

## Autóbusz forgalmi sávok kialakítására és felülvizsgálatára vonatkozó módszer kidolgozása

D. Esztergár-Kiss, P. Kaderják, Cs. Csizsár

*Department of Transport Technology, Budapest University of Technology and Economics  
Műegyetem rkp. 3-9., Budapest, 1111 Hungary (Tel: +36-1-463-1052; e-mail: esztergar@kku.bme.hu)*

*Department of Transport Technology, Budapest University of Technology and Economics  
Műegyetem rkp. 3-9., Budapest, 1111 Hungary (Tel: +36-1-463-1052; e-mail: peter.kaderjak@gmail.com)*

*Department of Transport Technology, Budapest University of Technology and Economics  
Műegyetem rkp. 3-9., Budapest, 1111 Hungary (Tel: +36-1-463-1052; e-mail: csiszar@kku.bme.hu)*

**Abstract:** Az autóbuszsávok alkalmazásakor a közlekedési hálózatba történő hatékony integráció a cél, miközben a hálózati paraméterek mellett a helyszín-specifikus jellemzőket is szükséges kezelni. A cikk célja egy olyan módszer megalkotása, mely megkönnyíti annak eldöntését, hogy adott helyszínen autóbuszsáv létesítése vagy megléte indokolt-e. A jelenlegi általános iránymutatásnál részletesebb módszerrel három lépésben vizsgálhatóak az autóbuszsávok létesítésével kapcsolatos folyamatok, kezelhetőek a felmerülő közlekedési igények, áttekinthetőek a megvalósíthatósághoz kapcsolódó kérdések, valamint prognosztizálhatóak a létesítés után várható forgalmi viszonyok. Az összes elszenvedett idővesztés megállapításával minősíteni lehet az adott útszakaszon megvalósítható beavatkozások alkalmasságát.

### 1. BEVEZETÉS

A közösségi közlekedés versenyképességének javítása, a modal-split ilyen irányú elmozdítása Európa szerte érvényes rendező elv [1]. A városi közforgalmú közlekedés lebonyolításában jelentős szerepet vállal az autóbusz-közlekedés [2], melynek előnyben részesítése fokozza a közlekedési minőséget. Azonban e közlekedési módot előnyben részesítő eszközök telepítése során körültekintően kell eljárni, megelőzve az intézkedések későbbi visszavonásának, módosításnak szükségességét. A megalapozott döntés meghozatala [3] kimondottan fontos az autóbusz forgalmi sávok létesítése során, mivel egy átgondolatlan döntés jelentős károkat okozhat az egyéni, motorizált közlekedés résztvevői számára.

A döntésben segítségünkre lehetnek általános irányelvek és határértékek. Habár léteznek hazai és külföldi iránymutatások az autóbuszsávok létesítésével kapcsolatban, ezek számos hiányossággal rendelkeznek. A Transportation Research Board (TRB) publikált egy kritériumrendszert [4], mely a közúti forgalommal közösen vezetett autóbuszsávok alkalmazási feltételeit írta le. Ezen írásban felülvizsgálatra került az Austroads című tanulmány [5], mely ugyan részletesen tárgyalja az autóbuszsávokhoz társuló előnyöket, de nem tartalmaz irányelveket azok értékelésére.

Taylor [6] Vuchic munkája [7] alapján már erre is nyújtott választ. Megállapítja, hogy a létesítés feltétele az, hogy az autóbuszsávban legalább annyi utasnak kell áthaladnia, mint külön-külön a megmaradó forgalmi sávokban. Ez egy olyan mutató, amely kizárólag az arteriális útszakaszon átbocsátott

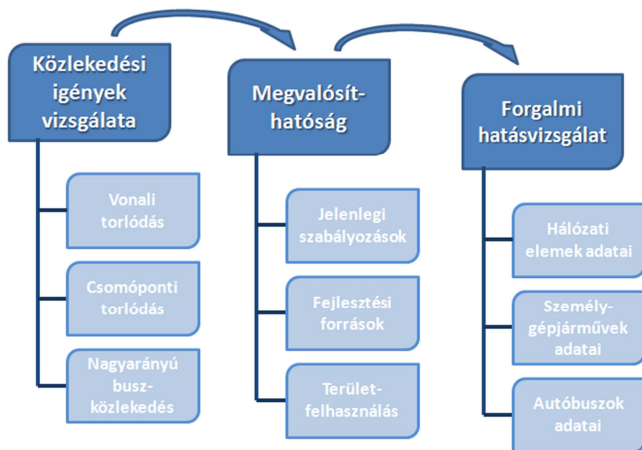
utasszámon alapszik, és nem vesz figyelembe olyan tényezőket, mint a környezeti hatások vagy a csökkenő idővesztés miatt várhatóan bekövetkező modal-split változása. Tehát ez csak közelítő becslést ad a tervezett vagy meglévő létesítménnyel kapcsolatban.

