

# A hazai körforgalmak teljesítőképességének vizsgálata

Dr. Maklári Jenő  
Közlekedés Kft.  
1052 Budapest, Bécsi u. 5.  
ft@kozlekedes.hu

## 1. Bevezetés

Az első „újkori” hazai körforgalom 1990-ben Tompán létesült. Ezt egy viszonylag óvatos időszak követte évi 2–5 új körforgalommal, mely végül is a bizalom megerősödését eredményezte az új csomópontfajtaival szemben. A lendületes fejlődés a 90-es évek végén indult meg, évi átlagban mintegy 30 új csomóponttal. A legtermékenyebb év 2002 volt, amikor 53 körforgalmú csomópont készült el. Számuk 2005-ben már túllépte a 300-at. Ezen csomópontok túlnyomó többsége egysávos körforgalom. Kétsávos változatuk száma alig haladja meg az egy tucatot.

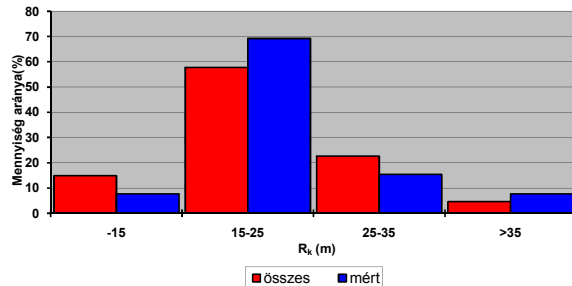
Az elmúlt másfél évtizedben a körforgalom általános hazai elterjedésének köszönhetően jelentősen megnőtt a járművezetők gyakorlottsági szintje a benne való közlekedésben, ami nagy mértékben befolyásolja a csomópont teljesítőképességi jellemzőit.

Az első hazai irányelv kapacitásszámítási módszerének kidolgozása idején még igen alacsony volt a hazai körforgalmak száma, a járművezetők a benne való közlekedési gyakorlottság igen alacsony szintjén álltak és – ami a számítási paraméterek meghatározása szempontjából elsőrendű fontosságú – a csomópontok bejáratí ágain nem alakult még ki megfelelő számú és időtartamú telített, illetve túltelített időszak. A 2000-ben végrehajtott ellenőrző mérési sorozat idején [1] már lényegesen kedvezőbbek voltak az adottságok. 729 mérési intervallumban (több mint 12 óra) közel 24 ezer E nagyságú forgalom (körpálya+belépők+kilépők) felvételére volt lehetőség, bár a vizsgálat mindössze hat torkolat forgalmára terjedt ki. A felvételi anyag kiértékelése után nyilvánvalóvá vált, hogy a korábban kiadott és érvényben lévő tervezési irányelv kapacitásszámításánál alapul szolgáló feltételek, összefüggések és paraméterek számos vonatkozásban eltérnek a tényleges helyzettől, és már nem tükrözik, illetve nem írják le a forgalmi folyamatokat. Mivel az [1] vizsgálatot követően nem került sor az irányelv, illetve a kapacitásszámítási módszer módosítására, a közben eltelt újabb 5 év változásainak a követése, illetve figyelembe vehetősége érdekében egy második, a korábbinál is kiterjedtebb forgalmi vizsgálatra került sor [2] az aktuális teljesítőképességi jellemzők megismerése érdekében. Ennek eredményeit foglaljuk össze ebben az előadásban.

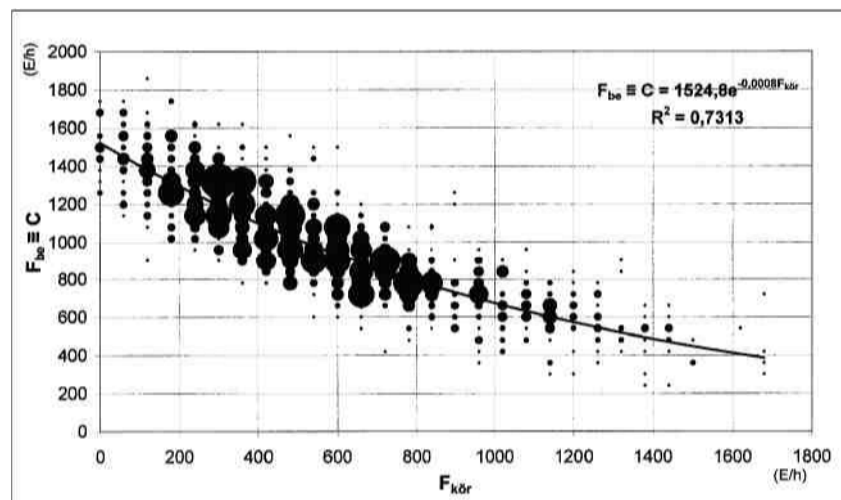
## 2. A választott vizsgálati módszer. A mérések főbb jellemzőinek az összefoglalása

A választott vizsgálati módszer azonos volt a 2000-ben alkalmazottal, azaz az ún. angol módszer, mely tapasztalati úton előállított regressziós összefüggésekkel írja le, illetve vizsgálja a belépő torkolatok teljesítőképességét. Nagy előnye – számos egyéb kedvező jellemzője mellett (összehasonlítási lehetőség, nemzetközi elterjedtség, paraméterek módosításával a változások követése, egyszerűség stb.) – hogy számos egyéb befolyásoló tényező vizsgálatát is lehetővé teszi. Alkalmazásához rövid idő-intervallumokban (1 perc) meg kell számolni az egyes torkolatokon behaladó ( $F_{BE}$ ), kihaladó ( $F_{KI}$ ) és a torkolat előtt a körpályán elhaladó ( $F_{KÖR}$ ) forgalom nagyságát. A vizsgálatához csak azok a mérési intervallumok használhatók fel, amelyek alatt a belépő torkolati ágon folyamatos torlódásos állapot áll fenn. A megszámlált értékekből 60-nal való felszorzással óras intenzitású adatok állíthatók elő, melyek regressziós vizsgálattal elemezhetők. Ennek során meghatározhatók a pontpárok – vagy ponthármasok – kapcsolatának szorossága, valamint a kapcsolatot kifejező függvény.

A méréseket 2005. szeptember 9. és 2006. június 9. között végezték. Ennek során 17 csomópont 26 torkolati ágán 1292 mérési intervallumban közel 60 ezer egységjárműnyi forgalom felvételére került sor. (Lásd az I. és III. táblázatot) Ezek közül 7 mérési sorozatot kétsávós körforgalmakban végeztek (4 csomópont). Ez a felvételi anyag nagyobb, mint az 1999-es svájci és sokkal nagyobb, mint a 2004-es németországi vizsgálat felvételi anyaga.



1. ábra. A hazai egysávós körforgalmak és a vizsgált körforgalmak méret ( $R_k$ ) szerinti eloszlása



2. ábra. A belépő forgalom ( $F_{be}$ ) alakulása a körpálya forgalmának ( $F_{kör}$ ) függvényében. Egysávós körforgalmak egysávós belépéssel 1/1 – Összesítés

A jelenlegi vizsgálat a körforgalmak igen széles körét fedi le, mind méret, mind geometriai kialakítás és forgalmi terhelés vonatkozásában. Ez a minta már sokkal megbízhatóbban mutatja a hazai körforgalmak forgalmi, forgalomlebonyolódási jellemzőit, mint a korábbi vizsgálati minta. (lásd az 1. ábrát)

A kétsávós körforgalmak mérhetőségét illetően pillanatnyilag kedvezőtlenek az adottságok, melynek több oka is van:

- igen kevés a kétsávós körforgalom,
- ez a kevés csomópont is kialakítás szempontjából több kategóriát alkot, tehát vizsgálati szempontból még tovább lenne osztandó,
- megfelelő kapacitás-kihasználtságú időszakok, mely alatt a belépéseknél – de azok közül legalább egy torkolatban – mindkét sávon oszlopképződés alakul ki, csak igen ritkán és rövid ideig fordulnak elő,

- ahol – igen kevés helyen (pl. Érden a 6-os és 7-es főutak kereszteződésében) – kialakulnak torlódó járműoszlopok, ott a csomóponton belül, a körpályán és a kijáratoknál – a zavaros, kaotikus, kanalizálatlan forgalomlebonylódás egy folyamatos, balesetveszélyes állapotot okoz, ami így teljesítőképességi vizsgálatokhoz nem képez elfogadható alap.

Összegezve megállapítható, hogy jelenleg nem működik Magyarországon nagy forgalom folyamatos és biztonságos lebonyolítására alkalmas, többsávos körforgalom – szemben az egysávos körforgalmakkal –, mely megfelelő alapot szolgáltatna teljesítőképességi vizsgálatokhoz.

### 3. A mérési adatok feldolgozása és kiértékelése

#### 3.1. Egysávos körforgalmak

A vizsgálat fő célja a mérési eredmények alapján a teljesítőképességi és a geometriai jellemzők olyan összefüggéseinek a feltárása volt, melyek alapján előállítható az egyedi jellemző kezelésére is alkalmas kapacitászámítási formula. Az elemzést ezért a teljes mérési minta anyagából kiindulva az egyedi jellemzők hatásainak vizsgálatáig vezettük. A mérések főbb jellemzőit az I. táblázatban foglaltuk össze.

