



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék

TDK DOLGOZAT

**Módszer kidolgozása folyami elővárosi hajózási
hálózat kialakítására**

Készítette:

Berzsenyi Bence

Konzulens:

Dr. Csonka Bálint

2023

Tartalom

1.	Bevezető	3
2.	Külföldi gyakorlatok elemzése	4
3.	Irodalomkutatás	11
4.	Módszer kidolgozása.....	12
4.1.	Alapelvek	12
4.2.	Társadalmi hatások – Igénybe vevők számának becslése	13
4.3.	Környezeti hatások – Természetes infrastruktúra hatásai.....	17
4.4.	Épített infrastruktúra	17
4.5.	Szolgáltatástervezés – Hálózat, menetrend.....	18
4.6.	Flotta tervezése	21
4.7.	Díjszabás tervezése	22
4.8.	Turisztikai célú szolgáltatások tervezése	23
5.	Esettanulmány	24
5.1.	Jelenlegi helyzet feltárása	24
5.2.	Módszer alkalmazása	28
6.	Összefoglaló:.....	33
	Felhasznált irodalom	34

1. Bevezető

A nagyvárosok sokszor folyók partjára épültek, és agglomerációjuk általában dinamikusán növekszik. Az innen jelentkező utazási igényeket nehezen lehet megoldani, mivel a bevezető utak kapacitása nem elegendő, bővítése nem, vagy csak drágán megvalósítható, jelenleg is jellemzőek a torlódások, amelyek veszteséget okoznak (megnövekedő utazási idő, üzemanyagfogyasztás, környezetterhelés, romló kiszámíthatóság). Vasútvonalak kiépítése, bővítése szintén költséges.

Ezzel szemben a folyókon, amelyek sokszor a nagyváros központjába visznek, nincs érdemi közösségi közlekedés, pedig a közlekedési problémák egy részét hajójáratok indításával meg lehetne szüntetni.

A hajójárat-hálózatok két kategóriába sorolhatók, egyrészt a folyami jellegű hajózásra, másrészt a tengerparti jellegűre, előbbinél kötöttebb pályán, a folyó (csatorna, fjord stb.) útvonalát követve közlekednek a járatok, míg utóbbinál szabadabb útvonalon, a tengerpart (tópart) mentén, illetve a környező szigetekre közlekednek a hajók. A módszer kidolgozásánál, a területi korlátok miatt kizárólag a folyami hajózással fogok foglalkozni.

A folyami hajózást további két, markánsan elkülönülő alkategóriára lehet osztani, ezek az átkelőhajózás és a vonalhajózás, előbbinél a folyó két partja között, legtöbbször köztes megállás nélkül közlekednek a járatok, és jellemzően közúti gépjárműveket is szállítanak, míg utóbbinál a folyó hosszában, több kikötéssel és többszöri átkeléssel járnak a hajók. A dolgozat további részében elsősorban a vonalhajózással fogok foglalkozni, mivel egy ilyen járatokból álló hálózat jobban beilleszthető a többi közlekedési alágazat által alkotott hálózatba. Ezek a járatok az új kapcsolatok révén új utazási irányokat fognak megnyitni, így az ingázók számát is meg fogom próbálni becsülni.

Ezek alapján a következő kutatási kérdést fogalmaztam meg:

1. mely jellemzők befolyásolják a vízi közlekedés iránti igényt?
2. milyen módszerekkel segíthető a szolgáltatástervezés?

2. Külföldi gyakorlatok elemzése

A külföldi példákat a hajójárat jellege (városi/elővárosi), a vízfelület jellege, ahol a hajók közlekednek (folyó/tó/...), a hajók sebessége, kapacitása, a viszonylatok száma, követési sűrűsége, az esetleges extra szolgáltatások, a tarifaunió megléte más közlekedési alágazatokkal, illetve a szolgáltatók száma alapján vizsgáltam. A szolgáltatások adatait az egyes példák bemutatása után, a 3-5. táblázatokban foglaltam össze.

Velence (Olaszország)

Velence központjában tilos a gépjárműforgalom. Ezért a vízi közlekedés az egyetlen módja a közösségi közlekedésnek és jelenleg többféle méretű és kialakítású hajó közlekedik a városban. A járatok hivatásforgalmi és turistaforgalmat is kiszolgálhatnak, útvonaltól függően 12-120 percenként járnak, az 1.-2. táblázatban megjelölt módon.

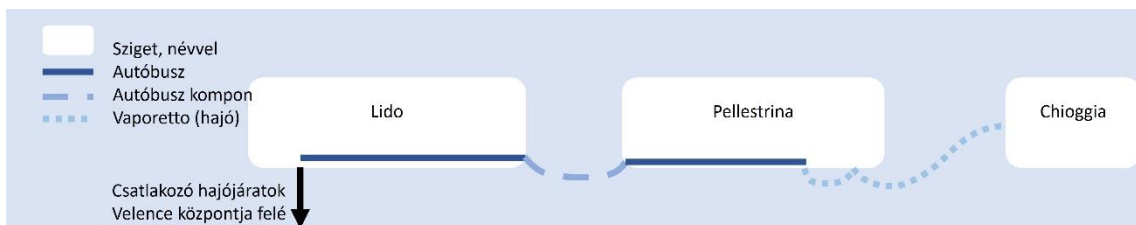
1. táblázat: A velencei hajójáratok adatai 1. (forrás: saját szerkesztés, [12])

Járatok	1, 2, 2/	3, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 6	10, 12, 13, 14, 15, 20, 22	7, 8, 18, A, B, C, P
Járműtípus	Vaporetto	Motoscafo	Motonave	vegyes
Fedélzeti szolgáltatás	-	-	WC	vegyes
Férőhely	~230	~160	~600/~1200	vegyes
Jellemző követés	12 perc	20 perc	30-120 perc	20-120 perc
Megállósűrűség	150-300 m	300-500 m	500-6000 m	vegyes
Jelleg	belvárosi	külvárosi	elővárosi	belvárosi / külvárosi / elővárosi
Menetidő	15-93 perc	31-120 perc	20-76 perc	30-67 perc
Megjegyzés				a számozottak csak nyáron, a betűzöttek a karnevál idején, turistáknak

2. táblázat: A velencei hajójáratok adatai 2. (forrás: saját szerkesztés, [12])

Járatok	17	16, A, B, R, V, RO	N, NLN, NM	11
Járműtípus	Traghetto	Motoscafo	vegyes	Busz + Traghetto + Motoscafo
Extrák a járművön	Autószállítás	-	vegyes	-
Férőhely	~1000	~160	vegyes	~60 (szólóbusz)
Jell. követés	50 perc	20-60 perc	30-60 perc	30 perc
Megállósűrűség	4-6 km	500-3000 m	150-1500 m	150-300 m
Jelleg	elővárosi	város peremén lévő infrastruktúrára ráhordó	belvárosi / elővárosi	Multimodális
Menetidő	35 perc	25-108 perc	30-86 perc	75 perc
Megjegyzés	kompjárat	külön díjszabás	Éjszakai járatok, részben igényvezérelt	Busz, majd kompon busz, ismét busz végül hajó

A városközpontban a városi autóbuszjáratokhoz hasonlóan sűrű követéssel és megállási renddel közlekednek a járatok, gyors utascserére alkalmas hajókkal, amelyek a kikötőkben csak az utascere idejére tartózkodnak. A városközponttól távolabb eső szigetekre közlekedő járatok jellemzően ritkábban, a szigeteken csak 1-3 megállással közlekednek, nagyobb kapacitású hajókkal. A főbb tengelyeken járnak csúcsidei sűrítőjáratok, valamint több útvonalon közlekednek rásegítő hivatás- és turistaforgalmi járatok, előbbiek jellemzően a csúcsidőszakokban, a város lakóterületei között, míg utóbbiak a nyári időszakban, a főbb turistacélpontok között közlekednek, ezek lehetnek lassú, több kikötőben megálló, valamint gyorsjáratok is. Ezek a járatok a városi autóbushálózatot pótlandó közlekednek. A városban közlekedik egy komponjárat, ami a szárazföldet köti össze Lidóval és Punta Sabbionival, valamint kiemelendő a 11-es multimodális járat, aminek az útvonalát az 1. ábrán ábrázoltam, ami Lidón buszjáratként indul, majd az autóbusz, rajta az utasokkal, egy kompon átkel Pellestrinára, ahol ismét autóbusként közlekedik, majd a sziget túlsó végén a járat hajóval megy tovább, és egy köztes kikötés után érkezik meg Chioggiába, ahol a járat tényleges végállomása van. Az autóbusz- és a hajójárat összekötésének valószínűleg az egyszerűbb tájékoztatás az oka.



