



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék
Tudományos Diákköri Konferencia

**Gyűjtőpont kijelölő módszertan kidolgozása
igényalapú kisbuszos szolgáltatáshoz**

Készítette:

Korompay Márton

közlekedésmérnök MSc.

Témavezető:

Dr. Földes Dávid

Tudományos Munkatárs

2023

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	2
1. A kutatási téma.....	3
1.1. Aktualitása, jelentősége.....	3
1.2. Problémafeltárás, célkitűzések	4
2. Irodalmi áttekintés.....	5
3. Igényalapú közlekedési szolgáltatások.....	8
3.1. Általános jellemzők bemutatása.....	8
3.2. Alkalmazási területek azonosítása és összehasonlítása.....	9
3.3. Működési modellek áttekintése és értékelése.....	10
3.4. Igényalapú iskolabusz modelljének kidolgozása	11
4. Gyűjtőpont kijelölő módszertan	13
4.1. Igényalapú szolgáltatás hálózattervezési modellje.....	13
4.2. Általános megközelítés	16
4.3. Igényközpontú megközelítés.....	19
5. Szentendrei iskolabusz esettanulmány	22
5.1. Helyszín bemutatása.....	22
5.2. Adatok, egyszerűsítések, alkalmazott programok.....	24
5.3. Módszertanok alkalmazása.....	25
5.4. Eredmények értékelése.....	32
6. Konklúzió	37
Ábrajegyzék	39
Táblázatjegyzék.....	40
Függelékjegyzék.....	40
Irodalomjegyzék.....	41
Függelék	43

Bevezetés

A rugalmas és igényalapú (DRT) szolgáltatás a hagyományos közlekedési formákhoz képest magasabb színvonalú szolgáltatást biztosít; alkalmazásával növelhető az ellátandó terület kiszolgálása, alacsonyabbak a gyaloglási távolságok, ezáltal csökkenthető a helyváltoztatási idő is. Fenntartható közlekedési alternatívát nyújt, hiszen igazodik az utazási igényekhez, emiatt csökkenthető a felesleges futások száma, racionalizálható a felkínált utaskapacitás.

Feltártam az igényalapú közlekedési szolgáltatások alkalmazási területét, és kidolgoztam az igényalapú iskolabusz modelljét. A modellben azonosítottam a szereplőket, valamint a közlekedési és információs folyamatokat.

A rugalmas közlekedési rendszerek hatékony működése a gyűjtőpontok optimális kijelölésén alapszik. Az optimális kijelölés elérésével járó előnyök a szolgáltató, az utas, valamint a társadalom számára egyaránt realizálódhatnak.

- Szolgáltató: vonzóbb szolgáltatás, felesleges járműfutások elkerülése.
- Utas: alacsony gyaloglási távolságok.
- Társadalom: környezeti terhelés csökken.

A gyűjtőpontok kijelölése tehát fontos kérdés, meghatározza a szolgáltatás színvonalát.

Kutatási célom az igényalapú kisbuszos szolgáltatások számára gyűjtőpontok optimális kijelölése. A felmerülő igények alapján kétfajta megközelítésből vizsgáltam a kérdést: általános megközelítés és igényközpontú megközelítés. Az általános megközelítés geometriai modelleken nyugszik, előnye, hogy széleskörben alkalmazható, iránymutatást nyújthat a szolgáltatás hálózattervezése során. Az igényközpontú megközelítés előnye, hogy a gyűjtőpontok kijelölését konkrét igénypontokhoz rendeli, ezáltal pontosabb megoldást nyújt; ugyanakkor kiszolgáltatottabb a feltárt adatoknak.

A megközelítések egy lehetséges gyakorlati alkalmazását a szentendrei iskolabusz példáján keresztül mutatom be, és hasonlítom össze az átlagos gyaloglási távolságok alapján. Az igényközpontú megközelítés megvalósításához a helyi lakosok igényeit feltáró kérdőíves adatbázis is rendelkezésemre állt. A kidolgozott módszertanom alkalmazásával az igényeknek megfelelő szolgáltatás indítható, ami növelheti a szolgáltatás elfogadását, népszerűségét. Végül értékelem és összehasonlítom a kidolgozott módszereket, a kapott eredmények függvényében.

A kutatási eredményeim pontos iránymutatást nyújthatnak új igényalapú közlekedési rendszerek bevezetése során, valamint meglévő szolgáltatások fejlesztésében.

1. A kutatási téma

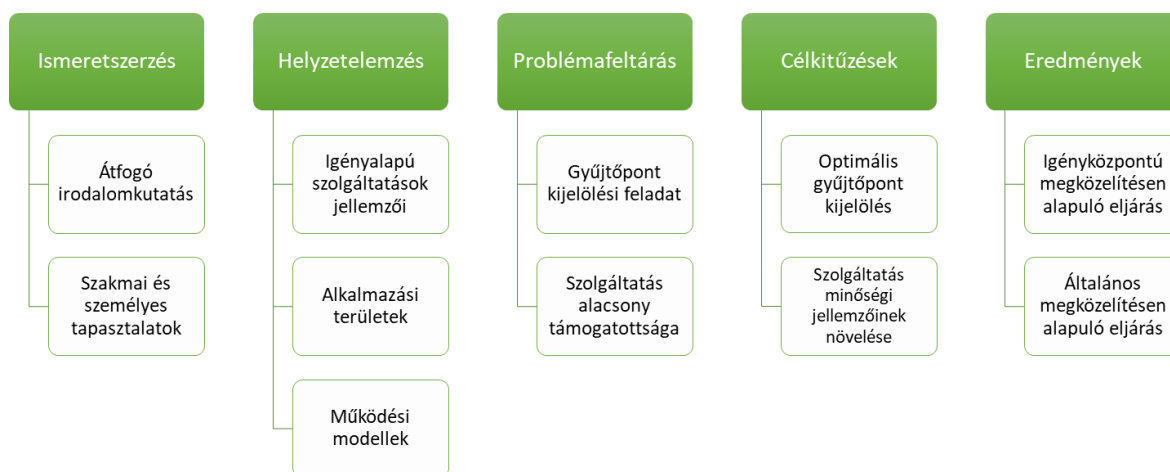
1.1. Aktualitása, jelentősége

Az egyre növekvő városi közlekedésben az egyik legnagyobb kihívást az egyéni személygépkocsival közlekedők részarányának csökkentése jelenti. Ennek alapvető módja lehet az utazók tömegközlekedésre, vagy különböző megosztott közlekedési módok használatára való ösztönzése. Ez utóbbi csoportba tartoznak az igényalapú közlekedési rendszerek, amelyek térben, időben kiegészítik a hagyományos nagykapacitású és kötött menetrendszerinti tömegközlekedést.

A közforgalmú közlekedés versenyképességének fokozására, különösen olyan területeken, ahol a mobilitási igény alacsonyabb, megoldást kínál az igényalapú (vagy igényvezérelt) közlekedés (az angol szakirodalomban általában DRT – Demand Responsive Transport). Magasabb szolgáltatási színvonalon, hatékony módon, gazdaságosan képes a felmerülő utazási igények levezetésére. Az igényekhez való igazodás következményeként jelentősen csökkenhet a felesleges futás, s ezáltal a környezeti terhelés, üzemeltetési költség.

Az igényalapú közlekedési rendszerek alkalmazása, gyakorlatba való átültetése és fejlesztési lehetőségek vizsgálata az Európa Uniós és országos célokkal szorosan összefügg. [1], [2] A külföldi példák és eddigi tapasztalatok mellett szükséges lehet egy általános útmutatást nyújtó módszertan, amely az igényalapú közlekedési rendszer fejlesztését a hálózattervezés oldaláról, az optimális gyűjtőpont kijelölésen keresztül vizsgálja.

A kutatási folyamat fázisait az **1. ábrán** foglaltam össze.



1. ábra: Kutatás fázisai

1.2. Problémafeltárás, célkitűzések

Az igényalapú közlekedési szolgáltatások kapcsán jelentkező problémák azonosítása érdekében átfogó szakirodalmi áttekintést végeztem, megvizsgáltam a lehetséges alkalmazási területeket, valamint áttekintettem és értékeltem a működési modelleket.

A kutatás során arra kerestem a választ, hogy miképpen lehet optimális módon kijelölni az igényalapú szolgáltatás alapját képző gyűjtőpontokat.

A gyűjtőpontok kijelölését eddig főként gyakorlati megfontolások, praktikák alapján végezték, céloom tehát egy új gyűjtőpont kijelölő módszertan kidolgozása. A kijelölési feladat alapvetően egy kétirányú optimalizációs folyamatot takar:

- utasoldal felől: minimális gyaloglási távolság, minőségi elvárások (pl.: elérhetőség)
- szolgáltató felől: hatékony működés, gazdaságos üzemeltetés

Ezt az optimalizációs feladatot kétfajta megközelítésből vizsgáltam: általános és igényközpontú megközelítés. Míg az igényközpontú eljárás célja a gyűjtőpontok konkrét igénypontok alapján levezetett kijelölése (amennyiben az igények ismertek), az általános megközelítésben felállított eljárás általánosabb szempontokat vesz alapul: szolgáltatás motivációja, kiszolgálandó terület nagysága, gyaloglási távolság (amennyiben az igények nem ismertek). A kidolgozott módszertan gyakorlati megvalósíthatóságának és hasznosságának igazolása érdekében a módszert esettanulmány keretében, szentendrei igényalapú iskolabusz szolgáltatás gyűjtőpontjainak kijelöléséhez használtam fel.

A gyűjtőpont kijelölő módszer kidolgozásával céloom az igényalapú közlekedési rendszerek fejlesztése révén ezeknek a szolgáltatásoknak a népszerűsítése, elfogadottságának és elérhetőségének támogatása valamennyi potenciális felhasználó számára.

A kutatással összhangban két hipotézist fogalmaztam meg.

H1. Általános megközelítés esetén, konkrét igénypontok ismeretének hiányában célszerű a gyűjtőpontokat kereszteződésekbe allokálni.

H2. Az általános elvek alapján kijelölt gyűjtőpont helyszínek is jól közelítik az igényeket.

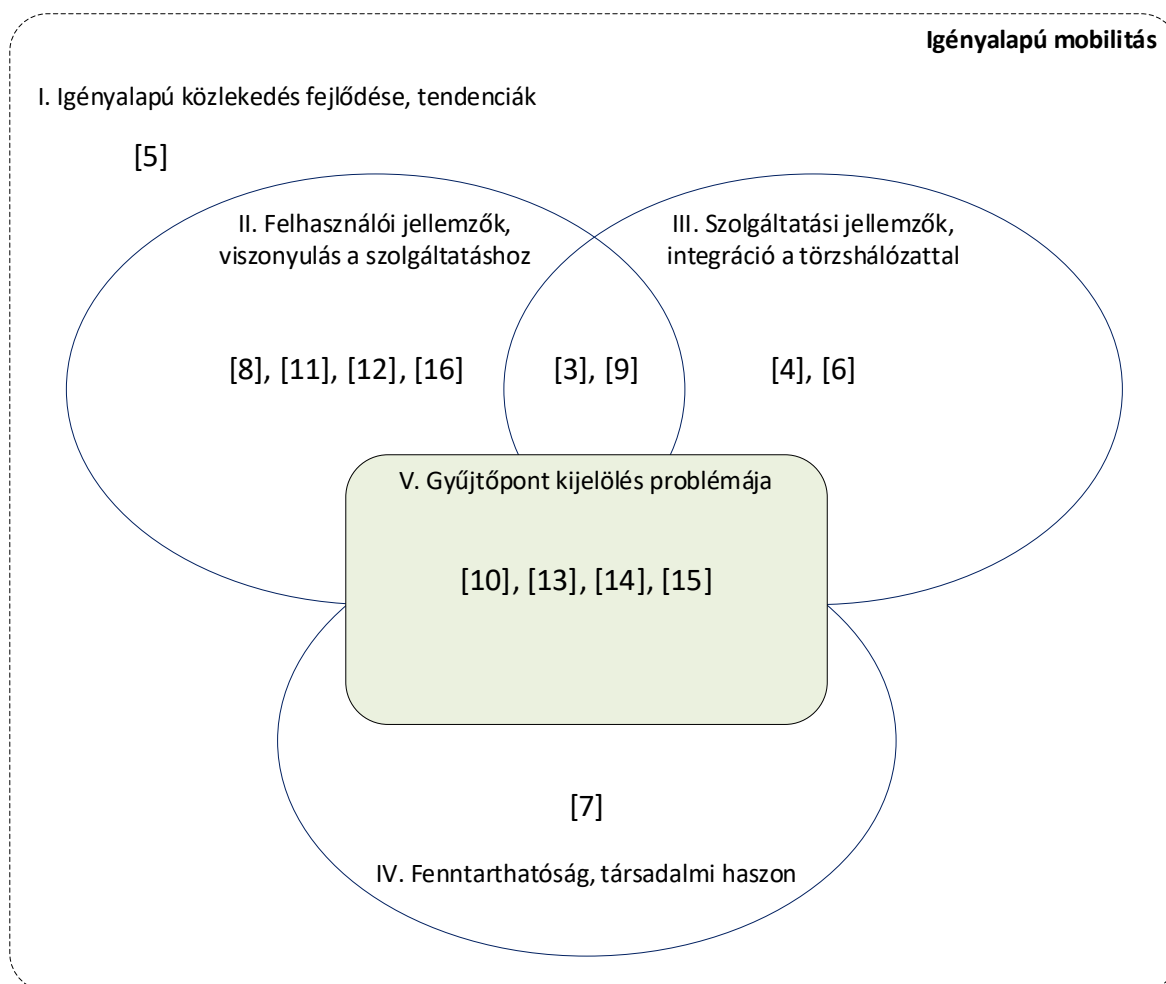
A dolgozatom felépítése a következő: a 2. fejezetben végzett irodalmi áttekintés alapján bemutatom a 3. fejezetben az igényalapú szolgáltatások általános jellemzőit, alkalmazási területeit, működési modelljeit, valamint az esettanulmány során felhasznált szolgáltatás típusát, az igényalapú iskolabusz modelljét. A 4. fejezetben részletesen bemutatom a kidolgozott gyűjtőpont kijelölő módszert, az általános és az igényközpontú megközelítést. Az 5. fejezetben bemutatom és értékelem a szentendrei igényalapú iskolabusz esettanulmány eredményeit, a kijelölt a gyűjtőpontokat mindkét megközelítés szerint. A dolgozatot a konklúzió levonásával és a továbbfejlesztési irányok felvázolásával zárom.

2. Irodalmi áttekintés

Az irodalomkutatás célja, a témában eddig elért kutatási eredmények feltárása mellett, a gyűjtőpont kijelölő módszertan bemeneti paramétereinek megválasztása. Számos kutatás sokféle szempontból vizsgálja az igényalapú közlekedést, részletezi annak előnyeit, valamint keresi a választ arra a kérdésre, hogyan érhető el a szolgáltatás sikeres gyakorlatba való átültetése, népszerűsítése.

A kutatás során felhasznált forrásokat az alábbiak szerint csoportosítottam (**2. ábra**):

- I. Igényalapú közlekedés fejlődése, tendenciák
- II. Felhasználói jellemzők, viszonyulás a szolgáltatáshoz
- III. Szolgáltatási jellemzők, integráció a törzshálózattal
- IV. Fenntarthatóság, társadalmi haszon
- V. Gyűjtőpont kijelölés



2. ábra: A feldolgozott irodalom csoportosítása

A DRT szolgáltatások tárgyában a társadalomtudományi kutatások száma csekély, holott a sikeres gyakorlatba való átültetés kulcstényezője a társadalmi elfogadás. [3]

Az igényalapú közlekedés az egyik legmegfelelőbb megoldás napjaink város közlekedést érintő problémák kezelésére. Pavanini és mtsai. [4] három esettanulmányt vizsgáltak meg, aminek alapján megállapították, hogy az igényalapú szolgáltatás szerepe nagyban függ az alkalmazási terület kulturális és közlekedési jellemzőitől. A DRT kulcsfontosságú szerepet játszik a zökkenőmentesen integrált háztól-házig szolgáltatás nyújtásában, amely alapvető követelmény a Mobility as a Service (MaaS) koncepció megvalósításához. [5] A hagyományos tömegközlekedési rendszer felváltása egy DRT rendszerrel növelheti a szolgáltatás színvonalát az igénybe vevők és a szolgáltatók számára egyaránt. Esettanulmánnyal igazolták, hogy a zsákfalvak kiszolgálása igényalapú kisbuszokkal mind üzemeltetői, mind utasoldalról hasznokkal jár. [6]

A szolgáltatás célja és funkciója alapvetően meghatározza a szolgáltatást várhatóan igénybe vevők számának becslését. Ryley és társai a DRT helyi tömegközlekedési rendszerhez való hozzájárulását vizsgálták a fenntarthatóság szempontjából. Hat lehetséges DRT-piaci rést azonosítottak, amelyek között szerepel az igényvezérelt iskolabusz szolgáltatás. [7] Általánosan kijelenthető, hogy a DRT megoldást jelenthet a tömegközlekedéstől függő munkavállalók számára. Az utazók nagyobb valószínűséggel választják a megosztott mobilitási szolgáltatásokat, ha azokat valamilyen kapcsolatban álló személlyel, például munkatárssal kell megosztani. [8] Azok a DRT szolgáltatások, amelyek nyílt felhasználói hozzáférést nyújtanak, számos mobilitási funkciót képesek integrálni. [9]

Gyűjtőpontok kijelölése alapvetően befolyásolja a szolgáltatáshoz való hozzáférést, így a szolgáltatás színvonalát. Autonóm járműves szolgáltatáshoz egy adott területen belüli gyűjtőpontok számát gravitációs modell alapján határozták meg, figyelembe véve számos változót (pl.: motorizáltság foka, népesség, munkahely lehetőségek). [10] Szintén közlekedési példa a Walking School Bus (WSB) program, ahol a gyűjtőpontokat zónákon belül elszórtan helyezték el, azonban a gyűjtőpontok optimális kijelölése helyett a programban rejlő lehetőségeket és a várható befogadást kutatták. [11] Az iskolába való aktív közlekedés ösztönzése fontos szerephez jut, akár a DRT esetén. [12]

A kerékpármegosztó rendszerek sikerének kulcstényezője a kerékpárállomások igényekhez igazodó allokálása. Az állomások optimális elhelyezkedésének meghatározásához García-Palomares és társai térinformatikai módszertan használtak. Az állomás-kijelölési modellben két megközelítést ajánlottak. Az első megközelítésben az állomások optimális elhelyezését a kereslet-kínálati pontok közötti impedancia minimalizálásával végezték; míg a második megközelítésben az állomások lefedettségének maximalizálására törekedtek. Öt változatban vizsgálták, hogyan változik a gyűjtőpontok elhelyezésének mintázata az állomások számának növelésével. [13] Nagyon sok állomás túlzott mértékű költségnövekedést okozhat a rendszerben anélkül, hogy lényeges javulást hozna. [14] Mix és társai szintén megosztott kerékpáros szolgáltatás kapcsán vizsgálták az állomások kijelölésének kérdését. Kerékpár-

állomás elhelyezési modellt dolgoztak ki, és megállapították, hogy az állomások maximális lefedettségéhez az állomások hexagonális elhelyezése szükséges. [15]

Tennøy és társai [16] a gyaloglási távolságokat vizsgálták a közforgalmú közlekedéshez kisebb és nagyobb norvég városokban. Eredményük, hogy a megállóhelyekre történő rövidebb séták növelik a tömegközlekedés használatának valószínűségét az ingázók körében. Ez a megállapítás jelentős mértékben kedvez a DRT szolgáltatásoknak.