A TRB szervezet megjelentetett egy további tanulmányt [8], mely az artériás útvonalakon létesített autóbuszsávok elemzését tűzte ki célul, melynek lényege, hogy a járműsebességek, a megállások száma és a járatsűrűségek alapján osztályozza az autóbusz viszonylatokat, majd ezek alapján jelölje ki az adott kategóriák infrastrukturális igényeit. Azonban még ez sem ad teljes körű megoldást, mivel az autóbuszsávok kijelölésének kritériumát csak az aktuális forgalmi állapot függvényében adja meg.

A szakirodalomban található munkákkal kapcsolatban megállapítható, hogy több szempontból vizsgálják az autóbuszsávok kialakításának részleteit, de nem rendelkeznek olyan összefüggésekkel, melyek alapján prognosztizálhatóak lennének a kialakuló forgalmi viszonyok és a létesítéssel járó előnyök, illetve hátrányok.

### 2. A KIDOLGOZOTT MÓDSZER

Az általunk kidolgozott eljárás segítségével megállapítható, hogy milyen esetben indokolt autóbuszsáv létesítése. A módszer egy három lépésből álló vizsgálatból áll, melynek logikáját az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Az eljárás lépései

Az első lépésben a közforgalmú közlekedés által támasztott igényeket kell megvizsgálni, majd ellenőrizni kell, hogy a megvalósításhoz szükséges feltételek rendelkezésre állnak-e az adott beruházás esetében. Végül bizonyos esetekben szükséges a forgalmi hatásvizsgálat elvégzése is, melynek keretében a forgalmi mutatószámok segítségével számszerűsíthető, hogy milyen változások várhatóak a szakaszon a közlekedő résztvevők idővesztéseinek tekintetében.

### 2.1 Közlekedési igények vizsgálata

Fontos megállapítani az érintett hálózati elem, hogy milyen mértékű és típusú igény jelentkezik a közforgalmú járműközlekedés részéről. A szakaszra jellemző forgalmi viszonyok ismeretében eldönthető, hogy az adott hálózati struktúra képes-e az elvárások kielégítésére.

- **Vonali torlódás:** Amikor a közösségi közlekedés járművei a többi jármű miatt lassú haladásra kényszerülnek. Ilyen lehet pl. a szintbeli vasúti kereszteződés miatti sorfelépülés, amikor az autóbusz nem tud elkanyarodni, vagy a megállóhelyére beállni. Ebben az esetben önálló buszsávval lehet segíteni az autóbuszokat.
- **Csomóponti torlódás:** Az egyébként zavartalanul áramló forgalom esetében is gyakran tapasztalható nagymértékű sorfelépülés a csomópontok közelében. Egy rövid buszsáv időmegtakarítást jelenthet az autóbuszok számára, amely lehet egy kanyarodósáv is. Továbbfejlesztett változata a csomóponti bejelentkezéssel kombinált rendszer [9].
- **Nagyarányú buszközlekedés:** A forgalmi viszonyoktól függetlenül autóbuszsáv létesítésének megfontolására adhat okot, ha nagy forgalmú szakaszokon az autóbuszal közlekedő utasok aránya a szakaszon 50% feletti, vagy, ha a közforgalmú járművek közös követési ideje 2 perc alatti. A jelenlegi szabályozás is ezt az esetet kezeli megkülönböztetetten [11].

### 2.2 Megvalósíthatóság

A megvalósíthatóság vizsgálatának célja a szabályozási és pénzügyi keretek megállapítása, valamint terület-felhasználási kérdések megválaszolása, ennek alkalmazásával pedig a sáv kiosztás újraosztásának megfontolása.

- **Jelenlegi szabályozások:** A lehetséges változatok közötti döntéshez szükséges a buszsávokra vonatkozó műszaki paraméterek ismerete, melyek az ÚT 2-1.212:2009-es számú Útügyi Műszaki Előírásban [10] találhatóak meg. A magyarországi előírás mindössze két irányelvet állapít meg az autóbuszsávokra vonatkozóan [11], mely szerint: „meglévő forgalmi sáv autóbuszsávnak akkor jelölhető ki, ha csúcsidőben óránként legalább 10 autóbusz áthaladása jellemző, vagy ha csúcsidőben óránként 10-nél kevesebb autóbusz áthaladása jellemző, de az útvonal legszűkebb kapacitású keresztmetszetében a kapacitás a kijelölés következtében nem csökken.”
- **Fejlesztési források:** A városi közforgalmú közlekedéssel kapcsolatos infrastruktúra-fejlesztések Magyarországon önkormányzati hozzájárulással valósulnak meg, azonban Európai Unió támogatások igénybevétele is lehetséges. Egyéb forrás érkezik állami részről pályázatok, eseti támogatások formájában.
- **Terület-felhasználás:** A megvalósítást illetően további fontos szempont a létesíteni kívánt hálózati elem számára szükséges terület nagysága és elhelyezkedése. Amennyiben a jelenlegi útfelületen hozunk létre autóbuszsávot, akkor vizsgálat tárgyát képezik a forgalmi létesítmények kialakításához kapcsolódó követelmények. Ezek lehetnek a forgalmi sávok, a parkolóhelyek, a gyalogosjárda és a kerékpárforgalmi létesítmények méretei és tulajdonságai, melyet az egyes tervezési osztályokhoz tartozó műszaki útügyi előírások tartalmaznak.