1. ábra: A velencei 11-es járat útvonala. Az utasok a kompon is a buszban maradhatnak
(forrás: saját grafika)

Az éjszakai járatok, részben igényvezérelten közlekednek: a kisebb forgalmú kikötőket csak előzetes igénybejelentés esetén érintik. Speciális díjszabású járatok közlekednek a repülőtérre, a többi járatra érvényes díjszabás időalapú (75, 100 perces, gyűjtőjegyként is vásárolhatók) jegyeket és havibérleteket tartalmaz, kedvezményrel a helyiek számára. A jegyek eldobható vagy többször használatos chipkártyán és telefonon érhetők el. A lagúnában a vízi járművek a szabályozás miatt maximum 11 km/h-val közlekedhetnek. A hajók kapcsolódnak Lidón, Pellestrinán, Chioggiában, Punta Sabbioniban és Velencében az autóbuszjáratokhoz, és a repülőtér és a vasútállomás is elérhető hajóval. A hajók az autóbuszokhoz hasonlóan egyszerű, funkcionális belterűek, kerekesszékes utas szállítására alkalmasak, mosdó egyedül a Motonavékban találhatóak. Kerékpárok a forgalom függvényében szállíthatóak a hajókon. [12][13]

Luzern (Svájc):

A svájci város a Vierwaldstättersee partján fekszik, ami szétagolt alakja miatt megnehezíti a városba történő bejutást, így az elővárosi közlekedési rendszerben hajók is közlekednek, a vasúti és az autóbuszos közösségi közlekedést kiegészítve, ahol a természeti adottságok miatt több viszonylatban is ez a leggyorsabb eljutási mód. A hajók különböző méretűek, meghajtásúak, A menetrendtervezéskor nagy figyelmet kapott a hivatás- és turistaforgalom, és a járatok több helyen csatlakoznak különböző hegyi vasutakhoz, felvonókhoz.

Genf (Svájc)

A Genf városát a Genfi-tó benyúlása osztja ketté, aminek két oldalát 10 percenként közlekedő hajójáratok kötik össze. A 4 járaton a hajók menetideje 4 vagy 10 perc, a rövidebbeknél (M1, M2) a menetidő hasonlóan alakul autóbusszal vagy villamossal, de a hosszabbaknál (M3, M4) a szárazföldi menetidő 15-30 perc körül alakul, az M4-es járat menetideje még a személyautóénál is 1 perccel rövidebb. Ezen kívül a turisztikai szempontból fontos Lausanne is elérhető hajóval, akár régebbi, gőzmeghajtású járművekkel is. [15][16]

Stockholm környéke (Svédország):

A svéd főváros környékén található kiterjedt szigetvilágot összekötő hajójáratokat három cég üzemelteti, az SL a városhoz legközelebbi szigeteket szolgálja ki hajóival, 10-30 percenként és ütemesen, míg a Waxholmsbolaget a távolabbi szigetek felé tartó, illetve szigetek közti, „helyközi” forgalmat bonyolítja le, ritkábban, helyenként csak napi 1-2 járatral. A hajók befogadóképessége 50 és 350 fő között mozog és egy részük jégtörő képességekkel is rendelkezik, így egész évben közlekedhetnek. A harmadik, a Ressel Rederi egy óránként közlekedő városi járatot, valamint egy 20 percenként közlekedő, három kikötőt összekötő körjáratot üzemeltet. A város környékén a hajójáratoknak jellemzően nincs alternatívája, mivel szigeteket kötnek össze. [17][18][19]

Egy svéd tanulmányban a Stockholm környéki hajóközlekedést, kiemelten a 82-es járatot, hasonlították össze a többi közlekedési móddal, kérdőíves kikérdezéssel és statisztikai kiértékeléssel. Ebben a tanulmányban arra az eredményre jutottak, hogy a hajójáratok sűrűsége megfelelő, viszont üzemideje korán véget ér, kevéssé van reklámozva (és így kevesen tudnak róla), és nem mindig jók az átszállási kapcsolatai a nagykapacitású tömegközlekedéssel [5].

Stockholmban állt a világon először forgalomba önzvezető, elektromos meghajtású komp, amit egy norvég cég fejlesztett. Az önzvezető technológiának köszönhetően az üzemeltető jelentősebb megtakarításokra számít, mivel ezek a hajók legalább 2 fős személyzettel közlekednek, illetve a munkaerőhiányra is megoldást jelenthet a technika. [31]

Bergen (Norvégia):

Norvégia második legnagyobb városának környékén, a fjordokban és a szigetvilágban is több útvonalon közlekednek menetrend szerinti hajójáratok. A térségben igen nagy távolságok (több száz kilométer) vannak, és a bonyolult domborzati viszonyok miatt sokszor gyorsabb hajóval utazni, mint autóbusszal vagy vonattal. Ezek a hajók a kisebb településeken csatlakoznak a menetrend szerinti autóbuszjáratokhoz, és többször személyek mellett árut is szállítanak. Több távolsági hajójáratot is megtalálható a térségben. Például Bergen és a tőle légvonalban 120 km-re fekvő Leikanger között a menetidő hajóval kb. 4,5 óra, autóbusszal és vonattal, több átszállással 5,5 óra, míg autóval 4,25 óra, ez a hajó menetidejének 122%-a, illetve 94%-a. Bergen és a tőle légvonalban 135 km-re található tartományi székhely Florø között a menetidő hajóval 3,5 óra, autóbusszal 5,5 óra, míg autóval 4 óra, ez a hajó menetidejének 157%-a, illetve 114%-a. A két települést repülőjárat is összeköti, melynek menetideje jóval rövidebb, ugyanakkor jelentősen drágább. A Bergentől légvonalban 5 km-re található Klepppestøbe

a menetidő hajóval 14 perc, busszal 33, míg autóval 17 perc, ez a hajó menetidejének 236%-a, illetve 121%-a. A hajók utazósebessége kb. 50 km/h. [20][21]

Göteborg (Svédország):

A dél-svédországi nagyváros folyóján, a Göta älv-on rendszeres hajóforgalom zajlik, egy, a belváros nagy részét átszelő, 30-60 percenként közlekedő viszonylaton kívül egy 7-8 percenként közlekedő, ingyenes átkelőhajó-járat is közlekedik, ezeken nagy befogadóképességű, elektromos, kerékpárosbarát járművek közlekednek. A járatok a sűrű átkelésekkel a hiányzó kapcsolatokat pótolják a folyó két partja között. Ezen kívül a város környékén található szigetvilágban is közlekednek hajók, elsősorban a hivatásforgalmi igényeket kiszolgálva, ütemtelenül, néhány szigetre csak a csúcsidőszakokban, a többire jellemzően hétfvégén csak 2-3 járat indul. [22]

London (Egyesült Királyság):

Londonban a Temzén 100-250 fős, többségében gyorsjárású, akár 55 km/h sebességű hajók közlekednek. Az UberBoat járatok gyakran, csúcsidőszakokban akár 10 percnél is gyakrabban haladnak végig a városon. Ezek a járatok a zsúfolt, torlódó közúti forgalmat elkerülve valós alternatívát nyújtanak az autóbuszos és az autós közlekedéssel szemben. A hálózatba bizonyos szinten a városnéző hajójáratok is integrálva vannak, azaz a vonalhálózati térképeken szerepelnek, és a Transport for London (TfL, helyi közösségi közlekedés szervező) honlapján fent van a menetrendjük, a többire érvényes jegyek és a bérletek azonban nem érvényesek rájuk. [23][24]

Rotterdam (Hollandia):

A holland nagyváros csatornákkal és folyókkal van átszelve, de a nagyméretű hajók miatt hiányoznak a hidak, így a gyakori átkeléseket hajókkal oldják meg. A városban megtalálhatók a vízitaxi-szolgáltatás és átkelőhajó-járatok is, amik kis méretű hajókkal, de sűrűn közlekednek. Egy másik szolgáltató pedig elővárosi hajójáratokat üzemeltet Rotterdam és Dordrecht térségében, gyorsjárású, nagy befogadóképességű hajókkal, 15-60 perces gyakorisággal. [25][26]

Amszterdam (Hollandia):

A holland fővárost átszelő legnagyobb csatornán, a rotterdamihoz hasonló okokból, hidak helyett inkább alagutak vannak, amikből a város egyik legnépszerűbb közlekedési módja, a kerékpár ki van tiltva, így azoknak csak hajón lehetséges az átjutás a túlpartra. A városban nonstop üzemelnek az átkelőhajók, 5-60 percenként. A hajók hasonlítanak az autósállító kompokra, azzal a különbséggel, hogy jóval kisebbek azoknál, viszont kerékpárosokat igen nagy számban tudnak szállítani, ülőhely a rövid utak miatt nincs. A kikötőkben felfestéssel jelzik az utasok számára a várakozási helyet, hogy hatékonyabb legyen az utascsere. [27]