A teljes mérési anyagot (922 mérési intervallum) bemutató 2. ábra olyan ponthalmazt ábrázol, melynek „természete”, kiterjedésének jellege exponenciális kapcsolatra utal. Ezt erősíti meg a ponthalmazra illeszkedő regressziós függvény magas korrelációs együtthatója ( $R=0,8552$ ) is. Alig marad el ettől a lineáris közelítés korreláció együtthatója ( $R=0,844$ ). Igen értékes információhoz jutottunk a 6 évvel ezelőtti mérési sorozat [1] eredményeivel való összehasonlítás során. Az azóta eltelt időszakban a teljesítőképesség változását legjellegzetesebben a teljes mérési anyagra illeszkedő regressziós függvények jelzik.

$$F_{BE} = 1432,2 - 0,7329 \cdot F_{KÖR} \quad R = 0,844$$

$$F_{BE} = 1524,8 \cdot e^{-0,0008 \cdot F_{KÖR}} \quad R = 0,855$$

A 2000-es vizsgálat idején ugyanezek a függvények a következők voltak:

$$F_{BE} = 1347,8 - 0,6981 \cdot F_{KÖR} \quad R = 0,8366$$

$$F_{BE} = 1464,5 \cdot e^{-0,000823 \cdot F_{KÖR}} \quad R = 0,855$$

## I. táblázat

### A mérések főbb jellemzőinek összefoglalása (Egysávos körforgalmak)

Sorsz.	Helyszín (csomópont)	Csomóponti ág	Időpont	mérési intervallumok száma	Mért forgalom (E)		
					körpálya	kilépő	belépő
1.	Győr, 82. sz. út, Szauter	vasút felől	2005.09.09.- 15:35	37	370	544	557
2.	Győr, 82. sz. út, Szauter	Belváros felől	2005.09.09.- 15:59	43	729	372	444
3.	Fóti I.	déli ág	2005.09.16, 30 és 10.17-18.	61	567	507	1072
4.	Biatorbágyi 5 ágú kör	Győr felől	2005.09.19. és 28.	41	621	332	565
5.	Biatorbágyi 5 ágú kör	Biatorbágy felől	2005.09.19	52	1001	333	629
6.	Budaörs, Sport u.	M1-M7 felől	2005.09.19.-8:42	20	51	195	461
7.	Tata	Győr felől	2005.09.28. - 16:09	29	243	245	418
8.	Kecskemét 52. sz. út, uszoda	centrum felől	2005.09.29. - 16:41	45	154	666	956
9.	Bp., Méta u.	M5 felől	2005.10.06 és 10.26.	75	536	1109	1435
10.	Győr 82. sz. út, József A. u.	centrum felől	2005.10.07. és 10.14	56	403	666	969
11.	Székesfehérvár 8. sz. úti kör	centrum felől	2005.10.12	46	633	451	664
12.	Székesfehérvár 8. sz. úti kör	Veszprém felől	2005.10.13	33	223	284	663
13.	Hatvan	Bp. felől	2005.10.20.- 16:43	72	259	1073	1432
14.	Érd	vasút felől	2005.10.21.- 17:35	40	511	304	528
15.	Budapest, Pasaréti tér	centrum felől	2005.10.24.- 16:53	43	583	417	499
16.	Budapest, Pasaréti tér	Kelemen u.	2005.11.07 16:43	46	420	355	762
17.	Budapest, Pasaréti tér	Kapy u. felől	2005.11.08	65	676	914	903
18.	Budapest, Pasaréti tér	Külső Pas. út	2006.10.05	18	256	63	231
19.	Bp., Nagykörösi út (Citroen)	Nagykörösi út	2005.11.09	82	421	630	1894
20.	Bp., Nagykörösi út (Citroen)	Hofherr Albert	2005.11.09	18	212	186	288
Összesen:				922	8869	9646	15370

## II. táblázat

### A mérések főbb jellemzőinek összefoglalása (Kétsávos körforgalmak)

Sorsz.	Helyszín (csomópont)	Csomóponti ág	Időpont	Belépő sávszám	mérés (db)	Mért forgalom (E)		
						körpálya	kilépő	belépő
1.	Budakalász, CORA	CORA felől 1.	2004.12.20-23.		67	777	630	794
2.	Budakalász, CORA	CORA felől 2.	2004.12.20-23.		22	1961	164	180
3.	Budakalász, CORA	CORA felől 3.	2004.12.20-23.		47	832	636	777
4.	Budaörs Auchan	észak felől	2005.09.26. és 2005.10.07.		57	620	-	1051
5.	Veszprém 82. sz. út	TESCO felől 1.	2005.10.14.- 16:25 és 10.28.		61	1134	694	632
6.	Veszprém 82. sz. út	TESCO felől 2.	2005.10.14.- 16:25 és 10.28.		12	1059	651	651
7.	Veszprém 82. sz. út	Bp. felől	2005.10.28	2	22	483	867	1167
8.	Érd 6.sz. út - 7.sz. út	Érd centrum felől	2006.06.09	2	39	1385	597	1094
9.	Érd 6.sz. út - 7.sz. út	Déli ág	2006.06.09	2	27	1084	1120	1107
10.	Érd 6.sz. út - 7.sz. út	Duna felőli ág	2006.06.09	2	10	882	1014	1392
Összesen:					364	10217	6373	8845

A belépő teljesítőképesség  $F_{KÖR} = \emptyset$ -nál 75 ill. 60 E/h-val megnőtt. Hasonló eredményt kapunk, ha a körpálya külső sugarának hatását vizsgáljuk a teljesítőképessége, pontosabban a nullponti belépési forgalomnagyságra (lásd még a [6]-ban).

Megvizsgáltuk, hogy a rendelkezésre álló hazai és külföldi kapacitászámítási módszerek között van-e olyan, mely a mérési sorozat eredményeivel való összehasonlítás alapján – elfogadható hibahatáron belül maradva – megfelel.

Ezek a számítási módszerek a következők voltak:

- a jelenleg érvényes Útügyi műszaki előírás (ÚT 2-1.206.2001) kapacitászámítási módszere,
- a 2000-es mérési sorozat [1] alapján készült (VILATI) számítási javaslat,
- ugyanennek módosított változata, mely az „A” tényezőt az új mérési eredmények alapján határozza meg,
- a német HBS 2001 [3] egyszerűsített formulája [4] magyar paraméterekkel

$$G = C = 3600 \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

ahol

- |                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| G – a torkolat alapkapacitása (C)    | [E/h] |
| – $q_k$ forgalomnagyság a körpályán  | [E/h] |
| – $t_g$ határidőköz                  | [s]   |
| – $t_f$ követési időköz              | [s]   |
| – $n_e$ a torkolat (belépő) sávszáma | [-]   |

$$t_g = 4,06 \text{ s}$$

$$t_f = 2,36$$

- a SETRA (1998) számítási módszere (lásd az [5]-ben)
- a Cetur-formula
- a Bovy-formula (ETH Lausanne 1991)

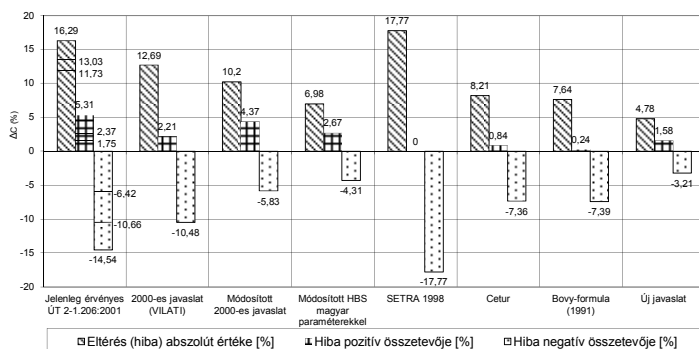
Az 5. ábra pedig módszerenként összegezve mutatja az egyes számítási eljárások átlagos hibáját, és a módszerek megfeleléségi sorrendjét is segít meghatározni. A hibát – mely nem más, mint a mért és számított teljesítőképesség különbsége – mind pozitív és negatív részre bontva, mind pedig abszolút értékben ( a kettő előjel nélküli összege) is mutatja.

A 7 vizsgált számítási módszer közül a két kiemelkedően legrosszabb eredményt a jelenleg érvényes UME (ÚT 2-1.206.2001) és a SETRA (1998) formulája adja 16, illetve 18% körüli hibával. Mindkét hiba negatív előjelű miként az összes mérésnél is az alábecslés dominál. Ez is egyértelműen mutatja az elmúlt években a körforgalom megismerésében és használatában bekövetkezett hazai fejlődés hatását a teljesítőképességre. Megerősítik ezt a 2000-es mérési sorozat [1] alapján készült, majd ennek módosításával előállított kifejezések 10%-ot meghaladó alulbecslései.

A Cetur és a Bovy formula – melyek többsávos körök esetén is használhatók – 8% körüli eltérést adott. A legkedvezőbb (7% alatti hibával) eredményt a HBS 2001 egyszerűsített kifejezése adta, magyarországi paraméterek alkalmazása esetén. A továbbiak szempontjából a legtöbb figyelmet – ez utóbbi módszer mellett – a jelenleg érvényes hazai számítási módszer érdemi. A vele kapcsolatos problémák:

- túlzott mértékű a körpálya külső sugara ( $R_k$ ) hatásának figyelembe vétele. Méréseink szerint a sugár közvetlen kapacitásbefolyásoló hatása (lásd a [6]-ot) igen csekély.
- szemben az ismertebb európai számítási módszerekkel, nem E/h, hanem j/h értéket használ. Ez bizonytalanra teszi a kapott eredmények értelmezését.
- nem veszi figyelembe a kilépő forgalom ( $F_{KI}$ ) és az elválasztósziget fejszélességének hatását.
- igen kemény és átmenet nélküli lépcső mutatkozik a külső és a lakott területekhez tartozó paraméterek között. További probléma, hogy a csomópontok jelentős része köztes területen fekszik.