Az irodalomkutatás alapján kutatási részként megállapítottam, hogy a megosztott kerékpáros rendszerek esetén számos módszert fejlesztettek az állomások optimális elhelyezésére; ugyanakkor nem vizsgálták eddig DRT specifikusan a gyűjtőpontok kijelölésének kérdését. Mivel a közlekedési rendszerek sikerében kulcsfontosságú a hozzáférési pontok jó megközelíthetősége, kutatásom fókuszában az igényalapú kisbuszos szolgáltatások gyűjtőpontjainak kijelölését vizsgálom.

3. Igényalapú közlekedési szolgáltatások

A közlekedési rendszerek alapvető feladata a felmerülő utazási igények levezetése. A hagyományos közlekedési rendszerek kötött menetrendi kínálattal, hálózati lefedettséggel rendelkeznek, ezért a ritkábban lakott, alacsonyabb utazási igényű területeken nem képesek sűrű követést biztosítani. Ezen területeken így komoly kihívást jelent az egyéni gépjárműves közlekedés arányának csökkentése közforgalmú közlekedési szolgáltatással. A közforgalmú közlekedés versenyképességének fokozására, különösen olyan területeken, ahol a mobilitási igény alacsonyabb, megoldást kínál az igényalapú közlekedés.

3.1. Általános jellemzők bemutatása

Az igényalapú közlekedési rendszer más néven rugalmas közlekedési rendszer egy olyan közlekedési rendszer, ahol a szolgáltatás alapvető paraméterei: menetrend, útvonal, esetleg mindkettő, időben változnak, az aktuális utasigényekhez igazodnak. A DRT korszerű és utasbarát személyszállítási mód, amely hatékonyság és volumen tekintetében a taxi és a hagyományos autóbusz közlekedés között helyezkedik el. [17]

A DRT szolgáltatás egyik fő célja lehet az alapvető mobilitás, a közösségi szolgáltatásokhoz való hozzáférés biztosítása, állami közszolgáltatások (kórházi ellátás, oktatás, közigazgatási szolgáltatások) igénybevétele céljából. Bizonyos társadalmi osztályok számára (például idős korosztály) motorizáció híján ez nélkülözhetetlen szükséglet. [18]

A DRT kialakulásában kulcsfontosságú szerepet játszott a telekommunikáció fejlődése, a korszerű telematikai megoldások elterjedése: a szolgáltatás rugalmassága, nyomon követhetősége, elszámolása és pontossága tekintetében egyaránt. A DRT folyamat nagyban épít az intelligens közlekedési rendszerekre (ITS). Egyfelől az utas számítógépes periférián, jellemzően mobiltelefonon keresztül telefonhívással vagy applikáció segítségével képes könnyedén megrendelni a szolgáltatást. Az autóbuszmegálló vagy *gyűjtőpont* területén szintén intelligens eszközök, például elektronikus kijelzők segíthetik a tájékozódást, valamint a fedélzeti egységek egymás között, illetve a forgalomirányítási diszpécser központtal szintén kommunikálnak a hatékony működés érdekében. [18] A központi irányításhoz eljuttatott igények alapján a vezényelt jármű elszállítja az utast egy kiindulási pontból egy rendeltetési pontig. A gyűjtőpont elnevezés arra utal, hogy a jármű rugalmas útvonalat jár be, csak azokat a helyeket, *gyűjtőpontokat* érinti, ahol az utazási szándék realizálható. A központi irányítás lehet egy diszpécserközpont manuális, emberi vagy egy szoftveres megoldás (adatbázis), automatikus igény feldolgozással.

Az igényalapú szolgáltatások üzemeltetését jellemzően kisbuszokkal (mini vagy midi) végzik, hiszen az utazások volumene jellemzően alacsonyabb, mint a hagyományos tömegközlekedés esetén. Rugalmas útvonalválasztásnál könnyebben igazodnak a területi sajátosságokhoz (szűkebb utcák, kisebb ívben való kanyarodás), és gyorsabb sebességgel képesek haladni. A

vezényelt jármű a beérkezett igények alapján elszállítja az utast egy adott gyűjtőpontból az utazási céljáig. Hálózati lefedettség szempontjából fontos kérdések, korlátok lehetnek, hogy az útszakaszok alkalmasak-e a menetrendszerinti közlekedésre, az igénybevehető járművekre vonatkoznak-e méretbeli és súlykorlátozások. A folyamat hatékony működését intelligens járműkövető rendszerek támogatják.

3.2. Alkalmazási területek azonosítása és összehasonlítása

Az igényalapú szolgáltatások alkalmazásának módjait a szakirodalom alapján [6], [7], [8] hat kategóriába soroltam:

- *a szociális igényeket kielégítők*
 1. nem sürgősségi kórházi utak
 2. vásárlást támogató szolgáltatás
 3. foglalkoztatási transzfer
 4. ritkán lakott területek kiszolgálása
- *nagy távolságú utazási eszközök elérése*
 5. repülőtéri hozzáférés
 6. vasútállomás elérhetősége

Valamennyi azonosított terület fenntarthatóság és szolgáltatási színvonal szempontjából egyaránt kedvező, hiszen a fajlagos káros anyag kibocsátás mértéke alacsonyabb az egyéni motorizált közlekedésnél, valamint az utasigényekhez mérten vonzó alternatívát nyújt.

A nem sürgősségi kórházi utak és a vásárlást támogató szolgáltatások célja, hogy a rászorulóknak támogatást nyújtson az alapvető szükségletekhez való hozzáférésben. A célcsoport jelentős részét az idősebb korosztály képezi. A harmadik kategória esetén az utasok zárt célcsoportot alkotnak (munkatársak vagy diáktársak), ezért is támogatandó, könnyebben megvalósítható, ez a szolgáltatási rés. [8] A fenntarthatóság jegyében a vidéki közlekedés fejlesztése (4. kategória) különösen fontos, mivel az alacsony kihasználtsággal közlekedő járatok kedvezőtlenek üzemeltetés szempontjából. A DRT szolgáltatások hatékonyan tudnak alacsony népsűrűségű, nagyobb területet kiszolgálni. A rugalmas útvonalaknak köszönhetően a rágyaloglási távolságok jelentősen csökkenthetők, a rugalmas menetrendi kínálattal pedig az üres futások kerülhetők el.

A repülőtéri és vasútállomás elérhetőségét támogató szolgáltatások multimodális láncba integrálása versenyképes alternatívát állíthat az egyéni közlekedéssel szemben. A vasúti ráhordásnál különösen fontos a törzshálózati csatlakozások biztosítása, amely a rugalmas menetrenddel közlekedő járatok esetén komoly kihívást jelenthet.

3.3. Működési modellek áttekintése és értékelése

Az igényalapú szolgáltatások esetén három működési modell különböztethető meg a szolgáltatás paramétereit alapján:

1. rugalmas menetrend
2. rugalmas útvonal,
3. rugalmas menetrend és útvonal. [17]

Az első modell csupán abban tér el a hagyományos rendszerektől, hogy az indulások utasigények alapján történnek. Ha a menet indulása előtt meghatározott ideig nem érkezik egyetlen bejelentés sem, a menet nem közlekedik. A menetrendi rugalmasságot elsősorban a hagyományos tömegközlekedésben a kevésbé forgalmas vonalakon, az alacsony utasigényű időszakokban (pl.: késő este, hétvégén) alkalmazzák. Ezt a megoldást a BKK is egyre több viszonylat esetén bevezette (65-ös, 157-es, 901-es...), hiszen a „felesleges” – utas nélküli – futások elkerülése jelentős megtakarítást jelentenek. [19]

A második modellben a végállomásokról vagy végállomások között a rögzített indulási időpontokban indulnak el a járatok, az egyéni igényeknek megfelelően gyűjtőpontok érintésével közlekednek a hálózaton. Ebben a modellben mindössze egyetlen autóbusz üzemelésével jelentősen növelhető az ellátandó terület kiszolgálási minősége.

A harmadik modell esetén az indulási idők és a bejárando útvonal megválasztása egyaránt az utasigények alapján történik. Ez a modell komoly optimalizációs eljárást, informatikai háttérrel igényel, hiszen az utasigények térben időben véletlenszerűen jelentkezhetnek, ugyanakkor a szolgáltató a kapacitáskihasználás maximalizálására, illetve a járműfutások minimalizálására törekszik.

A dolgozat további részében főképp a második és harmadik modellre jellemző előnyök és hátrányok kerülnek bemutatásra.

Az autóbuszok megállóhelyek helyett gyűjtőpontokon veszik fel az utasokat, amelyek egy bizonyos területen belül elszórtan vannak elhelyezve. Rugalmas menetrend esetén a hagyományos értelemben vett megállóhelyi várakozási idő eltérő módon – egyfajta „kereslet-kínálati kompromisszum” formájában jelenik meg. Az utasok részéről nagyobb tolerancia várható el, ugyanis a változó indulási időpontok ellenében magasabb színvonalú szolgáltatás biztosított.

Az igényalapú közlekedésnek két fontos előnye származik a *rugalmasságból*:

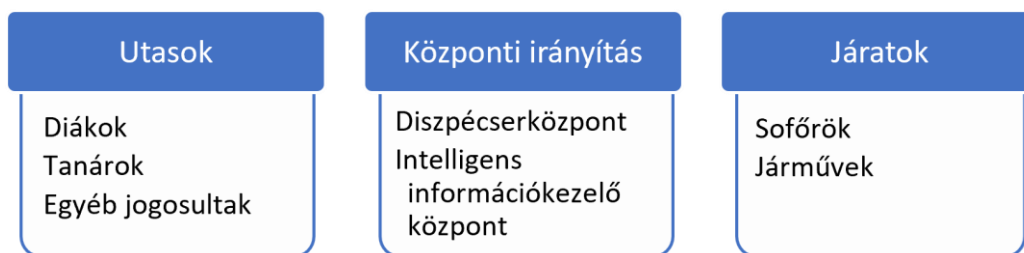
1. a gyaloglási távolságok és az utazási idők alacsonyabbak, mint a hagyományos közösségi közlekedés esetén, jobb térbeli kiszolgálást biztosít,
2. szolgáltató számára – növelhető a kapacitás-kihasználás értéke.

Míg az első szempont az utasok számára, keresleti oldalról nyújthat vonzó alternatívát, növelheti az egyéni közlekedők módváltási hajlandóságát; a második szempont a kínálati oldal számára hozhat előnyös megoldást, hiszen a feltételek adottak egy versenyképes, mindemelett gazdaságos rendszer megvalósításához.

3.4. Igényalapú iskolabusz modelljének kidolgozása

Az igényalapú iskolabusz szolgáltatás a hagyományos iskolabusztól eltérően térben és időben rugalmas keretek között tárja fel az iskola vonzáskörzetéhez tartozó területeket (harmadik modell). Az igényalapú iskolabusz egy olyan DRT szolgáltatás, ahol az iskola jelenti a bázispontot, az iskolabuszok pedig a beérkezett igények alapján jelzett gyűjtőpontok érintésével közlekednek. Az utasok zárt célcsoportot képeznek, akiknek tagjai elsősorban diákok, de lehetnek tanárok, illetve az iskolaszemélyzethez tartozó egyéb dolgozók is. Alkalmazás módja alapján tehát a foglalkoztatási transzfer kategóriába tartozik.

Az igényalapú iskolabusz szolgáltatás szereplőit a **3. ábra** szemlélteti.



3. ábra: Igényalapú iskolabusz szereplők

A következőkben a közlekedési és az információs alapfolyamatokat, illetve ezek kapcsolatát mutatom be. A közlekedési alapfolyamat részeit az **1. táblázatban** foglaltam össze

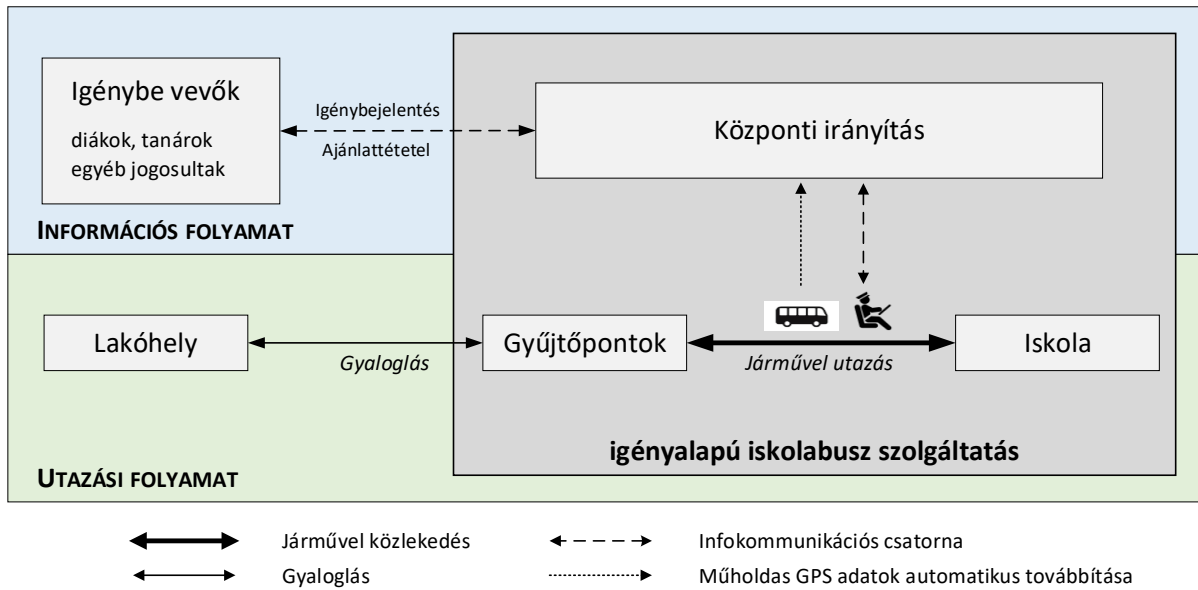
1. táblázat: Igényalapú iskolabusz alapfolyamat

lakóhely → iskola	iskola → lakóhely
1. lakóhely – gyűjtőpont között <i>rágyalogás,</i>	1. iskola – gyűjtőpont között <i>járművel utazás,</i>
2. gyűjtőpont – iskola között <i>járművel utazás.</i>	2. gyűjtőpont – lakóhely között <i>elgyalogás.</i>

Az információs folyamat három fő „tengelyen” zajlik; minden kapcsolat egyik végén a központi irányítás szerepel:

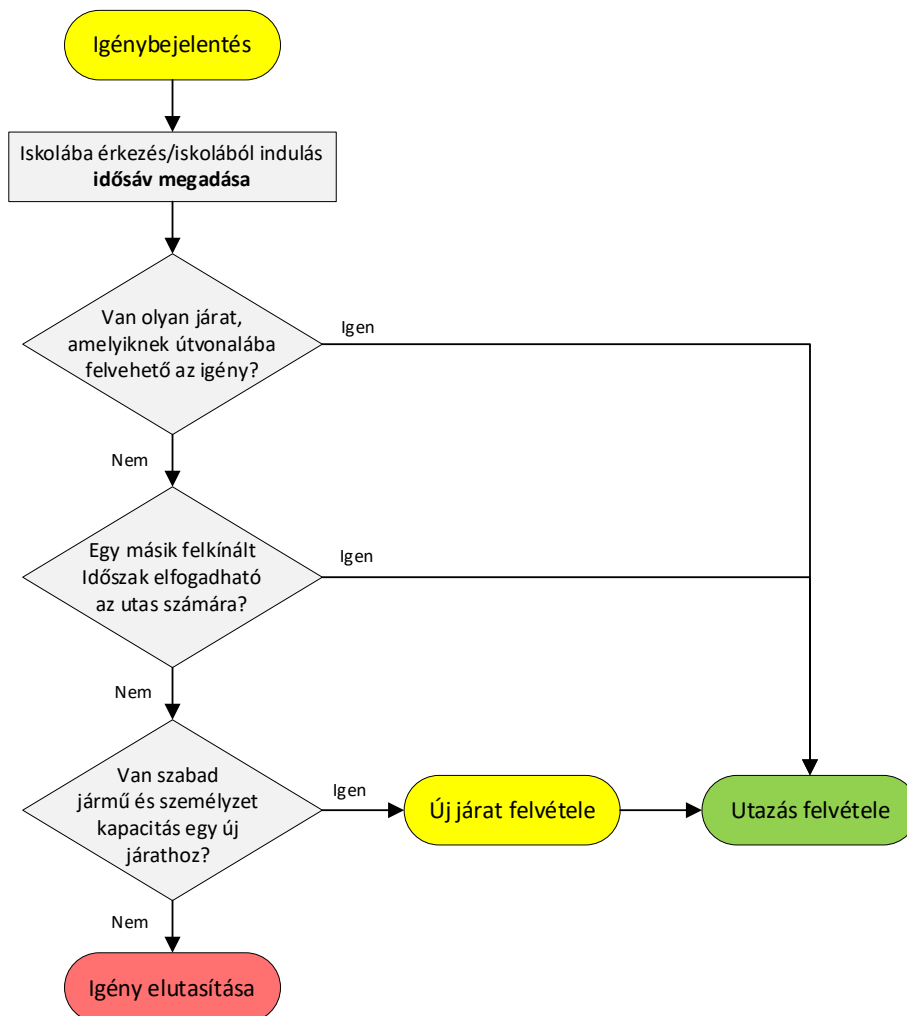
- az utasok – *kétirányú kapcsolat*
- sofőrök – *kétirányú kapcsolat*
- járművek – *egyirányú kapcsolat*

Az igényalapú iskolabusz szolgáltatással kapcsolatos alapfolyamatokat az **4. ábrán** keresztül foglaltam össze.