### 2.3 Forgalmi hatásvizsgálat

Olyan esetben, amikor nem lehetséges olyan megoldást találni, amely a személygépjármű-forgalmat ne befolyásolná jelentősen, akkor szükséges megvizsgálni, hogy autóbuszsáv meglévő forgalmi sávban történő kijelölése esetén a szakasz kapacitásában milyen változások történnek, és ez a megváltozott teljesítőképesség megfelel-e a biztosítani kívánt mértéknek. A forgalmi hatásvizsgálat elvégzéséhez szükség van

- **a hálózati elemre jellemző adatokra:**
  - n – forgalmi sávok száma [db],
  - E – egységjármű [db],
  - N – bemenő járműszám [E/h],
  - C – csúcsórák időtartalma [h],

$\alpha_{jk}$  – jobbra kanyarodók aránya [%] (csak csomópont esetén),  
 $t_c$  – ciklusidő hossza [s] (csak csomópont esetén),  
 $t_p$  – pirosidő hossza [s] (csak csomópont esetén),  
 $t_z$  – zöldidő hossza [s] (csak csomópont esetén),  
 $L$  – autóbuszsáv hossza [m],

• **a személygépjárművekre jellemző adatokra:**

$l_j$  – személygépjárművek átlagos hossza [m],  
 $l_b$  – személygépjárművek közötti átlagos biztonsági távolság [m],  
 $t_k$  – átlagos kihaladási idő [s],  
 $N_{sz}$  – személygépjárművek aránya [%],  
 $u$  – átlagos utasszám [fő],

• **az autóbuszokra jellemző adatokra:**

$k$  – óránkénti menetszám [db],  
 $B$  – befogadóképesség [fő],  
 $\eta$  – átlagos kihasználtság [%].

A hálózati elem esetében jellemző forgalomnagyságokon ( $q_i$ ) és a jelzőlámpák időzítésein kívül ( $t_c$ ,  $t_p$ ,  $t_z$ ) a jobbra kanyarodókat ( $\alpha_{jk}$ ) külön is figyelembe vesszük, hiszen ezek a járművek nem a megmaradó forgalmi sávban, hanem a buszsávban haladnak tovább. A csúcsórák időtartama ( $C$ ) pedig nagy forgalom esetén a várható sorfelépülés mértékének megállapításában segít.

A személygépjárművek jellemzése során a hosszadatok ( $l_j$ ,  $l_b$ ) mellett arányuk ( $N_{sz}$ ) jelenik meg, amely megadja, hogy mennyi személygépjármű, illetve tehergépjármű közlekedik. A kihaladási idő megadja, hogy a járművek átlagosan milyen gyorsan hagyják el az útszakaszt. Az átlagos utasszám ( $u$ ) a személygépjárművekre vonatkozóan az összes elszenvedett idővesztés értékének meghatározásához szükséges.

Az autóbuszok esetében megadott adatokból ( $k$ ,  $B$ ,  $\eta$ ) a közforgalmú eszközön történő áthaladó összes utasszám, illetve összes elszenvedett idővesztés meghatározása lehetséges.

### 3. A FORGALMI HATÁSVIZSGÁLAT EREDMÉNYE

Tanulmányunkban az egyedi jelzőlámpás csomópontban, meglévő forgalmi sávban kialakított autóbuszsáv által keltett forgalmi hatások előrebecslését, a hatások számszerűsítését és összegzését végeztük el. A vizsgálat az eredeti és a létesítés utáni állapotra vonatkozó elszenvedett idővesztések meghatározásában nyújt segítséget. A két érték összevetése után megmondható, hogy autóbuszsáv létesítése javasolt-e vagy sem. A számítások során a következő alapfeltevésekkel éltünk:

- A jelentkező idővesztés minden esetben az átlagos járműre vonatkoznak, amely a pirosidő felénél érkezik meg, a sor közepén áll és torlódás esetén a csúcsórák felénél ér a csomóponthoz.