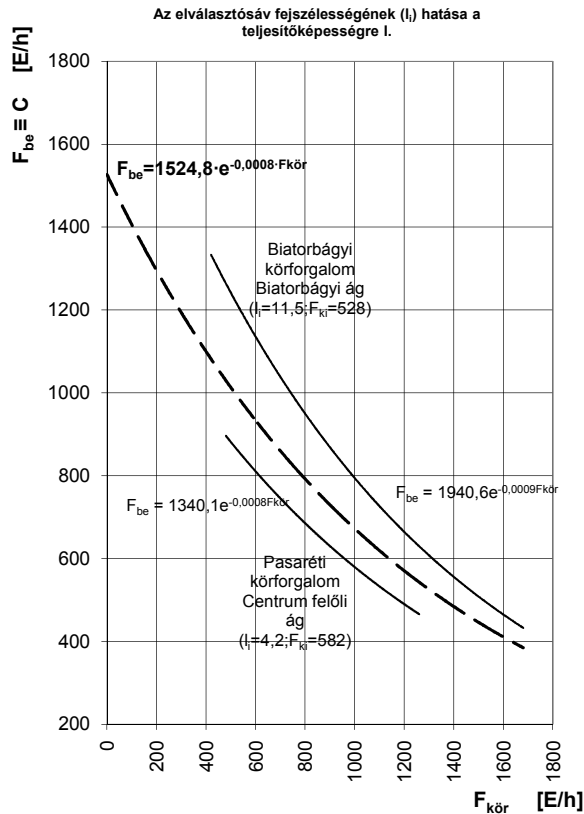
A megfelelő kapacitászámítási módszer kidolgozása szempontjából figyelemre méltó az egyszerűsített HBS kifejezés magyar paraméterekkel való alkalmazásának igen kedvező, 7% alatti hibája. Ez a kifejezés valójában nem más, mint a teljes mérési mintára illeszkedő exponenciális regressziós függvény, és a hiba pedig az egyes mérések ettől való eltéréseinek átlaga. Mindez egy olyan méretezésnek felel meg, melynek során csak egyetlen forgalmi jellemzőt, a körpálya forgalmát ( $F_{KÖR}$ ) veszik figyelembe, és minden további forgalmi, valamint az összes geometriai jellemzőt figyelmen kívül hagyják. Meggyőződésünk, hogy kellően megbízható számítási módszer ezeket a tényezőket nem hagyhatja ki a számításból.



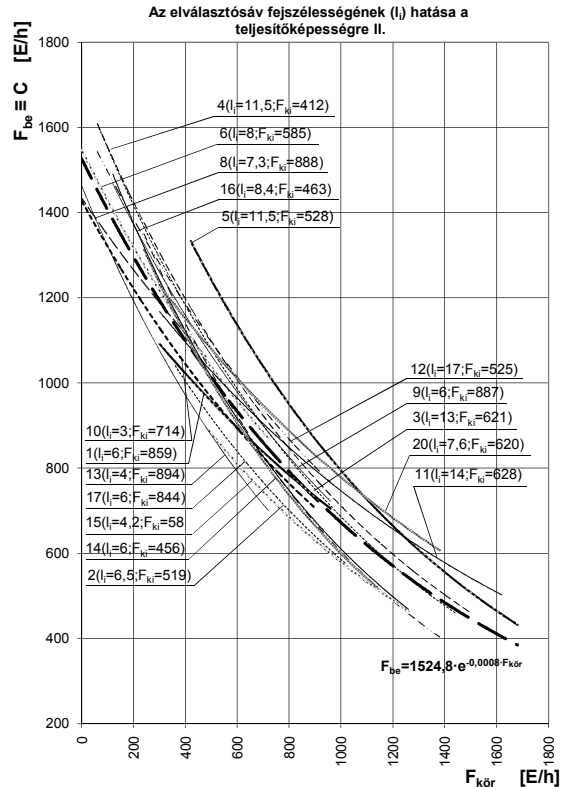
5. ábra. Számítási módszerek megfelelése.  
Egysávos körforgalmak (összegzés)

#### A teljesítőképességet befolyásoló geometriai és forgalmi jellemzők

- A körpálya mérete, melyet a külső sugár ( $R_K$ ) jellemez, közvetlenül csak csekély mértékben (3–4%) befolyásolja a teljesítőképességet. Számszerű figyelembe vétele a számításokban nem szükséges.
- A kilépő forgalom – melyet számos európai kapacitászámítási módszer is figyelembe vesz – számot-tevően befolyásolja a belépő forgalom nagyságát. Hatása az **elválasztósáv fejsszélességén** ( $l_i$ ) keresztül érvényesül. A vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy 7,0 méternél kisebb fejsszélesség esetén az átlagérték alatti, a fölött pedig azt meghaladó kapacitásértékek mérhetők. Ezt mutatja be a 6. ábra, ahol az átlagértéknek a teljes felvételi anyag regressziós függvénye felel meg, az egyes torkolati méréseket, pontosabban az azokat jellemző regressziós függvényeket - eltérő  $l_i$  és közel azonos  $F_{KI}$  értékekkel - pedig a két vékony vonallal ábrázolt görbe képviseli. Az eltérés az átlag vagy alapgörbétől ( $\Delta C$ ) számottevő.



6. ábra. Az elválasztósváv fejzsélésségének ( $l_i$ ) hatása a teljesítőképességre I.



7. ábra. Az elválasztósváv fejzsélésségének ( $l_i$ ) hatása a teljesítőképességre II

Ugyanezt a teljes felvételi anyagra kiterjesztve a 7. ábra mutatja. (A görbék a mérési sorozatok sorszámaival azonosíthatók.) Az elválasztósváv fejzsélésségének a teljesítőképességre gyakorolt hatása vizsgálatából a kilépő forgalom nagysága ( $F_{ki}$ ) nem hagyható ki. Az átlagtól való eltérés ( $\Delta C$ ) - mint teljesítőképesség különbség -  $F_{ki}$  szerinti fajlagos értékének

$$\Delta C' = \frac{\Delta C}{F_{ki}} \cdot 1000$$

és az elválasztósváv fejzsélésségének ( $l_i$ ) kapcsolatát a 8. ábra mutatja be. Az  $R = 0,7036$ -os korrelációs együttható tényleges kapcsolatra utal. A regressziós egyenes 7,05 m-nél metszi a vízszintes tengelyt. Ez az a fejzsélésség, amely a teljesítőképesség átlagértékének felel meg. Az  $l_i$  teljesítőképesség módosító hatását a

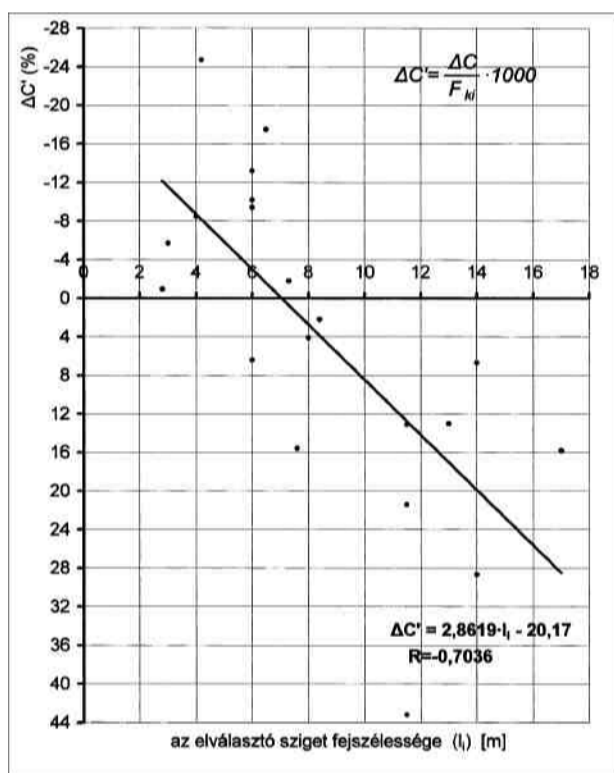
$$\Delta C' = 2,8619 \cdot l_i - 20,17$$

kifejezés mutatja, mely alapvető fontosságú a kapacitászámítási összefüggés szempontjából. A kifejezés érvényessége a mérési minta terjedelméből fakadóan  $l_i = 18,0$  méterig terjed.

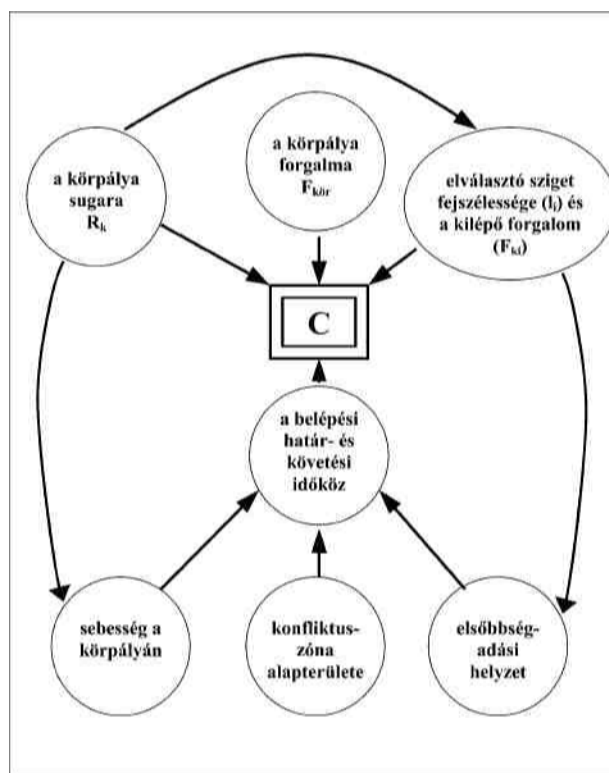
- A teljesítőképesség nagysága szoros kapcsolatban van az átlagos belépési határ -, ( $t_g$ ) és követési időközzel ( $t_f$ ). Ezek nagyságát elsődlegesen a következők befolyásolják:

- a körpályán haladó forgalom sebessége,
- a konfliktuszóna alapterülete és
- az elsőbbségadasi helyzet (áttekinthetősége, egyszerűsége stb.)