4. ábra: Igényalapú iskolabusz szolgáltatás folyamat modellje

Az utasok iskolabusz-járáthoz rendelésének folyamatát az 5. ábrán mutatom be.



5. ábra: Az igénybejelentés folyamata – igényalapú iskolabusz

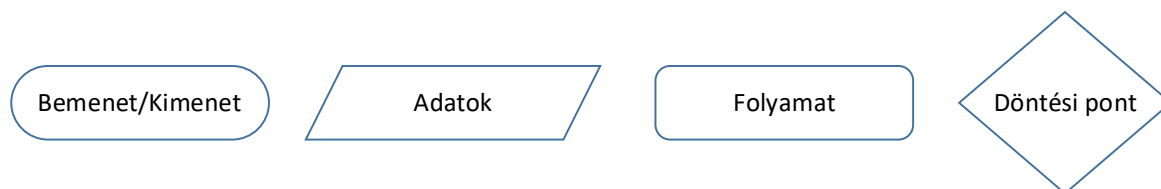
4. Gyűjtőpont kijelölő módszertan

A követhetőség és áttekinthetőség érdekében rövidítésjegyzéket készítettem, amelyben a módszer során használt fogalmakat gyűjtöttem össze, **2. táblázat**.

2. táblázat: Rövidítésjegyzék

Fogalom	Jel
Igénypont	IP
Gyűjtőpont	GyP
Point of interest (fontos helyek)	POI
Teoretikus gyaloglási távolság	d_{teo}
Gyakorlati gyaloglási távolság	d_{gyak}

Az ábrákon használt „doboz” jelöléseket az alábbiak szerint alkalmaztam. (**6. ábra**)



6. ábra: Dobozok jelentése

4.1. Igényalapú szolgáltatás hálózattervezési modellje

Az igényalapú szolgáltatás tervezésében kulcsszerepet játszik a gyűjtőpontok optimális elhelyezése. Az utasok részéről a gyaloglási távolságok és az utazási idők csökkentése jelentik az elvárást, míg a szolgáltató a hatékonyság (energia, járműfutas...) maximalizálására törekszik. A módszertan célja igényalapú kisbuszos szolgáltatás tervezésének támogatása a gyűjtőpontok számának és helyszínének igényeknek megfelelő kijelölésével.

Kutatásom során kétfajta megközelítés mentén vizsgáltam a gyűjtőpontok kijelölését:

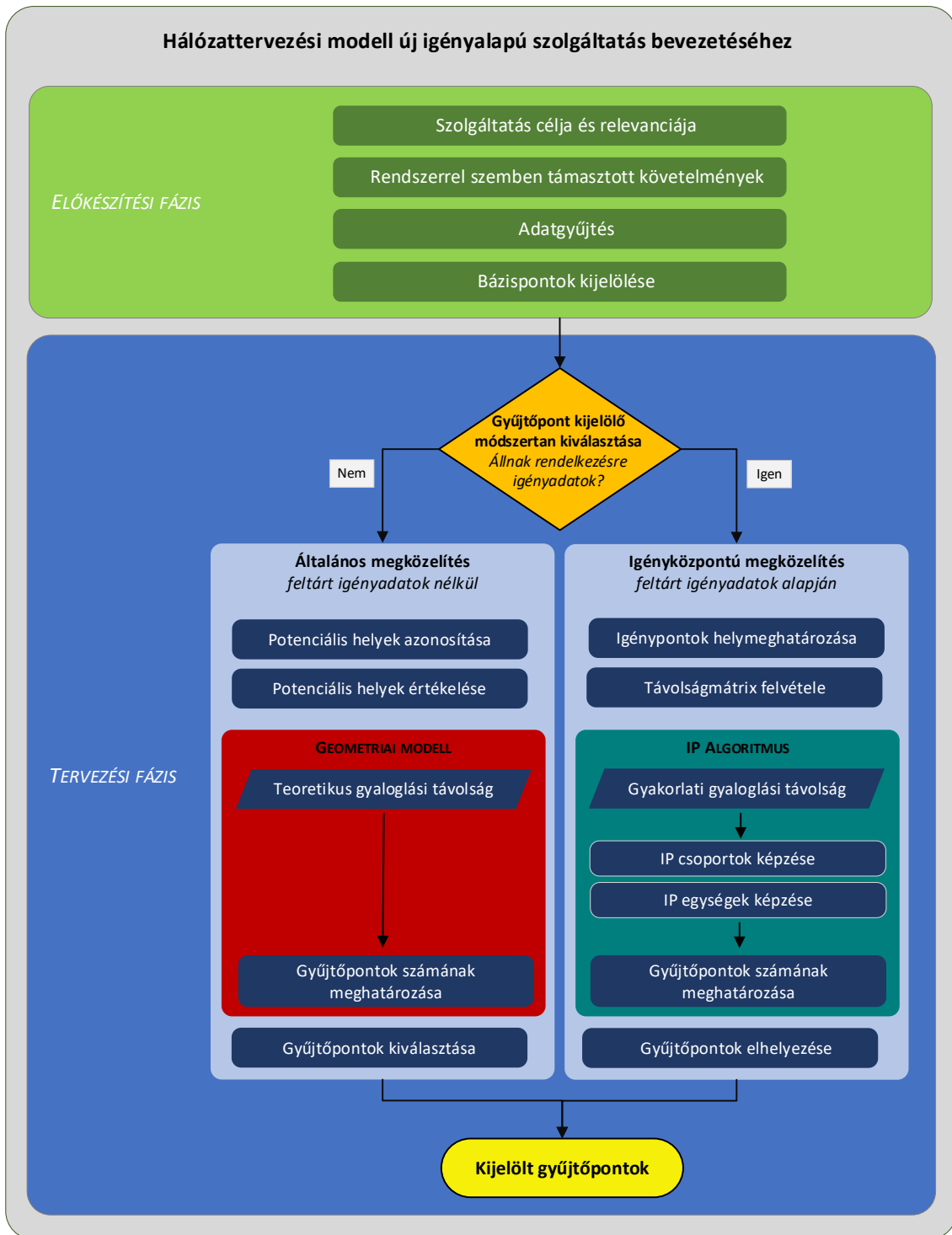
1. Általános megközelítés

Gyűjtőpontok kijelölése feltárt igényadatok nélkül.

2. Igényközpontú megközelítés:

Gyűjtőpontok kijelölése feltárt igényadatok alapján, *igénypontokon* keresztül.

A **7. ábrán** bemutatom a hálózattervezési modell felépítését, sarokköveit; illetve – a két megközelítés során alkalmazott – gyűjtőpontok meghatározásához szükséges lépéseket.



7. ábra: Hálózattervezési modell felépítése

Az általános megközelítés célja egy átfogó, igényalapú hálózattervezési modellt támogató módszer kidolgozása, ahol a gyűjtőpontok a szolgáltatás motivációjának és a rendszerrel szemben támasztott követelményeknek megfelelően kerülnek kialakításra. A módszer alapja geometriai modelleken nyugszik, előnye, hogy széleskörben alkalmazható, iránymutatást nyújthat a szolgáltatás hálózattervezése során. Ugyanakkor jósága nagyban függ a rendelkezésre álló területi adatok jóságától, részletezettségétől.

Az igényközpontú megközelítés előnye, hogy a gyűjtőpontok kijelölését konkrét igénypontokhoz rendeli, ezáltal pontosabb megoldást nyújt; ugyanakkor előzetesen részletes igényfelmérés (pl.: kérdőíves felmérés) szükséges az alkalmazásához, adathiány esetén a módszer nem alkalmazható.

Míg a tervezési fázisban az általános megközelítés ágon a potenciális helyek és a geometriai modell egymástól függetlenül végrehajtható módszertani lépések, az ábra igényközpontú megközelítés ága lineáris, egymásra épülő lépésekből tevődik össze.

Előkészítési fázis:

Kiindulópontja a szolgáltatás céljának meghatározása és relevanciájának igazolása. A DRT szolgáltatások növelik az ellátandó terület kiszolgálásának színvonalát a hagyományos közlekedési formákhoz képest.

A rendszerrel szemben támasztott elvárások közül kiemeltém néhány fontosabb hálózattervezési szempontot:

- ellátási körzet lehatárolása,
- rágyaloglási távolságok nagysága,
- törzshálózathoz való csatlakozási pontok biztosítása térben-időben.

A hagyományos közforgalmú közlekedésbe való integrált tervezés legnagyobb előnye, hogy vonzó, multimodális utazási láncokat kínál a közlekedőknek.

A tervezéshez szükséges adatokat két csoportra osztottam: egyrészt a területi adottságok (infrastruktúra, korlátozó tényezők) feltérképezése, másrészt a szocio-demográfiai jellemzők feltárása. A szocio-demográfiai jellemzők gyűjtésének lehetősége:

- Primer forrás:
A szocio-demográfiai jellemzők megismerése közvetlen módon, például kérdőíven keresztül (a szolgáltatást várhatóan igénybe vevők száma, lakhelye stb.).
- Szekunder forrás:
Népességszám korábbi évek alapján – statisztikák, népszámlálási eredmények.

A bázispont(ok) kijelölése természetes módon adódik a szolgáltatás jellegéből:

- vásárlást támogató szolgáltatás → bevásárlóközpont
- hivatásforgalom → foglalkoztatási intézmény (pl.: iskola)
- repülőtéri hozzáférés → repülőtér
- vasúti törzshálózatra való ráhordás → vasútállomás

Előfordulhat azonban, hogy a szolgáltatás egyidejűleg több funkciót is ellát, például vasúti törzshálózatra való ráhordás mellett szociális alapon bevásárlást támogató funkcióval bír. Ilyen esetekben felvehető egy újabb bázispont is, amelyek közösen, egymással megosztva biztosítják a rendszer bázisát.

A tervezési fázis alapkérdése, hogy állnak-e rendelkezésre igényadatok, azaz melyik megközelítés alkalmazható. A következő alfejezetekben részletesen bemutatom mindkét megközelítés lépéseit.

4.2. Általános megközelítés

Az általános megközelítés matematikai alapokon nyugszik, geometriai modelleket és gráfelméleti alapokat implementáltam és ötvöztem a településszerkezet jellemzőivel.

Használt fogalmak, lehatárolások:

- Teoretikus gyaloglási távolság: légvonalban értelmezett távolság, a gyűjtőpontok elérési sugarával arányos paraméter; az általános megközelítésben használt fogalom.
- Gyűjtőpont lefedettsége: azon terület, amelyen belül tetszőleges pontra igaz, hogy a vizsgált gyűjtőpont elérhetősége a legkedvezőbb.
- A gyűjtőpontok számának meghatározásakor a kiszorgálandó területnek csupán a nagyságát vettem figyelembe, az alakját nem.

Potenciális helyek azonosítása: Az ellátási terület lakóövezetén belül található potenciális helyek azonosítása koordináták hozzárendelésével.

Felvetés: a gyűjtőpontokat célszerű kereszteződésekben allokálni.

A kereszteződések és zsákutcák végei legyenek a gráf csúcsai, a kereszteződések közti útszakaszok a gráf élei, az élek ellenállása pedig az útszakaszok hosszával azonos. Fokszám alapján kétféle csúcs különböztethető meg.

fokszám = 1: „zsákutca vége” jellegű csúcs

fokszám > 2: „kereszteződés” jellegű csúcs

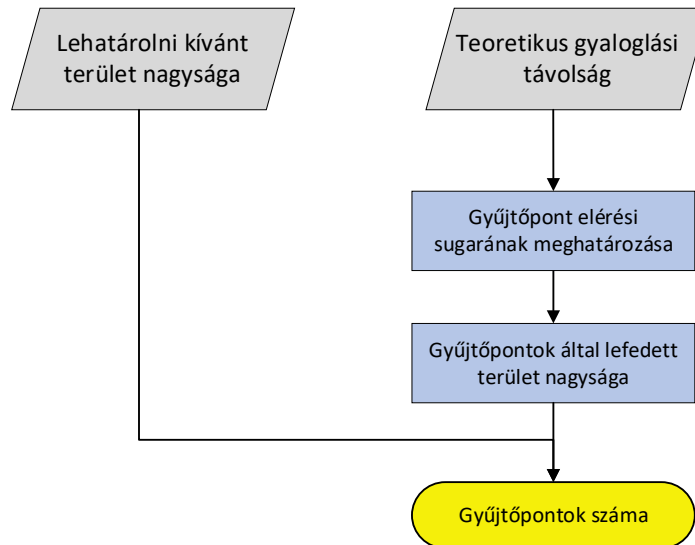
Könnyen belátható, hogy a gráfban a „kereszteződések” jellegű csúcsok jelentik azokat a pontokat, amelyek *elérhetősége* a legjobb, ugyanis csak ezekre a pontokra igaz a gráfban, hogy az adott pont tetszőlegesen kis ellenállás mellett minimum 3 különböző pontról elérhető.

Szigorú elvárások, speciális településszerkezet (hosszú, keresztezés nélküli útszakaszok) esetén *közbenső pontok* felvétele szükséges. Ebben a kiegészítő lépésben – a rendszerrel szemben megfogalmazott követelményeknek megfelelően – a meghatározott küszöbérték feletti útszakaszok egyenlő hosszúságú, belső szakaszokra osztandók.

Potenciális helyek értékelése: A pontszámok kialakításában a fő szempont a helyek fokszáma (találkozó útszakaszok száma), de a szolgáltatás céljának megfelelően a különböző POI-k közelsége is figyelembe vehető (játszóter, lámpás gyalogátkelőhely, üzletek stb.). Ebben az esetben a potenciális helyek pontszáma multikritériumos elemzési módszer (MCA – Multi Critical Analysis) alkalmazásával határozható meg. A későbbi számítások végett a végső pontszámok százalékos értékbe konvertálandók.

GEOMETRIAI MODELL

A geometriai modell célja a teoretikus gyaloglási távolság értékei alapján a gyűjtőpontok számának meghatározása. A geometriai modell lépéseit a **8. ábra** szemlélteti.

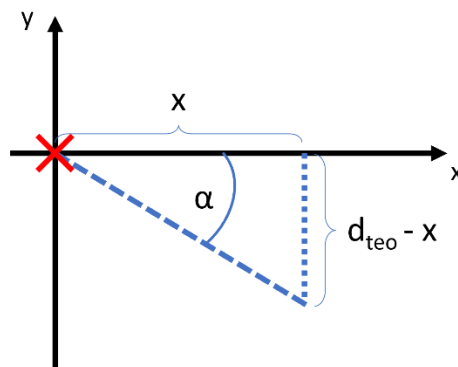


8. ábra: Geometriai modell bemutatása

A gyaloglási távolságok értelmezése nem magától értetődő, a valóságban a beépített környezetben az említett paraméter nem garantálja egy fix pontból egy légvonalban d_{teo} távolságra lévő gyűjtőpont elérését. Az utcák városi, kertvárosi területeken jellemzően merőleges kialakításúak, nem biztosítják a szabad irányú közlekedést. A valóságban persze ennél általában kedvezőbb feltételek adottak, ugyanakkor kivételes esetekben (pl.: élessarokban található utcák esetén) egy hegyesszög bevétele is szükséges lehet a tovább haladáshoz.

Megválaszolendő kérdés, hogy a teoretikus gyaloglási távolság függvényében mekkora az elérési sugár, vagyis két egymásra merőleges vektor mentén, adott fix pontból, d_{teo} távolság megtételével, milyen messzire lehet eljutni a „*legkedvezőtlenebb esetben*”, a kiindulási ponttól a lehető legkevésbé eltávolodni?

A problémát a **9. ábra** szemlélteti.



9. ábra: Fix ponttól való eltávolodás a síkban

A megoldáshoz a következő összefüggést állítottam fel (1), (2):

$$(1) \quad f(x) = x^2 + (d_{teo} - x)^2 = \min!$$

$$(2) \quad f'(x) = 4x - 2d_{teo}$$

A függvénynek ott van minimuma, ahol a derivált függvény értéke zérus (3), (4):

$$(3) \quad 4x - 2d_{teo} = 0$$

$$(4) \quad d_{teo} = 2x$$

A kapott eredmény értelmében a gyűjtőponttól a „legrosszabb esetet” feltételezve, azaz d_{teo} gyaloglási távolság mellett, mindkét egymásra merőleges vektorirány mentén azonos távot teljesítve, az eltávolodás értéke (5):

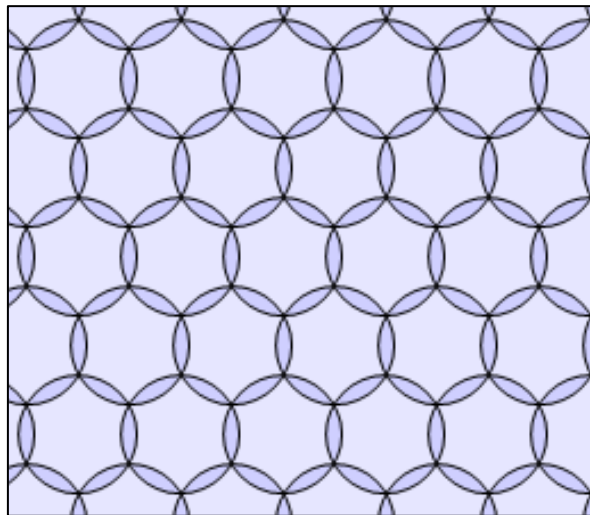
$$(5) \quad r = \frac{\sqrt{2}}{2} d_{teo}$$

Mivel a kapott összefüggés tetszőleges irányban érvényes, megállapítható egy gyűjtőpont által lefedett terület nagysága (6):

$$(6) \quad T_{kör} = r^2 \pi$$

Több gyűjtőpont síkbeli lefedettségének együttes elemzésekor a következő szempontok veendőek figyelembe: a lefedések hézagmentesek és minimális átfedésben legyenek egymással.

Ez a két feltétel együttesen a körök szabályos háromszögbe tagolódását jelenti [15], **10. ábra**.



10. ábra: Gyűjtőpontok hexagonális lefedettsége

Ebben az esetben az egy kör által lefedett terület – mivel az átlapolt részeknek csak az egyik fele tartozik hozzá – egy szabályos hatszög területének felel meg (7), amelynek területe:

$$(7) \quad T_{hex} = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 = \frac{3\sqrt{3}}{4} d_{teo}^2$$

A gyűjtőpontok száma tehát közvetlenül meghatározható a kiszolgálandó terület nagysága (T), illetve a teoretikus gyaloglási távolság alapján. (8)

$$(8) \quad n = f(T, d_{teo})$$

A gyűjtőpontok száma mindezek ismeretében (9) alapján számítható:

$$(9) \quad n = \frac{T}{T_{hex}} = \frac{4 * T}{3\sqrt{3} * d_{teo}^2}$$

Mivel a modell a teljes „városias települési térség” területét veszi alapul, és nagy átfedésekkel dolgozik, a teoretikus gyaloglási távolság egy „worst case” esetet feltételez.

