



Budapest utcahálózatának topológiai elemzése

Háznagy Andor Gellért¹

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék

E-mail: andor.haznagy@bkk.hu

KIVONAT

Települések utcahálózatának topológiai vizsgálatával az utóbbi időben egyre több kutatás foglalkozik. Hiszen a településrészek területhasználata, beépítési módja és utcahálózatának kialakítása közötti kapcsolat vizsgálata, sokrétű elemzési lehetőséget biztosít. Jelenlegi kutatás tárgyát a településrészek beépítési módja és utcahálózatának kialakítása közötti kapcsolat keresése jelentette. Ehhez Budapest 48 kerületrésze került elemzésre, amelyek telepszerű, zártosú és szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek. A kerületrészek utcahálózatának topológiai elemzése során a domborzat figyelembe vétele mellett megvizsgálásra került az utcaszakasz-sűrűség, utcahálózat-sűrűség, csomópont-sűrűség, kapcsolati index az egyirányúsítás jelenléte mellett. Vizsgált szempontok közötti kapcsolat Mann-Whitney próbával került megállapításra. A vizsgált topológiai jellemzők mellett a településrészeket felépítő utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulált relatív gyakorisági eloszlása is megvizsgálásra került. Az eredmények azt mutatják, hogy a településrészek beépítési módjai az utcahálózat topológiájának vizsgálata alapján szignifikánsan elkülöníthetők egymástól.

Kulcsszavak: beépítés, kumulált relatív gyakorisági eloszlás, lakóterület, Mann-Whitney u-test, relatív gyakorisági eloszlás, települési utcahálózat, utcahálózat topológiai elemzése

ABSTRACT

Morphological analyzation of street networks of settlements has become very popular in the last decades. Connections among land use, built landscape and street network layout create a complex system. This paper has been sought the connection between built landscapes of subdistricts and their street networks. The analyzed 48 built landscapes were the following: superblock, downtown, garden suburb on plain and garden suburb on hilly. The outcomes of morphological analysis methods such as street segment density, street network density, intersection density, connectivity index, shape ratio index and ratio of one-way streets were compared to each other. The author established connection among street network indexes with Mann-Whitney U test. Moreover, the relative frequency distribution and cumulative relative frequency distribution of length of street segments were also analyzed. The results show that built landscapes are predictable based on street networks in case of Budapest. Keywords: street network analysis, urban street network, built landscape, mann-whitney u test relative frequency distribution, cumulative relative frequency distribution

Háznagy Andor Gellért

Okl. építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszékén szerezte MSc diplomáját 2014-ben. Ezt követően 4 évig a Tanszék Doktorandusz hallgatója, jelenleg a Budapesti Közlekedési Központ munkatársa..

1. BEVEZETÉS

A települések utcahálózata az emberi test érhálózatához hasonlítható, amely biztosítja egyrészt az összeköttetést az egymástól távolabb fekvő és eltérő területhasználattal rendelkező településrészek között (Hanson-Giuliano, 2017), (Jiang, 2007). A települések utcahálózatai, az ellátandó feladatok hasonlósága mellett, igen változatos topológiával rendelkeznek. Az utcahálózati struktúrák fejlődésére közvetlen és közvetett hatásként több tényező is jelentkezett, melyek elkülöníthetők az I. és II. ipari forradalmat megelőző és követő korszakokra, amelyekben jelentkező urbanizációs folyamatok, történelmi, gazdasági, társadalmi fejlődések és az elérhető műszaki megoldások folyamatos változása a települések fejlődését behatárolták. Mindezek mellett a domborzati és vízrajzi viszonyok szintén jelentékeny hatást gyakoroltak a települések és ezzel együtt azok utcahálózatának fejlődésére. A települést felépítő utcák hálózati rendszere lehet sugaras-gyűrűs rendszerű, ágas rendszerű, párhuzamos utcás rendszerű, bordás rendszerű és lineáris térsávok hálózata (Meggyesi, 2009). Mely kialakítási módok főleg lakó és a településközpontokra jellemző vegyes területhasználattal rendelkező településrészekre figyelhetők meg.

Lakó funkcióval, illetve a településközpontokra jellemző vegyes területhasználattal rendelkező településrészek többféle beépítési móddal rendelkezhetnek a településen belül elfoglalt helyzettől és területhasználat intenzitásától függően. Budapesten, ahol a kutatás is lefolytatásra került, ezek lehetnek zártosú beépítési mód, tömbszerű beépítési mód és szabadonálló beépítési mód (Budapest 2030). Az említett beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok topológiája összefüggésben van a vizsgált kerületrészek történelmi hátterével.

A zártosú beépítési mód megléte és a településrészek területhasználatának intenzitása közötti kapcsolat történelmi korszakoktól és helyszínektől függetlenül megfigyelhető (Nagy, 2005), mely szoros összefüggésben van a települések központi helyein rendelkezésre álló terület intenzív területhasználatának igényével. Ez Budapest középkori eredetű városmagjaiban és a XIX. sz. második felétől a XX. sz. első feléig lezajlott intenzív urbanizációs folyamatban érintett területeken megfigyelhető.

Telepszerű beépítési mód Magyarországon a XX. század második felében terjedt el számottevően a magyarországi lakásprobléma megoldása érdekében. Az 1950-es évektől kezdve az 1990-as évekig a házgyári lakásépítés korábban, a magyarországi települési struktúrában újszerű beépítési módot hozott. A telepszerű beépítéssel rendelkező településrészekre az intenzív területhasználat és magas lakossűrűség jellemző. A területek beépítése, épületek elhelyezésének módjai (pl.: lineáris, bokros, sávós, utcás) a legtöbb telep esetében egyedileg került megtervezésre és egyben definiálja a területet feltáró utcahálózat kialakítását is.

Az urbanizációs folyamaton keresztül a települések lélekszámának növekedésével jelentős méretű kertvárosok alakultak ki, amelyek szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek és Budapest elővárosi zónájában is megtalálhatóak (Budapest 2030). A kertvárosok utcahálózatának kialakítására az 1950-es évekig főként négyzetrács utcahálózati kialakítás volt jellemző, és a XX. sz. második felében hurok és zsákutcákból álló rendszerek is megjelentek (Grammenos, 2002). A négyzetrácsos utcahálózat kialakításának előnye, hogy a közlekedő számára könnyen áttekinthető, baleseti adatok alapján biztonságosabb és alacsonyabb károsanyag kibocsátás jelentkezik, mint másfajta kialakítás esetén (Xiaomin et al., 2006)

Dombvidéken fekvő településrészek esetében az utcahálózatok kialakulásában a domborzati viszonyok meghatározó szerepet játszanak. A területeket elsődlegesen feltáró erdei és mezőgazdasági utak nyomai a területhasznált változását követően is megjelhetnek a településrészek utcahálózatán. Budapesten a filoxéria járványt követően kezdődő, korábban szőlőművelés alatt álló, budai dombvidék beépítése során a már meglévő mezőgazdasági utak helye átöröklődött számos esetben a jelenlegi utcahálózatba. Ezeken a területeken az ingatlanok jellemzően szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek.

A felsorolt beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok kialakulása és kialakítása során, a bemutatottak alapján, egymástól eltérő utcahálózati topológiával rendelkező településrészek alakultak ki a Budapest területén. A cikkben bemutatásra kerülő kutatás arra kereste a választ, hogy az utcák egyirányúsításának figyelembe vétele mellett milyen eltérések figyelhetők meg az különböző beépítési móddal rendelkező

településrészek utcahálózatának felépítése között. A felsorolt beépítések budapesti példákon keresztül az 1. ábrán kerülnek bemutatásra.



1. ábra: Vizsgálat során összehasonlításra került beépítési módok felülnézetben, (1) telepszerű beépítés, (2) zárt sorú beépítés, (3) szabadonálló beépítés-síkvidéken, (4) szabadonálló beépítés-dombvidéken

Az 1. ábrán szereplő műholdfelvételek azonos léptékben ábrázolják az eltérő beépítési módokat. Az ábrán jól megfigyelhető a területhasználat eltérő intenzitása és a területeket feltáró utcahálózat eltérő felépítése.