Twin City Liner (Bécs (Ausztria)-Pozsony (Szlovákia)):

Az osztrák és a szlovák főváros között naponta, szezontól függően 1-3 alkalommal közlekedik 2005 óta a Twin City Liner nevű, több osztályon összesen 250 fős

befogadóképességű hajó, ami akár 70 km/h-val is képes haladni. A menetrend szerinti utat völgyemenetben 75, hegyemenetben 90 perc alatt teszi meg, összehasonlításképpen ugyanezt az utat vonattal 59-67, menetrend szerinti autóbuszszal 80-100, autóval 54-60 percbe telik megtenni. A járat mindkét kikötője közösségi közlekedéssel jól megközelíthető: Bécsben a Schwedenplatz metróállomásnál, Pozsonyban pedig az SNP hídnál, ahol az egyik központi autóbusz-állomás található. [28]

Hamburg (Németország):

A helyi forgalmú hajók elsősorban a hidak hiánya miatt közlekednek (mivel jelentős számú nagyméretű áruszállító hajó érkezik a kikötőbe) szerteágazó útvonalakon, öblökbe betérve. A 7-60 percenként közlekedő járatokon alapvetően lassabb járású hajók közlekednek. A 68-as járat dolgozói járat az Airbus gyár dolgozói számára van fenntartva, ez csak műszakváltásokkor közlekedik, és csak a gyár dolgozói vehetik igénybe. [29]

Brisbane (Ausztrália):

Egy fővonalon, és annak betétviszonylatain, 15-30 percenként közlekednek kisebb-nagyobb hajók. A viszonylatoknak nem számuk vagy betűjelük, hanem nevük van, és azonos néven több külön viszonylat is lehet. A CityCat járat gyorsjárat verziója a az ExpressCityCat, ami csúcsidőszakokban és a nagyforgalmú irányban közlekedik (reggel befelé, délután kifelé a belvárosból). [30]

3. táblázat: A hajózási rendszerek összehasonlítása 1. (forrás: saját szerkesztés)

Város	Velence	Luzern	Genf		Stockholm	
Ország	Olaszország	Svájc	Svájc		Svédország	
Népesség	254 850 fő	81 691 fő (Luzern)	201 818 fő		978 770 fő (Stockholm)	
Hajójárat jellege	Városi, elővárosi	Elővárosi	Városi	Elővárosi	Városi	Elővárosi, regionális
Vízfelület jellege	Lagúna, csatornák	Tó	Tó		Folyó, torkolat	
Hajók sebessége	~10 km/h	~30 km/h	~10 km/h	~30 km/h	~20-30 km/h	~20-40 km/h
Hajók kapacitása	~160-1200 fő	~140-1200 fő	~30-60 fő	~130-1200 fő	~200-300 fő	~50-350 fő
Viszonylatok száma	31	6	4	6	6	30
Sűrűség	10-120 perc	60-120 perc	10-30 perc	60 perc-napi 1	12-120 perc	30 perc-napi 1
Extra szolgáltatás	WC	WC, büfé, játszósarok	-	büfé, WC	büfé, étterem, WC	
Tarifaunió?	többnyire igen	igen	igen	nem	igen	
Szolgáltatók száma	2	1	1	1	2	1
Alternatívák	nincs	hosszabb menetidővel	hosszabb menetidővel	rövidebb menetidővel	nincs	

4. táblázat: A hajózási rendszerek összehasonlítása 2. (forrás: saját szerkesztés)

Város	Bergen	Göteborg	London		Rotterdam	
Ország	Norvégia	Svédország	Egyesült Királyság		Hollandia	
Népesség	267 117 fő (Bergen)	607 882 fő	8 799 728 fő		655 468 fő (Rotterdam)	
Hajójárat jellege	Elővárosi, távolsági	Városi-elővárosi	Városi	Városnéző	Városi	Elővárosi
Vízfelület jellege	Tengerpart, fjordok	Folyó, tengerpart	Folyó		Folyó, csatornák	
Hajók sebessége	~50-60 km/h	~20-50 km/h	~50-55 km/h	~10-30 km/h	~10-20 km/h	~40-50 km/h
Hajók kapacitása	~100-300 fő	~50-200 fő	~60-220 fő	~50-500 fő	~50 fő	~150-200 fő
Viszonylatok száma	7	8	6	7	6	5
Sűrűség	30 perc-napi 1	10-120 perc	10-30 perc	30-120 perc	15-60 perc	15-60 perc
Extra szolgáltatás	WC, büfé	WC, büfé	WC, büfé		-	
Tarifaunió?	igen	igen	igen	nem	igen	
Szolgáltatók száma	1	1	1	5	1	1
Alternatívák	hosszabb menetidővel	hosszabb menetidővel	hosszabb m.i.-vel	nem releváns	jelentős kerülővel	hasonló m.i.-vel

5. táblázat: A hajózási rendszerek összehasonlítása 3. (forrás: saját szerkesztés)

Város	Amszterdam	Bécs-Pozsony	Hamburg	Brisbane
Ország	Hollandia	Ausztria-Szlovákia	Németország	Ausztrália
Népesség	921 468 fő	1 973 403 fő (Bécs), 457 503 fő (Pozsony)	1 853 935 fő	2 360 241 fő
Hajójárat jellege	Városi	Városközi	Városi	Városi
Vízfelület jellege	Folyó, csatornák	Folyó	Folyó, csatornák	Folyó
Hajók sebessége	~20 km/h	~70 km/h	~20-30 km/h	~30-50 km/h
Hajók kapacitása	~400 fő	250 fő	~100-250 fő	~60-140 fő
Viszonylatok száma	11	1	8	4
Sűrűség	5-60 perc	napi 1-3	7-60 perc	7-30 perc
Extra szolgáltatás	-	Étterem, lounge	-	-
Tarifaunió?	igen	nem	igen	igen
Szolgáltatók száma	1	1	1	1
Alternatívák	nincs	hasonló menetidővel	jelentős kerülővel	hosszabb menetidővel

Összefoglalás

A korszerű, hivatásforgalmi hajójáratok jellemzői: tarifaunió a többi közlekedési alágazattal. A hajók sebessége alapján két csoportot különböztettem meg:

- 10-30 km/h: ahol nem áll rendelkezésre más közlekedési mód (pl. kisebb szigetek között, hidak hiányában a folyókon), vagy nagy kerülőt jelent. Gyakori kikötések jellemzik.
- 40-70 km/h: ahol verseny van a vízi és egyéb közlekedési módok között.

Jellemző, hogy minél hosszabb útvonalon jár egy járat, annál ritkábban közlekedik, viszont megjelennek a következő fedélzeti szolgáltatások az útvonalhossz növekedésével: WC, ital-, végül az étel árusítás. A hajók kapacitása elsősorban a kiszolgált területek lakosság-, és turistaszámától függenek. A hajótársaságok a homogén flotta helyett inkább üzemeltetnek többféle méretű hajót, aminek a hatékonyabb kihasználás lehet a célja, illetve az üzemanyagfogyasztás minimalizálása. A járatokon általában lehet kerékpárt és állatokat is szállítani, illetve a kikötők túlnyomó többsége akadálymentes.