Gyűjtőpontok kiválasztása: az alábbi célfüggvényt definiáltam.

A potenciális helyek pontszámösszegének és a gyűjtőpontok területi lefedettség mértékének együttes maximalizálása a meghatározott gyűjtőpontszám alapján.

Az együttes maximalizálás érdekében iterációs kiválasztási folyamatot alkalmaztam, amely során a potenciális helyek halmazból (A) a gyűjtőpontszámmal megegyező számú elemet választottam, majd a kiválasztott helyek halmazát (B) iteráltam. Az igényalapú szolgáltatás motivációjának függvényében a két szempontrendszer súlyozható, például igényalapú iskolabusz szolgáltatás esetén a lefedettség mértéke fontosabb, mint a POI-k közelsége.

4.3. Igényközpontú megközelítés

Az igényközpontú megközelítés során a megismert konkrét igénypontok (IP) képzik a gyűjtőpontok kijelölésének alapját.

Használt fogalmak, lehatárolások:

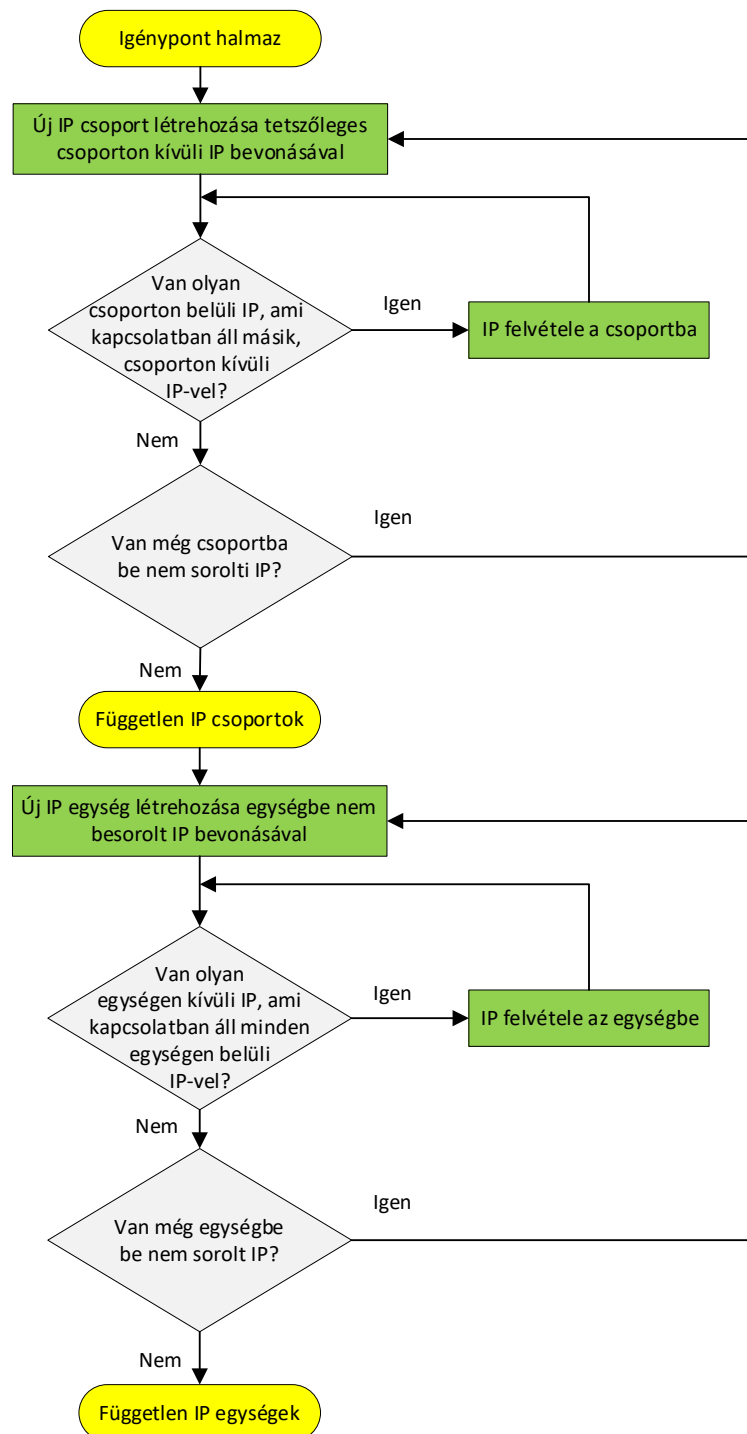
- Gyakorlati gyaloglási távolság: a távolság értékek a valós úthálózaton értelmezhető távolság szerint adottak; az igényközpontú megközelítésben használt fogalom.
- Szomszédos igénypontok: két IP szomszédos, ha a köztük lévő gyakorlati gyaloglási távolság kisebb, mint a két IP közti távolság kétszerese.
- Igénypont csoport: IP halmazok, amelyek összefüggő gráfot alkotnak. A csoporton belül mindegyik IP-ra igaz, hogy nincs a csoporton kívüli IP-tal kapcsolata.
- Igénypont egység: IP csoport részhalmaza, amiben az összes benne lévő IP-ra igaz, hogy minden másik IP-tal szomszédos.

Az első lépés az igénypontok helymeghatározása, vagyis a koordináták hozzárendelése. Az igénypont koordináták, illetve a köztük lévő távolságok alapján meghatározható egy szimmetrikus távolságmátrix, ami az igénypontok egymástól való távolságát jeleníti meg mátrixos elrendezésben.

IP ALGORITMUS

Az IP algoritmus célja független igénypont csoportok, igénypont egységek képzése a távolságmátrix, illetve a gyakorlati gyaloglási távolság alapján.

Az IP algoritmus folyamatát a **11. ábrán** szemléltetem. Az IP egységek képzésében szempont, hogy a csoporton belüli össztávolság minimális legyen. Minden egyes IP egységhez 1 db gyűjtőpont tartozik, tehát az IP egységek száma egyenlő a telepítendő gyűjtőpontok számával.



11. ábra: Független IP csoportok, IP egységek képzésének logikai modellje

A gyűjtőpontok elhelyezését két lépésben határoztam meg.

1. Kezdeti helyek: az egyes IP egységek súlypontja határozza meg.

A súlyponti koordináták nem valószínű, hogy éppen az úthálózatra esnek, ezért a végleges helyek meghatározása érdekében korrekciót hajtottam végre.

2. Végleges helyek: a súlypontok úthálózatra történő vetítése:

Három támpontot határoztam meg:

- a. Az össztávolság legyen minimális!
- b. A gyakorlati gyaloglási távolság „küszöbérték” túllépése ne legyen kiugró!
- c. Az úttípusok figyelembe vétele: két IP lehet szomszédos úgy, hogy a köztük lévő útszakasz csak gyalogos közlekedésre alkalmas.

Az „a” és „b” állítások egymásnak ellentmondhatnak, előbbi erősebb érvényű, utóbbi célja jelzésértű, célszerű figyelembe venni a kiugró értékek mérséklése érdekében.

5. Szentendrei iskolabusz esettanulmány

Szentendre városában felvetődött az igény új igényalapú iskolabusz szolgáltatás megvalósítására. A koncepció lényege egy hatékony és gazdaságos szolgáltatás tervezése, ami a felhasználók részére biztonságos és gyors eljutást kínál. Az esettanulmány célja új igényalapú iskolabusz szolgáltatás tervezésének támogatása a gyűjtőpontok *optimális* kijelölése által. A gyűjtőpontok kijelölését a korábban bemutatott elméleti módszertanokra alapoztam.

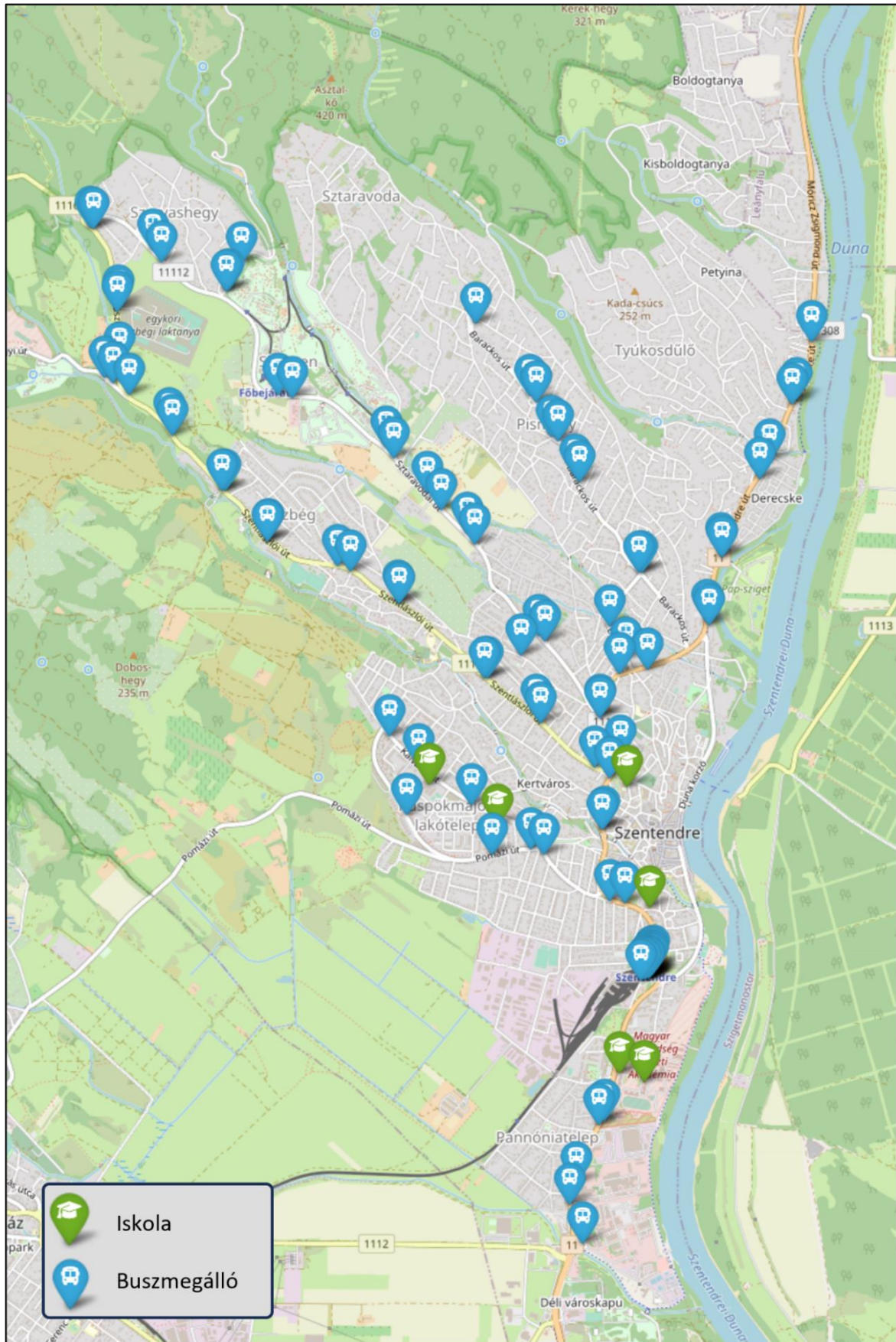
Az igényalapú iskolabusz kapcsán előzetes igényfelmérést végeztek, kérdőíven keresztül kérdezték a szentendrei iskolákba járó gyermekek szüleit. A kérdések egyik fele a jelenlegi mobilitási szokásokkal kapcsolatos jellemzőket tárta fel, a másik pedig az új szolgáltatáshoz szükséges információkat gyűjtötte össze, **1. függelék**. A válaszokat egy összefoglaló Excel fájlba rendezték, és rendelkezésemre bocsátották a kutatásom gyakorlati megvalósítása érdekében.

5.1. Helyszín bemutatása

Szentendre város Budapest vonzáskörzetéhez tartozik, a tágabban értelmezett agglomeráció része. A városmag délről közvetlenül a HÉV állomástól tart egészen a temetőig; Nyugatról a Duna, Keletről pedig a városon keresztül vágó 11-es főút határolja. A város népessége meghaladja a 25000 főt. [20]

A közösségi közlekedést illetően a Budapest felé elsősorban a HÉV biztosítja az eljutást, de helyközi autóbuszok is alternatívát nyújtanak. A városon belüli közösségi közlekedési feladatok ellátását főként a Szentendre bázisú autóbuszok végzik; sugárirányú főutak mentén helyi, helyközi autóbuszvonalak tárják fel a várost. A külső városrészek elérhetősége messze elmarad a belső területektől, amire az átmeneti, rugalmas közlekedési rendszerek kiváló megoldást nyújthatnak.

A **12. ábrán** térképes nézetben szemléltetem a Szentendrén található helyi és helyközi járatok megállóit és iskolákat.



12. ábra: Autóbuszmegállók és iskolák elhelyezkedése Szentendrán

5.2. Adatok, egyszerűsítések, alkalmazott programok

A módszertan gyakorlatba való sikeres átültetése nagyban függ az elérhető adatoktól. Új közlekedési szolgáltatás bevezetésekor az első lépés a mobilitási igények megismerése, utazási szokások feltárása, a szolgáltatás létjogosultságának a vizsgálata. A mobilitási szokásokat feltáró kérdőívet több mint 600-an töltötték ki. Valamennyi szentendrei iskolából a kitöltők több mint kétharmada használná a szolgáltatást, az elérendő célcsoport vélhetően magas részvételi arányban szerepeltette magát.

Az igényközpontú eljárás a potenciális felhasználók utazási szokásaira épül, ezért az adatbázist az 1. kérdésre – „*Ön igénybe venne iskolabusz-szolgáltatást?*” – adott igen válaszokra szűrtem. Az igénypontok meghatározásához a kérdőív 4. pontjában szereplő válaszokat használtam fel. A válaszok többségében nem szerepelt konkrét cím, ezért az igénypontok koordinátáit hozzávetőleges pontossággal – **AI** (Artificial Intelligence) felhasználásával, irányított kérdések alapján – **Python** környezetben írt program alkalmazásával határoztam meg. A térképi megjelenítéshez, valamint a távolságmátrix számításához a **QGIS** térinformatikai programot használtam. A bementi adatstruktúrát **Microsoft Access** adatbázis kezelő program felhasználásával keresztábrák lekérdezések segítségével állítottam elő.

Az esettanulmány előkészítése során az alábbi egyszerűsítésekkel éltem, **3. táblázat**.

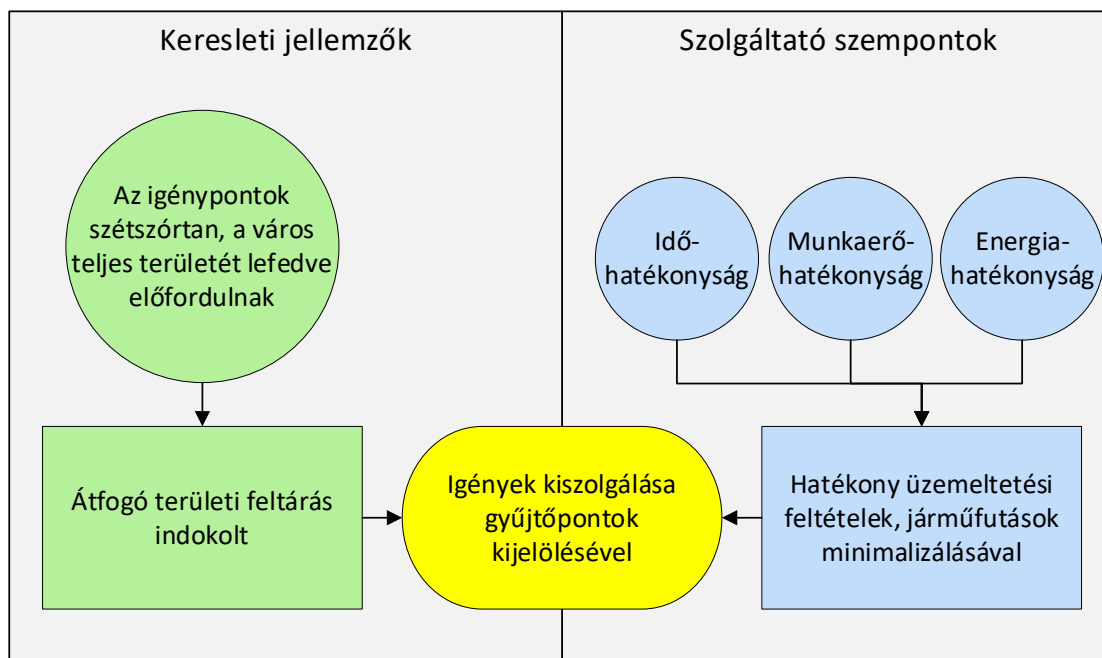
3. táblázat: Lehatárolások és egyszerűsítések az esettanulmányban

probléma, specifikum	eszköz	megoldás
Adatmennyiség, számítási kapacitás-korlátok	Adatbázis-elemzés, -feldolgozás	A kitöltéseket a potenciális célcsoportra szűrtem.
	Területi lehatárolás	Gyűjtőpontok elhelyezését Szentendrére szűkítettem.
Pontatlan adatsorok, adathiányok	AI alkalmazás, Python programkód	Koordináták hozzávetőleges pontosságát elfogadtam.
Zárt felhasználói célcsoport	Egyszerűsítés	POI helyeket figyelmen kívül hagytam.

Azonban ilyen részletes igényfeltárás nem minden esetben megvalósítható, ezért az új igényalapú iskolabusz szolgáltatás bevezetéséhez szükséges gyűjtőpontok kijelölését mindkét korábban ismertetett módon elvégzem; először az általános majd az igényközpontú megközelítés lépései szerint.

5.3. Módszertanok alkalmazása

Az esettanulmányt a hálózattervezési modellben ismertetett lépések alapján építem fel. A szentendrei igényalapú iskolabusz szolgáltatás célja a felmerült igények hatékony kiszolgálása. Az igényalapú szolgáltatás relevanciáját igazolja, hogy: az igénypontok szétszórtnak, a város minden részéről jelentkeznek, ami széleskörű területi feltárást igényel. illetve az igénypontok gyűjtőpontokon keresztül történő feltárása a járműfutások csökkentését eredményezheti, így üzemeltetési szempontból is hatékony megoldás nyújt, **13 ábra**.