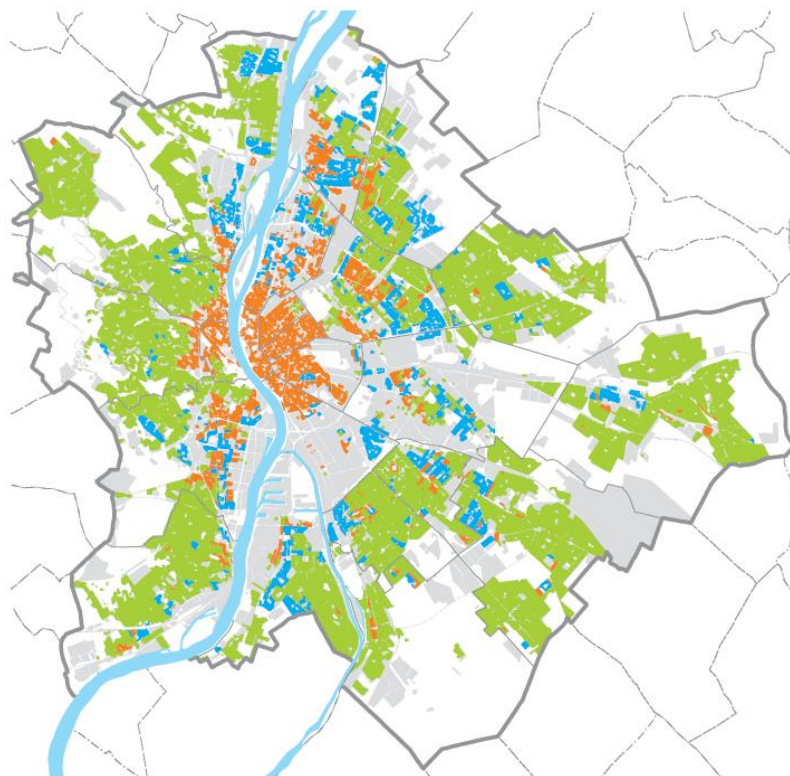
Utcahálózatok topológiai vizsgálatához több módszertan is ismert (Knight-Marshall, 2015), (Marshall 2004) amelyek az elemzés során felhasználásra kerültek. Kutatás során az utcahálózatok gráf hálózatként való vizsgálata nem került előtérben, mindamellett megjegyzendő, hogy széles szakirodalom áll a témában rendelkezésre, amelyek jellemzően teljes települések utcahálózatával foglalkoznak (Porta et al, 2006a). (Porta et al., 2006b) A vizsgálat második lépésében az utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulatív relatív gyakorisági eloszlása került megvizsgálásra. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az eltérő beépítéssel rendelkező településrészek utcahálózatai a vizsgált mérőszámokat tekintve eltérnek egymástól.

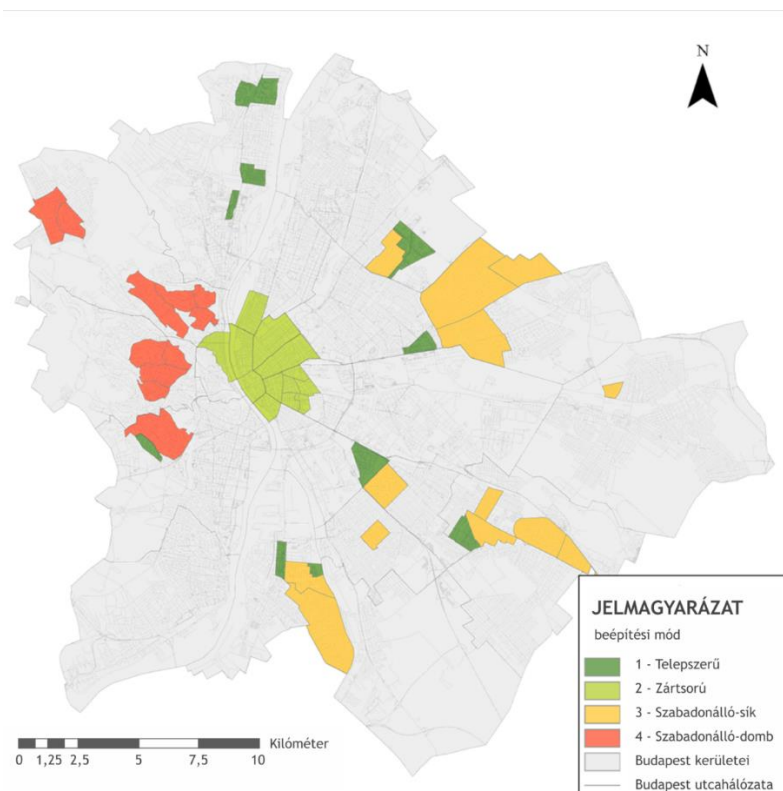
A cikk felépítése a következő. A második rész a választott budapesti kerületrészeket mutatja be a használt utcahálózati adatbázis és topológiai vizsgálat alkalmazott metodológiája alapján. A harmadik rész tartalmazza a mérések eredményeit és tárgyalását. Az utolsó szekció biztosítja a dolgotat összefoglalást és konklúziót.

2. KUTATÁS SORÁN ELEMZETT BUDAPESTI KERÜLETRÉSZEK

Az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészek utcahálózatának vizsgálata során budapesti városrészek kerültek elemzésre, és a kutatás során három (zártosorú, telepszerű és szabadonálló beépítési mód), egymástól eltérő beépítési móddal rendelkező kerületrészek négy csoportba bontva képezték a vizsgálat tárgyát (síkvidéken és dombvidéken a szabadonálló beépítés megkülönböztetésre került), amelyek a bevezetésben általánosan bemutatásra kerültek.

Az elemzés során felhasznált kerületrészek kiválasztása a Központi Statisztikai Hivatal Helységnévtárában, továbbiakban KSH Helységnévtár (KSH) szereplő budapesti kerületrészek és a körzetek összevetésére kerültek a Budapest 2030 városfejlesztési koncepcióban tartalmazott beépítési módokkal. A vizsgálat eredményessége érdekében homogén beépítési móddal rendelkező kerületrészek kerültek elemzésre. Budapest beépítési módjait és a vizsgálat során kijelölt kerületrészeket az 2. ábra tartalmazza.





2. ábra: Balra: Budapest házállományának beépítési mód szerinti eloszlása, részlet Budapest 2030 – hosszútávú városfejlesztési koncepcióból narancs: zárt sorú beépítési mód, kék: telepszerű beépítési mód, zöld: szabadonálló beépítési mód, jobbra: a beépítésekhez tartozó utcahálózatok vizsgálatára kiválasztott kerületrészek elhelyezkedése

Az 1. ábra tartalmazza a 4 vizsgált beépítési módot, melyek az alábbiak. Többszerű beépítés (lakótelepek vizsgálata), 11 vizsgált eset; zárt sorú beépítés (belvárosi területek vizsgálata), 13 vizsgált eset; szabadonálló beépítés síkvidéken (kertvárosi vagy kisvárosi beépítési környezet vizsgálata), 13 vizsgált eset; szabadonálló beépítés dombvidéken (kertvárosi vagy kisvárosi beépítési környezet vizsgálata), 11 vizsgált eset. Összesen Budapest 48 kerületrésze képezte a vizsgálat tárgyát. Az egyes beépítési módok műholdas felülnézeti képét az 1. ábra tartalmazza.

A kutatás során megvizsgált, eltérő beépítési módhoz tartozó 48 kerületrészt összefoglalóan az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Kutatás során megvizsgált budapesti kerületrészek [Forrás: saját szerkesztés]

	Telepszerű beépítés	Zárt sorú beépítés (kerület)	Szabadonálló – síkvidéki beépítés	Szabadonálló – dombvidéki beépítés
1	Békásmegyer (III.)	Belső-Ferencváros (IX.)	Árpádföld (XVI.)	Istenhegy (XII.)
2	Csepel-Belváros (XXI.)	Belváros (V.)	Bókaytelep (XVIII.)	Kíssvábhegy (XII.)
3	Csepel-Királymajor (XXI.)	Corvin negyed (VIII.)	Csepel-Kertváros (XXI.)	Máriaremete (II.)
4	Gazdagrét (XI.)	Csarnok negyed (VIII.)	Csepel-Királyerdő (XXI.)	Mártonhegy (XII.)
5	Havanna-lakótelep (XVIII.)	Erzsébetváros (VII.)	Ganztelep (XVIII.)	Orbánhegy (XII.)
6	József Attila-lakótelep (IX.)	Lipótváros (V.)	Kossuthfalva (XX.)	Remetekertváros (II.)
7	Kaszásdűlő (III.)	Losonci negyed (VIII.)	Lónyaytelep (XVIII.)	Rózsadomb (II.)
8	Rákospalota (XIV.)	Magdolna negyed (VIII.)	Pestújhely (XV.)	Sasad (XI.)
9	Római-fürdő (III.)	Népszínház negyed (VIII.)	Rákosszentmihály (XVI.)	Szemlőhegy (II.)