3. Irodalomkutatás

Norvég kompátkelők elemzése

Még a nagyforgalmú útvonalakon is költséghatékony alternatívája lehet a komp a költséges alagutaknak és hidaknak. Viszont ezek kapacitása alacsonyabb, jobban kitett a környezeti hatásoknak, emiatt az üzemidejük rövidebb, a kompátkelők többségénél kizárólag a nappali időszakra korlátozódik. Emellett a kompok kapacitása a nyári időben sem megfelelő. A járatok pozitívumai a tanulmány szerint a téli kapacitás, a pontosság és a tisztaság. [1]

Városi hajójáratok elemzése

Ez a tanulmány a következő városok hajójárat-hálózatát hasonlítja össze: Brisbane, London, New York, Göteborg, Koppenhága, Hamburg és Bangkok. A 2014-es elemzésben az összehasonlítás szempontjai például éves utasszám, viszonylatok és kikötők száma, hálózathossz, sebesség, járatsűrűség, üzemidő, ár, szolgáltatások. [2]

San Francisco környéki hajójáratok kialakítása

Ebben a tanulmányban a San Francisco-i öböl térségében egy korszerű hajóvonal-hálózat kialakíthatóságát vizsgálják, például gazdasági, biztonsági, menetdinamikai szempontokból, ideértve a kikötők kialakítását is. Későbbi fejlesztési lehetőségeket is felvetnek, mint például az alternatív meghajtások használata, a kikötők fejlesztési lehetőségei. [3]

Autonóm hajóirányító rendszer vizsgálata

Ebben a tanulmányban autonóm hajóirányítással foglalkoztak, és a tanulmány szerint nem kivitelezhetetlen egy ilyen jármű megalkotása, és míg bár szimulációkban jól működik, egy ilyen jármű elkészítése a valóságban még számos kihívást tartogat. [4]

A párizsi menetrend szerinti hajóközlekedés hiányának vizsgálata

Ebben a tanulmányban azt elemzik, hogy Párizsban miért nincsen menetrend szerinti hajóközlekedés a Szajnán. Elsősorban arra a megállapításra jutottak, hogy ennek oka, a hiányzó politikai akarat, és a más városokkal összehasonlítva gyakori hidak. [6]

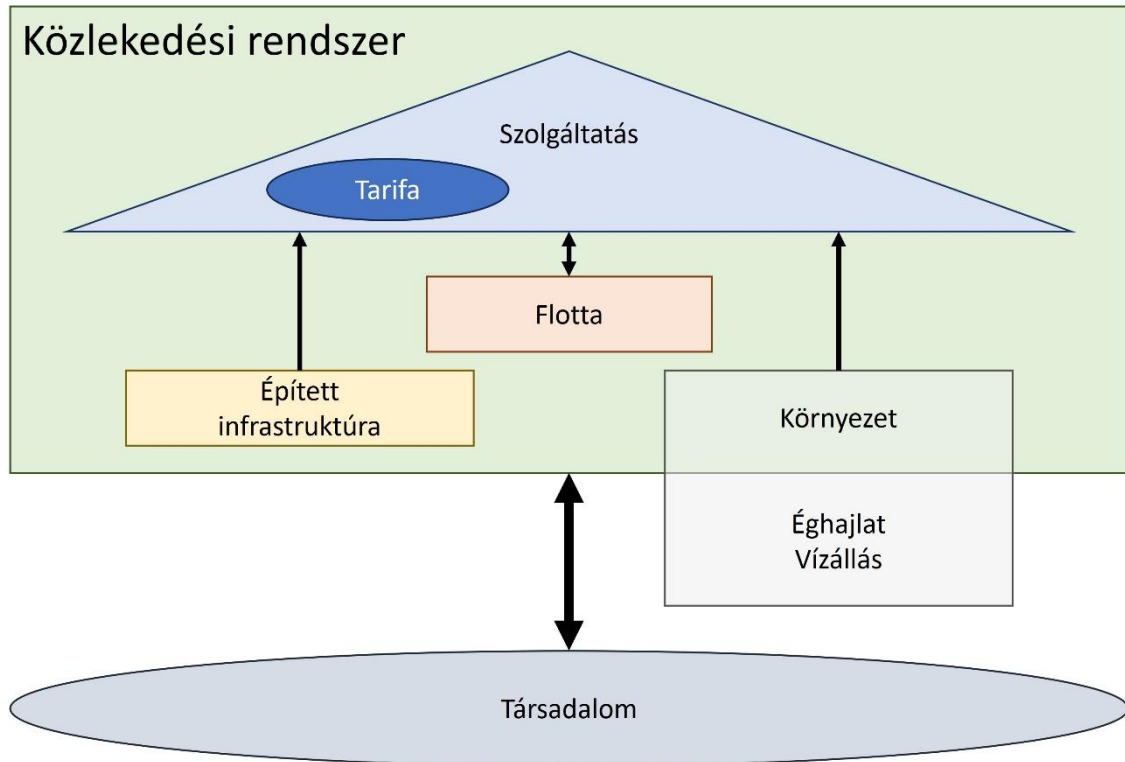
Összefoglalás

A tanulmányok legfontosabb megállapításai:

- a hajózás és a vízi közlekedés a legtöbb városban kihasználatlan erőforrás
- a zsúfolt városi környezetben a járatok tehermentesíthetik a meglévő hálózatot
- a hajójáratokkal kapcsolatban sokszor a politikai akarat hiányzik
- a vízi közlekedés egy kényelmes utazási mód
- a vízi járművek autonomizációja a közútinál könnyebben megoldható
- a vízi járatok csak ott indíthatók rentábilisen, ahol nincsen erős konkurencia

4. Módszer kidolgozása

Kidolgoztam egy módszert, ami figyelembe veszi a nemzetközi gyakorlatok és irodalomkutatás alapján a legfontosabb szempontokat, melynek alkalmazásával hatékonyan lehet városi-elővárosi hajózási hálózatot kialakítani. A hajózási rendszer részeit a 2. ábra alapján fogom bemutatni.



2. ábra: Szolgáltatástérkép, a rendszer legfontosabb alappilléreivel, és az azok közti kapcsolatok megjelenítésével
(forrás: saját szerkesztés)

4.1. Alapelvek

A folyami hajó-járatok hasonlítanak a vasúti közlekedéshez: a folyó is kötött pályát jelent, ami melletti településeket, azok kikötőit szolgálják ki a hajók. A kikötők száma a település mérettől függ, hasonlóan a vasútállomásokhoz és vasúti megállóhelyekhez. A hajók az ilyen hálózatokon általában 200-400 fő befogadására alkalmasak, ami közel azonos az egy- illetve két járműegységből álló, négyrészes elővárosi motorvonat kapacitásával.

A párhuzamosságok elkerülése végett megvizsgálandó, hogy egy folyón indokolt-e hajójárat indítása. Egy hajójárat indítása hivatásforgalmi szempontból nem indokolt ha

- a folyó mindkét partján minőségi vasúti szolgáltatás érhető el, mivel sebességben nem tud versenyezni a vasúttal.
- a települések népessége alacsony, mivel ekkor a hajójáratok kihasználatlanok lesznek.

4.2. Társadalmi hatások – Igénybe vevők számának becslése

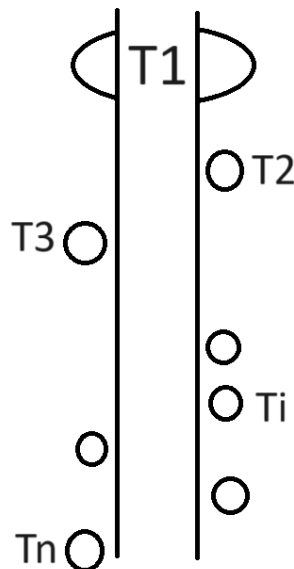
A társadalom jellemzői alapján előre lehet becsülni az igényt. Az igényt a következő jellemzőkkel írrom le, mert leginkább ezen paraméterek miatt döntenek az utasok egyes eszközök igénybe vétele mellett. Ezek:

- a települések közti ingázók száma,
- az eljutási idő,
- az utazás költsége,
- a kényelem és
- a fenntarthatóság.

Ezeket a jellemzőket a következő módon lehet meghatározni:

- az ingázószámot, az eljutási időt és az utazási költséget méréssel,
- az utazók kényelmi és fenntarthatósági szempontjait kikérdezéssel, súlyozással.

Az egyes szempontokat részletesebben a következőkben fogom kifejteni, az általános levezetést a 4. ábrán megjelenített folyószakaszra mutatom be.