13. ábra: Igazolás igényalapú iskolabusz szolgáltatás alkalmazására

A rendszerrel szemben támasztott elvárás tehát a felhasználók (diákok, tanárok...) iskolába szállítása minél alacsonyabb átlagos gyaloglási távolságok mellett a szolgáltatói szempontok figyelembe vételével. Cél olyan „kompromisszum pont” tervezése, amely mindkét oldal számára kedvező.

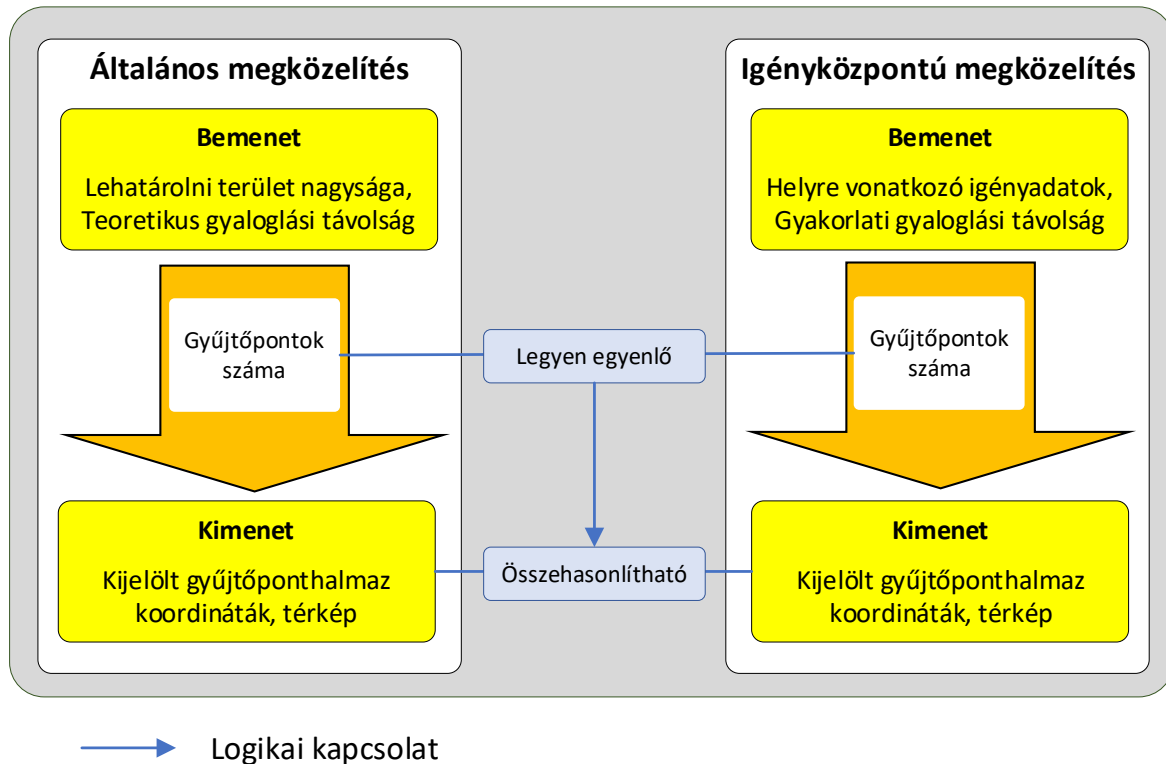
A módszerhez szükséges adatokat különböző forrásokból gyűjtöttem össze. Igényközpontú megközelítés esetén a konkrét igénypontok automatikusan kijelölik a kiszolgálandó területet, míg általános esetben azt a lakóövezet alapján határoztam meg. Szentendre Településszerkezeti Terve alapján a *Városias települési térség* területfelhasználási kategóriái alapján határoztam meg: 15,3756 km². [21]

A szociodemográfiai adatokat az előző alfejezetben bemutatott módon kérdőíves felmérés adatbázisából nyertem ki.

A szolgáltatás bázispontjának a HÉV állomás mellett található buszpályaudvart választottam. Közel van a városközponthoz, az iskolák súlypontjától nem messze helyezkedik el, illetve átszállási kapcsolatot biztosít a törzshálózatra.

Az esettanulmánnyal további célom a gyűjtőpontok kijelölésén felül az általános megközelítés jóságának igazolása. Az igényközpontú megközelítésben felhasználok az általános megközelítésben kapott gyűjtőpontoszám eredményt; úgy határozom meg a gyakorlati gyaloglási távolság értékét, hogy a két megközelítésben a gyűjtőpontoszámok értéke megegyezzen. Így a kétféle módon kijelölt gyűjtőpontok halmaza az igénypontokról történő *átlagos gyaloglási távolságok* függvényében érdemben összehasonlíthatóvá válik.

Az esettanulmányra vonatkozó bemenet-kimenet összefüggéseket a **14. ábrán** vázoló fel.



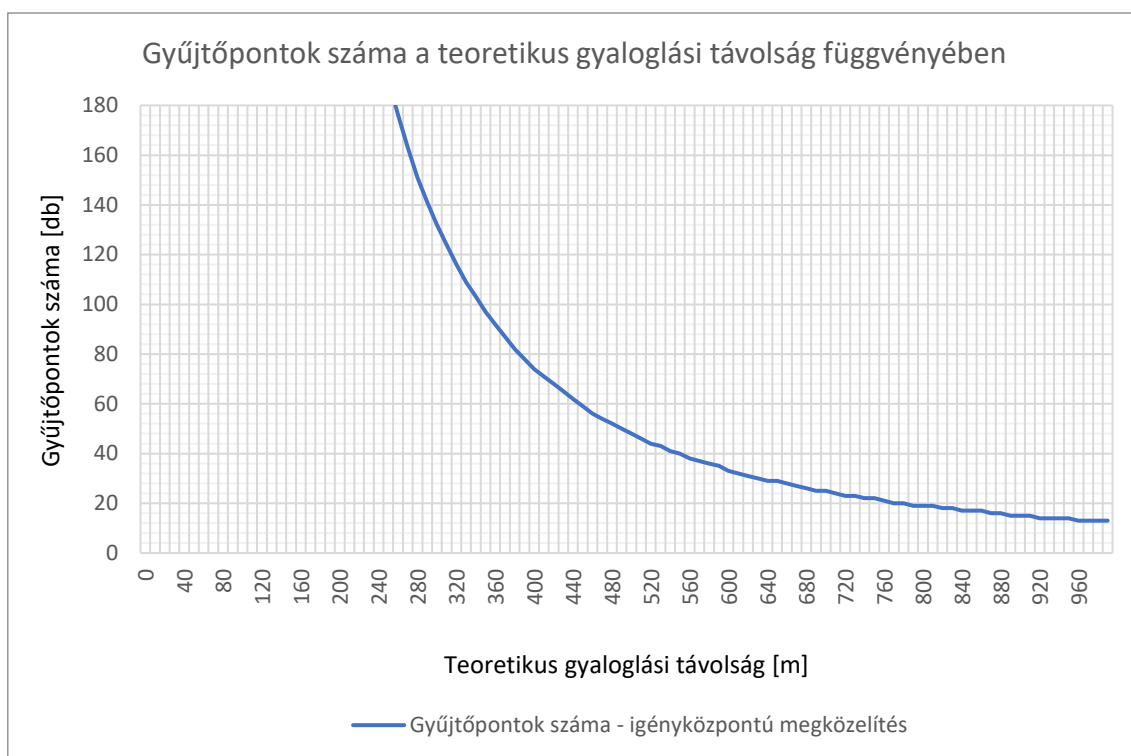
14. ábra: Esettanulmány bemenet-kimenet modell

Az esettanulmány során írt programkódokat feltöltöttem a **Zenodo** repozitóriumba. [22]

Általános megközelítés

A teoretikus gyaloglási távolság érték megválasztása a módszer egyik kritikus pontja, a geometriai modellben levezetett egyenletek alapján (1-8.) egyetlen lépésben megadja a gyűjtőpontok számát (9).

A **15. ábra** a gyűjtőpontok számának alakulását szemlélteti a teoretikus gyaloglási távolság függvényében.



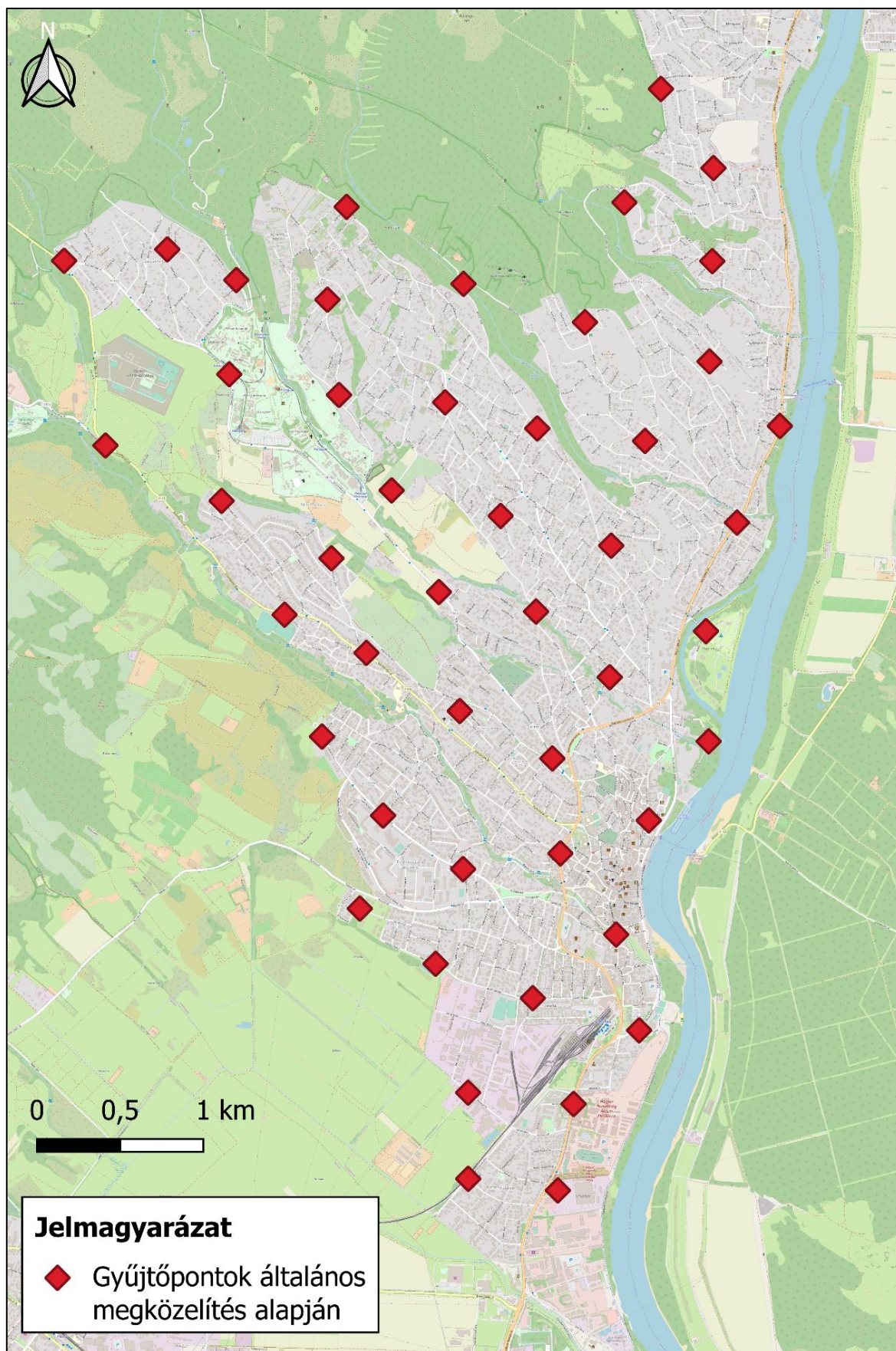
15. ábra: Szükséges gyűjtőpontok száma a teoretikus gyaloglási távolság függvényében

A két változó között négyzetes reciprok összefüggés áll fent. Az ábra alapján kompromisszum pontnak a $d_{teo}=500$ métert választottam („worst case” eset). A telepítendő gyűjtőpontok száma így 48 db.

Python program segítségével azonosítottam a Szentendre lakóövezetében található potenciális helyeket (*intersections_coordinates*), illetve értékeltem azokat a találkozó útszakaszok száma szerint. Az útszakaszok hossza alapján nem volt szükség közbenső pontok felvételére, a kereszteződések halmaza megfelelő bázist kínál a telepítendő gyűjtőpontok számára. (Egyetlen útszakasz hossza sem haladta meg a d_{teo} távolság kétszeresét!)

A gyűjtőpontok kiválasztása lépésben egy komplex optimalizációs algoritmust készítettem (*selection_of_collection_points*). A kiválasztott helyek halmazát a területi lefedettség alapján a potenciális helyek pontszámát figyelembe véve koordináták mentén iteráltam. A program kulcseleme az „overlap area” kritérium, amely a lefedettség mértékét korrigálta. Ha két gyűjtőpont egymáshoz nagyon közel helyezkedik el, akkor a két pont együttes lefedettsége alacsony. A magas számú (50.000) iteráció és „overlap area” kritérium segítségével biztosítottam a gyűjtőpontok egyenletes kiosztását.

Az eredmények (**3. függelék**) megjelenítéséhez a QGIS szoftvert használtam. A **16. ábra** az általános megközelítésben kapott gyűjtőpontokat szemlélteti.



16. ábra: Gyűjtőpontok – általános megközelítés

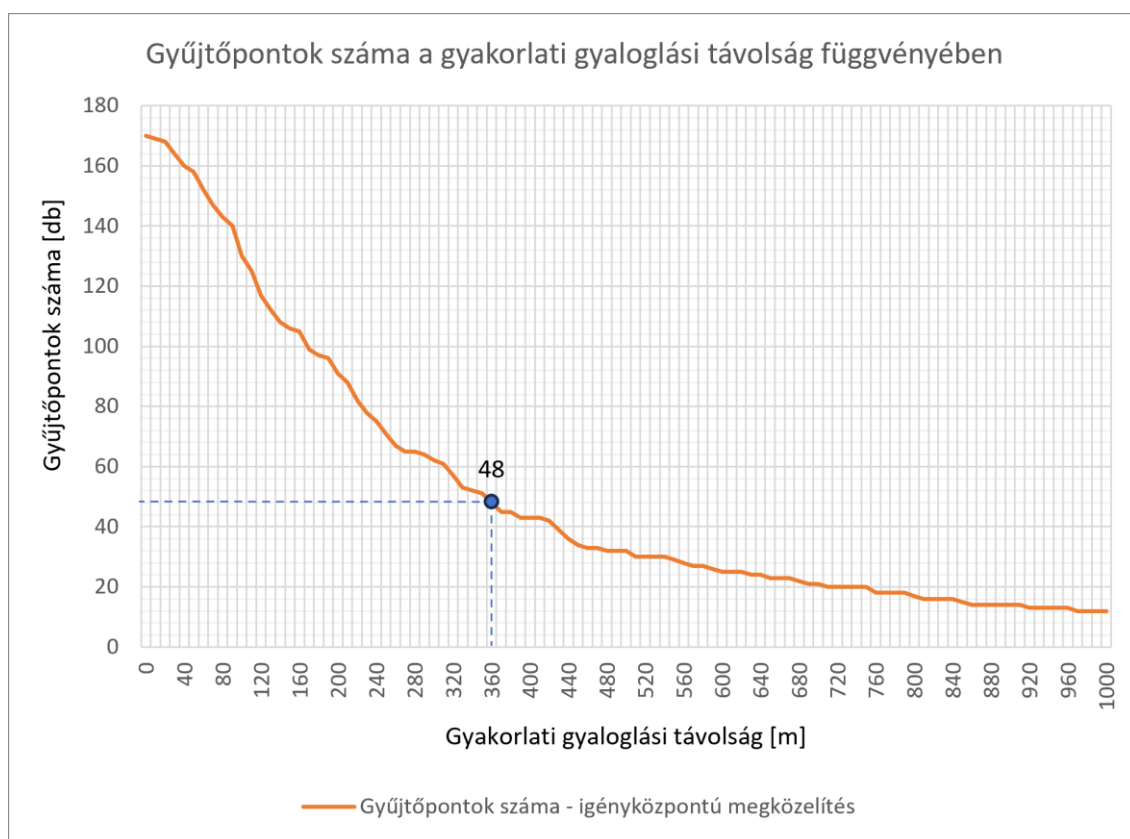
Igényközpontú megközelítés

A kérdőíves adatbázis alapján elvégeztem az igénypontok helymeghatározását, minden egyes helyhez (összesen: 170 db) koordinátákat rendeltem (**2. függelék**). (*IP_positioning*)

A távolságmátrix meghatározását két lépésben végeztem el. A **QGIS QNEAT** modul felhasználásával kiszámítottam az igénypontok közti térképi távolság értékeket. **Access** kereszttáblás lekérdezés segítségével pedig létrehoztam a mátrixos adatstruktúrát.

A hálózattervezési modellben szereplő algoritmus mentén az IP koordináták és gyakorlati gyaloglási távolság alapján IP csoportokat és IP egységeket képeztem, az utóbbinak számossága egyben a gyűjtőpontok számát is megadja. Ezt ismét Python algoritmussal valósítottam meg. (*IP_groups_units*)

A gyakorlati gyaloglási távolság értéket paraméterként kezeltem, megvizsgáltam, hogyan változik a gyűjtőpontok száma a d_{gyak} függvényében. (**17. ábra**)



17. ábra: Gyűjtőpontok száma a gyakorlati gyaloglási távolság függvényében

A gyűjtőpontok száma feltétel szerint adott, 48 db, így a gyakorlati távolság értéke 360 m. Az algoritmus alapján képzett csoportokat és egységeket a **4. táblázat** tartalmazza. Az IP-ok megadásánál, „IP_x” kódból elhagytam az „IP_” karaktereket, szimplán számokkal adtam meg az igénypontokat.