E teljesítőképesség-befolyásoló tényezőket és egymással kapcsolatos viszonyukat a 9. ábra mutatja be. A belépő járműforgalom nagyságát ( $F_{BE} = C$ ) elsődlegesen és döntő mértékben a körpályán haladó forgalom nagysága ( $F_{KÖR}$ ) befolyásolja. A körpálya mérete ellentétes hatású jellemzőkkel van kapcsolatban. A körpálya sugarának növelésével nagy valószínűséggel együtt jár az elválasztó sziget(ek) fejszélességének növekedése is, ami előnyös a teljesítőképesség szempontjából.



8. ábra.  $\Delta C$  értéke az elválasztó sziget fejszélességének ( $l$ ) a függvényében



9. ábra. A teljesítőképességet befolyásoló tényezők

Ugyanakkor viszont a körpálya forgalma sebességét is növeli, ami viszont a határ és követési időközök növekedésével csökkenti a teljesítőképességet.

Az elválasztósziget fejszélességének növelésével nemcsak a kilépő forgalom ( $F_{KI}$ ) zavaró hatása csökken, hanem az elsőbbségadási helyzet is tisztul, egyszerűsödik.

A belépő forgalom számára előnyös a minél kisebb és egyértelmű elsőbbségadási helyzetet biztosító konfliktus zóna. E tényezők figyelembevételének nemcsak a teljesítőképesség meghatározása során van jelentősége, hanem a csomópont biztonságos geometriai kialakítása során is.

### 3.2. Kétsávos körforgalmak

A kétsávos körforgalmak teljesítőképességi összefüggéseinek a keresése során számos – részben az egysávos körforgalmak 10 évvel ezelőtti vizsgálatához hasonló – nehézséggel kerültünk szembe. Ezek

- az igen kevés vizsgálható (hazai) többsávos körforgalom,
- a megfelelő forgalmi terhelési időszakok hiánya,
- a többféle eltérő kialakítás (1 vagy 2 sávos kilépés),
- a méretezési kiindulási feltételként el nem fogadható zavaros, balesetveszélyes forgalomlebonyolódás.

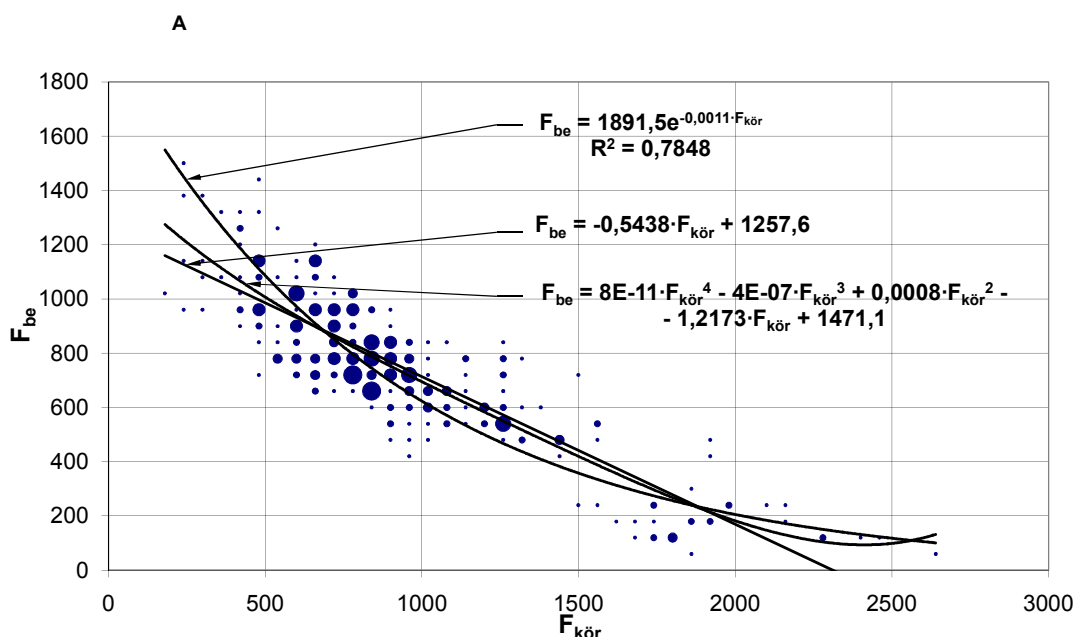
Végül összesen 4 helyszín 10 mérési sorozatából sikerült statisztikailag meggyőző mennyiségű adatot összegyűjteni. A 364 egyperces mérési intervallumban – az összesítésben több mint 6 óra mérés során – mintegy 25 ezer E nagyságú forgalom ( $F_{KÖR} + F_{BE} + F_{KI}$ ) rögzítésére került sor. (Lásd a II. táblázatot) Nem volt szükséges, szemben a hasonló németországi méréssel [7], a mérés során a mérési intervallumnak – a kis forgalom, illetve túl rövid idejű túlterhelési időszakok miatti – kényszerű



rövidítésére. A német vizsgálatban 30 másodperces számlálási intervallumokat alkalmaztak, ami még tovább növelte az amúgy is nagy szórást. (Bővebben lásd a [6]-ban.)

Egysávos belépést (2/1) 6, kétsávos belépést (2/2) 4 mérési sorozatban vizsgáltunk. Az eredményeket is ezen kategóriákban értékeltük. Logikus lett volna további kategóriák alkalmazása (pld. kilépő sávszám figyelembevétele stb.), ez azonban még tovább csökkentette volna az egyes kategóriák– így sem túl sok – méréseinek számát. Valamennyi vizsgált kétsávos körforgalom koncentrikus sávvezetésű volt.

Az egysávos belépések mérési eredményeit (összesítve) a 10. ábra mutatja. A pontthalmaz belső összefüggésére háromféle közelítést alkalmaztunk. A lineáris regressziós egyenes tengelymetszete túl alacsonyra (1257,6 E/h), az exponenciális pedig – tekintve, hogy a legmagasabb mért forgalom 1500 E/h körüli volt – megalapozatlanul magasra (1891,5 E/h) adódott. A reális – vagy a körüli – értéket a polinomiális függvény mutatja, 1471,1 E/h-val. A három görbe tengelymetszetének átlaga 1540 E/h, ami alig magasabb érték mint az egysávos körök nullponti teljesítőképessége (1525 E/h).



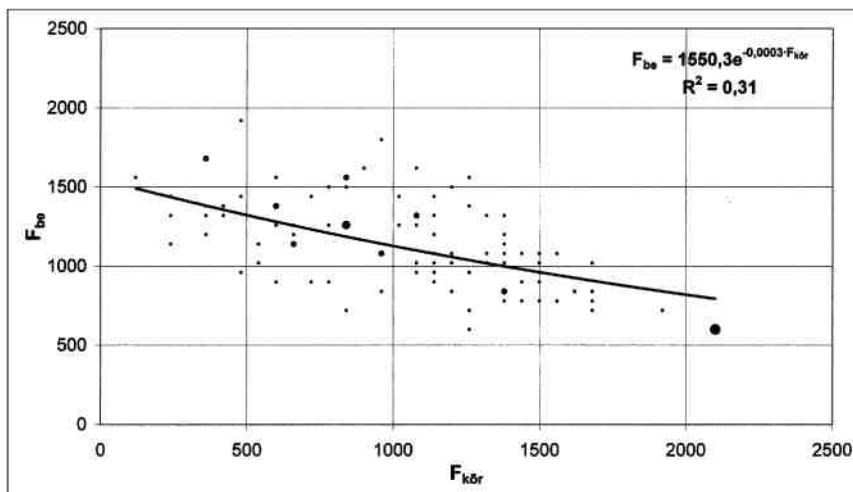
10. ábra. A belépő forgalom ( $F_{be}$ ) alakulása a körpálya forgalmának ( $F_{kör}$ ) függvényében. Kétsávos körforgalmak egysávos belépéssel 2/1 – Összesítés

A 2/1-es kiépítés polinomiális közelítését és az 1/1-es kiépítést jellemző (exponenciális) görbét tekintve (lásd az [5]-t) megállapítható, hogy azok szinte teljesen azonosak, csaknem fedésben vannak, és az eltérő szakaszokon az 1/1-es görbe fekszik magasabban. Mindebből az a fontos következtetés vonható le, hogy **ilyen típusú (2/1) csomópontot**, mely teljesítőképességben nem – vagy csak alig – nyújt többet, mint az egysávos körforgalom, viszont forgalombiztonsági szempontból bonyodalmakat okoz, **nem célszerű** létesíteni.

A mérési eredmények – az egysávos köröknél említett összefüggést megtartva – szoros korrelációt mutató frakciókra bonthatók aszerint is, hogy a belépő torkolat előtt lassan vagy gyorsan halad-e el a forgalom. A „lassú” torkolatok kapacitása – kisebb mértékben – meghaladja az egysávos körforgalom kapacitását, míg a „gyors” torkolatoké nem éri el azt.