10	Szent Lőrinc lakótelep (XVIII.)	Palotanegyed (VIII.)	Régiakadémiatelep (XVII.)	Törökvész (II.)
11	Újpalota (XV.)	Terézváros (VI.)	Sashalom (XVI.)	Vérhalom (II.)
12	–	Újlipótváros (XIII.)	Szemeretelep (XVIII.)	–
13	–	Víziváros (I. és II.)	Wekerletelep (XIX.)	–

3. VIZSGÁLATI MÓDSZERTAN

Vizsgálati módszertan fejezetben bemutatásra kerül a kutatás során alkalmazott adatgyűjtési módszertan és az elemzéshez felhasznált topológiai mérőszámok.

3.1. ADATGYŰJTÉS

A módszertan fejezet elején a kutatás során felhasznált adatnyerési és adatkezelési módszerek kerülnek bemutatásra. A vizsgálathoz felhasznált utcahálózat-adatok megegyeznek a www.openstreetmap.org weboldalon elérhető online világtérképpel, amely közösségi szerkesztésű és szabad licenc alatt elérhető. Magyarország utcahálózati adatai a www.geofabrik.de weboldalon keresztül került letöltésre (Geofabrik). Az utcahálózat mellett Budapest elemzett kerületrészeinek határai is online adatbázisból kerültek letöltésre (data2.openstreetmap.org). A letöltött adatok tartalmazzák Budapest kerületrészeinek pontos közigazgatási határait és területeinek nagyságát, amelyek megegyeznek KSH Helységnévtár elérhető adatokkal (KSH). A letöltött adatállományok kezelése és feldolgozása Esri ArcGIS 10.2 térinformatikai szoftver felhasználásával történt.

Az előző bekezdésben említésre került a kiindulási adatok beszerzése. Ezt követően a nyers utcahálózati adatokból került előállításra az elemzésekhez szükséges utcahálózatok megfelelő kialakítása. A közúti csomópontok, mint csomópontok és a csomópontok közötti utcaszakaszok, mint egységes élek kerültek definiálásra. A hálózati modellek eredeti felépítéséből következően ennek érdekében az adatokon számos transzformációt kellett végrehajtani, ami a csomópontok és utcaszakaszok, fentebb jelzett, egyértelmű definiálása során volt szükséges elvégezni. Az adatok pontosítása során egyrészt helyszíni bejárások és műhold felvételek elemzése segítségével került ellenőrzésre a rendelkezésre álló adatok pontossága és a gépjárművel bejárható hálózati elemek. Másrészt, a kutatás során határfeltételként lett figyelembe véve az egyirányúsítás megléte, kerülethatárok körüli pufferezóna és a homogén beépítéssel rendelkező településrészek vizsgálata, amelyek részletesebben a következőket jelentik.

Amennyiben két szomszédos csomópont közötti utca egyirányú, úgy 1, amennyiben kétirányú, úgy 2 él, azaz utcaszakasz került definiálásra. Osztott pályás útszakaszok esetében, irányonként külön kerültek szintén definiálásra az utcaszakaszok, a valóságban előforduló kialakítás pontosabb leképezése érdekében.

A kerületrészek határai túlmenően egy 25m-es pufferezónában a kerületrész utcahálózatához csatlakozó utcaszakaszok is figyelembe vételre kerültek, a vizsgált hálózati elemek környezetébe történő betagozódásának figyelembe vétele érdekében.

A megvizsgált kerületrészek esetében figyelembe vett adminisztratív határai bizonyos esetekben eltértek a felhasznált, a vizsgálat szempontjából fontos, homogén beépítéssel rendelkező kerületrész-határoktól. Egyrészt a Duna folyó által határolt kerületrészek esetében a folyó medre nem került figyelembe vételre. Másodrészt pedig, tömbszerű beépítéssel rendelkező lakótelepek és az azokat tartalmazó kerületrészek határai a legtöbb esetben nem egyeztek egymással. Ezekben az esetekben nem a teljes kerületrész, hanem a vizsgálatra kiválasztott homogén beépítésű településrész került figyelembe vételre. Ezeknél az eseteknél figyelembe vételre került, hogy a KSH Helységnévtárban a lakosságra és lakásszámba vonatkozó adatok nem érvényesek a csökkentett területre vonatkozóan. Körner Zsuzsa – Nagy Márta könyve (Körner-Nagy, 2007) tartalmazza minden magyarországi lakótelep épített lakásszámát. Közelebbi adatok rendelkezésre nem állása következtében, azzal a feltételezéssel éltem, hogy egy kerületrészben az 1 lakásra eső lakosság állandó. A lakótelepek épített lakásszáma és a kerületrészek lakásszámának arányában került megállapításra a kerületrészek lakónépessége.

3.2. VIZSGÁLAT SORÁN FELHASZNÁLT TOPOLÓGIAI MÉRŐSZÁMOK

A letöltött adatok feldolgozását követően rendelkezésre állt az eltérő beépítéssel rendelkező kerületszámok utcahálózatainak elemzése a következő vizsgálati mérőszámok mellett. Az eredmények kiértékelése során a kerületszámok területe, lakos és lakássűrűsége, valamint az 1 lakásra jutó lakosság is elemzésre került. A vizsgált utcahálózati mérőszámok a következők voltak:

Utcasűrűség megadja az utcaszakaszok összesített hosszának és a városrész területének az arányát.

Utcaszakasz-sűrűség az utcaszakaszok számának és a vizsgált terület nagyságának arányát írja le.

Csomópontsűrűség megadja a vizsgált területen lévő csomópontok számának és a vizsgált terület nagyságának arányát.

Kapcsolati index megadja az azonos városrészhez tartozó utcaszakaszok és csomópontok számának az arányát. A kapcsolati index segítségével egyszerre válik vizsgálhatóvá a 3 és 4 ágú közúti csomópontok, valamint az egyirányú szakaszok aránya a zsákutcák mellett.

Alaktani index megadja a vizsgált városrész köré írt kör területének és a városrész területének az arányát. A négyzet alaktani értéke megegyezik 0.637-tel. Amennyiben az alaktani index ennél kisebb értéket vesz fel, úgy a terület téglalap alakú, amennyiben pedig nagyobbat vesz fel, úgy jellemzően sokszög alakúak.

Egyirányú utcák aránya. A vizsgálat során a közúti csomópontok közötti utcaszakaszok közlekedési irányonként kerültek figyelembe vételre, ugyanakkor a közúti utcahálózatokat alkotó utcák forgalomszabályzás szempontjából lehetnek egyirányúak és kétirányúak. Az egyirányúsítás meglétének vizsgálata során a két szomszédos közúti csomópontot összekötő szakaszra, mely lehet egyirányú vagy kétirányú, az utca elnevezés került alkalmazásra annak érdekében, hogy a többi vizsgálati esetben figyelembe vett egyirányú utcaszakaszról terminológiailag megkülönböztetésre kerüljön.