3.ábra: A folyószakasz. Az agglomeráció központja T1 település, ettől fokozatosan távolodva található T2, T3, ..., Ti, ..., Tn település

(forrás: saját szerkesztés)

A várható utasszám fontos szempont a közlekedési szolgáltatás tervezésekor. Az ingázók közlekedési szokása befolyásolja a közlekedési hálózatok kihasználtságát és a forgalmi torlódásokat, valamint közvetve az agglomeráció életminőségét és fenntarthatóságát. Az i és j települések közötti utazók számát I_{ij} -vel jelölöm. Az ingázás irányát értelmezem, az indexek felcserélésével, azonban a településen belüli „ingázással” nem foglalkozok. Az ingázók számának előrebecslésére gravitációs modelleket fogok alkalmazni, melyeket a valós adatok ismeretében, a jelenlegi állapotoknak megfelelő szituációk modellezésével verifikálok. Az ingázók számának becslésére a következő képletet használom:

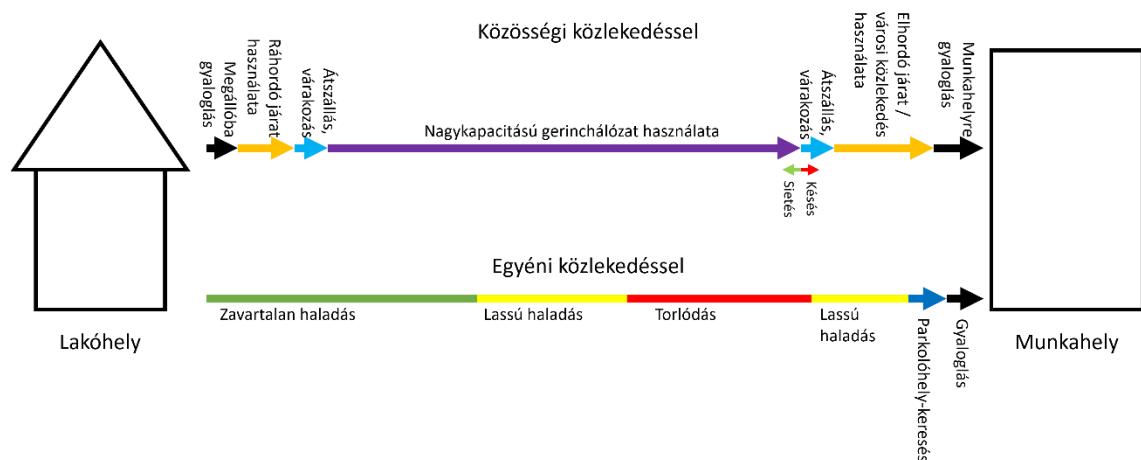
$$I_{ij} = \gamma * (N_i N_j)^{\beta_1} * d^{\beta_2}$$

ahol:

- I_{ij} i és j települések közt ingázók száma
- N_i és N_j a két település népessége
- d a két település távolsága
- γ , β_1 és β_2 a modell paraméterei

Az eljutási idő, beleértve az utazási időt és az elérhetőséget, közvetlen hatással van az emberek mindennapi életére és a munkahelyválasztásra. Az effektív és gyors eljutási idő minimalizálja a stresszt és növeli a közlekedési hálózatok hatékonyságát. Emellett az eljutási idő alapján meghozott döntések, például a lakóhelyválasztás és a közlekedési mód kiválasztása, közvetlen hatással vannak a városi fejlesztésre és a közlekedési infrastruktúra terhelésére. Az eljutási idő optimalizálása és a hálózatok hatékonyságának növelése kulcsfontosságú a városi és az elővárosi közlekedés fenntarthatóságához és az életminőség javításához. Az eljutási idő meghatározható a forgalmi adatok, a pályaállapotok, az időjárás, a megállások száma, ideje és a sebességkorlátozások, valamint az átlagos lakóhely-megálló és munkahely-megálló menetidők függvényében, ezt minden alágazatra külön-külön meg kell állapítani. Ezeket a paramétereket i és j település között rendre h ajóval, v onattal, a utóbuszal, s zemélyautóval és k erékpárral EH_{ij} , EV_{ij} , EB_{ij} , EA_{ij} és EK_{ij} -vel jelölöm. A kerékpáron kívül más mikromobilitási eszközök (roller, kerék stb.) szerepe elővárosi forgalomban jelenlegi teljesítménye miatt nem releváns.

Az eljutási időt több részre lehet bontani, amiket különbözőképpen lehet súlyozni, és a tényleges eljutási időt ezek lineáris kombinációjaként határoztam meg. Az egyes szakaszokat a 4. ábrán szemléltettem.



4. ábra: Az utazás szakaszai munkába menet közösségi és egyéni közlekedéssel. Hasonlóan állapíthatóak meg az utazás szakaszai hazafelé, illetve más úti célok megközelítése során is
(forrás: saját szerkesztés)

A menetdíj kulcsfontosságú tényező az elővárosi közösségi közlekedési hálózat tervezése során, mivel hozzájárul a fenntartható közlekedési rendszer kialakításához és hatékony működtetéséhez. A menetdíjak differenciált bevezetése lehetőséget teremt az utasok közötti igazságosabb és hatékonyabb költségmegosztásra, amely előmozdítja a tömegközlekedési rendszer fenntartható használatát. Emellett a menetdíjbevételek hozzájárulhatnak a közlekedési hálózatok fejlesztéséhez, a járatok gyakoriságának növeléséhez és a közlekedési infrastruktúra karbantartásához, ami növeli a szolgáltatás minőségét és elérhetőségét az elővárosi közösségek számára. Ezenkívül a menetdíjak

szabályozása és differenciálása lehetőséget nyújt az utazók ösztönzésére a csúcsidőn kívüli utazásra, ami csökkenti a csúcsidőszakokban jelentkező túlterhelést és a közlekedési dugókat. A menetdíj bevezetése tehát stratégiai eszköz a fenntartható, hatékony és hozzáférhető elővárosi közösségi közlekedési hálózatok kialakításához és fenntartásához. A modellnél feltételezhetjük, hogy az egyes közösségi közlekedési alágazatok esetén eltérő a menetdíj, a kerékpár használata esetén pedig nincs menetdíj ($DK \approx 0$). A menetdíjak paramétereit i és j település között rendre hajóval, vonattal, autóbuszsal és személyautóval DH_{ij} , DV_{ij} , DB_{ij} és DA_{ij} -vel jelölöm. Az új szolgáltatás bevezetése esetén a jelenleg érvényes viteldíjakat, és az egyes alágazatok között tarifauniót feltételezek, mivel új díjszabás bevezetésének kérdései túllépik ezen dolgozat terjedelmét.

A kényelem kulcsfontosságú tényező az elővárosi közösségi közlekedési hálózat tervezése során, mivel közvetlen hatással van az utazók elégedettségére, a közlekedési mód választására és a közlekedési hálózat hatékonyságára. Az utazók kényelme magában foglalja az utazási idő rövidegét, az utazás során biztosított kényelmi szolgáltatásokat (pl. klimatizált járművek, kényelmes ülések, extra szolgáltatások), az állomások és megállók elérhetőségét, valamint az információhoz való könnyű hozzáférést a menetrendek és az utazással kapcsolatos információk tekintetében. A kényelmes közlekedési lehetőségek tervezése és kialakítása a közösségi közlekedés vonzóvá tétele és az utasok elégedettségének növelése révén hozzájárul a fenntartható és hatékony elővárosi közlekedési hálózatok kialakításához és fenntartásához. A kényelem „mértéke” a közösségi közlekedés esetén egyes szakaszokon változhat (pl. a járművek telítettségével, vagy eltérő járműtípusok alkalmazásával), személyautó vagy kerékpár használata esetén KA , illetve KK konstansoknak vehető, a többi esetben i és j települések között rendre hajóval, vonattal és autóbuszsal KH_{ij} , KV_{ij} és KB_{ij} -vel jelölöm.

A kényelem szempontjából sokféle szempontot figyelembe lehet venni. A kényelem fontosabb paraméterei: ülőhely kényelme, zsúfoltság, utazóközönség, hőmérséklet, akadálymentesség, átszállások száma, menetrend illeszkedése igényeinkhez, kiindulóhely-megálló és megálló-célállomás távolság, csomagszállítás (pl. kerékpár) lehetősége, internetkapcsolat, csendes szakasz, menet közbeni munkavégzés lehetősége, hideg/meleg étel/italfogyasztás lehetősége. Ezen szempontok értékelésével és súlyozásával, ezek lineáris kombinációjaként állítható össze az egyes paraméterek értéke.

A fenntarthatóság elvei kiemelkedő jelentőségűek az elővárosi közösségi közlekedési hálózat tervezése során, mivel meghatározzák a hálózat hosszú távú hatékonyságát, környezeti és társadalmi hatásait. A fenntartható elővárosi közlekedési hálózatok tervezése nem csupán a jelenbeli, hanem a jövőbeli generációk közlekedési szükségleteinek is figyelembevételét jelenti. A fenntarthatóság szem előtt tartása révén a közlekedési hálózatok fejlesztése során lehetőség nyílik a káros környezeti hatások minimalizálására, az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentésére és a közlekedési infrastruktúra energiahatékonyságának növelésére. Továbbá, a fenntarthatóság elvei segítik az elővárosok közösségeinek jobb hozzáférését az olcsó és kényelmes tömegközlekedéshez, elősegítik a gépjárműhasználat csökkentését, valamint hozzájárulnak a közösségi közlekedési rendszerek hosszú távú fenntarthatóságához. Az elővárosi közösségi közlekedési hálózatok fenntarthatóságának elérése tehát nemcsak a közlekedési hatékonyság, hanem a környezeti és társadalmi jólét szempontjából is alapvető fontosságú. Az egyes alágazatok fenntarthatóságának „mértéke” az utazás alatt állandónak vehető, így ezeket FH , FV , FB , FA , FK konstansokkal jellemzem.