A 2/2-es kiépítés felvételi anyaga csak igen laza, gyenge kapcsolatot mutat ki a körpálya forgalomnagysága és a belépő forgalom között ( $R^2 = 0,31$ ). A kapcsolatot jellemző exponenciális görbe igen közel áll az egyeneshez és viszonylag alacsonyan metszi a függőleges tengelyt (lásd a 11. ábrát).

$$F_{BE} \equiv C = 1550,3 \cdot e^{-0,0003 \cdot F_{KÖR}}$$



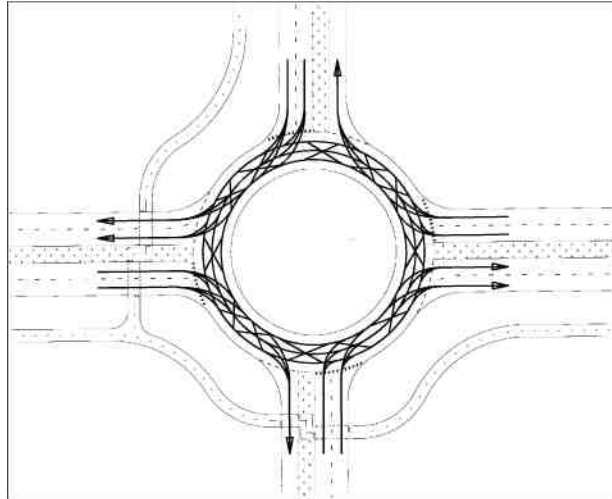
11. ábra. A belépő forgalom ( $F_{be}$ ) alakulása a körpálya forgalmának ( $F_{kör}$ ) függvényében  
Kétsávú körforgalmak kétsávú belépéssel 2/2 – Összesítés

Az ábrával kapcsolatosan – az előzőekkel való összevetés alapján – két fontos megállapítás tehető:

- az alacsony tengelymetszet, azaz a két belépő sávhoz képest kis teljesítőképesség,
- a mérési eredmények jelentős szórása.

A veszprémi (82-es úti) körforgalom Budapest felőli belépő ágán a külső sávon felsorakozó hosszú, torlódó járműoszlop ellenére sem használják jelentősebb mértékben a belső forgalmi sávot. Az 1167 E/h nagyságú belépő forgalomból csak 147 E/h azaz a torkolat forgalmának alig 12,6%-a vette igénybe a belső forgalmi sávot. A mérési eredmények relatív szórása az egysávúakénak csaknem a háromszorosa volt. Ehhez hasonló eredmények – vagyis a vártnál sokkal kisebb teljesítőképesség és a mérési eredmények jelentős szórása – születtek a németországi és svájci mérések során is. Németországban a második belépő forgalmi sávot ennek alapján 1,14-es szorzóval veszik figyelembe a kapacitászámításkor. [4] A belső sáv nagyobb mértékű használatától való tartózkodás oka a forgalmi sáv váltásától a kilépéskor várható bonyodalmaktól való félelem. Ez valójában a fonódási folyamat rendezetlenségéből fakad. A vizsgált kétsávú hazai és a hasonló európai nem régi típusú körforgalmakban **a fonódás biztonsági és teljesítőképességi feltételei egyaránt hiányoznak**. Ezeket a csomópontokat mégis a fonódások lebonyolítására **kényszerítjük**. Az eredmény ismert: 12–14%-os igen szerény kapacitásnövekmény, kaotikus, feszültségekkel terhelt forgalomlebonnyolódás és – az ebből következő – leromlott forgalombiztonsági helyzet.

Amíg az egysávú körforgalom 8 konfliktuspontjával világos, egyértelmű és megtanulható biztonsági rendszert alkot, addig a többsávú körforgalom megszámlálhatatlanul sok konfliktuspontja, valójában az egész körpálya teljes felületét elárasztja. Ennek egy erősen idealizált, egyszerűsített ábrázolását mutatja be a 12. ábra. A körpálya egyetlen pontján sincsenek meg a fonódás feltételei, végrehajtását mégsem akadályozza vagy, szabályozza semmi. A körpálya forgalomlebonnyolódása valójában egy kanalizálás nélküli, kaotikus és ebből következően megtanulhatatlan „rendszer” mely éppen ezért nem is látható el a használatát megkönnyítő, azt elősegítő és ugyanakkor egyértelmű, félre nem érthető tájékoztatással. A megoldást vagy a megfelelő forgalom és biztonságtechnikai méretezés és az ebből következő – nem jelentéktelen – **méretnövelés**, vagy a **fonódás-mentes** kialakítás (spirális sávvezetés) jelenti.



12. ábra. A járóvonalak és a konfliktuspontok idealizált ábrázolása koncentrikus sávvezetés esetén

A többsávú körforgalmak teljesítőképességének számítására alkalmas kifejezések – melyek lényegesen kisebb számban állnak rendelkezésre, mint az egysávú körforgalmak számításához – megfelelőségét is megvizsgáltuk az egyes mérési sorozatokra

Ennek alapján megállapítható volt, hogy egyetlen módszer sem felel meg. A legjobb eredményt a Cetur-formula adta 18% körüli hibával. A módszerek zömmel alulbecsülnek, kivéve a svájci Bovy formulát. A pozitív eltérés azonban itt is igen nagy, 15,1%.

Az eredmények további vizsgálata szükségtelen, mivel **elkerülhetetlen a többsávú körforgalmak geometriai kialakításának alapvető megújítása**, amely – hasonlóan az egysávú körforgalom 35 évvel ezelőtti megújításához – mind a teljesítőképességben, mind pedig a forgalombiztonságban várhatóan jelentős előrelépést fog hozni.

## 4. A teljesítőképesség számításának javasolt módszere

### 4.1. Egysávú körforgalmak

Az egysávú körforgalomra vonatkozó mérési eredmények kiértékelése után a geometriai és a forgalomlebonylódási jellemzők között megállapított összefüggések kellő alapot szolgáltatnak egy új kapacitászámítási módszer előállításához. Egy adott torkolat belépő forgalmának nagyságát elsődlegesen és döntő mértékben a torkolat előtt a körpályán elhaladó forgalom nagysága határozza meg.

A hazai egysávú körforgalmakat jellemző teljes mérési anyag regressziós görbéjének exponenciális függvényét a továbbiakban mint a **torkolati alapkaptás** számítási formuláját kezeljük:

$$C_a = 1525 \cdot e^{-0,0008 \cdot F_{\text{KÖR}}}$$

A kifejezés paraméterei - miként erről korábban említést tettünk -  $t_g = 4,06$  s-os átlagos határidőköz és  $t_f = 2,36$  s-os átlagos követési időközzel jellemezhető forgalomlebonylódást képviselnek. Az egyedi csomóponti kiépítési, illetve forgalmi jellemzők hatását az alapkaptás módosításával vesszük figyelembe. A vizsgálat korábbi szakaszában ismertté vált, hogy az átlagértéket kifejező alapgörbétől (regressziós függvénytől) való eltérés - mint kapacitáskülönbség - amelyet meghatározni kívánunk  $(\Delta C)$ ,  $F_{KI}$  szerinti fajlagos értéke  $(\Delta C')$ , jó összefüggést mutat az elválasztó sziget fejszélességével

$$\Delta C' = \frac{\Delta C}{F_{KI}} \cdot 1000$$

(Az 1000-el való szorzás a kényelmesebb korrelációs számítás érdekében volt előnyös. A kifejezés további fejlesztése során egy későbbi lépésben 1000-el kell majd osztani.)  $\Delta C'$  és  $l_1$  kapcsolata jó ( $R = 0,7036$ ). A kapcsolat a következő regressziós egyenes szerinti:

$$\Delta C' = 2,8619 \cdot l_i - 20,17$$

amely egyenes az  $l_i = 7,05$ -nél metszi a vízszintes tengelyt (8. ábra). A keresett  $\Delta C$ -t a következők szerint kaphatjuk meg:

$$\Delta C = \frac{\Delta C' \cdot F_{KI}}{1000}$$

$\Delta C'$  nagysága attól függ, hogy  $l_i$  milyen távol van az egyenes metszéspontjától, vagyis mekkora és milyen előjelű.

$$(l_i - 7,0)$$

A kapcsolat meredeksége,  $l_i$  együtthatója: 2,8619. Tekintve, hogy  $\Delta C$ -t  $C_a$  százalékában kívánjuk megkapni, ezt figyelembe kell venni (osztás 100-zal). Az együttható kerekítése után  $\Delta C$ -re az alábbi kifejezést kapjuk:

$$\Delta C = C_a \cdot \frac{0,03 \cdot (l_i - 0,7) \cdot F_{KI}}{1000}$$

Mindezek alapján pedig a **torkolati teljesítőképesség** a következő módon határozható meg:

$$C = C_a G \left[ 1 + \frac{0,03 \cdot (l_i - 0,7) \cdot F_{KI}}{1000} \right]$$

ahol

$$C_a = 1525 \cdot e^{-0,0008 \cdot F_{KÖR}}$$

$F_{KÖR}$  - a vizsgált ág előtt a körpályán mért forgalom (E/h)

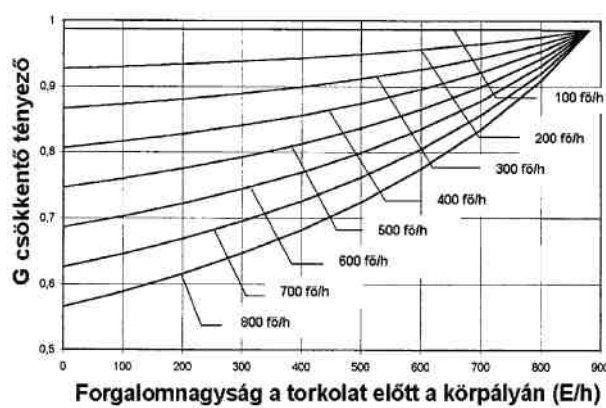
$F_{KI}$  - a vizsgált ágon kilépő forgalom (F/h)

$l_i$  - az elválasztó sziget fejszélessége a vizsgált ágban ( $l_i = 18,0$  m-ig veendő figyelembe)

$G$  - csökkentő tényező a belépő torkolatot keresztező gyalogosforgalom hatásának figyelembevételére (13. ábra) [8]

A kifejezést a mérési anyag alapján ellenőrizve, 5% alatti (4,78%) hibát kaptunk.