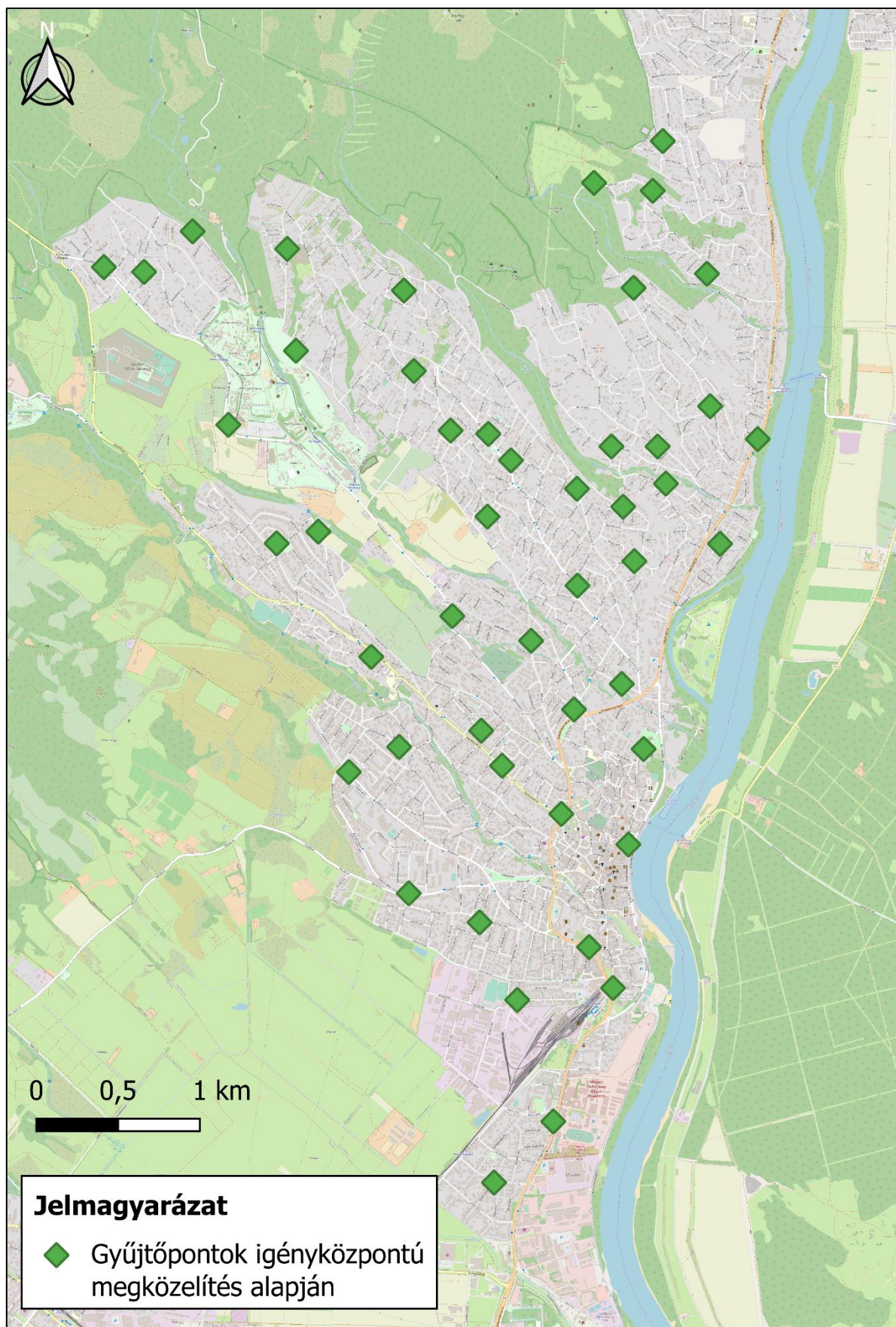
4. táblázat: IP csoportok, IP egységek

Csoportok azonosítója	Csoporton belüli egységek száma	Egységek a benne lévő igénypontok felsorolásával
Csoport 1	3	{0, 1, 2, 3, 4, 5}, {6, 7}, {8, 9}
Csoport 2	1	{10, 12}
Csoport 3	36	{11, 13, 14, 16, 19, 20, 21}, {25, 22}, {33, 41, 23}, {32, 34, 26, 27, 29, 30}, {43, 28, 37, 47}, {38, 40, 45, 48, 31}, {42, 35, 39}, {49, 44, 54}, {56, 51, 53, 46}, {81, 50, 68}, {74, 52, 85, 58, 60}, {97, 78, 82, 55, 57}, {66, 99, 70, 75, 79, 80, 88, 59, 95}, {96, 76, 61, 71}, {64, 67, 69, 73, 83, 86, 90, 62, 63}, {65}, {72, 87}, {92, 77}, {116, 84, 101}, {104, 110, 111, 112, 118, 120, 89, 122}, {105, 91, 100, 94}, {107, 114, 115, 121, 93}, {98, 124, 102, 119}, {106, 109, 103}, {136, 108, 134}, {129, 131, 147, 117, 149}, {128, 123}, {152, 139, 125}, {133, 151, 155, 156, 126}, {144, 138, 132, 127}, {130}, {137, 141, 146, 148, 159}, {140, 142}, {153, 154, 163, 164}, {160, 161, 165, 167, 157}, {168, 169, 162, 166}
Csoport 4	2	{24, 18}, {17, 15}
Csoport 5	1	{36}
Csoport 6	3	{113, 145}, {150}, {143}
Csoport 7	1	{135}
Csoport 8	1	{158}

A csoportok nagysága nem egyenletes. Vannak, amik mindössze 1 IP-ot tartalmaznak, vagyis minden más IP-tól messze helyezkednek el, vannak közepes csoportok, amelyek több egységet is tartalmaznak, illetve van egy nagy csoport is, amibe az IP-ok többsége tartozik. Az igénypont egységek ezzel szemben egyenletesebbek a bennük lévő IP-ok száma alapján.

A gyűjtőpontok kijelölését két lépésben végeztem el. Az igénypont egységek súlypontjait a **QGIS K-mean** beépített algoritmus segítségével határoztam meg. A végleges helyeket manuálisan, az elméleti leírásban megadott 3 szempont szerint vettem fel.

Az eredmények (**4. függelék4. függelék**) szemléltetését az előzőkhöz hasonlóan végeztem. (**18. ábra**)



18. ábra: Gyűjtőpontok – igényközpontú megközelítés

5.4. Eredmények értékelése

Az eredményeket elsősorban az igénypont-gyűjtőpont (IP-GyP) kapcsolaton keresztül a tényleges gyaloglási távolságok alapján értékeltem. Három távolságmátrixot határoztam meg a **QGIS QNEAT** modul és az **Access** kereszttáblás lekérdezés alapján.

1. Jelenlegi helyzet: IP – jelenlegi autóbusz megálló távolságmátrix
2. Általános megközelítés: IP – GyP távolságmátrix
3. Igényközpontú megközelítés: IP – GyP távolságmátrix

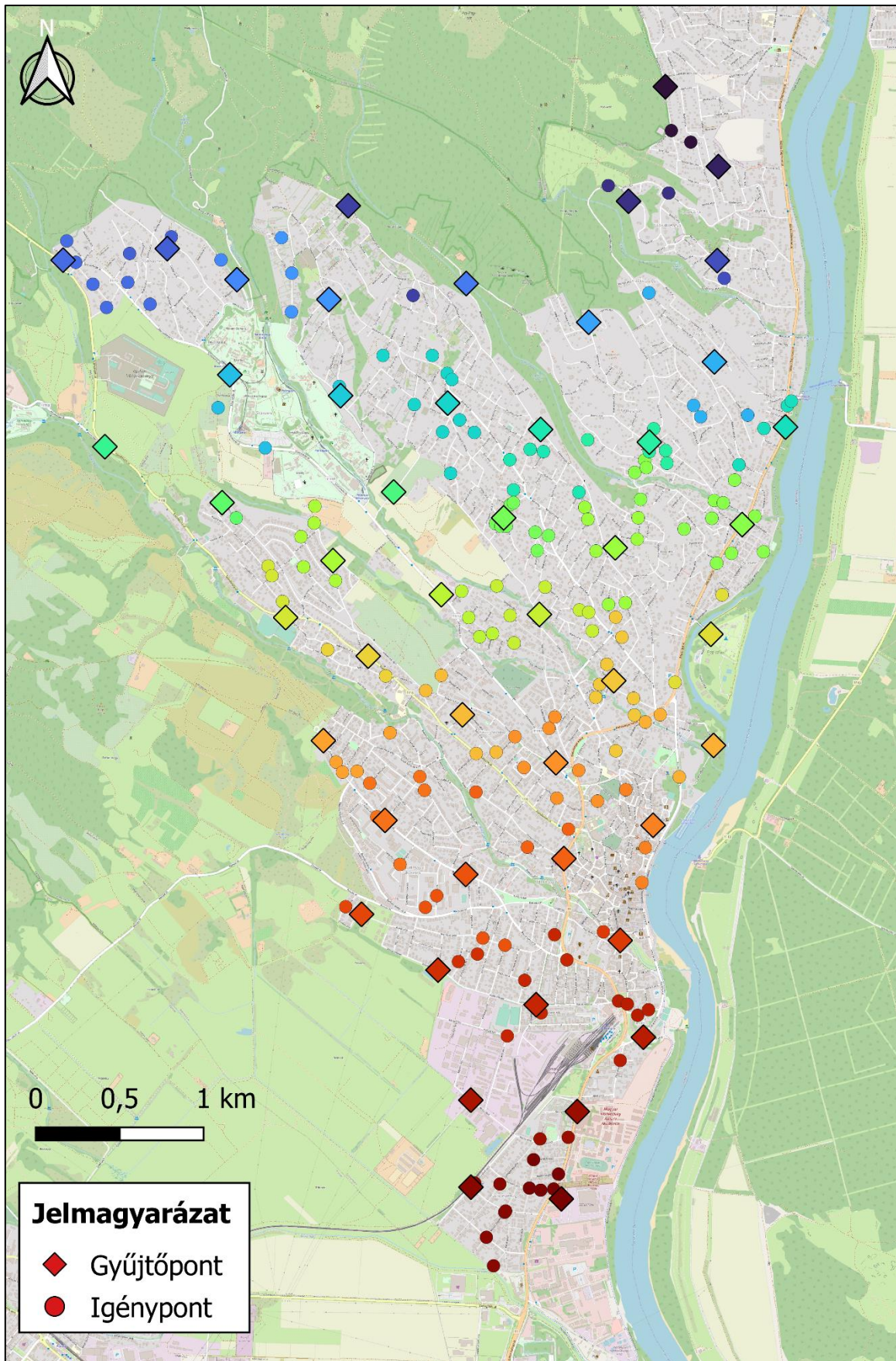
Mindhárom esetben meghatároztam minden egyes IP esetén a hozzá legközelebb eső autóbuszmegállót, illetve gyűjtőpontot, és az ehhez tartozó távolságot (**5. függelék**). A jelenlegi helyzet vizsgálatakor minden egyes megállót figyelembe vettem, ami kismértékben kedvező irányba torzítást okoz. Meghatároztam a maximális és az átlagos gyaloglási távolság értékeket; ezeket az **5. táblázatban** foglaltam össze.

5. táblázat: Eredmények – átlagos, maximális gyaloglási távolságok

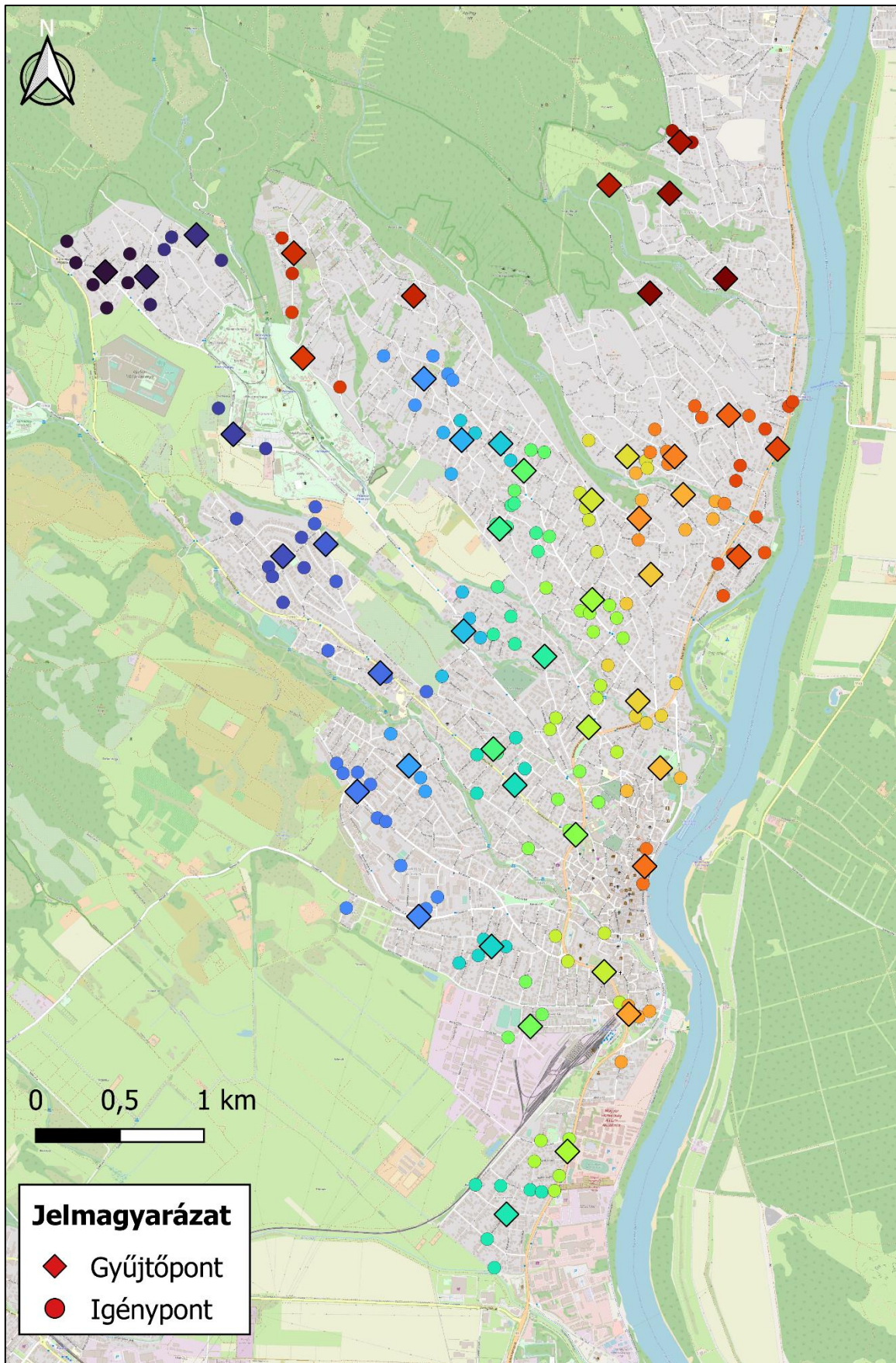
Gyaloglási távolságok [m]			
	jelenlegi helyzet	általános megközelítés	igényközpontú megközelítés
Átlag	425	335	240
Maximum	2207	820	492

Megállapítottam, hogy a jelenlegi helyzet az átlagos gyaloglási távolság alapján nem kiugróan rossz, ugyanakkor a maximális érték nagysága jelzi, hogy előfordulnak nem feltárt részei a városnak. Az általános megközelítésben kapott maximális érték átlépi a $d_{teo}=500$ métert. Ennek két oka van: egyrészt a tényleges GyP kiosztás már a térképi távolságokat veszi figyelembe, ahol előfordulhatnak esetek, amik a lehatárolásnak ellentmondanak (pl.: hegyesszög az útvonalban); másrészt a kiválasztási algoritmus az iterációs lépések során a lefedettséget a teljes síkban számolja (emiatt tolódtak a gyűjtőpontok a város szélén a lakóövezet határához közel). Az igényközpontú megközelítés esetén az átlagos gyaloglási távolság kedvező (4 km/h sebességgel való gyaloglás esetén is kevesebb, mint 3 perces sétát jelent). A maximális érték itt is meghaladja a $d_{gyak}=360$ métert a kijelölési algoritmusban leírt korlátok miatt.

A minimális távolságok alapján történt IP-GyP összerendeléseket a QGIS programban ábrázoltam (**19. ábra**, **20. ábra**), azonos színnel jelöltem meg az azonos gyűjtőponthoz tartozó igénypontokat.