- A járművek kihaladási ideje 0,5 s.
- A járművek megérkezése a csomóponthoz egyenletes eloszlást követ.

#### 3.1 Eredeti állapot

##### Személygépjárművek:

Az eredeti állapotban, amikor adott útszakaszon még nem létesült buszsáv, az autók számára a pirosidő-vesztésből ( $T_p^a$ ), a kihaladási idővesztésből ( $T_k^a$ ) és az esetleges torlódás miatt jelentkező idővesztésből ( $T_t^a$ ) adódik össze (1. egyenlet) a teljes elszenvedett idővesztés ( $T^a$ ).

$$T^a = T_p^a + T_k^a + T_t^a \quad (1.)$$

- *személygépjárművek pirosidő-vesztése:*

$$T_p^a = \frac{t_p}{2} * u * N_{sz} * N * \frac{t_p}{t_c} \quad (2.)$$

A pirosidő-vesztés ( $T_p^a$ ) számolásánál a személygépjármű átlagos esetben a pirosidő ( $t_p$ ) felénél érkezik meg. Egyenletes eloszlású érkezéseket feltételezve az átlagos utasszámmal ( $u$ ) beszorozva megadható az egy főre vetített érték, az  $N_{sz}$  arányszámmal pedig ugyanez a személygépjárművekre vonatkoztatva. Ez az idővesztés (2. egyenlet) csak azon járművek esetén jelentkezik, amelyek a jelzőlámpánál várakozni kényszerülnek.

- *személygépjárművek kihaladási idővesztése:*

$$T_k^a = \left( \frac{N * t_p}{3600} * \frac{1}{n} * t_k \right) * u * N_{sz} * N * \frac{t_p}{t_c} \quad (3.)$$

A kihaladási idővesztés ( $T_k^a$ ) esetén először az egy pirosidő ( $t_p$ ) alatt megjelenő személygépjárművek száma adható meg. A személygépjármű átlagos esetben a felépült sor közepén áll, több sáv ( $n$ ) esetén a járművek eloszlanak a sávok között, az útszakaszt pedig előre meghatározott kihaladási idővel ( $t_k$ ) hagyják el. Az egy főre jutó idővesztés a 2. egyenletben említett módon számolható (3. egyenlet).

- *személygépjárművek torlódási idővesztése:*

$$T_t^a = \left( \frac{N * t_c}{3600} - \frac{t_z}{t_k} * n \right) * t_k * \frac{3600}{t_c} * \frac{C}{2} * u * N_{sz} * N \quad (4.)$$

Torlódás abban az esetben következik be (4. egyenlet), amikor adott útszakaszon a bejövő forgalomnagyság nagyobb, mint az útszakasz átértesztő képessége a zöldidő alatt. A torlódási idővesztés ( $T_t^a$ ) esetén a teljes ciklusidő ( $t_c$ ) alatt kell mérni a személygépjárművek számát. Itt is átlagos esetet feltételezünk. A feltorlódott járművek száma a zöldidő ( $t_z$ ) alatt csökken a sávok számának ( $n$ ) és a kihaladási időnek ( $t_k$ ) függvényében. Ez az idővesztés egy óra leforgása alatt a ciklusidőtől ( $t_c$ ) függően többszörösére növekszik. Mivel egy átlagos személygépjárművet vettünk figyelembe, amely a csúcsórák ( $C$ ) felénél érkezik meg, ezért csak a teljes idő feléig vár. Az egy főre jutó idővesztés szintén a 2. egyenletben említett módon számolható.

**Autóbuszok:**

Az eredeti állapotban az autóbuszok számára a személygépjárművekéhez hasonló módon (1. egyenlet) számolható (5. egyenlet) a teljes elszenvedett idővesztés ( $T^b$ ).

$$T^b = T_p^b + T_k^b + T_t^b \quad (5.)$$

- *autóbusz pirosidő-vesztése:*

$$T_p^b = \frac{t_p}{2} * k * B * \eta * \frac{t_p}{t_c} \quad (6.)$$

A pirosidő-vesztés ( $T_p^b$ ) számolásánál autóbusz esetében átlagos esetben a busz a pirosidő ( $t_p$ ) felénél érkezik meg. Az egy főre vetített érték az óránkénti menetszámból ( $k$ ), a befogadóképességből ( $B$ ) és a kihasználtságból ( $\eta$ ) adódik. Az idővesztés (6. egyenlet) szintén csak akkor jelentkezik, amikor a járművek várakoznak a piros jelzések miatt. Látható, hogy ez az érték független a forgalom nagyságától.