Ez az eredmény a legkedvezőbb az összes kapacitászámítási eredmény között. Hibája több mint 30%-kal kisebb, mint a második legjobb módszeré. Ez a módszer, melyet „Módosított HBS magyar paraméterekkel”-nek neveztünk el, valójában nem más, mint a teljes mérési anyag regressziós egyeneséhez való viszonyítás. Itt csak egyetlen változó, a körpálya forgalma határozza meg a teljesítőképességet. A kidolgozott új számítási módszer – azáltal, hogy figyelembe vette a kilépő forgalomnak és az elválasztó sziget fejszélességének a belépő forgalom nagyságát módosító hatását – a kétharmadára tudta csökkenteni a hibát.

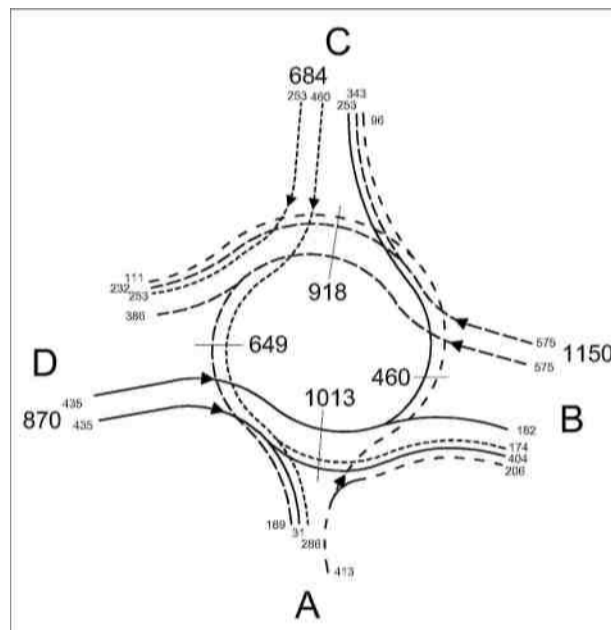


13. ábra. Csökkentő tényező a belépő torkolatot keresztező gyalogosforgalom hatásának figyelembe vételére

## 4.2. Kétsávos körforgalmak

A kétsávos körforgalmak kapacitászámítását illetően közel sem ilyen egyértelmű és kedvező a helyzet. Valamennyi rendelkezésre álló számítási módszer akkora hibával dolgozik, hogy az gyakorlati alkalmazásukat lehetetlenné teszi. Jelen mérési sorozat eredményeként – hasonlóan a német és svájci vizsgálatokhoz [6] – nem volt lehetséges olyan összefüggéseket találni, melyek egy számítási

módszer alapjául szolgálhattak volna. Ennek az eredménytelenségnek az oka – a hazai és a külföldi vizsgálatoknál egyaránt – a vizsgált forgalmi helyzetben, a kétsávós koncentrikus sávvezetésű körforgalmak körpályáján zajló forgalmi folyamatok **rendszerneküliségében, zavaros, kaotikus** voltában rejlik. Ez az állapot – ha ragaszkodunk a kis méretekhez – **a fonódást kizáró spirális sávvezetés bevezetésével szüntethető meg.** Megfelelően hatékony azonban ez is csak akkor lesz – és ebben mind az egyetlen hazai spirális sávvezetésű csomópont, mind pedig a hollandiai tapasztalatok megerősítenek – ha a sávok át nem járhatóságát fizikai, pontosabban kiépítésbeni eszközökkel (pld. gömbsüvegsor) biztosítják. A körpálya forgalmi sávjai így teljesen függetlenné válnak egymástól, a párhuzamosan haladó sávok járművei nem zavarhatják egymást, és a kilépések is konfliktusmentessé válnak.



14. ábra. Sávokénti vonalas forgalomáramlási ábra turbókör kapacitásvizsgálatához

Ezáltal mindkét belépő sáv azonos mértékben lesz kihasználható, ami gyakorlatilag a belépő kapacitás megduplázását jelenti. Ez a kialakítás a teljesítőképesség és a forgalombiztonság ugrásszerű megnövekedésén túl, a kapacitás egzakt számíthatóságát is eredményezi. Az ilyen típusú fonódásmentes körforgalom (turbó kör) kapacitásvizsgálata során el kell készíteni a sávokénti forgalomáramlási ábrát (14. ábra), melynek alapján meghatározhatók az egyes pontokban konfliktusba kerülő forgalmak nagysága. A megfelelőséget konfliktuspontként kell ellenőrizni, és pedig az egysávós kapacitászámítási kifejezés alkalmazásával. A megfelelőség szempontjából mértékadó az a belépő sáv lesz, melynek a legkisebb a kapacitástartaléka.

A turbó típusú körforgalommal elérhető – várható – teljesítőképességről a 15. és 16. ábrák adnak tájékoztatást. Az egysávós és a fonódásos kétsávós körökhöz képest igen jelentős a kapacitásnövekedés. Az ábrák alakjából megállapítható, hogy az előnyök elsősorban a főútvonal – mellékútvonal jellegű forgalmi terhelések esetén érvényesülnek. A teljesítőképességet ábrázoló felület határoló vonalát szemben az egysávós körforgalommal – azért nem egy egyenes alkotja, hanem két egymáshoz képest eltérő hajlású egyenes, mert a turbó körben teljesen szimmetrikus terhelés esetén is két eltérő terhelésű konfliktuspontpár alakul ki, melyek teljesítőképességét az eltérő hajlású egyenesek jellemzik.

A **koncentrikus sávvezetésű**, fonódásra nem méretezett körforgalmakat (létesítésük a továbbiakban nem ajánlott) csak akkora terhelés felvételére vehetjük igénybe, mely mellett – a tapasztalatok alapján – forgalombiztonsági szempontból még elfogadható eltűrhető helyzet alakul ki. Az ezekhez tartozó torkolati alapkaptási értékek – tájékoztat jelleggel – a következők:

koncentrikus sávvezetésű vagy sávkijelölés nélküli (két sávós) körforgalom

egysávós belépése (h 2/1):

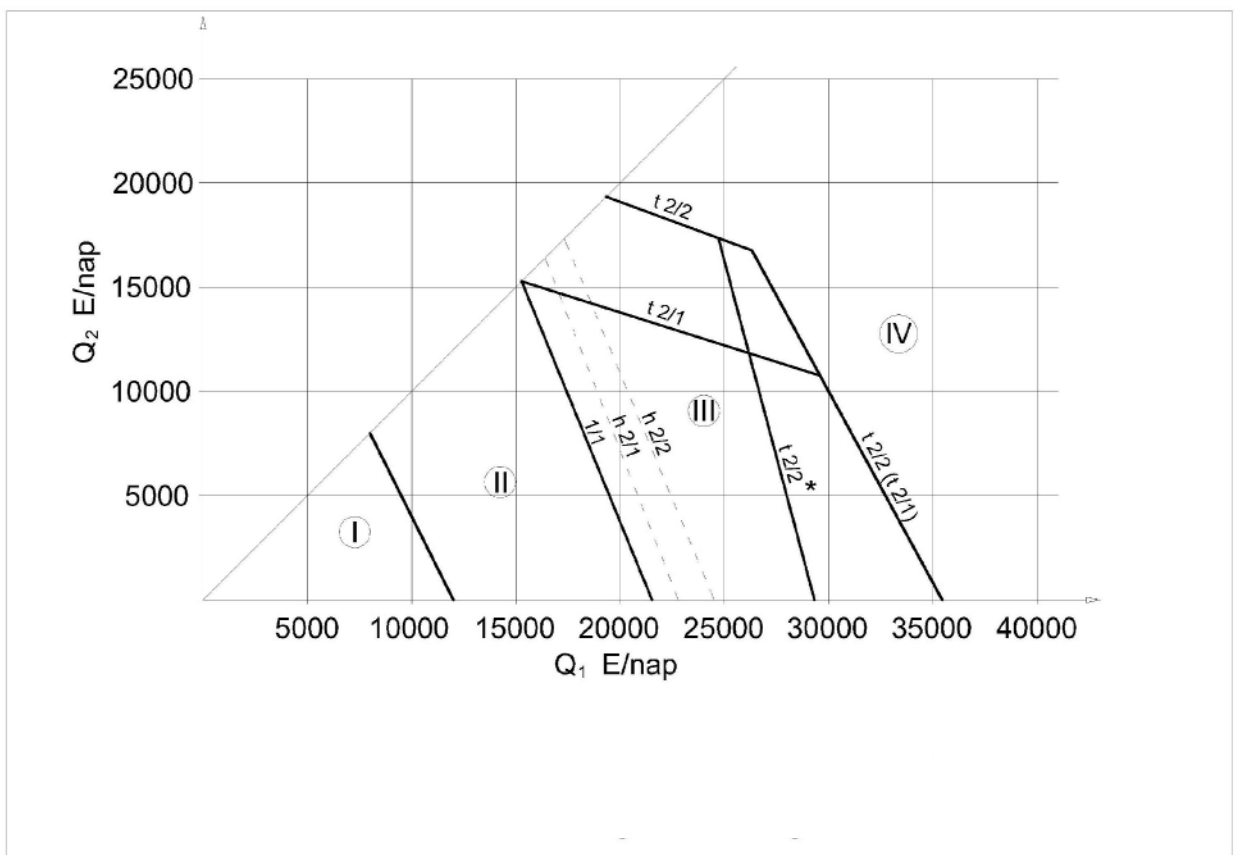
$$C_a = 1560 \cdot e^{-0,0007 \cdot F} \text{ KÖR}$$

kétsávós belépése (h2/2)

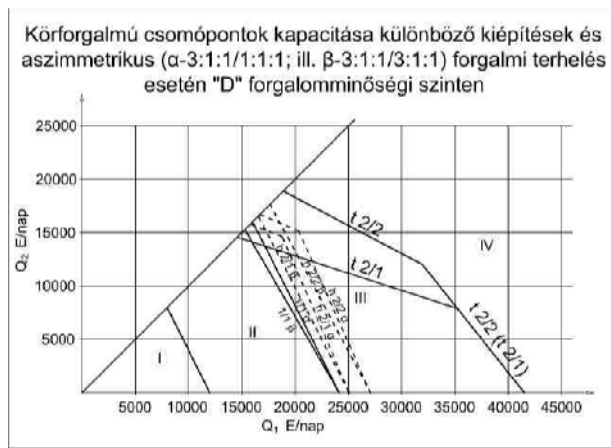
$$C_a = 1700 \cdot e^{-0,0007 \cdot F_{\text{KÖR}}}$$

Az egy - és kétsávós csomópontok torkolati alapkapaacitását a 17. ábra mutatja. A számottevő kiépítési költségkülönbség ellenére a kétsávósok teljesítőképességének növekedése a baleseti kockázati szint növekedésénél szerényebb mértékű.