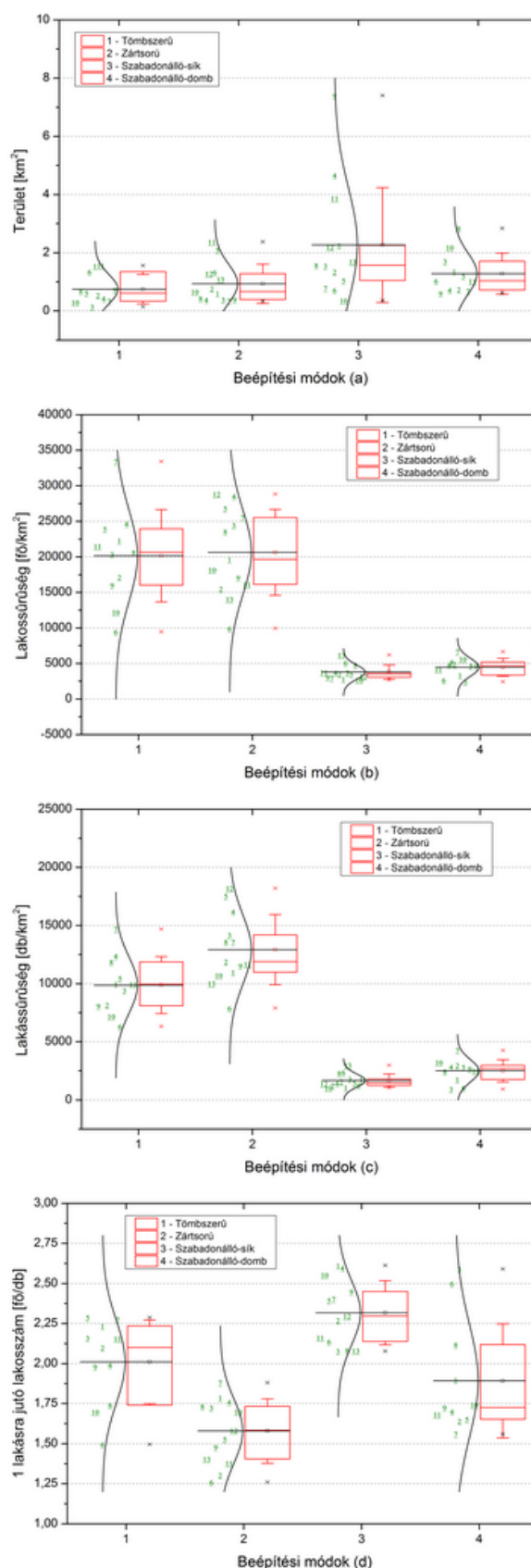
A topológiai jellemzők vizsgálatát követően az elemzett kerületszámok utcaszakaszainak hossza relatív gyakorisági eloszlás és relatív kumulatív gyakorisági eloszlás alapján megvizsgálásra került.

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A következő fejezet a vizsgálat során kapott eredményeket és a belőlük levont következtetéseket tartalmazza. Az eredmények ábrázolása boxplot diagram, más néven doboz diagramm felhasználásával került megjelenítésre. A 3. ábra és a 4. ábra által tartalmazott boxplot diagrammok mellett megjelenítésre kerülnek a vizsgált kerületszámokhoz tartozó értékek az 1. táblázatban lévő sorszámuk alapján és a hozzájuk tartozó feltételezett normál eloszlás fekete vonalként. A boxplot részei a következők. A piros színű doboz alja és teteje megjeleníti az első és harmadik kvartilis (Q1 és Q3). A doboz belsejében lévő piros vonal a második kvantilis a mediánt jeleníti meg (Q2). A doboz két végén lévő bajusz a szórás (SD) jeleníti meg. A feketével ábrázolt horizontális vonal az átlagot, míg szórásértékektől távolabb elhelyezkedő fekete X-ek a 1 % és 99 %-os értéket jelenítik meg. Az eredmények kiértékelése során a relatív szórás figyelembe vételre került. Relatív szórás a minta szórását a minta számtani átlagához viszonyítja.

4.1. VIZSGÁLT TERÜLETEK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

Eltérő beépítési módok utcahálózatának elemzése mellett a néhány szóban fontosnak érződik, hogy a területnagyságok, népsűrűség, lakássűrűség és az 1 lakásra jutó lakosság megemlítésre kerüljön. Az eredményeket az 3. ábra tartalmazza.



3. ábra: Vizsgált kerületrészek területének (a), népsűrűségének (b), lakássűrűségének (c) és az 1 lakásra jutó lakosok számának (d) értékei és statisztikai eloszlása

4.1.1. TERÜLET

A vizsgált területek nagyságát az 3. ábra (a) része tartalmazza. Vizsgált kerületszámok csoportosítása alapján megállapítható, hogy a vizsgálatra kijelölt telepszerű és zártosú beépítéssel rendelkező területek mediánja közel azonos, 0,65 körüli érték. A számtani átlagot figyelembe véve már jelentősebb az eltérés, 0,75 és 0,94. Kerületszámok nagysága szerint haladva ezt követi a szabadonálló-dombvidéki beépítés és átlagosan a legnagyobb területű beépítési mód a szabadonálló-sík beépítés. A vizsgált területek relatív szórása minden esetben 0,5 fölötti érték. Szabadonálló-sík beépítés esetében három vizsgált városrész mérete (Rákosszentmihály (XVI.) 7,405 km²; Csepel-Királyerdő (XXI.) 4,249 km²; Sashalom (XVI.) 3,867 km²) jelentősen nagyobb a többi esethez hasonlóan. A számtani átlag és a medián közötti különbség és a relatív szórás nagy értéke ennek a következménye.

4.1.2. LAKOSSÚRÚSÉG

A vizsgált területek népsűrűségét az 3. ábra (b) része tartalmazza. Lakossűrűséget figyelembe véve a telepszerű beépítéssel és zártosú beépítéssel rendelkező kerületszámok az átlag értékeket tekintve (számtani átlag, medián) közel azonos lakossűrűség értékkel rendelkeznek. A két szabadonálló beépítési módokhoz alacsonyabb népsűrűség társul, közel azonos értékben. Megjegyzendő, hogy a relatív szórás mértéke közel azonos és 0,3 körüli értéket vesz fel az összes esetben. A lakosság adatokat vizsgálva az eredmények azt szemléltetik, hogy Budapest telepszerű, illetve zártosú beépítéssel rendelkező városrészeiben jelentősen többen laknak, mint a kiválasztott szabadonálló beépítéssel rendelkező településrészek esetében. A beépítési típusok közötti különbség a lakossűrűség vizsgálata során is megmutatkozik.

4.1.3. LAKÁSSÚRÚSÉG

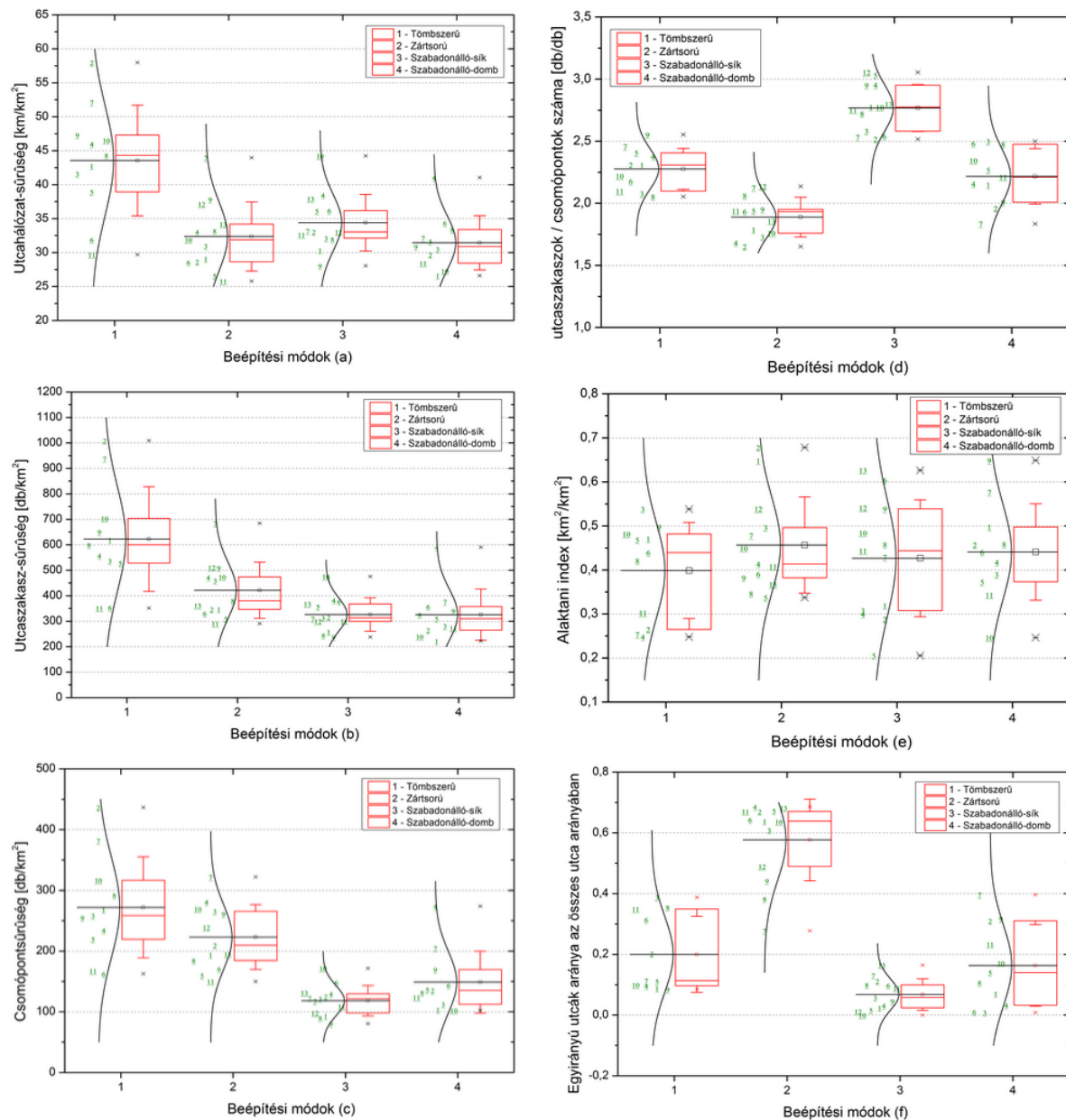
A vizsgált területek lakássűrűségét az 3. ábra (c) része tartalmazza. A legnagyobb lakássűrűséghez a zártosú beépítés tartozik, melyet a telepszerű beépítés mód követ. Az átlagértékeket tekintve két beépítési mód között körülbelül 3000 lakás/km² a különbség. A szabadonálló területeken jelentősen kisebb a lakássűrűség. Szabadonálló-síkbeépítés esetén 2000 lakás/km²-nél kisebb érték adódik, míg dombvidék esetében 2500 lakás/km² körüli értékkel rendelkeznek átlagosan. A relatív szórás figyelembe véve a vizsgált településrészek között fordított a helyzet. Szabadonálló beépítések esetében jelentősen nagyobb a relatív szórás értéke, mint telepszerű vagy zártosú beépítés esetén. A beépítési módok területhasználatának intenzitásában rejlő különbségek a lakossűrűségi és lakássűrűségi adatokból megfelelően reprezentálhatóak.