Ezekon kívül fontos szempont még, hogy az ingázóforgalom a napon belül hogyan oszlik meg, ez azonban az új közlekedési mód (hajózás) megjelenésével nem nagyon fog változni, ettől a változástól eltekinthetünk.

Az egyes közlekedési alágazatok közti megoszlás modellezésére logit modellt használtam, amivel modellezhetőek az utazók preferenciái és döntései. Ez a modell alkalmazkodik az utazók viselkedéséhez, és figyelembe veszi az utazás költségeit, az időtartamot, a kényelmet és egyéb tényezőket, amelyek befolyásolják a közlekedési módok választását.

A logit modellnek több előnye van, amelyek miatt ajánlott használni az ilyen becslések során. Először is, az utazók döntéseinek valószínűségi alapon történő modellezése lehetővé teszi a választások statisztikai elemzését és az összefüggések feltárását a közlekedési módok és az utazók karakterisztikái között. Másodsor, a logit modell alkalmas a különböző közlekedési módok közötti verseny feltárására és az optimális közlekedési módok azonosítására a közlekedési rendszerek fejlesztéséhez. Harmadszor, a modell segítségével előrejelzések készíthetők a közlekedési módok használatára vonatkozóan a települések közötti ingázó forgalom esetében, ami segíthet a tervezési és infrastruktúra-fejlesztési döntések meghozatalában. A modell paramétereit a 6. táblázatban jelenítettem meg.

A modell előzetes kalibrálását, verifikálását a felhasznált, független ismeretlen paraméterek (például súlytényezők) számával megegyező, különböző, a tervezési terület közelében fekvő településpár közötti ingázóforgalommal lehet hangolni, amennyiben ismerjük annak pontos megoszlását. Ez alapján számíthatjuk ki az ingázószám időbeli eloszlását is.

6. táblázat: A logit modell paraméterei i-j települések között (*forrás: saját szerkesztés*)

Alternatívák / Tulajdonságok	Eljutási idő	Menetdíj	Kényelem	Fenntarthatóság
Hajó	EH_{ij}	DH_{ij}	KH_{ij}	FH
Vonat	EV_{ij}	DV_{ij}	KV_{ij}	FV
Busz	EB_{ij}	DB_{ij}	KB_{ij}	FB
Autó	EA_{ij}	DA_{ij}	KA	FA
Kerékpár	EK_{ij}	$DK \approx 0$	KK	FK

Ezen paraméterek alapján a következő képlettel számíthatjuk az egyes alágazatok hasznosságát:

$$HX_{ij} = EX_{ij} * g_E + DX_{ij} * g_D + KX_{ij} * g_K + FX * g_F$$

ahol:

- HX_{ij} az X alágazat hasznosságát i és j között
- EX_{ij} , DX_{ij} , KX_{ij} és FX a modell paraméterei
- g_E , g_D , g_K és g_F a paraméterek súlytényezői

A hasznosság alapján kiszámíthatjuk az egyes alágazatokkal utazók arányát:

$$PX_{ij} = \frac{e^{HX_{ij}}}{\sum e^{HX_{ij}}}$$

Ebből, illetve az ingázószámból számítható az adott alágazattal utazók száma:

$$IX_{ij} = PX_{ij} * I_{ij}$$

4.3. Környezeti hatások – Természetes infrastruktúra hatásai

Az időjárás a hajózás pályáját jelentősen tudja befolyásolni. A hajózás pályájának nincs a közúti vagy a vasúti közlekedéshez hasonló szigorú forgalmi rendje az egymás melletti elhaladásra, keresztezésre stb., illetve a légi közlekedéshez hasonló irányítás sem létezik, így a közlekedők gyakorlatilag a pálya nem tiltott részeit (a folyókon a vízi út széleit jelző bóják között) tetszőlegesen használhatják. Magyarországon a vízi közlekedés szabályait a víziközlekedés rendjéről szóló 57/2011. (XI. 22.) NFM rendelet, illetve annak mellékletei tartalmazzák, ebben az általános szabályok mellett speciális szabályokat is fogalmaztak meg az egyes folyókra, tavakra. Azonban ezen szabályok ismerete nem előírás a vízi sporteszközök (pl. evezős hajók) használói, illetve a strandolók számára.

A hajózást kizárólag kismértékben befolyásoló tényezők a többi közlekedő (alacsony számuk miatt), a csapadék, a szél és a korszerű, radarral felszerelt hajók esetén a köd, ezek esetén legfeljebb kisebb késések keletkezhetnek, de kellő menetrendi tartalék esetén hatásuk elhanyagolható.

A hajózást jelentősen befolyásoló tényezők a pálya változására vezethetők vissza, ezek a vízállás túl alacsony vagy túl magas szintje, vagy a jegesedés, jégzajlás. A vízszint csökkenésekor először egyes kikötőket nem tudnak a hajók megközelíteni, majd egyes folyószakaszokon is elrendelhetnek hajózási tilalmat, így a járatok szakaszosan, vagy a teljes hosszukon nem tudnak közlekedni. Árvíz esetén egyes helyeken a felgyorsult vízáramlási sebesség okozhat problémákat, valamint a hidaknál a szabad keresztmetszet magassága csökkenhet le, így alattuk nem tudnak áthaladni a hajók. Szintén problémát jelenthetnek a víz által elsodort nagyobb tárgyak, amik kárt okozhatnak a járművekben. A magas víz eláraszthatja a parti sávot is, így adott esetben a kikötők az utasok számára megközelíthetetlené válhatnak. Jégzajlás esetén a folyón úszó jég okozhat problémát, ami károsíthatja a járműveket. Szintén problémásak lehetnek a kialakult jégtorlaszok, amiken a nem jégtörő hajók nem tudnak biztonságosan áthaladni. Az egyes időjárási viszonyok korlátozó hatásainak hosszát történelmi adatok elemzésével tudjuk előrebecsülni.

Hajózási szolgáltatás indításakor elengedhetetlen a kiszámíthatóság, azaz, hogy akadályoztatás a lehető legrövidebb ideig álljon fent. Ott indítható gazdaságosan hajójárat, ahol a folyók hosszabb szakaszán hajózási zárlat évente átlagosan legfeljebb 10 napig ezen felül egyes kikötőket érintő korlátozások pedig legfeljebb a kikötők 5%-ánál legfeljebb évente átlagosan 20 napig fordulnak elő időjárási okok miatt.

4.4. Épített infrastruktúra

A hajózás esetén a természeti infrastruktúra mellett szükség van épített infrastruktúrára is, illetve egyéb építmények is akadályozhatják a hajóközlekedést. Előbbi alatt elsősorban a kikötők érthetők, utóbbi kategóriába általában kétféle objektum tartozhat: a hidak, a gátak, illetve az ezekhez tartozó zsilipek.

A hajójáratok kikötőinek számos fontos szempontnak meg kell felelniük: könnyen megközelíthetőnek kell lenniük, az átszállási kapcsolatoknak közel, rövid gyaloglásra kell lenniük, illetve akadálymentesek legyenek. A kikötők elhelyezésének első fontos lépése annak felmérése, hova lehet a lehető legközelebb tenni a fontos közlekedési

csomóponthoz. A kikötőknek folyókon a változó vízjárás miatt a legpraktikusabb megoldás az úszópontonos, amivel egy állandó vízszint feletti magasságot lehet kialakítani, amivel a hajók ajtajainak belépési magasságát össze lehet hangolni. Az úszóponton és a part közötti szintkülönbség leküzdésére, és nem túl nagy meredekséget kialakítva nagy rendelkezésre álló hely esetén ferdén, vagy korlátozott hely esetén szerpentinszerűen, többször megtörve érdemes a rámpát építeni. Utóbbi esetén építhető egy rövidebb rámpa is, amin át a könnyebben mozgók rövidebb úton el tudják hagyni a pontont. Fontos, hogy az utasok a hajó érkezése előtt már a pontonon várakozzanak, ezzel is rövidíthető a megállóhelyi tartózkodás ideje, ezért a pontonnak fedettnek kell lennie az eső és nap elleni védelem végett, illetve folyamatos korláttal kell rendelkeznie, a vízbe esést elkerülendő. Ez a korlát lehet fix vagy lánc is, és a hajó ajtajainál kinyithatónak kell lennie, akár a metrókon alkalmazott automata peronkapukhoz hasonlóan. Az utascserét meggyorsítandó a kikötő pontonjára vezető rámpáknak szélesnek kell lenniük. A kikötőkben csatlakozhatnak a hajókra ráhordó autóbuszjáratok, valamint a parton ajánlott P+R, illetve B+R parkolóhelyek létesítése. A kikötők környezetében fontos a jegyvásárlási lehetőség megléte, automatákkal, a forgalmasabb kikötőkben pénztárral, esetleg ügyfélszolgálati irodával. A kikötők környezetébe egyéb funkciók telepítése meggondolandó (pl. bevásárlási lehetőség, szabadidős létesítmények stb.). A kikötőkben ajánlott kijelzőket telepíteni, amiken az aktuális járatinformációkat lehet megjeleníteni, a hajójáratok esetleges késéséről, forgalmi változásairól pedig akár már a csatlakozó autóbuszjáraton is lehet tájékoztatást adni. A kikötői táblák lehetnek falra vagy oszlopra szereltek, illetve statikusak és dinamikusak is, utóbbi esetén fontos megjegyezni, hogy ezek telepítése drágább, és elektromos hálózati kapcsolatot igényelnek.