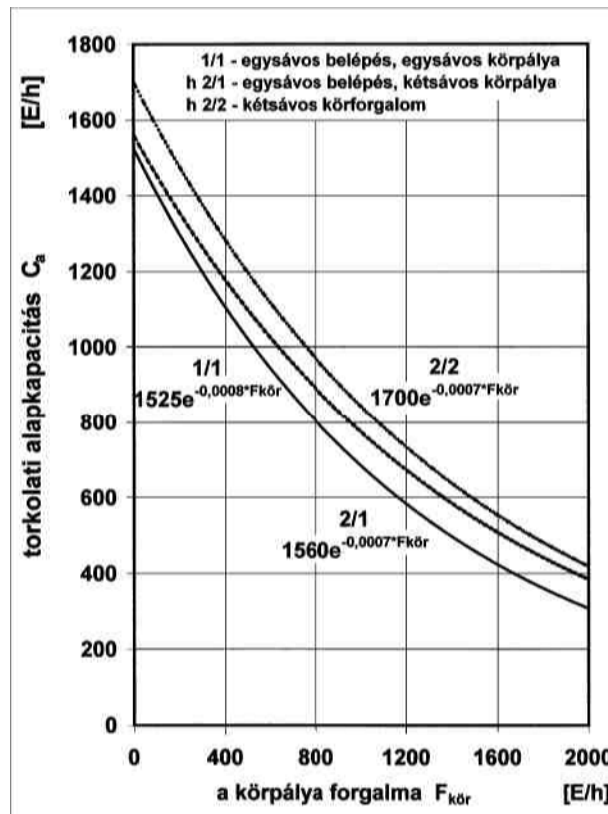
Hazai kétsávós **spirális sávvezetésű** (sávkijelölés útburkolati jelekkel) körforgalmak teljesítőképességének közvetlen mérésére mindeztáig nem volt lehetőség. Teljesítőképességének – elméletileg – meg kellene közelítenie a turbó körét. Ennek azonban egyrészt az a feltétele, hogy minden jármű a sávkijelölést követve szabályosan közlekedjék, másrészt az, hogy minden közlekedő 100%-ig meg legyen arról győződve, hogy partnerei is szabályosan közlekednek. A teljesítőképesség ebből következően nagymértékben a szabályosan közlekedők részarányától függ, mely nehezen becsülhető előre, így ezért inkább csak feltételezésekkel élhetünk. Mindezeket előreboctatva a spirális sávvezetésű felfestéses (záró- illetve terelővonalas) csomópontok várható teljesítőképessége a h 2/2-es típusú 1,1–1,2-szeresére, főútvonalai irányban 1,3–1,4-szeresére becsülhető.



15. ábra. Körforgalmú csomópontok kapacitása különböző kiépítések és szimmetrikus (1:1:1/1:1:1) forgalmi terhelés esetén „D” forgalomminőségi szinten

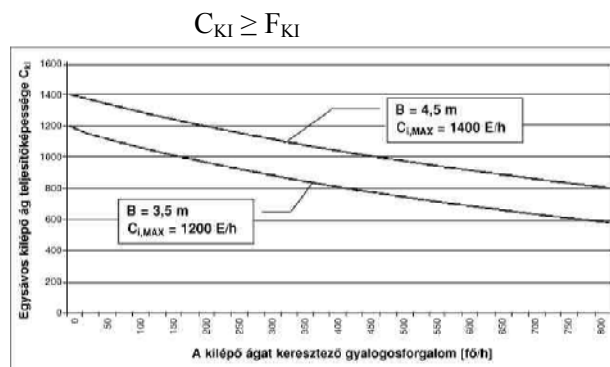


16. ábra. Körforgalmú csomópontok kapacitása különböző kiépítések és aszimmetrikus ( $\alpha$ -3:1:1/1:1:1; ill.  $\beta$ -3:1:1/3:1:1) forgalmi terhelés esetén „D” forgalomminőségi szinten



17. ábra. Körforgalmú csomópontok torkolati különböző kiépítések esetén

A kilépő ágak teljesítőképessége a keresztező gyalogosforgalom nagyságától függően csökken. Ennek mértékére ad becslést a 18. ábra [8]. (A kilépő ág szélessége  $B = 3,5 - 4,5$  m) Minden kilépő ágon ellenőrizendő, hogy a kilépő forgalomnagyság nem haladja-e meg a nomogram által meghatározható kilépő teljesítőképességet:



18. ábra. A kilépő kapacitás alakulása a keresztező gyalogosforgalom függvényében

## 5. A forgalomminőség vizsgálata

A kapacitásvizsgálat során ellenőrizni kell, hogy a torkolatonkénti mértékadó belépő forgalmakra ( $F_{ti}$ ) vonatkozóan teljesül-e a következő reláció

$$F_{ti} < C_{ti}$$

ahol  $C_{ti}$  – az  $i$ -dik torkolat kapacitása

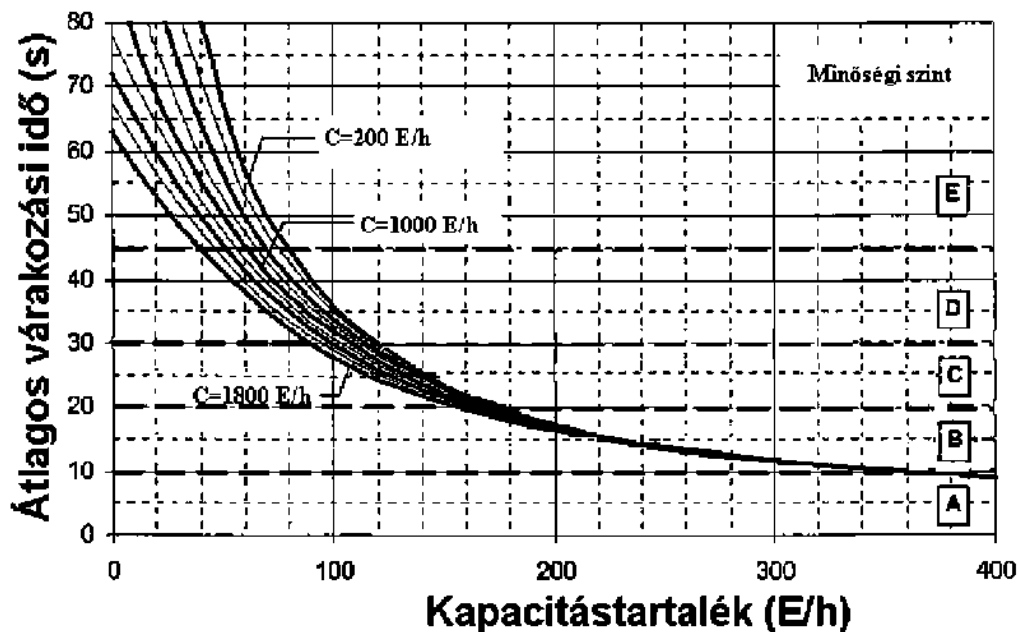
Az  $F_{ti} < C_{ti}$  reláció kielégítése önmagában még nem elégséges feltétele a megfelelőségnek. A kedvező forgalomminőséghez a torkolatban megfelelő kapacitástartalékokra van szükség. Ennek nagysága azonban sem abszolút érékben, sem százalékban nem rögzített (konstans) érték, hanem a teljesítőképességtől függő változó. A minőségi osztályba sorolás az átlagos várakozási idő alapján történik. Az **III. táblázat** az egyes minőségi szintek elnevezését, a szinthatárokat meghatározó átlagos várakozási időket és az egyes szintek forgalomlebonylódási jellemzőit mutatja be. ([3] és [8]) Az F szinthez nincs várakozási idő rendelve. Az E és az F szintek között a határt a teljesítőképesség alkotja. Az egész csomópont értékelése szempontjából a legalacsonyabb szintet elérő ág a mértékadó. Az átlagos várakozási idő a kapacitástartalék (és a teljesítőképesség) függvényében a 19. ábra [8] alapján határozható meg minden egyes torkolatra. (A svájci szabvány azért javasolható, mert a C értékek szélesebb zónáját mutatja, mint a német szabvány [3].) Teljesítőképesség szempontjából **megfelelőnek az a körforgalmú csomópont tekinthető, melynek valamennyi belépő ága, illetve – turbó kör esetén – belépő forgalmi sávja eléri a „D” forgalom-minőségi szintet.** Távlati forgalom esetén az „E” szint is elfogadható.