4.1.4. LAKÁSRA JUTÓ LAKOSSZÁM

A vizsgálat tárgyát képező területeken az 1 lakásra jutó lakásszámot az 3. ábra (d) része tartalmazza. Az eredmények átlagos értékei azt mutatják, hogy a szabadonálló beépítéssel rendelkező síkvidéki, pesti, kerületszámok rendelkeznek a legmagasabb értékkel. Ezt követi a tömbszertű beépítéssel rendelkező lakótelepek, illetve a szabadonálló beépítéssel rendelkező dombvidéki, budai, kerületszámok. A zártosú beépítéssel rendelkező belvárosi kerületszámokhoz tartozik a legalacsonyabb 1 lakásra jutó lakosság. Az eredmények azt mutatják, hogy Budapest kertvárosi, családi házas övezetében laknak legtöbben 1 lakóegységre vonatkoztatva, miközben ezen területek népsűrűsége jelentősen elmarad a lakótelepek és belvárosi kerületszámok népsűrűségétől.

4.2. VIZSGÁLT UTCAHÁLÓZATI PARAMÉTEREK EREDMÉNYEI

Településrészek utcahálózatának topológiai vizsgálatainak eredményeit a következőkben kerülnek bemutatásra. A 4. ábra tartalmazza a vizsgálat során kapott eredményeket, melyet követően kerülnek részletezésre a topológiai vizsgálatok eredményei.



4. ábra: Vizsgált kerületek utcahálózat-sűrűségének (a), utcaszakasz-sűrűségének (b), csomópontsűrűségének (c), kapcsolati indexének (d), alaktani indexének (e) és az egyirányú utcák arányának (f) statisztikai eloszlása

4.2.1. UTCAHÁLÓZAT-SŰRŰSÉG

Az elemzett kerületekhez tartozó utcahálózat-sűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (a) tartalmazza. A telepszerű beépítés esetében mérhető az adatok közötti legnagyobb eltérés a beépítési módok között. A jelentős eltérést az magyarázza, hogy a különböző időpontban épült lakótelepeken az épített házak elhelyezésének módja és az azokat feltáró lakóutca rendszere (pl.: sávós, utcás, bokros, teres) eltérő. Ennél a beépítési módhoz tartozó eredmények átlagos értéke és mediánja 44 km/km² körüli értékeket vesz fel, és a legsűrűbb az utcahálózat. A másik három esetben a medián és átlag értékek 30-33 km/km² közötti, és a szórásuk is közel azonos. A szabadonálló-sík beépítéshez tartozó értékek nagyobbak, mint zártorú és szabadonálló-dombvidéki esetben, a hozzá tartozó relatív szórás pedig a legalacsonyabb. Az egymáshoz közeli szoros eredményeket az magyarázza, hogy a vizsgált területeken a sakktábla alapú, tervezett négyzetláncos utcahálózat található kétirányú utcaszakaszokkal.

4.2.2. UTCASZAKASZ-SŰRŰSÉG

Az elemzett kerületszűkítésekhez tartozó utcaszakasz-sűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (b) tartalmaz. A beépítési módok közötti eredmények egymás közötti eloszlása hasonlít az utcahálózat-sűrűség vizsgálata során kapott eredményekhez. Telepszerű beépítési módhoz tartoznak a legmagasabb átlag értékek (számtani átlag, medián), a legnagyobb szórás és relatív szórás. Másik három vizsgált beépítési módhoz közel azonos értékek tartoznak. A zárt sorú beépítéssel rendelkező kerületszűkítések átlagos értékei 100 db/km²-tel magasabbak, mint szabadonálló beépítésekhez tartozó értékek, amelyek egymáshoz képest közel azonosak. Az eredmények azt mutatják, hogy telepszerű beépítések esetében az utcahálózat az adott területhez viszonyítva mind az utcaszakaszok számában, mind pedig az utcaszakaszok hosszában jelentősen nagyobb, a többi beépítési módhoz viszonyítva, az utcahálózat jobban feltárja a lakóterületeket a sűrű utcahálózatnak köszönhetően. Ennek oka, hogy a lakóutak a lakóépületeket több oldalról is megközelítik és külön szervízutak mentén elhelyezkedő parkolóhelyek biztosítják a személygépjárművek közterületi elhelyezését. A többi vizsgált esetben a kerületszűkítések lefedő utcahálózatok nagyobb tömböket határolnak le.

4.2.3. CSOMÓPONTSŰRŰSÉG

Az elemzett kerületszűkítésekhez tartozó csomópontsűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (c) tartalmazza. Csomópontsűrűség tekintetében az eredmények jobban eltérnek az eddig bemutatásra került tényezőktől. A legmagasabb átlag értékek, szórás és relatív szórás értékek a telepszerű beépítéshez tartoznak. A szórás magas mértéke jól szemlélteti a Magyarországon az 1960-as és '90-es évek között nagyszámban épült lakótelepek eltérő utcahálózati felépítését. A zárt sorú beépítéshez tartozó csomópontsűrűség értékek megközelítik telepszerű beépítéshez tartozó eredményeket és azoknál kisebb szórással és relatív szórással rendelkeznek. Az utcaszakasz-adatok és a csomópontok adatok közötti különbséget az magyarázza, hogy zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi utcahálózat esetében nagyon gyakori az utcák egyirányúsítása, mint forgalomszabályzási eszköz alkalmazása, lsd. egyirányúsítás meglétének vizsgálata. Szabadonálló-dombvidéki beépítéssel rendelkező területek átlagos értékei magasabbak, mint a szabadonálló-síkvidék esetében. A különbség oka, hogy sík területeken a domborzati viszonyok az utcahálózatok kialakítására nincs jelentős hatással, addig a dombvidéki területeken megjelenő relatív szintkülönbségek a közlekedési folyosókra elhelyezkedésére, így a csomópontok meglétére is jelentékeny hatást gyakorolnak. A csomópontsűrűséget, utcahosszsűrűséget és utcaszakasz-sűrűséget a szabadonálló szabadonálló-síkvidéki beépítési mód esetén elmondható, hogy az eredmények a legkisebb szórással rendelkeznek, azaz a főváros különböző részein található vizsgált kerületszűkítések utcahálózatai közel azonosak. E utcahálózatok tervezettek, derékszögűhálós alaprajzúak vagy más néven sakktábla-alaprajzú kialakítással rendelkeznek és az utcák forgalmi egyirányúsítása csak kis mértékben jelentkezik.