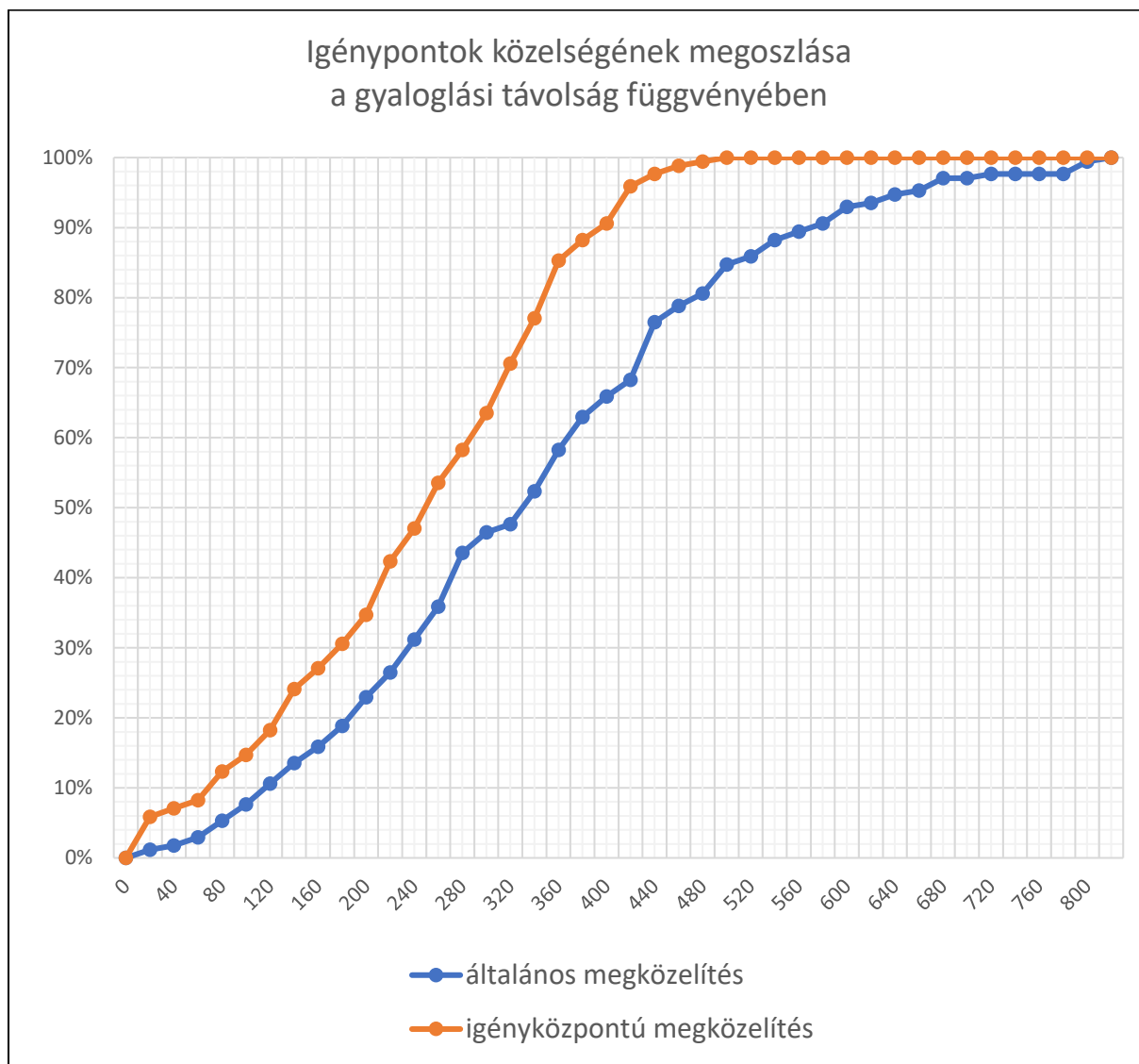


19. ábra: Eredmények – általános megközelítés IP-GyP hozzárendelés



20. ábra: Eredmények – igényközpontú megközelítés IP-GyP hozzárendelés

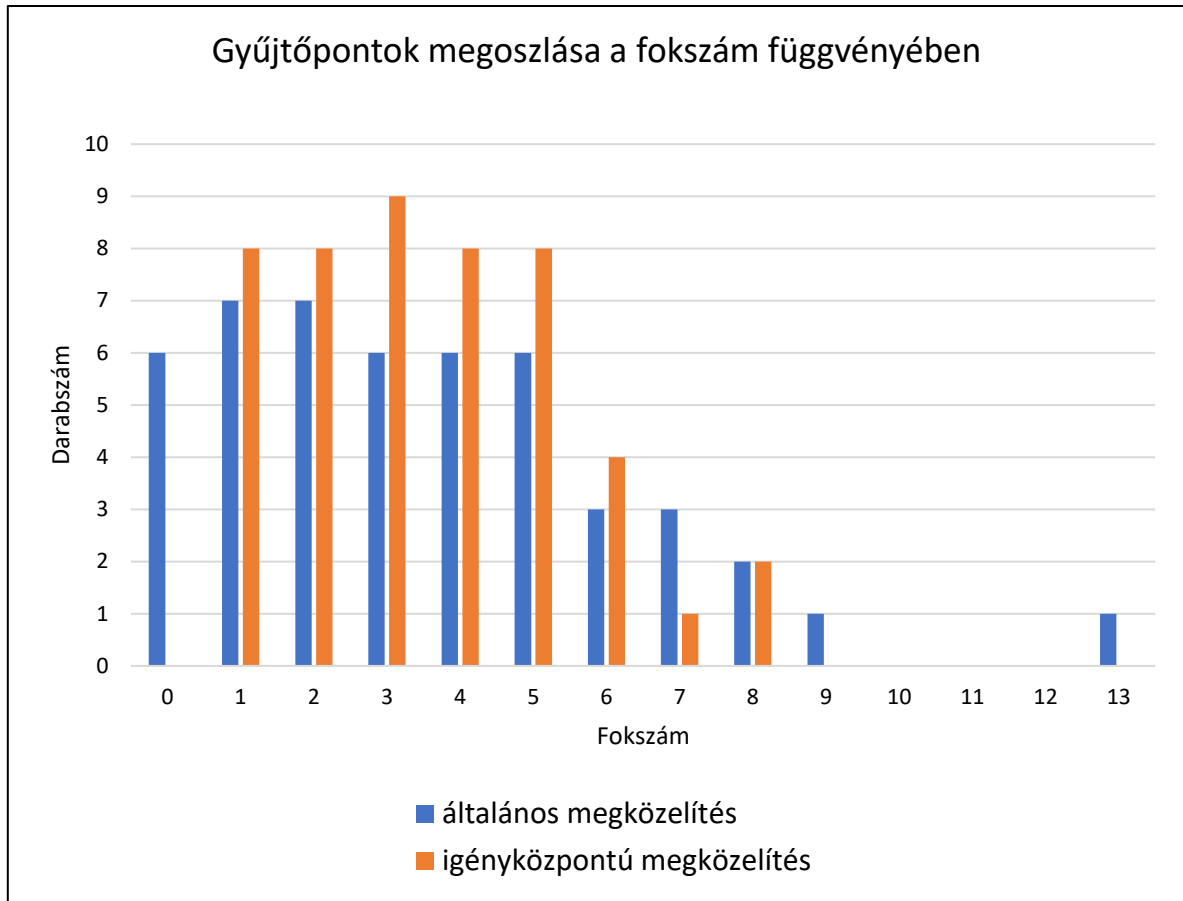
A két megközelítés összehasonlítása céljából megvizsgáltam továbbá, hogyan alakul az igénypont-gyűjtőpont távolságok százalékos megoszlása adott távolsági küszöbértékek alatt. **(21. ábra)**



21. ábra: Igénypontok közelségének megoszlása a gyaloglási távolság függvényében

Megállapítottam, hogy a gyaloglási távolság növekedésével nő az adott gyaloglási távolságon belül elérhető igénypontok aránya. Az igényközpontú megközelítés növekedési görbéje dinamikusabb, az IP-ok több mint harmadáról 200 méteren belül elérhető egy gyűjtőpont, 360 méteren belül pedig az IP-ok 85%-a. Míg az általános megközelítés során ezek az értékek 23% és 58% csupán.

Továbbá vizsgáltam hogyan alakul a gyűjtőpontok számának eloszlása a fokszám tekintetében. A gyűjtőpontok fokszáma a hozzá tartozó igénypontok számát jelenti. **(22. ábra)**



22. ábra: Gyűjtőpontok megoszlása a foksám függvényében

A legfontosabb különbség a két megközelítés között, hogy általános megközelítés esetén 6 db olyan GyP is kijelölésre került, amelyekhez egyáltalán nem tartozik IP.

6. Konklúzió

Az igényalapú kisbuszos szolgáltatás elfogadásának, sikerének egyik kulcstényezője a kereslet-kínálati találkozási pontok alkalmas megválasztása. A gyűjtőpontok számának megválasztása és optimális kijelölése mind a felhasználók mind a szolgáltató számára meghatározó. Az alkalmasan elhelyezett gyűjtőpont halmaz alacsonyabb gyaloglási távolságokat, jobb térbeli kiszolgálást biztosít, ráadásul csökkenthető a felesleges futások száma, hiszen a feltárás során a járatok csupán az igényelt gyűjtőpontokat érintik.

Kidolgoztam az igényalapú kisbuszos szolgáltatás gyűjtőpont kijelölő módszert, amelyben két megközelítést határoztam meg. Az általános megközelítés geometriai modelleken nyugszik, előnye, hogy széleskörben alkalmazható, iránymutatást nyújthat a szolgáltatás hálózattervezése során. Konkrét igénypontok ismeretének hiányában gráfelméleti leképezéssel igazoltam, hogy a gyűjtőpontokat célszerű kereszteződésekbe allokálni: az utcahálózaton lévő pontok közül a kereszteződések *elérhetősége* a legjobb, hiszen tetszőlegesen kis ellenállás mellett minimum 3 különböző irányból elérhető (szemben a hálózat bármely másik pontjával). Tehát összességében csökkenti a gyaloglási távolságot és a járművek futásigényét. *(Az első hipotézis alátámasztása.)* Az igényközpontú megközelítés előnye, hogy a gyűjtőpontok kijelölését konkrét igénypontokhoz rendeli, ezáltal pontosabb megoldást nyújt; ugyanakkor előzetesen részletes igényfelmérés szükséges az alkalmazásához, adathiány esetén a módszer nem alkalmazható.

A kidolgozott módszer alkalmazhatóságának bizonyítására a módszert esettanulmány során alkalmaztam szentendrei igényalapú iskolabusz gyűjtőpontjainak kijelölésére. A módszert mind az általános mind az igényközpontú megközelítés szerint elvégeztem.

Az eredményeket az igénypontokhoz legközelebb található gyűjtőpont távolsága alapján értékeltem. Összehasonlítottam a két megközelítést a jelenlegi helyzettel a gyaloglási távolságok tekintetében. A jelenlegi autóbuszhálózat bizonyos területeket egyáltalán nem tár fel, van olyan igénypont, ami több mint 2 km távolságra van a legközelebbi megállótól; a kijelölt gyűjtőpontok mindkét megközelítés esetén jelentősen kiegyengették a kiugró értékeket, valamint az átlagos gyaloglási érték is számottevően csökkent. Megállapítottam, hogy konkrét helyadatok hiányában az általános megközelítés jó alapot biztosít a gyűjtőpontok kijelölésére, amit az átlagos gyaloglási távolsággal igazoltam. *(A második hipotézis alátámasztása.)*

A gyűjtőpont kijelölés komplex feladat, különféle programok használatát igényli. A térbeliség kezelésére, a térképi távolságok számítása, az eredmények térképes nézetben való szemléltetése céljából a **QGIS** térinformatikai programot használtam. Az esettanulmány során komoly kihívást jelentett az adatkezelési folyamatok (adattisztítás, -feldolgozás, -strukturálás) hatékony elvégzése és a komplex számítási feladatok végrehajtása. A bementi adatstruktúrát **Microsoft Access** adatbázis kezelő program felhasználásával keresztábrás lekérdezések segítségével

állítottam elő. Az összetett iterációs folyamatok megoldását **AI** felhasználásával, irányított kérdések alapján **Python** környezetben írt programok alkalmazásával végeztem el.

A kutatási eredményeim pontos iránymutatást nyújthatnak új igényalapú közlekedési rendszerek bevezetése során, valamint meglévő szolgáltatások fejlesztésében.

A megosztott mobilitási szolgáltatások tervezési és üzemeltetési módszereinek fejlesztése tématerületen számos kutatási potenciált látok, amit PhD kutatás keretében tervezek elvégezni.

A TDK-ban bemutatott módszert a következők szerint fogom tovább fejleszteni:

- A kiszolgálási terület jelenleg homogén, azonos beépítettséget, népesség-koncentrációt feltételez. Ennek megoldására zónarendszer bevezetését javaslom.
- Az általános megközelítésben a gyűjtőpontok számának meghatározása lépésben a gyűjtőpontok együttes lefedettsége nem veszi figyelembe a kiszolgálási terület alakját. Geometriai modellek alapján korrekciós lépésekkel javítható lehet.
- Az esettanulmányban az általános megközelítés során használt kiválasztási algoritmus a kiszolgálási terület szélére is tesz gyűjtőpontokat, mivel a program az átlapolás nélküli lefedettség szerint iterál, és az iterációs lépésben figyelmen kívül hagyja a kiszolgálási terület határát. Az igényközpontú megközelítésben a gyűjtőpontok elhelyezését légvonalban számított súlypontok mentén közelítettem, amelyet célszerű lenne objektíven, közvetlenül a térképi távolságok alapján meghatározni.

Ábrajegyzék

1. ábra: Kutatás fázisai	3
2. ábra: A feldozott irodalom csoportosítása.....	5
3. ábra: Igényalapú iskolabusz szereplők	11
4. ábra: Igényalapú iskolabusz szolgáltatás folyamat modellje	12
5. ábra: Az igénybejelentés folyamata – igényalapú iskolabusz	12
6. ábra: Dobozok jelentése	13
7. ábra: Hálózattervezési modell felépítése	14
8. ábra: Geometriai modell bemutatása	17
9. ábra: Fix ponttól való eltávolodás a síkban	17
10. ábra: Gyűjtőpontok hexagonális lefedettsége.....	18
11. ábra: Független IP csoportok, IP egységek képzésének logikai modellje.....	20
12. ábra: Autóbuszmegállók és iskolák elhelyezkedése Szentendrén	23
13. ábra: Igazolás igényalapú iskolabusz szolgáltatás alkalmazására	25
14. ábra: Esettanulmány bemenet-kimenet modell	26
15. ábra: Szükséges gyűjtőpontok száma a teoretikus gyaloglási távolság függvényében	27
16. ábra: Gyűjtőpontok – általános megközelítés	28
17. ábra: Gyűjtőpontok száma a gyakorlati gyaloglási távolság függvényében	29
18. ábra: Gyűjtőpontok – igényközpontú megközelítés.....	31
19. ábra: Eredmények – általános megközelítés IP-GyP hozzárendelés.....	33
20. ábra: Eredmények – igényközpontú megközelítés IP-GyP hozzárendelés	34
21. ábra: Igénypontok közelségének megoszlása a gyaloglási távolság függvényében.....	35
22. ábra: Gyűjtőpontok megoszlása a foksám függvényében	36

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Igényalapú iskolabusz alapfolyamat.....	11
2. táblázat: Rövidítésjegyzék.....	13
3. táblázat: Lehatárolások és egyszerűsítések az esettanulmányban.....	24
4. táblázat: IP csoportok, IP egységek.....	30
5. táblázat: Eredmények – átlagos, maximális gyaloglási távolságok	32

Függelékjegyzék

1. függelék: Igényalapú iskolabusz szolgáltatás igényfelmérés – kérdőív kérdések	43
2. függelék: Igénypont koordináták	44
3. függelék: Gyűjtőpont koordináták (általános megközelítés).....	48
4. függelék: Gyűjtőpont koordináták (igényközpontú megközelítés)	49
5. függelék: Minimális gyaloglási távolságok igénypontok szerint.....	50

Irodalomjegyzék

- [1] „Demand responsive transport | Interreg Europe - Sharing solutions for better policy”. Elérés: 2023. június 29. [Online]. Elérhető: <https://www.interregeurope.eu/find-policy-solutions/policy-briefs/demand-responsive-transport>
- [2] „EUR-Lex - tr0027 - EN - EUR-Lex”. Elérés: 2023. június 29. [Online]. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/urban-mobility-in-the-eu.html>
- [3] S. E. Schasché, R. G. Sposato, és N. Hampl, „The dilemma of demand-responsive transport services in rural areas: Conflicting expectations and weak user acceptance”, *Transport Policy*, köt. 126, o. 43–54, szept. 2022, doi: 10.1016/j.tranpol.2022.06.015.
- [4] T. Pavanini, H. Liimatainen, N. Sievers, és J. P. Heemsoth, „The Role of DRT in European Urban Public Transport Systems—A Comparison between Tampere, Braunschweig and Genoa”, *Future Transportation*, köt. 3, sz. 2, Art. sz. 2, jún. 2023, doi: 10.3390/futuretransp3020034.
- [5] P. Franco, R. Johnston, és E. McCormick, „Demand responsive transport: Generation of activity patterns from mobile phone network data to support the operation of new mobility services”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, köt. 131, o. 244–266, jan. 2020, doi: 10.1016/j.tra.2019.09.038.
- [6] A. Lakatos, J. Tóth, és P. Mándoki, „Demand Responsive Transport Service of ‘Dead-End Villages’ in Interurban Traffic”, *Sustainability*, köt. 12, sz. 9, Art. sz. 9, jan. 2020, doi: 10.3390/su12093820.
- [7] T. J. Ryley, P. A. Stanley, M. P. Enoch, A. M. Zanni, és M. A. Quddus, „Investigating the contribution of Demand Responsive Transport to a sustainable local public transport system”, *Research in Transportation Economics*, köt. 48, o. 364–372, dec. 2014, doi: 10.1016/j.retrec.2014.09.064.
- [8] T. Calvert, F. Crawford, G. Parkhurst, és J. Parkin, „Perceived accessibility of employment sites by jobseekers and the potential relevance of employer-subsidised demand responsive transport to enhance the commute”, *Cities*, köt. 130, o. 103872, nov. 2022, doi: 10.1016/j.cities.2022.103872.
- [9] L. Sörensen, A. Bossert, J.-P. Jokinen, és J. Schlüter, „How much flexibility does rural public transport need? – Implications from a fully flexible DRT system”, *Transport Policy*, köt. 100, o. 5–20, jan. 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2020.09.005.
- [10] M. Kulcsár, D. Földes, és S. Nagy, „Determining the number of collection points for autonomous vehicle-based service using gravity model”, in *2021 Smart City Symposium Prague (SCSP)*, 2021, o. 1–6. doi: 10.1109/SCSP52043.2021.9447388.
- [11] A. Hayes, J. Y. T. Wang, és A. Nikitas, „Spatial multicriteria decision analysis for Walking School Bus target development strategies”, *Journal of Transport & Health*, köt. 26, o. 101481, szept. 2022, doi: 10.1016/j.jth.2022.101481.
- [12] S. M. Scharoun Benson, B. Bruner, és A. Mayer, „Encouraging active transportation to school: Lessons learned from implementing a walking school bus program in Northeastern Ontario”, *Journal of Transport & Health*, köt. 19, o. 100914, dec. 2020, doi: 10.1016/j.jth.2020.100914.
- [13] J. C. García-Palomares, J. Gutiérrez, és M. Latorre, „Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach”, *Applied Geography*, köt. 35, sz. 1, o. 235–246, nov. 2012, doi: 10.1016/j.apgeog.2012.07.002.

- [14] J. Shu, M. Chou, Q. Liu, C. Teo, és I.-L. Wang, „Models for Effective Deployment and Redistribution of Bicycles Within Public Bicycle-Sharing Systems”, *Operations Research*, köt. 61, o. 1346–1359, nov. 2013, doi: 10.1287/opre.2013.1215.
- [15] R. Mix, R. Hurtubia, és S. Raveau, „Optimal location of bike-sharing stations: A built environment and accessibility approach”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, köt. 160, o. 126–142, jún. 2022, doi: 10.1016/j.tra.2022.03.022.
- [16] A. Tennøy, M. Knapskog, és F. Wolday, „Walking distances to public transport in smaller and larger Norwegian cities”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, köt. 103, o. 103169, febr. 2022, doi: 10.1016/j.trd.2022.103169.
- [17] Tóth J. és Horváth B., „Rugalmas közlekedési rendszerek tervezésének alapjai (utascsoportok, elméleti modellek)”, *Közlekedéstudományi szemle*, köt. 56, sz. 7, Art. sz. 1–12, 2006, doi: 10/12/Kozlekedestudomanyi_2006_12.pdf.
- [18] G. Sárközi, B. Illés, és G. Wagner, *Telematikai alapú logisztikai megoldások az igényvezérelt helyközi közlekedési szolgáltatásokban Magyarországon*. 2017. doi: 10.26649/musci.2017.043.
- [19] „Telebusz, telefogas”. Elérés: 2023. július 19. [Online]. Elérhető: <https://bkk.hu/utazasi-informaciok/kozossegi-kozlekedes/telebusz/>
- [20] „8.1.2.9. Magyarország 50 legnépesebb települése, 2023. január 1.” Elérés: 2023. október 23. [Online]. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/fo/fo/fo10014.html
- [21] „TSZT Településszerkezeti terv - 2017.”, Szentendre Város Hivatalos honlapja. Elérés: 2023. szeptember 21. [Online]. Elérhető: <https://szentendre.hu/varosfejlesztes/foepiteszi-iroda/letoltheto-jogszabalyok-dokumentumok-attekintes-its-tfk-tsz-t-szesz-tkr-tak/tszt-telepulesszerkezeti-terv-2017/>
- [22] M, Korompay, „Allocation of collection points”, doi: 10.5281/zenodo.10057684.