### III. táblázat

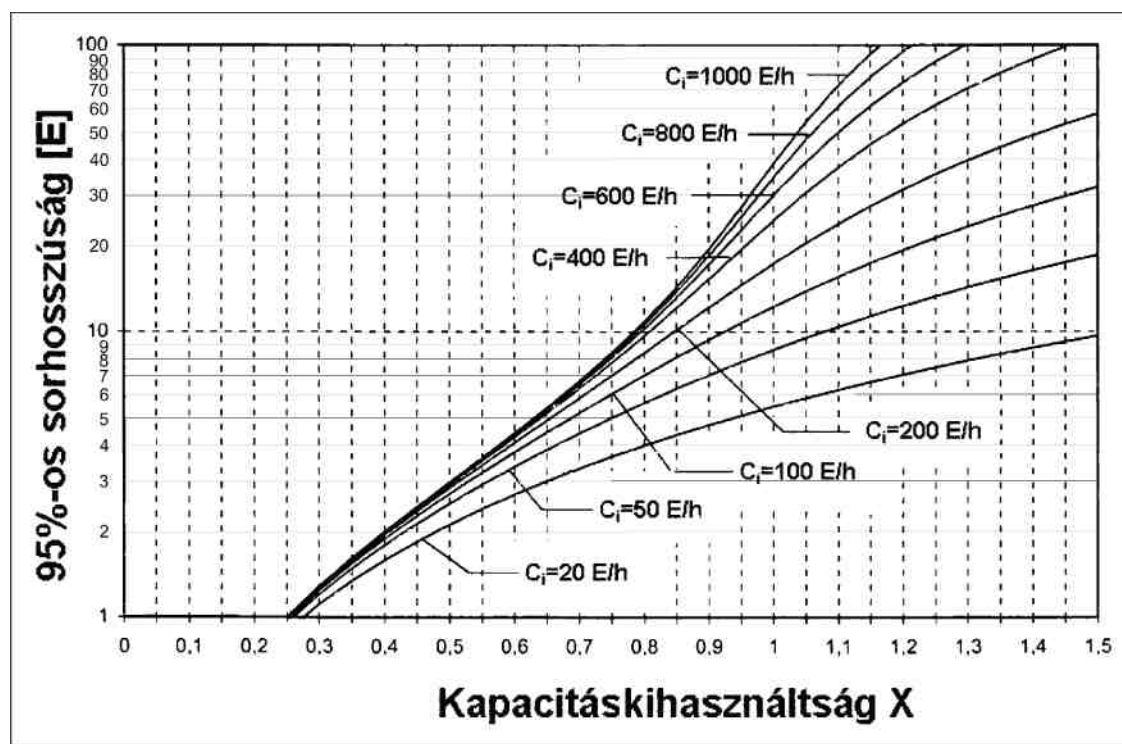
Minőségi szintek a várakozási idő-határértékekkel és lebonyolódási jellemzőkkel

Minőségi szint	Átlagos várakozási idő a	Lebonyolódási jellemzők	Forgalom-minőség	Sorképződés
A	$\leq 10s$	Szinte teljesen akadályoztatás-mentes be- és	kiváló	nincs
B	$\leq 20s$	Csak igen kismértékű hátráltatás	jó	alig van
C	$\leq 30s$	A várakozási idők érezhetően nőnek, a körpálya forgalmában is egyre gyakoribbak a	megfelelő	kisebb oszlopok
D	$\leq 45s$	Minden járművet ér hátráltatás, egyes járművek hosszan várakoznak	még elfogadható	Időnként hosszabb oszlopok, melyek
E	$>45s$	Állandó hátráltatás időnként túlterhelés, hosszú és jelentősen ingadozó várakozások	Hiányos, kifogásolható	Hosszú, állandósult le
F	–	Állandó túlterhelés, a teljesítőképességet meghaladó forgalom, igen hosszú várakozás	elfogadhatatlan	Hosszú, állandósult, le nem bomló sorok





19. ábra. Az átlagos várakozási idő meghatározása a kapacitástartalék és a teljesítőképesség alapján



20. ábra. Nomogram a 95%-os sorhosszúság meghatározására

Megfelelő méretezéssel el kell érni, hogy a belépő ágakon ne alakuljanak ki olyan hosszú járműoszlopok, melyek zavarnák a szomszédos csomópontok forgalomlebonyolódását. A zavarás általában még elfogadható mértékének a nemzetközi szakirodalom a 95%-os sorhosszúságot tekinti. Ez azt jelenti, hogy az idő 95%-ban megfelelő a sorhosszúság, mindössze az idő 5%-ában haladhatja meg a sorhosszúság a kritikus értéket. Különleges esetekben, pl.: autópálya-csatlakozások közelében ennél magasabb biztonsági szint (pl.: 99%) tartandó be.

A 20. ábrából a kapacitáskihasználtság és a kapacitás alapján közvetlenül leolvasható egységjármű értékben a 95%-os sorhosszúság. Az ábra a svájci [8], illetve a német szabvány [3] alapján készült. A tényleges járműoszlop hosszúság 6 m-es E érték alapján számítandó.

## 6. Összefoglalás

A körforgalmú csomópontok jelenleg érvényes tervezési műszaki előírásának (ÚT 2-1.206.2001) megjelenése óta eltelt idő alatt jelentős változások következtek be a hazai körforgalmú csomópontok forgalomlebonyolódásában. Ezen csomópontok általános elterjedésükkel, számuk jelentős megnövekedésével széles körben ismertté váltak a járművezetők körében, ami végül a forgalomlebonyolódási jellemzők megváltozását eredményezte. Ezek közül a teljesítőképességet befolyásoló megismerésre széles-körű forgalmi vizsgálatra került sor 2005 közepe és 2006 közepe között, mind az 1, mind pedig a 2 sávú körforgalmakra kiterjedően. A mérési eredmények alapján egyértelműen megállapítható volt, hogy a teljesítőképesség meghatározására (a korábbi mérések alapján kidolgozott) jelenlegi számítási módszer már nem alkalmas. Az egysávú körforgalmak teljesítőképességét befolyásoló tényezők hatásának számszerű megismerése révén lehetővé vált új számítási módszer kidolgozása, mely – a mintabeli csomópontokra – 5%-os hibahatáron belül megfelelt.

A kétsávú körforgalmak – melyek száma az egysávúokénál lényegesen kisebb – vizsgálata során hasonlóan több európai országhoz nem voltak egyértelmű összefüggések megállapíthatók. Ez a körpálya forgalomlebonyolódásának jelenlegi, nem megfelelő szabályozásából fakad. A nálunk (is) alkalmazott koncentrikus sávvezetéssel ugyanis a kis csomóponti méretek (átmérő) mellett nem biztosíthatók a fonódások lebonyolításának sem biztonsági, sem teljesítőképességi feltételei.

Az eredmény ismert: az egysávú körforgalomhoz képest igen szerény kapacitásnövekmény (12-14%), kaotikus, feszültségekkel terhelt forgalomlebonyolódás és - ebből következően - leromlott forgalombiztonsági helyzet. Létesítésük a továbbiakban nem ajánlatos.

A megoldást a fonódásmentességet biztosító spirális sávvezetés adja. Ha a sávok kijelölése csak útburkolati jelekkel történik, a csomópont teljesítőképessége nagymértékben függővé válik a szabályosan közlekedők részarányától. (A sávátvágások és rövidítések megakadályozására a záróvonal nem elég hatékony eszköz.) A szabályosan közlekedők részaránya nehezen becsülhető előre, így ezért - egyelőre - csak feltételezésekkel élhetünk. Várható teljesítőképességük a h2/2-es kiépítésű koncentrikus sávvezetésű csomópontok 1.1–1.2 szeresére, főútvonali irányban 1.3–1.4 szeresére becsülhető.

Konkrétabban számítható a teljesítőképesség az ún. turbó-körök esetén, ahol a sávok meg nem engedett váltását (vagy elhagyását) fizikai, kiépítésbeli eszközök akadályozzák. A teljesítőképességet a sávokénti forgalomáramlási ábra konfliktuspontjaira lebontva (a konfliktuspontokban metsződő, illetve becsatlakozó forgalmi értékpárokra) kell meghatározni, melyhez az egysávú körforgalom kapacitászámítási formulája alkalmazható.

Az egymástól függetlenné váló, azonosan kihasználható, párhuzamos vezetésű belépő sávok révén - melyek kilépése is konfliktusmentes - a teljesítőképesség - és egyúttal a forgalombiztonság is - jelentős mértékben megnő.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] VILATI-SBH Kft.: Körgeometriai csomópontkialakítás alkalmazásának feltételrendszere. I. rész. Körforgalmú csomópontok teljesítőképességének vizsgálata. 2000. Témafelelős: Dr. Maklári Jenő. Megrendelő: ÁKMI Kht.
- [2] Kétsávú körforgalmak forgalombiztonsági és kapacitásvizsgálata megvalósult csomópontok alapján. Közlekedés Kft. -KTI. Témafelelősök Dr. Maklári Jenő– Hóz Erzsébet. Megbízó: ÁKMI Kht. Budapest 2005-2006
- [3] Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen. 2001. (HBS 2001) Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen. Köln.
- [4] FGSV-Arbeitspapier Nr. 51. Kleine zweistreifig befahrbare Kreisverkehre. Ausgabe 2004.
- [5] Dr. Maklári Jenő: Körforgalmú csomópontok teljesítőképességének vizsgálata. Városi Közlekedés, 2001/4
- [6] Dr. Maklári Jenő: A többsávú körforgalmak teljesítőképességének és forgalombiztonságának növelése. Városi Közlekedés, 2006/5
- [7] Brilon W., Bäumer H.: „Überprüfung von Kreisverkehren mit zweistreifig markierter oder einstreifig markierter aber zweistreifig befahrbarer Kreisfahrbahn” Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft Nr. 876, Bundesministerium für Verkehr, Bau-und Wohnwesen,

Bonn, 2004

[8] Schweizer Norm SN640 024. 2000 by VSS Zürich.

[9] Dr. Maklári Jenő: A hazai körforgalmak teljesítőképességének vizsgálata. Városi Közlekedés, 2007/1