A hidak a hajózást akadályozzák, az úrszelvény korlátozásával. A hidak esetében a hajózás szempontjából a legfontosabb paraméterek a nyílás szélessége, és magassága. A nyílás szélessége elsősorban az előzés, illetve a szembeközlekedés szempontjából jelenthet korlátozást, szűk keresztmetszetet. A hídnyílás magassága függ a vízszinttől, és a hajóknak magassági korlátozást jelenthet. Magas vízállás esetén alacsonyabb hidak, illetve magasabb hajók esetén közlekedési korlátozás bevezetése válhat szükségessé, illetve szakaszos hajópótlásra is szükség lehet.

A gátak a vízi utat megszakítják, a rajtuk történő áthaladást zsilipek biztosítják. A zsilipelés technológiai ideje, a szintkülönbségtől függően általában 10-30 perc között mozog, ezen kívül a zsilipkamrába való behaladás, és az onnan való kihaladás is csökkentett sebességet kíván. A zsilipelés így a folyamatos áthaladással szemben legalább 15 perc plusz menetidőt jelent, ami jelentős idővesztés elővárosi viszonylatban, ezért ilyen folyószakaszokon hivatásforgalmú hajójárat indítása nem versenyképes az autóbuszos közlekedéssel szemben sem.

4.5. Szolgáltatástervezés – Hálózat, menetrend

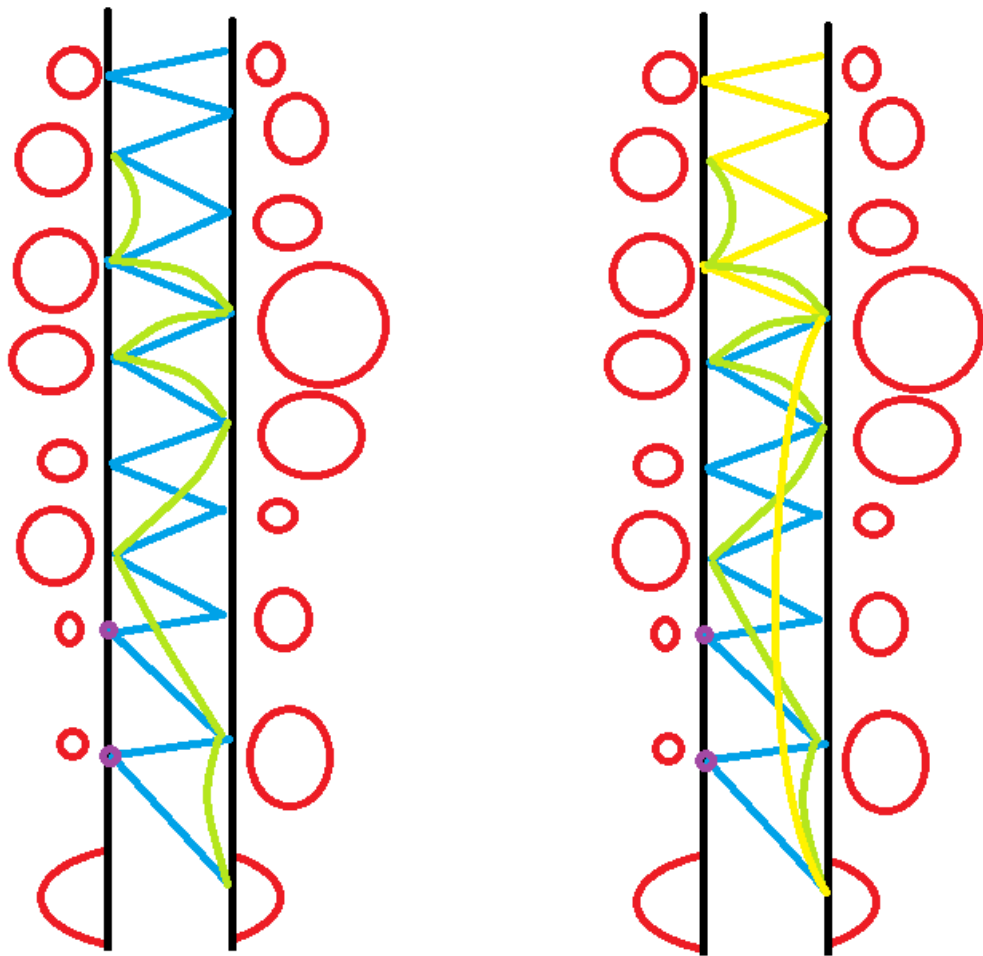
A fent kiszámított ingázószám alapján, azaz, ha ismerjük, melyik településpárok között hány utasunk lesz, tervezhetőek lesznek a konkrét hajójáratok. Ehhez szükséges a kikötőknek egyfajta sorrendjét felállítani, amit legkönnyebben a kikötők a folyó hosszán elhelyezkedési helye (folyamkilométere) szerint tehető meg. Nagyobb szigetek esetén a sziget két oldalán levő folyók esetén érdemes ezeket külön kezelni. Az egyes szomszédos kikötők között szükséges kiszámítani az ott jelentkező ingázók számát:

$$IH_{i_0j_0} = \sum_{\substack{j \geq j_0 \\ i \leq i_0}} IH_{ij}$$

Ezen adatok segítségével már pontosan meghatározható, hogy az adott szakaszon hány utas utazna.

1. Amennyiben az agglomeráció települései között is jelentős ingázószám van, azaz nincs nagyságrendi eltérés a központba, illetve a települések között ingázók száma között, illetve az utasok száma a folyószakasz hosszán nagyjából állandó, azaz tetszőleges i_0 és j_0 , illetve k_0 település és a központi település közé felírt $IH_{i_0j_0}$, illetve IH_{k_0l} értéke között nincsen nagyságrendi eltérés, azaz $IH_{i_0j_0} > 10 * IH_{k_0l}$, egy, minden kikötőben megálló járáttal oldható meg leghatékonyabban a kiszolgálás. Amennyiben ez a forgalom a központi város közelében megnő, azaz egy szakaszon meghalad egy, a hajók befogadóképessége és optimális telítettsége által meghatározott értéket, ott betétjárat indítása lehet indokolt.
2. Amennyiben az agglomeráció központjába nagyságrendileg nagyobb forgalom van, mint a települések között, zónázó rendszerű hajójáratok indítása ajánlott, ez egy távolabbi településtől a zónahatárig, ami egy olyan település lehet, ahonnan önmagában is jelentős számú ingázó indul a térségi központba, illetve az ezen túli településekkel együtt megtölthető egy jármű, mindenhol kikötő, majd csak a forgalmasabb kikötőkben megálló járatból és egy, a zónahatártól induló és mindenhol megálló járatból épül fel. Indokolt esetben, ha az utasok száma igen magas, és a szakaszon több jármű is megtölthető csúcsidőszakban, több zónahatár is alkalmazható, ilyen esetben a két zónahatár között a járatok mindenhol kikötnek, míg a belső zónahatár és a nagyváros között nem, vagy csak a legfontosabb csomópontokban állnak meg.
3. Amennyiben bizonyos szakaszon fekvő kikötőkből kisebb lenne a forgalom, megfontolandó ráhordó hajójáratok indítása, amelyek ezen kikötők forgalmát hordják rá a gerincjárat egy kikötőjébe.
4. Amennyiben két, a folyó átellenes partján fekvő település között nagyságrendileg nagyobb átkelőforgalom van, mint a folyó hosszában, ott ajánlott erre a célra külön egy átkelőhajójáratot indítani, és a gerincjáratnak csak az egyik parton kikötnie. Az ilyen járatok indításának feltétele az, hogy a két part között óránként legalább 2 járatra legyen szükség az utasok elszállítására, 40-50 fős hajóval, vagy legalább óránként 10 személygépjármű átszállítására.