- *autóbusz kihaladási idővesztése:*

$$T_k^b = \left( \frac{N * t_p}{2} * \frac{1}{n} * t_k \right) * k * B * \eta * \frac{t_p}{t_c} \quad (7.)$$

A kihaladási idővesztés ( $T_k^b$ ) esetén hasonlóan lehet eljárni, mint az autók esetében (3. egyenlet), eltérés az egy főre vetített érték számolásánál adódik (7. egyenlet).

- *autóbusz torlódási idővesztése:*

$$T_t^b = \left( \frac{N * t_c}{2} - \frac{t_z}{t_k} * n \right) * \frac{3600}{t_c} * \frac{C}{2} * k * B * \eta \quad (8.)$$

Ugyanez (8. egyenlet) megállapítható a torlódási idővesztés ( $T_t^b$ ) számolásánál is (4. egyenlet).

**3.2 Létesítés utáni állapot**

A létesítés utáni állapotban várható forgalmi viszonyok az alábbi képletek segítségével adhatóak meg, melyekkel meghatározható az eredeti állapothoz képest bekövetkező összes elszenvedett idővesztés mértéke, illetve melynek optimalizálásával megállapíthatóak a jellemző határértékek. Ez a megközelítés nem veszi figyelembe az esetleges torlódásokból származó negatív externáliákat, mert feltételezi a közlekedési ágazatok közti megoszlás elmozdulásának lehetőségét.

**Személygépjárművek:**

Létesült buszsáv esetén a személygépjárművek számára a pirosidő-vesztésből ( $T_p^a$ ), a kihaladási idővesztésből ( $T_k^a$ ), a jobbra kanyarodók okozta idővesztésből ( $T_j^a$ ) és az esetleges torlódás miatt jelentkező idővesztésből ( $T_t^a$ ) adódik össze (9. egyenlet) a teljes elszenvedett idővesztés ( $T^a$ ).

$$T^a = T_p^a + T_k^a + T_j^a + T_t^a \quad (9.)$$

- *személygépjárművek pirosidő-vesztése:*

$$T_p^a = \frac{t_p}{2} * u * N_{sz} * N * \frac{t_p}{t_c} \quad (10.)$$

A pirosidő-vesztést ( $T_p^a$ ) nem befolyásolja a buszsáv létesítése, ezért értéke (10. egyenlet) változatlan.

- *személygépjárművek kihaladási idővesztése:*

$$T_k^a = \left( \frac{N * (1 - \alpha_{jk}) * t_p}{\frac{3600}{2}} * \frac{1}{(n-1)} * t_k \right) * u * N_{sz} * N * \frac{t_p}{t_c} \quad (11.)$$

A kihaladási idővesztés ( $T_k^a$ ) esetén a képlet (11. egyenlet) nagyon hasonló az eredeti esethez (3. egyenlet), azonban a pirosidő ( $t_p$ ) alatt megjelenő személygépjárművek számából le kell vonni a jobbra kanyarodókat ( $\alpha_{jk}$ ), illetve eggyel kevesebb sáv ( $n-1$ ) áll a személygépjárművek rendelkezésére.

- *jobbra kanyarodó személygépjárművek kihaladási idővesztése:*

$$T_j^a = \left( \frac{N * \alpha_{jk} * t_p}{\frac{3600}{2}} * t_k \right) * u * N_{sz} * N * \frac{t_p}{t_c} \quad (12.)$$

Az autóbuszsávban jobbra kanyarodó autók kihaladási idejét ( $T_j^a$ ) is számba kell venni (12. egyenlet), ugyanis ezek a gépjárművek a buszsáv előtti szakaszon a többi járművel együtt közlekednek. A kihaladási idővesztéstől (11. egyenlet) a megjelenő személygépjárművek számában különbözik, illetve a sávok száma itt csak egy.

- *személygépjárművek torlódási idővesztése:*

$$T_t^a = \left( \frac{N * (1 - \alpha_{jk}) * t_c}{\frac{3600}{2}} - \frac{t_z}{t_k} * (n - 1) \right) * \frac{3600}{t_c} * \frac{C}{2} * u * N_{sz} * N \quad (13.)$$

A torlódási idővesztés ( $T_t^a$ ) esetén szintén le kell vonni a jobbra kanyarodókat ( $\alpha_{jk}$ ), illetve eggyel kevesebb sáv ( $n-1$ ) áll a személygépjárművek rendelkezésére, a többi paraméter (13. egyenlet) változatlan.