4.2.4. KAPCSOLATI INDEX

A vizsgált beépítési módok utcahálózatai között megjelenő legmarkánsabb különbségét a kapcsolati index segítségével jeleníthetők meg. Kutatás során az utcák forgalmi egyirányúsítása figyelembe vételre került, azaz jelentős számú egyirányú utcával rendelkező utcahálózatok kapcsolati index mérőszáma alacsonyabb, mint ahol az egyirányúsítás található meg. Vizsgálat eredményeit 4. ábra (d) szemlélteti. Zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi területeken a kapcsolati index nagysága az átlagos értékeket tekintve a legalacsonyabb a vizsgált esetek közül. Összehasonlítva az utcahálózat-sűrűséget, utcaszakasz-sűrűséget és a csomóponti sűrűséget látszódik, hogy a zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi településrészekben gyakran alkalmazott forgalomcsillapítási és forgalomirányítási eszközrendszer az utcahálózat egyirányúsítása. Az egyirányúsítás ezen beépítési mód mellett forgalombiztonsági megfontolások mellett azért is szokás alkalmazni, mert a szűkebb belvárosi utcákban nem áll rendelkezésre megfelelő keresztmetszeti szélesség, amely az összes közlekedési igényt egyszerre ki tudná elégíteni (kétirányú közlekedés, parkolási, gyalogos és kerékpáros közlekedési igények). Főváros ezen területein a XIX. sz. végén XX. sz. elején épül bérházak esetében az ingatlanon belüli parkolás nem megoldott, ezért a városrészeket feltáró utcahálózaton erőteljesen jelentkezik a parkolási igény. A kapcsolati index a szabadonálló beépítéssel rendelkező sík vidéki településrészek

esetében a legmagasabb. Ezt a kétirányú közlekedésre alkalmas utcaszakaszok összes utcaszakaszhoz képesti magas aránya, valamint a derékszögű-hálós alaprajzú utcahálózat biztosítja. A telepszerű beépítés és szabadonálló beépítés dombvidéken esetében hasonló eredmények adódnak. E hasonlóságra adhat okot egyrészt, hogy mindkét beépítési típus esetében gyakran fordulnak elő a szabályos, a sakktábla kialakítástól eltérő szabálytalan utcahálózat, melynek köszönhetően gyakran előfordulnak háromágú T csomópontok (Hegyi, 2015), valamint hurok utcák és zsákutcák. Ameddig dombvidéki utcahálózat esetében ezek a meglévő domborzati kényszerekből adódnak, addig telepszerű beépítés esetében tervezői tudatosság eredményei.

4.2.5. ALAKTANI INDEX

Az alaktani vizsgálat arra kereste a választ a kutatás során, hogy a kerületrészek alakja beépítési módtól függően szignifikánsan hasonlóak-e egymáshoz. Az eredményeket a 4. ábra (e) része tartalmazza. Az eredmények alapján megállapítható, hogy nincs összefüggés a kerületrészek alakja és a beépítési módok között. Minden esetben az alaktani index értéke 0,40 és 0,46 közötti értéket vesz fel közel azonos 0,12 körüli szórással. Az eredmények ugyanakkor azt jelentik, hogy beépítési módtól és elhelyezkedéstől függetlenül a településrészek alakja közel azonos módon eltérőek és a településrészek alakjának átlagos értéke beépítési módtól függetlenül azonos.

4.2.6. UTCÁK EGYIRÁNYÚSÍTÁSÁNAK MEGLÉTE

A vizsgálat során a közúti csomópontok közötti utcaszakaszok a gépjárművek által használható közlekedési irányonként kerültek megvizsgálásra, ugyanakkor a közúti utcahálózatokat alkotó utcák forgalomszabályzás szempontjából lehetnek egyirányúak vagy kétirányúak. Az egyirányúsítás meglétének vizsgálata során a két szomszédos közúti csomópontot összekötő szakaszra, az utca elnevezés került alkalmazásra annak érdekében, hogy a többi vizsgálati esetben figyelembe vett egyirányú utcaszakasztól terminológiailag megkülönböztetésre kerüljön. Az eredményeket a 4. ábra (f) része tartalmazza. Az eredmények alapján kimutatható, hogy zárt sorú beépítés esetén jelentősen gyakrabban kerül alkalmazásra az egyirányúsítás, mint a másik három megvizsgált beépítési mód esetében. Az eredményeket tovább erősíti, hogy a relatív szórás is ezen területek esetében a legalacsonyabb, viszont az eredmények két részre oszthatók. A 0,65 körüli értékkel számos kerületrész rendelkezik, ellenben néhány kerületrész esetében ennél az értéknél jelentősen alacsonyabb az alkalmazott egyirányúsítás értéke, különös tekintettel Losonci negyedre (7) vonatkozóan. Ez a különbség megjelenik a telepszerű beépítés esetében is, a lakótelepek egyik csoportjához 0,1 körüli egyirányúsítás tartozik, míg a másik csoportjához 0,35 körüli érték, a két érték között középen szerepel Csepel-Belváros (2). Szabadonálló-síkvidéki beépítés esetében az utcák egyirányúsítására ritka, 100 utcából kevesebb, mint 7 utca egyirányú és az eredményekhez tartozik a legkisebb mértékű szórás. Az egyirányúsítás, mint forgalomszabályzó eszközrendszer alkalmazása nem jellemző a szabadonálló beépítéssel rendelkező (kertvárosias) területeken. Szabadonálló dombvidéki beépítés esetén az eredmények jelentősen eltérnek egymástól 0,13 körüli szórás mellett a relatív szórás mértéke 0,825 értéket vesz fel.

4.3. EREDMÉNYEK STATISZTIKAI ELEMZÉSE

A megvizsgált beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok topológiai elemzése alapján az előző fejezetben bemutatottak alapján különbségek figyelhetők meg. Matematikai statisztikai hipotézisvizsgálattal került ellenőrzésre a beépítési módok utcahálózataiban lévő különbségek. Első lépésben normalitás vizsgálattal megállapításra került, hogy az utcahálózati eredmények nem követnek normális eloszlást, azaz nemparaméteres próbát volt szükséges alkalmazni az eredmények összehasonlítása során. A szignifikancia vizsgálathoz kétféle Mann-Whitney próbát (más néven Wilcoxon-teszt) került alkalmazásra annak eldöntésére, hogy a két független minta azonos eloszlást követ-e.

A vizsgálat során összehasonlításra került az eltérő beépítési módhoz tartozó értékeket egymással utcahálózat-sűrűség, utcaszakasz-sűrűség, csomópontsűrűség, kapcsolati index, alaktani index és egyirányúsítás vizsgálata esetén. A hipotézisvizsgálat soráni nullhipotézissel az volt, hogy az adatok ugyanazon populációból származnak. A hipotézisvizsgálatot kétoldali próbával és 95%-os szignifikancia szint mellett került elemzésre és az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Statisztikai függetlenségvizsgálat 95%-os szignifikancia mellet. UH-S: utcahálózat-sűrűség, SSz-S: utcaszakasz-sűrűség, CsC: csomópontsűrűség, KI: kapcsolati index, AI: alaktani index, EGY: egyirányúsítás. Zöld: szignifikáns különbség, piros: nem szignifikáns különbség. 1 – telepszerű beépítés, 2 – zárt sorú beépítés, 3 – szabadonálló-sík beépítés, 4 – szabadonálló-domb beépítés [Forrás: saját szerkesztés]

UH-S	1	2	3	4	USz-S	1	2	3	4	CsS	1	2	3	4
1	–	0,0021	0,0091	0,0016	1	–	0,0045	4,09E-04	8,11E-04	1	–	0,2025	6,40E-05	0,0013
2	–	–	0,2592	0,7281	2	–	–	0,0313	0,0150	2	–	–	3,27E-05	0,0026
3	–	–	–	0,0725	3	–	–	–	0,6430	3	–	–	–	0,0725
4	–	–	–	–	4	–	–	–	–	4	–	–	–	–
KI	1	2	3	4	AI	1	2	3	4	EGY	1	2	3	4
1	–	2,09E-04	8,16E-05	0,5994	1	–	0,49	0,49	0,79	1	–	1,31E-04	0,0077	0,4701
2	–	–	1,65E-05	9,59E-04	2	–	–	0,64	1,00	2	–	–	1,65E-05	1,04E-04
3	–	–	–	3,90E-05	3	–	–	–	0,86	3	–	–	–	0,0929
4	–	–	–	–	4	–	–	–	–	4	–	–	–	–

A szignifikancia vizsgálat alapján megállapítható, hogy az eltérő beépítési módokhoz a vizsgált utcahálózati paraméterek alapján eltérnek egymástól. A statisztikai próbák során kapott eredmények néhány esetben vizuálisan nem jelentkeznek egyértelműen, amint azok a 4. ábra láthatók, ami az alacsony esetszámnak és a nemparaméteres vizsgálat gyengeségének következménye. Az alábbiakban az eredmények elemzése, a vizsgált beépítési módok függetlenségének bemutatása következik. A nemparaméteres függetlenség vizsgálat során a számtani átlag és a szórás nincs figyelembe véve, a vizuális megfigyelés során az első, második és harmadik kvartilis mellett ezek is figyelembe lettek véve.