Függelék

1. függelék: Igényalapú iskolabusz szolgáltatás igényfelmérés – kérdőív kérdések

1. Ön igénybe venne iskolabusz-szolgáltatást?
- 2.1. A gyermek(ek) Szentendréről jár(nak) iskolába?
- 2.2. Általában hogyan jut el gyermeke az iskolába?
- 2.3. Az esetek nagy többségében milyen módon jut el gyermeke az iskolába?
- 2.4. Jelenleg gyermeke mennyi idő alatt jut el az iskolába, haza?
- 2.5. Ha gyermeke közösségi közlekedéssel jár az iskolába, akkor rendelkezik bérlettel?
- 2.6. Ha autóval szállítja a gyermekét iskolába, utána Ön hová megy tovább?
- 2.7. Ha autóval szállítja a gyermekét iskolába, utána Ön hová indul tovább?
- 3.1. Hányadikos gyermeket szeretne iskolabusszal iskolába járatni?
- 3.2. Óvoda gyermekeit küldené-e iskolabusszal óvodába?
- 4.1. Gyermeke melyik utcában lakik?
- 4.2. Kérjük ajánljon alkalmas felszálló-leszálló gyűjtő helyet a lakhelyük közelében.
- 4.3. Gyermeke melyik iskolába jár?
- 4.4. Az iskola közelében hol legyen a leszálló - felszálló pont Ön szerint?
- 4.5. Ön szerint az utazás mely pontjain szükséges felügyelet?
- 5.1. Melyik útra vennék igénybe gyermeke az iskolabuszt?
- 5.2. Az Ön gyermeke jellemzően melyik időpontban indulna reggel az iskolabusszal az iskolaév során, tanítási napokon?
- 5.3. Az Ön gyermeke jellemzően melyik időpontban indulna délután haza az iskolabusszal az iskolaév során, tanítási napokon?
- 6.1. Kérjük sorolja fel, hogy milyen elvárásai vannak az iskolabusz-szolgáltatással kapcsolatban?
- 6.2. Részt venne-e Ön fókuszcsoportos workshopon, hogy minél jobban megismerjük a szolgáltatással kapcsolatos elvárásait?
- 6.3. Kérjük jelölje meg Ön mekkora költség hozzájárulást tart elképzelhetőnek az iskolabusz-szolgáltatás igénybevételéért.

2. függelék: Igénypont koordináták

IP koordináták		
ID	x	y
IP_1	47.7019856	19.0306985
IP_2	47.700848	19.0314539
IP_3	47.6996992	19.0328589
IP_4	47.6984702	19.0339928
IP_5	47.6998476	19.0356224
IP_6	47.7013937	19.0357136
IP_7	47.6987075	19.0374429
IP_8	47.7016706	19.0384355
IP_9	47.7023474	19.0389911
IP_10	47.7011744	19.0429868
IP_11	47.6932532	19.043053
IP_12	47.6873704	19.0447055
IP_13	47.6911631	19.0468705
IP_14	47.6848325	19.0473414
IP_15	47.6843237	19.0476581
IP_16	47.7024509	19.0477401
IP_17	47.6829531	19.0485548
IP_18	47.7005635	19.048634
IP_19	47.6984836	19.0486806
IP_20	47.6864561	19.0498921
IP_21	47.684839	19.0501516
IP_22	47.6872032	19.0509066
IP_23	47.6881085	19.0509295
IP_24	47.6804349	19.0522227
IP_25	47.6945538	19.0526343
IP_26	47.6841475	19.0527176
IP_27	47.6744233	19.0531251
IP_28	47.6738935	19.0536486
IP_29	47.6666883	19.0541756
IP_30	47.6739617	19.054807
IP_31	47.6733374	19.0558426
IP_32	47.6962728	19.0560339
IP_33	47.6715467	19.0564552
IP_34	47.6791065	19.0568891
IP_35	47.6713674	19.0571224
IP_36	47.6760659	19.0573448
IP_37	47.6995281	19.0583072
IP_38	47.6690289	19.058405
IP_39	47.6936876	19.0586198
IP_40	47.6737606	19.059799
IP_41	47.6963386	19.0599535
IP_42	47.6783725	19.0600972
IP_43	47.6730322	19.0601982
IP_44	47.6667604	19.0604958
IP_45	47.6922546	19.0609225

IP_46	47.6953988	19.0611703
IP_47	47.6792141	19.0613034
IP_48	47.6673998	19.0613793
IP_49	47.6950772	19.0615595
IP_50	47.6900527	19.061636
IP_51	47.6929245	19.0622499
IP_52	47.6837479	19.0627459
IP_53	47.6638978	19.0632255
IP_54	47.6823475	19.0633646
IP_55	47.69227	19.0634475
IP_56	47.6750692	19.0642264
IP_57	47.6813299	19.064268
IP_58	47.6730056	19.0642854
IP_59	47.6643273	19.0647215
IP_60	47.6520564	19.0649596
IP_61	47.6651911	19.0651168
IP_62	47.6815208	19.0652878
IP_63	47.6874216	19.0653091
IP_64	47.6840747	19.0655271
IP_65	47.6872767	19.0657369
IP_66	47.6751708	19.0658095
IP_67	47.649166	19.065992
IP_68	47.6872947	19.0661626
IP_69	47.6908587	19.0663133
IP_70	47.6884525	19.0664393
IP_71	47.6476466	19.0666153
IP_72	47.6825122	19.0666434
IP_73	47.6892499	19.0666723
IP_74	47.6885616	19.0666829
IP_75	47.6648394	19.0668882
IP_76	47.6520377	19.0669603
IP_77	47.6810431	19.06701
IP_78	47.6599812	19.0672521
IP_79	47.6760264	19.0672691
IP_80	47.6505309	19.0673988
IP_81	47.6505996	19.0674698
IP_82	47.691444	19.0679043
IP_83	47.6743844	19.0680455
IP_84	47.6870094	19.0684758
IP_85	47.6701218	19.0684767
IP_86	47.6629858	19.0685251
IP_87	47.6860224	19.0686684
IP_88	47.6913384	19.0689651
IP_89	47.6518561	19.0693076
IP_90	47.6840832	19.0693626
IP_91	47.6868371	19.0695344
IP_92	47.6533875	19.0695813
IP_93	47.6612633	19.0698959
IP_94	47.6765181	19.0699553

IP_95	47.6545069	19.0700565
IP_96	47.6517641	19.0702092
IP_97	47.6771325	19.0704007
IP_98	47.6727875	19.0707211
IP_99	47.6654653	19.0708014
IP_100	47.6518413	19.0712345
IP_101	47.6526465	19.0715873
IP_102	47.6711409	19.0716972
IP_103	47.664133	19.0718364
IP_104	47.6892088	19.0718616
IP_105	47.6829006	19.0721417
IP_106	47.6546307	19.072287
IP_107	47.6884108	19.0723529
IP_108	47.6743144	19.072395
IP_109	47.6920313	19.0724548
IP_110	47.6877741	19.0726327
IP_111	47.6827885	19.0728733
IP_112	47.6817916	19.0732054
IP_113	47.686083	19.0733341
IP_114	47.7056792	19.0735875
IP_115	47.6782394	19.0736041
IP_116	47.67894	19.073883
IP_117	47.6726837	19.0739475
IP_118	47.6800233	19.0744197
IP_119	47.6832344	19.0744339
IP_120	47.6656865	19.0746762
IP_121	47.6825634	19.075028
IP_122	47.6753981	19.0753048
IP_123	47.6815005	19.0755634
IP_124	47.683347	19.0757744
IP_125	47.6620014	19.076012
IP_126	47.6733319	19.0761774
IP_127	47.6903441	19.0762568
IP_128	47.6588206	19.0762615
IP_129	47.6867697	19.0765845
IP_130	47.6782368	19.0766046
IP_131	47.6879174	19.0766193
IP_132	47.6773411	19.0767075
IP_133	47.6618471	19.0767185
IP_134	47.6889076	19.076774
IP_135	47.6910113	19.0770225
IP_136	47.699986	19.0770297
IP_137	47.6906204	19.077164
IP_138	47.691476	19.077368
IP_139	47.6612604	19.0775566
IP_140	47.6769858	19.0775864
IP_141	47.6683851	19.0776358
IP_142	47.6927105	19.0776759
IP_143	47.6702551	19.077834

IP_144	47.7053599	19.0783936
IP_145	47.6615741	19.0784033
IP_146	47.70871	19.0784885
IP_147	47.6915538	19.078669
IP_148	47.677399	19.0787633
IP_149	47.690882	19.0787939
IP_150	47.6791521	19.0798653
IP_151	47.7081159	19.0800561
IP_152	47.6873756	19.0802884
IP_153	47.6740893	19.0803978
IP_154	47.6940116	19.0807987
IP_155	47.693415	19.0813845
IP_156	47.6879891	19.082472
IP_157	47.6889439	19.0826243
IP_158	47.6855951	19.082941
IP_159	47.700865	19.0829824
IP_160	47.6888302	19.0833445
IP_161	47.683901	19.083429
IP_162	47.6861407	19.0840957
IP_163	47.6900667	19.0842047
IP_164	47.6908892	19.0845181
IP_165	47.6935654	19.0851151
IP_166	47.6881571	19.0858846
IP_167	47.6928725	19.0864266
IP_168	47.6862573	19.086634
IP_169	47.6941231	19.0882495
IP_170	47.6943715	19.088551

3. függelék: Gyűjtőpont koordináták (általános megközelítés)

GyP koordináták (általános)		
ID	x	y
GyP_1	47.692976	19.088135
GyP_2	47.651323	19.071862
GyP_3	47.704867	19.07523
GyP_4	47.65183	19.064666
GyP_5	47.694061	19.052748
GyP_6	47.700241	19.062501
GyP_7	47.700946	19.030447
GyP_8	47.688972	19.057155
GyP_9	47.682611	19.068966
GyP_10	47.700137	19.044288
GyP_11	47.693806	19.06127
GyP_12	47.686277	19.074856
GyP_13	47.663418	19.061625
GyP_14	47.661692	19.069481
GyP_15	47.677126	19.063058
GyP_16	47.665249	19.076025
GyP_17	47.656494	19.064487
GyP_18	47.696372	19.082367
GyP_19	47.701704	19.038692
GyP_20	47.683535	19.061145
GyP_21	47.660094	19.078055
GyP_22	47.671367	19.057122
GyP_23	47.675556	19.052073
GyP_24	47.698328	19.072305
GyP_25	47.674684	19.07057
GyP_26	47.687693	19.084885
GyP_27	47.668579	19.063637
GyP_28	47.695031	19.043911
GyP_29	47.711053	19.07793
GyP_30	47.669559	19.071399
GyP_31	47.680147	19.055463
GyP_32	47.65602	19.072955
GyP_33	47.67582	19.083052
GyP_34	47.69101	19.034139
GyP_35	47.699199	19.051629
GyP_36	47.685216	19.052475
GyP_37	47.701804	19.082389
GyP_38	47.691986	19.077356
GyP_39	47.687734	19.065942
GyP_40	47.692518	19.068698
GyP_41	47.679159	19.074999
GyP_42	47.706843	19.082298
GyP_43	47.681776	19.08262
GyP_44	47.6821	19.048831
GyP_45	47.666303	19.055448
GyP_46	47.671464	19.078407
GyP_47	47.704248	19.052978
GyP_48	47.688173	19.043556

4. függelék: Gyűjtőpont koordináták (igényközpontú megközelítés)

GyP koordináták (igényközpontú)		
ID	x	y
GyP_1	47,70051203	19,03348117
GyP_2	47,70019407	19,0370325
GyP_3	47,70231768	19,04148772
GyP_4	47,70163689	19,04867399
GyP_5	47,69606295	19,04967074
GyP_6	47,69167051	19,04422213
GyP_7	47,69952811	19,0583072
GyP_8	47,69508981	19,05930564
GyP_9	47,69144861	19,06171061
GyP_10	47,69172544	19,06548031
GyP_11	47,6905029	19,06791354
GyP_12	47,68878032	19,0728096
GyP_13	47,68765404	19,06734166
GyP_14	47,6879174	19,0766193
GyP_15	47,68311727	19,07322389
GyP_16	47,68492602	19,07764499
GyP_17	47,68602042	19,08462116
GyP_18	47,68917918	19,08009293
GyP_19	47,69123992	19,07555338
GyP_20	47,69129674	19,07935083
GyP_21	47,69194045	19,08762936
GyP_22	47,69371573	19,08351392
GyP_23	47,70814352	19,079043
GyP_24	47,70567896	19,07359263
GyP_25	47,7053616	19,07839673
GyP_26	47,70086371	19,08298164
GyP_27	47,69998603	19,07702977
GyP_28	47,68487756	19,0482864
GyP_29	47,68606384	19,05166254
GyP_30	47,68166308	19,06273337
GyP_31	47,68043729	19,06931056
GyP_32	47,67657811	19,07381115
GyP_33	47,67824157	19,07692478
GyP_34	47,67466881	19,07894622
GyP_35	47,67922934	19,05623775
GyP_36	47,67303397	19,05484912
GyP_37	47,67438631	19,05987318
GyP_38	47,67126757	19,07150959
GyP_39	47,67539102	19,06551303
GyP_40	47,67441494	19,06656538
GyP_41	47,66927765	19,07794824
GyP_42	47,66404857	19,0731339
GyP_43	47,66142808	19,0792002
GyP_44	47,6505896	19,06776313
GyP_45	47,65343591	19,06950287
GyP_46	47,66423966	19,06546105
GyP_47	47,66747497	19,0589964
GyP_48	47,66171428	19,06855973

5. függelék: Minimális gyaloglási távolságok igénypontok szerint

Minimális gyaloglási távolságok [m]			
	jelenlegi helyzet	általános megközelítés	igényközpontú megközelítés
IP_1	299	262	319
IP_2	256	89	185
IP_3	328	429	332
IP_4	231	533	271
IP_5	185	87	234
IP_6	828	284	319
IP_7	838	481	324
IP_8	704	76	346
IP_9	227	124	252
IP_10	113	120	214
IP_11	5	273	241
IP_12	231	355	447
IP_13	12	275	236
IP_14	65	141	191
IP_15	311	185	133
IP_16	450	626	153
IP_17	214	184	353
IP_18	388	540	124
IP_19	215	266	315
IP_20	202	457	214
IP_21	372	423	145
IP_22	453	440	144
IP_23	145	238	301
IP_24	358	261	374
IP_25	182	496	382
IP_26	530	588	233
IP_27	13	55	209
IP_28	324	184	138
IP_29	521	115	492
IP_30	498	438	143
IP_31	113	134	247
IP_32	416	221	432
IP_33	210	503	214
IP_34	267	67	41
IP_35	24	303	246
IP_36	61	385	404
IP_37	61	109	0
IP_38	58	472	401
IP_39	652	114	213
IP_40	293	248	156
IP_41	760	255	277
IP_42	177	252	306
IP_43	1183	371	291
IP_44	617	414	88
IP_45	175	498	245
IP_46	129	339	220
IP_47	498	171	351
IP_48	2207	326	211
IP_49	156	621	285

IP_50	177	791	307
IP_51	246	528	340
IP_52	465	182	274
IP_53	364	425	311
IP_54	96	435	238
IP_55	213	584	223
IP_56	111	224	289
IP_57	249	343	167
IP_58	225	381	331
IP_59	452	269	133
IP_60	320	264	299
IP_61	778	200	81
IP_62	368	325	335
IP_63	888	417	38
IP_64	331	342	438
IP_65	196	663	15
IP_66	798	349	0
IP_67	782	492	189
IP_68	1426	449	75
IP_69	788	353	116
IP_70	329	232	173
IP_71	193	236	355
IP_72	570	201	332
IP_73	894	264	253
IP_74	544	547	195
IP_75	1851	380	107
IP_76	372	388	258
IP_77	2174	295	195
IP_78	696	240	177
IP_79	227	300	397
IP_80	134	437	4
IP_81	2011	377	13
IP_82	512	415	131
IP_83	541	540	213
IP_84	867	344	278
IP_85	739	216	392
IP_86	274	353	347
IP_87	271	209	405
IP_88	162	374	207
IP_89	1102	662	249
IP_90	276	375	424
IP_91	181	315	457
IP_92	282	423	255
IP_93	215	338	110
IP_94	652	33	380
IP_95	100	322	335
IP_96	252	0	318
IP_97	238	424	365
IP_98	357	235	343
IP_99	54	790	474
IP_100	211	597	262
IP_101	237	336	179
IP_102	102	578	72
IP_103	320	231	274

IP_104	99	796	180
IP_105	594	89	174
IP_106	622	644	131
IP_107	451	595	62
IP_108	395	517	419
IP_109	608	488	287
IP_110	404	481	139
IP_111	346	244	118
IP_112	1044	71	212
IP_113	187	346	339
IP_114	767	261	0
IP_115	980	199	209
IP_116	634	428	338
IP_117	403	466	321
IP_118	461	258	352
IP_119	374	379	339
IP_120	840	349	419
IP_121	513	377	326
IP_122	199	373	287
IP_123	128	253	357
IP_124	419	820	311
IP_125	133	170	228
IP_126	237	433	414
IP_127	586	155	376
IP_128	56	298	313
IP_129	170	714	138
IP_130	506	334	22
IP_131	824	442	0
IP_132	298	233	311
IP_133	494	177	52
IP_134	346	175	347
IP_135	229	278	113
IP_136	362	263	0
IP_137	348	128	295
IP_138	237	20	205
IP_139	457	94	82
IP_140	395	169	412
IP_141	173	241	128
IP_142	574	151	260
IP_143	735	289	104
IP_144	307	399	0
IP_145	141	562	128
IP_146	472	267	94
IP_147	175	438	63
IP_148	284	129	206
IP_149	172	463	60
IP_150	285	110	347
IP_151	295	457	69
IP_152	591	342	294
IP_153	195	278	188
IP_154	347	434	344
IP_155	512	437	251
IP_156	716	53	230
IP_157	466	69	258

IP_158	425	403	371
IP_159	319	219	0
IP_160	56	182	416
IP_161	463	198	302
IP_162	285	208	63
IP_163	534	662	416
IP_164	98	601	350
IP_165	485	366	375
IP_166	213	496	357
IP_167	372	321	181
IP_168	481	111	217
IP_169	808	530	267
IP_170	397	149	294