**Autóbuszok:**

A létesítés utáni állapotban az autóbuszok számára a következőképpen számolható (14. egyenlet) a teljes elszenvedett idővesztés ( $T^b$ ): a pirosidő-vesztésből ( $T_p^b$ ), a kihaladási idővesztésből ( $T_k^b$ ) és az esetleges torlódás miatt jelentkező idővesztésből ( $T_t^b$ ), ahol az eredeti állapothoz képest (5. egyenlet) a túltelítődésből származó időtöbblet ( $T_{tt}^b$ ) szerepel.

$$T^b = T_p^b + T_k^b + T_{tt}^b + T_t^b \quad (14.)$$

- *autóbusz pirosidő-vesztése:*

$$T_p^b = \frac{t_p}{2} * k * B * \eta * \frac{t_p}{t_c} \quad (15.)$$

A pirosidő-vesztést ( $T_p^b$ ) szintén nem befolyásolja a buszsáv létesítése, ezért értéke (15. egyenlet) változatlan.

- *autóbusz kihaladási idővesztése:*

$$T'_{k^b} = \left( \frac{N \cdot \alpha_{jk} \cdot t_p}{3600} * t_k \right) * k * B * \eta * \frac{t_p}{t_c} \quad (16.)$$

Kihaladási idővesztéssel ( $T'_{k^b}$ ) csak a buszsávban jobbra kanyarodók ( $\alpha_{jk}$ ) miatt kell számolni, ami túltelítődés esetén elhanyagolható, mivel mire az autóbusz odaér, addigra a jobbra kanyarodók már kihaladtak a buszsávból. A többi paraméter tekintetében (16. egyenlet) hasonlóan lehet eljárni (7. egyenlet), mint az eredeti esetben.

- *autóbusz túltelítődési idővesztése:*

$$T'_{tt^b} = \frac{\left( \frac{N \cdot (1 - \alpha_{jk}) \cdot t_p}{3600} - \frac{L}{(l_j + l_b)} * (n-1) \right) * t_k * k * B * \eta * \frac{t_p}{t_c}}{n * 2} \quad (17.)$$

Túltelítődési idővesztéséről ( $T'_{tt^b}$ ) akkor beszélhetünk, ha egy pirosidő alatt több gépjármű érkezik be, mint amennyi a buszsávval párhuzamosan vezetett forgalmi sávokban elfér. Ekkor a busz is kénytelen várakozni mielőtt elérné a buszsávot. Az egy pirosidő ( $t_p$ ) alatt beérkező összes gépjármű számából levonhatóak azok, amelyek a párhuzamos sávokban ( $n-1$ ) várakoznak, valamint oszthatóak a buszsávon túli sávok számával ( $n$ ), feltételezve, hogy egyenletesen oszlanak el a rendelkezésre álló területen. Egy átlagos busz esetét vizsgáljuk, amely véletlenszerűen bárhol állhat a feltorlódott sorban, ezért osztjuk 2-vel is a kapott eredményt. A gépjárművek száma a buszsáv hosszának ( $L$ ) és az autók által elfoglalt terület ( $l_j + l_b$ ) aránya. Mindezt egy főre vetített értékre kell átszámolni, és csak a pirosidőkre (17. egyenlet).

- *autóbusz torlódási idővesztése:*

$$T'_{t^b} = \left( \frac{N \cdot (1 - \alpha_{jk}) \cdot t_c}{3600} - \frac{t_z}{t_k} * (n - 1) \right) * \frac{3600}{t_c} * \frac{C}{2} * k * B * \eta \quad (18.)$$

A torlódási idővesztés ( $T'_{t^b}$ ) számolásánál (18. egyenlet) az eredeti állapothoz hasonlóan járhatunk el (8. egyenlet), hiszen amennyiben torlódás van, akkor a busz is a személygépjárművekkel együtt várakozik, mielőtt elérné az autóbuszsávot. Itt is le kell vonni a jobbra kanyarodókat ( $\alpha_{jk}$ ), illetve eggyel kevesebb sávval ( $n-1$ ) kell számolni.

### 3.3 Összes idővesztés számolása

Az eredeti (19. egyenlet) és a létesítés utáni (20. egyenlet) állapotok közti különbség meghatározásával megállapítható, hogy a létesítés során milyen idővesztések adódnak a személygépjárművekben ( $\Delta T^a$ ), illetve az autóbuszokban utazók ( $\Delta T^b$ ) számára.

$$\Delta T^a = T^a - T'^a \quad (19.)$$

$$\Delta T^b = T^b - T'^b \quad (20.)$$

Ezeket összegezve (21. egyenlet) megkapjuk az összes idővesztésget ( $T$ ).

$$T = \Delta T^a + \Delta T^b \quad (21.)$$

- Amennyiben ez az érték negatív, akkor egyértelműen javasolt az autóbuszsáv létesítése.
- Amennyiben kis mértékben pozitív, akkor közlekedéspolitikai szempontokat mérlegelve lehetséges az egyéni, motorizált közlekedés kárára az autóbuszsáv létesítése mellett dönteni. Itt figyelembe vehető a keletkező torlódások miatt a modal-split eltolódása a közforgalmú közlekedés javára.
- Amennyiben az érték nagy mértékben pozitív, akkor nem javasolt az autóbuszsáv létesítése, mert ebben az esetben mind a gépjárművek, mind az autóbuszon utazók olyan mértékű idővesztéséget szenvednek el, ami semmilyen formában sem indokolható.