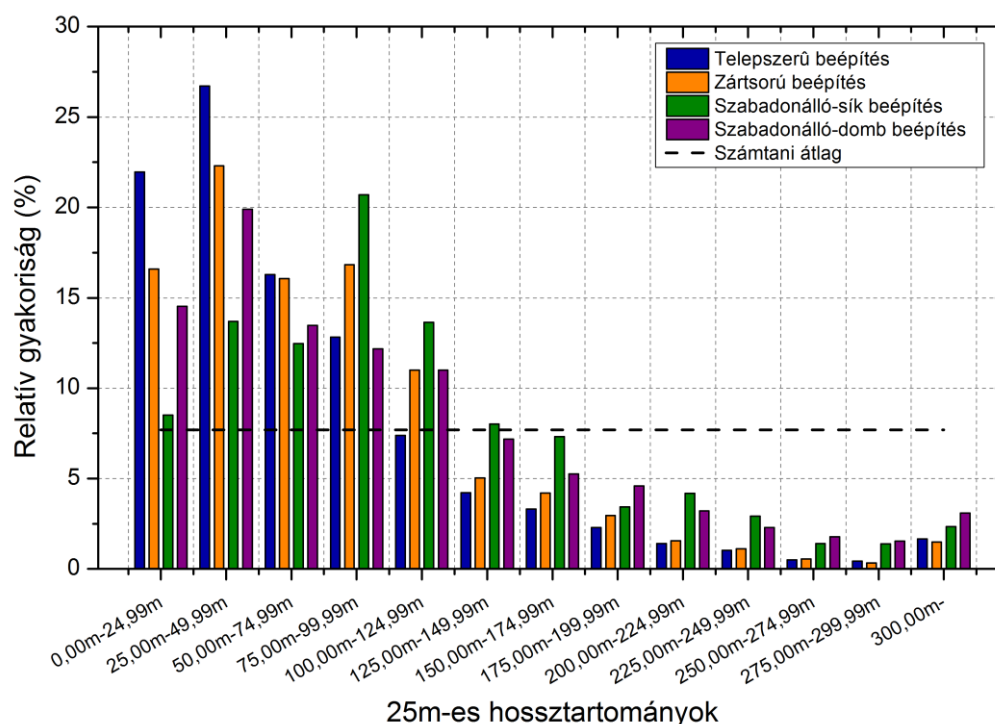
Telepszerű beépítés a következő esetekben különbözik a többi beépítéstől. Utcahálózat- és utcaszakasz-sűrűség esetében szignifikánsan, amely különbségek vizuálisan is egyértelműen megjelennek. Zárt sorú beépítés esetében a statisztikai vizsgálat alapján utcaszakasz-sűrűség, kapcsolati index és egyirányúsítás esetében is külön-külön szignifikánsan eltér a többi beépítési módtól. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy az eltérés vizuálisan kapcsolati index és egyirányú utcák esetében jellemezhető, ugyanakkor az eltérés utcaszakasz-sűrűség tekintetében nem jelenik meg egyértelműen. Szabadonálló síkvidéki beépítés a statisztikai próba alapján kapcsolati index alapján különbözik a többi beépítési módtól. A többi esetben az eredmények közel találhatók a szabadonálló dombvidéki beépítéshez. Vizuális megfigyelés alapján az eredmények szabadonálló dombvidéki beépítési esethez tartozó értékhez nagyon közeli értékeket vesznek fel. Szabadonálló dombvidéki beépítés a statisztikai vizsgálat alapján önmagában egyik vizsgált utcahálózati paraméter alapján sem különböztethető meg a többi beépítési módtól. Mindezek mellett a kapcsolati index (zárt sorútól és szabadonálló-sík beépítéstől megkülönböztetés) és az utcahálózat-sűrűség vagy utcaszakasz sűrűség (telepszerű beépítéstől való megkülönböztetés) együttes vizsgálata alapján az eltérés megállapítható.

A vizsgálat során csak budapesti adatok kerültek elemzésre, Budapesthez hasonló történelmi fejlődéssel rendelkező településeken az eredmények megfeleltethetők.

4.4. UTCASZAKASZOK HOSSZÁNAK VIZSGÁLATA

A vizsgálat második felében a közúti járművek által járható utcaszakaszok hossz szerinti eloszlása került elemzésre. A vizsgálat arra kereste a választ, hogy az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészekben az utcaszakaszok hosszának eloszlása milyen mértékben hasonlít egymásra.

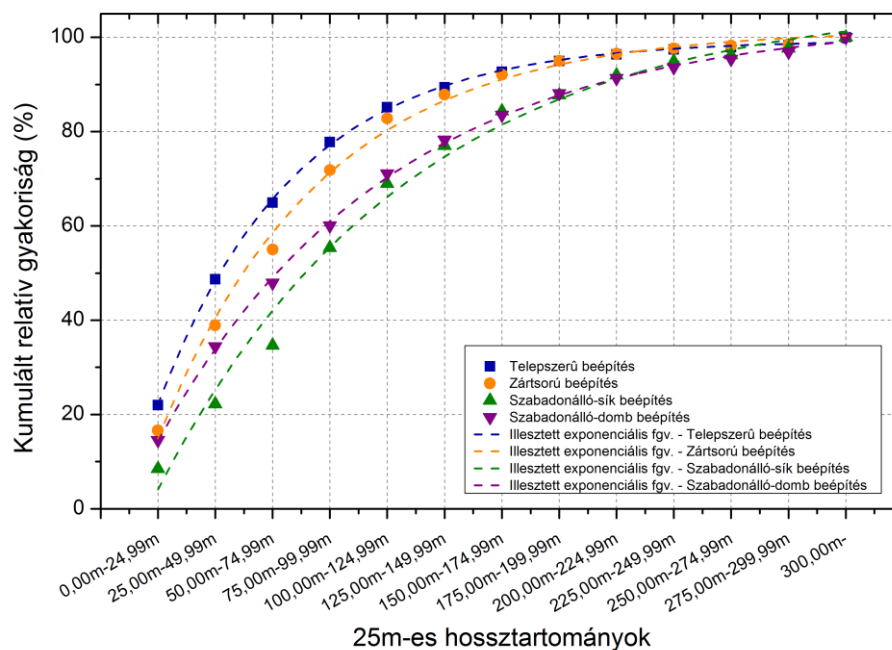
Az utcahálózatok egyértelmű összehasonlíthatósága végett, a vizsgálat során az utcaszakaszok a hosszuk alapján 13 vizsgálati tartományba kerültek összevonásra és a csoportokba tartozó elemszámok relatív gyakorisági eloszlása és a relatív kumulált gyakorisági eloszlása került elemzésre. A relatív gyakorisági eloszlás az egyes tartományokba tartozó gyakoriságokat az összes megfigyeléshez viszonyított százalékos értékeként fejezi ki. Míg a relatív kumulatív gyakorisági eloszlás az adott intervallum felső határértékénél kisebb értékek gyakoriságát mutatja be az összes megfigyeléshez viszonyított százalékaként. Az alkalmazott vizsgálati intervallumok nagysága 25 m (0,00m-24,99m; 25,00m-49,99m; 50,00m-74,99m; stb...). A 300m és az annál hosszabb szakaszok közös intervallumba kerültek összevonásra. Utcaszakaszok relatív eloszlását az 5. ábra tartalmazza.



