázat	Közepes	Alacsony	Alacsony	
Forgalmi torlódás kockázata baleset esetén	Közepes	Alacsony	Közepes	
Forgalmi torlódás kialakulásának kockázata	Közepes	Alacsony	Alacsony	

9. melléklet: összehasonlító táblázat [2]