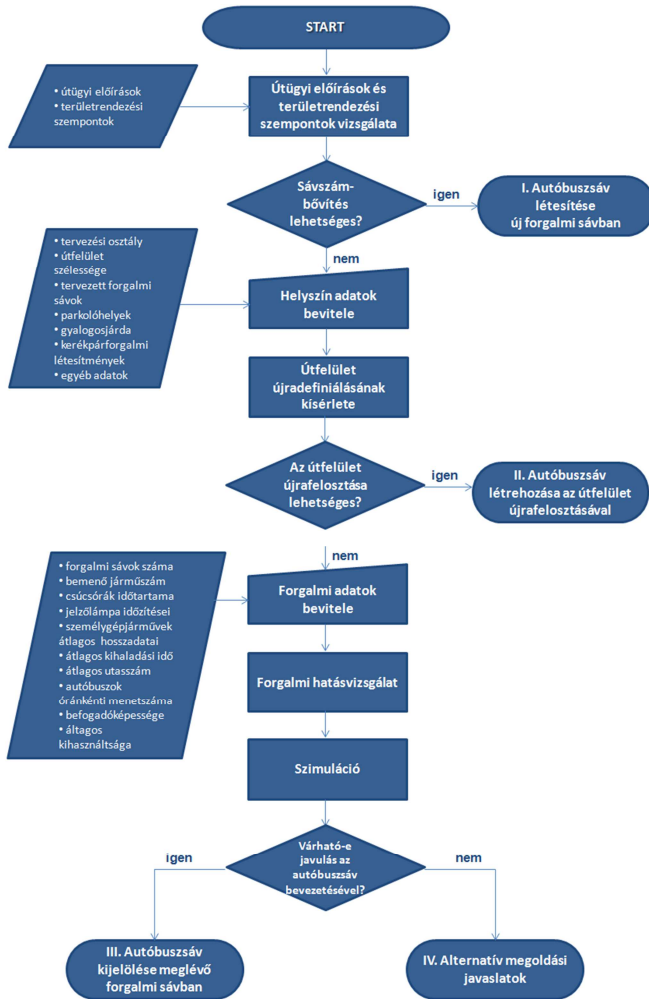
## 4. A MÓDSZER ÁLTAL KÍNÁLT MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEK BEMUTATÁSA

A bemeneti és tárolt adatok meghatározása után az eljárás blokk-sémáját (2. ábra) követve négy kimeneti lehetőség adódik, melyek az ajánlott megoldási javaslatoknak felelnek meg. Az eljárás során az új forgalmi sáv létrehozásának lehetőségét vizsgáljuk először. Amennyiben a hálózati elem a megfelelő adottságokkal rendelkezik, létrehozhatjuk az új sávot (I. kimenet). Ha ez nem lehetséges, akkor a terület-felhasználási paraméterek és a helyszínre jellemző adatok alapján az útfelület újrafelosztásának kísérlete történik meg. Az eredmény lehet a II. kimenet vagy továbblépés a forgalmi hatásvizsgálathoz. A felállított irányadó összefüggések alapján a szimulációs adatokból a III. vagy IV. kimenet állhat elő.

- **I. Autóbuszsáv létesítése új forgalmi sávban:** Amennyiben a sávszám-bővítés megoldható, akkor csak területrendezési szempontokat és az utügyi előírásoknak való megfelelést kell figyelembe venni a tervezés során.
- **II. Autóbuszsáv létrehozása az útfelület újrafelosztásával:** Ebben az esetben szükség van tárolt információkra, melyek az különböző előírások, valamint az adott helyszínre jellemző bevitt adatokra. Az útfelület szélességétől és a tervezési osztálytól függően a tervezett forgalmi sávok, a parkolóhelyek, a gyalogosjárda és a kerékpárforgalmi létesítmények méreteinek, illetve kiosztásának megváltoztatásával nyerhetünk az autóbuszsáv elhelyezéséhez elegendő helyet.
- **III. Autóbuszsáv kijelölése meglévő forgalmi sávban:** A legegyszerűbb és leggyakrabban alkalmazott megoldás, ha a meglévő forgalmi sávok funkciójának megváltoztatásával hozunk létre autóbuszsávot. Ez a lépés további adatokat igényel, amelyhez méréseket kell végezni az érintett helyszínen, illetve a közlekedésben résztvevő járművekről is kell adatokat gyűjteni. Ezután

szimulációs technikákkal prognosztizálhatóak a várhatóan kialakuló forgalmi viszonyok. Az adott keresztmetszeten az összes idővesztés minimalizálása a cél.