5. ábra: Utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása

A beépítési módokhoz tartozó utcaszakaszok hossza a korábban vizsgált utcahálózatok között különbségeket jól reprezentálja. Beépítési módonként eltérő gyakorisággal rendelkeznek a vizsgálati osztályokba tartozó eredmények alapján, ugyanakkor azonosságok is megjelennek azok között. A legtöbb utcaszakaszok hossza kisebb, mint 100m. Az eredmények a 6. ábrával történő együttes vizsgálatával megállapítható, hogy szabadonálló beépítések esetén az utcaszakaszok több, mint 50%-a ezen értékek alatti, míg telepszerű és zárt sorú beépítés az utcaszakaszok kb. 66%-a kisebb ennél az értéknél. Leggyakoribb hossztartomány zárt sorú, szabadonálló dombvidéki és telepszerű beépítési mód esetén a 25,00m-49,99m közötti értékekkel rendelkeznek, 20% és 27% közötti relatív gyakoriság mellett. Telepszerű beépítési mód esetén ebbe a tartományba tartozik az utcaszakaszok több, mint 25%-a. A szabadonálló síkvidéki beépítés esetén a 75,00m-99,99m közötti hosszúságú utcaszakaszok előfordulása a leggyakoribb, és megfigyelhető, hogy az említett tartományon kívül a 25,00m és 124,99m közötti tartományokba tartozó utcaszakaszok száma közel egymással azonos. Ez azt mutatja, hogy az utcaszakaszok hossza egyenletesebben oszlik el, mint a másik három vizsgált beépítési mód esetében. Telepszerű és szabadonálló dombvidéki beépítési mód esetén fordított eset figyelhető meg, a leggyakoribb utcahossz tartományt követő osztályokba egyre kevesebb utcaszakasz tartozik. Zárt sorú beépítési módnál az említettek vegyesen jelentkeznek.

A legkisebb, 25m alatti vizsgálati hossztartományba, arányaiban véve jelentős számú érték tartozik, mely három okra vezethető vissza. Az első ok az egymáshoz közel elhelyezkedő közúti csomópontok megléte. A vizsgált utcahálózati modellekben azok a közúti csomópontok, amelyek egymáshoz közel találhatóak, de forgalomszabályzás alapján egymástól elkülöníthetők külön csomópontként kerültek definiálásra. A második ok a kiszolgáló- és szervízutak figyelembe vétele, amelyek a legtöbb esetben biztosítják a legtöbb esetben a gépjárműtároláshoz szükséges felöleteket. Ezek általában egymással, illetve magasabb rendű úttal párhuzamosan, közel helyezkednek el és a köztük kapcsolatot biztosító utcaszakaszok rövidek. A harmadik ok az utcahálózati modellek megalkotásával kapcsolatos. A kerületszámok határaitól alkalmazott 25m-s pufferezőn belül elhelyezkedő utcák is a modellek részét képezték, annak érdekében, hogy a vizsgált területek környezetbe illeszkedése is megjelenjen a vizsgálatok során.



6. ábra: Utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása

A relatív gyakoriságok kumulált eloszlását a 6. ábra tartalmazza. Az ábrán megfigyelhető az utcaszakaszok hosszának gyakorisága alapján a telepszerű és a zártorú, illetve a szabadonálló sík- és dombvidéki beépítési móddal rendelkező területek eloszlása egymáshoz hasonlítanak. A 4 eset közötti hasonlóság az utcaszakaszok hosszának eloszlására való tekintettel még erősebben jelentkezik, ha a kapott eredményekre exponenciális függvény kerül illesztésre. Az illesztett függvény képlete az alábbi.

$$y = y_0 + Ae^{(R_0x)} \quad (1)$$

Az illesztés során a használt exponenciális függvény paramétereinek értékeit és az illesztések jóságát (R^2) a 3. táblázat tartalmazza. A függvényparaméterek közötti eltérést az eltérő beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok közötti különbségből adódik, ugyanakkor mindegyik adatsorra illesztett függvény korrelációja $R^2=0,99$ körüli értéket vesz fel, amely alapján megállapítható, hogy a kerületszámok utcaszakaszainak hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása exponenciális függvénnyel megfelelően leírható.

3. táblázat: Utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlásaira illesztett exponenciális függvények paraméterei [Forrás: saját szerkesztés]

Beépítési mód	y0 érték	y0 standard hiba	A érték	A standard hiba	R0 érték	R0 standard hiba	Korreláció R ²
Telepszerű	99,41	0,283	-77,36	0,524	-0,017	2,68 E-4	0,999
Zárt sorú	101,66	1,073	-86,82	1,666	-0,014	6,82 E-4	0,996
Szabadonálló-sík	108,06	3,636	-103,99	3,639	-0,009	9,15 E-4	0,988
Szabadonálló – domb	103,74	0,748	-89,34	0,797	-0,010	2,51 E-4	0,999

5. ÖSSZEGZÉS

Az eredmények a vizsgált budapesti kerülete részeket figyelembe vételével megállapítható, hogy az eltérő beépítések eltérő utcahálózattal rendelkeznek az irányhelyes közlekedés figyelembe vétele alapján. A vizsgálat során elemzett beépítési módok közé tartozott a telepszerű beépítési mód, zárt sorú beépítési mód és a szabadonálló beépítési mód volt. Ez utóbbi esetben külön került megvizsgálásra a síkvidéki és a dombvidéki domborzati adottságokkal rendelkező fővárosi kerületek részek. Vizsgálat során a kerületek részeket utcahálózat-sűrűség, utcaszakasz-sűrűség, csomópontsűrűség, kapcsolati index, alaktani index és az egyirányúsítás mértéke alapján került összehasonlításra. A vizsgált paraméterek alapján a 4 elemzett beépítési módhoz tartozó utcahálózatok matematikai statisztikai hipotézisvizsgálattal került összehasonlításra, amely kimutatta, az eltérő beépítési módhoz tartozó utcahálózatok közötti különbségeket. Ezen eltérések a kerületek részek egyedi történelmi fejlődésének, tervezettségének, domborzati viszonyainak és az utcák egyirányúsításának eltérő mértékéből fakadnak. Az utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulált relatív gyakorisági eloszlása elemzésével megállapításra került beépítési módonként az utcaszakaszok hosszának eloszlása. Minden esetben a 100 m alatti utcaszakaszok hosszának gyakorisága meghaladja az 50%-ot és az utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása exponenciális függvény illesztésével írható le 0,99 értékű korrelációs együtthatóval. A vizsgálat eredményei Budapesthez hasonló történelmi fejlődéssel rendelkező települések esetén hasznosítható, és az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészek utcahálózatában rejlő különbségek kimutathatóak vele.

6. IRODALOMJEGYZÉK

Hanson, S., Giuliano, G. (szerkesztésében), The geography of urban transportation, 4. kiadás, Guilford Press, 2017

Jiang, B., A topological pattern of urban street networks: Universality and peculiarity, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol.384., No.2, 2007, pp: 647–655, DOI: 10.1016/j.physa.2007.05.064.

Meggyesi T., Városépítészeti alaktan, TERC Kft., 2009

Budapest 2030 Hosszú távú városfejlesztési koncepció, BFVT Kft. – Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft., 2013

http://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Budapest2030_HUN_teljes.pdf

Nagy B., A település, az épített világ, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., 2005

Fanis Grammenos, Residential Street Pattern Design, Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, 2002, <https://www.cmhc-schl.gc.ca/publications/en/rh-pr/tech/socio75.html>

Xiaomin, X., Zhen, H., Jiasong, W. The impact of urban street layout on local atmospheric environment, Building and Environment, Vol.41., No.10, 2006, pp: 1352-1363., DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.05.028

Knight, P. L., Marshall, W. E., The metrics of street network connectivity: their inconsistencies, *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, Vol.8., No.3, 2015, pp: 241–259, DOI: 10.1080/17549175.2014.909515

Marshall, S., *Streets and patterns*, Routledge, 2004

Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V., The network analysis of urban streets: a primal approach, *Environment and Planning B: planning and design*, Vol.33., No.5, 2006, pp: 705-725, DOI: 10.1068/b32045

Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: a dual approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol.369., No.2, 2006, pp: 853-866, DOI: 10.1016/j.physa.2005.12.063

KSH Helységnevtár, <https://www.ksh.hu/apps/hntr.main>

Geofabrik, <http://download.geofabrik.de/europe/hungary.html>

data2.openstreetmap, <https://data2.openstreetmap.hu/hatarok/index.php>

Körner Zs., Nagy M., *Az európai és a magyar telepszerű lakásépítés története 1945-től napjainkig*, TERC Kft., 2007

Hegy P., Road patterns of housing estates in Hungary, *Pollack Periodica*, Vol.10., No1, 2015, pp. 83–92, DOI: 10.1556/Pollack.2015.10.1.8