- **IV. Alternatív megoldási javaslatok:** Ezeket akkor javasolja a módszer, ha a fenti megoldások egyike sem ajánlott. Például: villamos pályán vezetett buszsáv, HOV/HOT (= High Occupancy vehicle, High Occupancy Toll) sávok [12], dinamikus forgalmi sávok [13], illetve BRT (=Bus Rapid Transport) alkalmazása [14].



2. ábra: Autóbuszsávok kialakítására és felülvizsgálatára vonatkozó módszer blokk-sémája

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A már meglévő iránymutatások jelentős egyszerűsítésekkel kezelik a feladatot, és az autóbuszsávok kijelölésének kritériumát csak a jelenlegi, aktuális állapot függvényében adják meg. A cikkben egy olyan módszert dolgoztunk ki, melynek eredménye egy döntéstámogató eszköz autóbuszsávok létesítéséhez és felülvizsgálatához.

Három lépésben vizsgáltuk meg a felmerülő kérdéseket. Először, hogy milyen igény váltja ki a beruházás megfontolását, és ehhez milyen típusú forgalomtechnikai beavatkozást célszerű alkalmazni. A továbbiakban ellenőriztük, hogy a megvalósíthatósággal kapcsolatos tényezők (jogi, pénzügyi és terület-felhasználási) tekintetében milyen lehetőségek állnak rendelkezésre. Ennek a lépésnek része egy döntés, mely meghatározza, hogy a tervezett létesítés milyen módon valósulhat meg: új forgalmi sáv létrehozásával, az útfelület újrafelosztásával vagy a meglévő forgalmi sávok funkciójának megváltoztatásával.

Az utóbbi eset részletes elemzéséhez nyújt segítséget a forgalmi hatásvizsgálat, melynek eredménye a bekövetkező változások prognózisa. Az általunk definiált cél, hogy egy adott keresztmetszeten az elszemvedett idővesztés a közlekedés összes résztvevőjére vonatkoztatva minimális legyen. Ennek ismeretében pedig eldönthető, hogy buszsáv létesítése indokolt-e, illetve milyen alternatív megoldások lehetségesek.

A módszer gyakorlati részének kidolgozása, illetve VISSIM szimulációs modellel történő validálása a kutatás következő lépése, amely a felállított modell korrektségét hivatott bizonyítani.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Fehér könyv (2011) *Útitervezés az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé*, COM (2011) 144.
- [2] BKV ZRt. (2010) *Éves jelentés*, Budapest
- [3] Soltész T., Kózel M., Csiszár Cs., Centgráf T., Benyó B. (2011) *Information System for Road Infrastructure Booking*, Periodica Polytechnica, Budapest, Vol.39. No. 2., pp. 55-62.
- [4] Jepson D., Ferreira L. (1998) *Assessing travel time impacts of measures to enhance bus operations*, 1998 Road & Transport Research Journal, 8 (4), 41-54, pp. 4-6.
- [5] Austroads (1991) *Guide to Traffic Engineering Practice – Part 1: Traffic Flow*, AP-11.1/88, Austroads Publications
- [6] Taylor M.A.P. (1996) *Planning and Design for On-Road Public Transport in Traffic Engineering and Management*, Edited by Ogden, K.W. and Taylor, S.Y. Department of Civil Engineering, Clayton, Victoria
- [7] Vuchic V.R. (1981) *Urban Public Transportation: Systems and Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.
- [8] Transportation Research Board (1997) *Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials*, National Academy Press, Washington, D.C.
- [9] Tettamanti T., Varga I., Kulcsar B., Bokor J. (2008) *Model predictive control in urban traffic network management*, IEEE 16th Mediterranean Conf. on Control and Automation, pp. 1538-1543.

- [10] Magyar Útügyi Társaság (2009) *A közúti közösségi közlekedés (tömegközlekedés) pályáinak, utas- és járműforgalmi létesítményeinek tervezése* (2-1.212:2009), Budapest
- [11] 20/1984. (XII. 21.) *KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről, 9. Különleges forgalmi sávok*
- [12] Eichler, M.D., Daganzo C.F. (2005) *Bus lanes with intermittent priority: Screening formula and an evaluation*, Working paper, UC Berkeley Center for Future Urban Transport, pp. 13-15.
- [13] Bede Zs., Szabó G., Péter T. (2010) *Optimization of road traffic with the applied of reversible direction lanes*, Periodica Polytechnica-Transportation Engineering 38:(1), pp. 3-8.
- [14] Diaz R., Hinebaugh D. (2009) *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making*, Federal Transit Administration, USA