Az utazók megoszlása szerint többféle hálózati topológiát is lehet alkalmazni, ezeket a 6. ábrán vázoltam fel.



6. ábra: Hálózati topológiák. A kék szín a lassú, mindenhol kikötő járatot, a sárga a zónázó járatot, a zöld pedig a gyorsjáratot jelöltem. A lila körrel jelölt kikötőkben a hajók csak igény esetén állnak meg, a piros oválisok a település méretével arányosak
(forrás: saját szerkesztés)

Az előbbieken felvázolt főbb topológiák közül az első kettő közül bármelyik kombinálható a harmadikkal és a negyedikkel. Az első két verzióban mindenképpen gyorsjárású, nagykapacitású hajók szükségesek, a harmadik és negyedik verzió járatai esetén kisebb kapacitású, lassú járású hajók is alkalmazhatók.

Mindegyik hálózatot kiegészíthető gyorsjáratokkal, ezek csak a fontosabb kikötőkben állnak meg, és jellemzően csak csúcsidőszakban, a forgalmasabb irányokban közlekednek. Szintén bármelyik topológia esetén alkalmazhatóak feltételes kikötési helyek, ahol a hajók egész nap, vagy bizonyos időszakokban csak leszálló utas vagy előzetesen (pl. telefonon, emailben vagy alkalmazásban) bejelentett utazási igény esetén kötnek ki. Ennek határértékei a járatonkénti átlagosan legfeljebb 5 utas a vizsgált időszakban.

A hálózat meghatározása után, amennyiben ismerjük, a tervezett kihasználtság alapján meghatározható a flotta és a menetrend. Ezek után következik a menetrend elkészítése, aminek a lehető legjobban illeszkednie kell az utazási igényekhez.

Hivatásforgalmi célú járatok esetén fontos a járatok pótlása is. Egy-egy kikötő pótlása egyszerűbb feladat, csak egy közeli kikötőig kell pótlóbuszt indítani, hasonlóan például

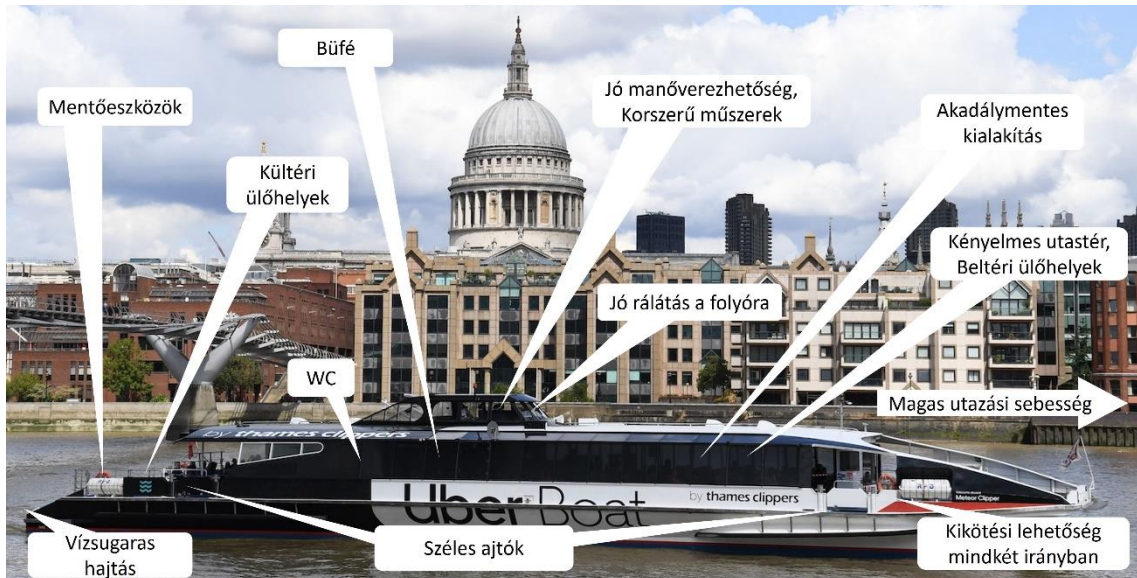
a metrófelújításkor közlekedő állomáspótló buszokhoz. Amennyiben a pótlandó járat a folyó mindkét partján kiköt, autóbusszal nem lehet a kikötőket eredeti sorrendben érinteni, az úthálózat kialakításától függően a kikötők kisebb-nagyobb részéből akár jelentősen hosszabb menetidőre is lehet számítani. Árvíz esetén gyakori, hogy hidakat és utakat is le kell zárni, így még nagyobb kerülőkre lehet szükség. Összegezve a fentebb leírtakat, egy-egy kikötő pótlása nem jelent jelentős problémát, azonban a járatok szakaszos pótlása igen nehéz tud lenni.

4.6. Flotta tervezése

A fentiekhez, hogy a vízi közlekedés versenyképes legyen az egyéni közlekedéssel szemben, mindenképpen szükséges nagy sebességű hajók üzembe állítása, amelyek legalább 50 km/h-s állóvízi sebességgel rendelkeznek. Ilyen járművek hagyományosan a szárnyashajók, azonban az elmúlt évtizedekben a vízszugárhajtású katamaránok gyakorlatilag kiszorították a szárnyashajókat a folyókról és tengerekről, mivel ezek a hajók nagyobb befogadóképességgel, és alacsonyabb üzemeltetési költséggel rendelkeznek, azonban van hátrányuk is: a meghajtás miatt nagyobb sebességnél igen komoly hullámokat tudnak kelteni, amik a kisebb járművekre, elsősorban a vízi sporteszközökre (kajak, kenu, felfújható strandeszközök, stb.), illetve az úszókra veszélyesek, ezért a strandok, csónakházak közelében sebességkorlátozást kell elrendelni az ilyen hajókra. Szintén a meghajtás miatti hátrány, hogy sekély vízben nem üzemeltethetők, nehogy megrongálódjon a motor a vízfénékről beszívott tárgytól (pl. kövektől). A hajók esetében kiemelt fontosság, hogy a járművek ne csak a folyó folyásirányával szemben, hanem azzal megegyező irányban is ki tudjanak kötni, mivel a teljes kör megtétele a menetidőt kikötésenként percekkel is növelheti. Szintén fontos, a menetidő és a kikötői tartózkodások rövidítése végett, hogy a hajók több, széles ajtóval rendelkezzenek, mindkét oldalukon, az utascsere gyorsítása végett.

A hajók belső elrendezése termes legyen, elővárosi forgalomban elsősorban egyosztályos (economy) kialakítással, azonban megvizsgálandó az, hogy van-e igény prémium turista (premium economy) vagy első (buisness) osztályra, esetleg csendes zónára. Ezt elsősorban a potenciális utazóközönség összetételének, fizetőképességének vizsgálatával, illetve előzetes igényfelméréssel lehet meghatározni, alapvetően ezek szükségessége az utasszámtól nem függ. Szintén vizsgálandó a szabadtéri helyek létesítése. A hajókon WC kialakítása mindenképpen szükséges. Fontos, hogy mivel elővárosi viszonylatban sokan csak rövidebb utakra veszik igénybe a járatokat, legyen a hajókon álló- és ülőhely. Szintén fontos, hogy a hajók legalább egyik szintje akadálymentesített legyen, illetve legyen a hajókon babakocsik, kerekesszékek és kerékpárok tárolására alkalmas tér. Szintén elengedhetetlen a járművek belső tereinek hűtése és fűtése is. Megfontolandó az extra szolgáltatások létesítése a hajókon, ilyen lehet az ingyenes wifi kapcsolat lehetősége, illetve az ital- és snackautomata, büfé, esetleg étterem létesítésének kérdése, ezekhez -hasonlóan az ülőhelyek minőségének vizsgálatához- szintén a potenciális utasokat kell elemezni, illetve igényeiket felmérni. Előbbinek kiépítési és üzemeltetési költsége alacsony, és egyre inkább elvárt az utazóközönség részéről. Utóbbiak létesítése összetettebb vizsgálatot igényel, a meghatározó szempontok az árusított termékek ára és a minősége. Ha a termékek jóval drágábbak, mintha azt az utasok megvennék azt az indulás előtt vagy az érkezés után, esetleg előző nap, akkor kihasználatlanok lesznek. Szintén felesleges olcsó, de rossz minőségű termékeket árusítani, mert az utasok akkor is máshonnan fogják azokat beszerezni. Hivatásforgalmi hajójáratoknál, ilyen jellegű szolgáltatást tervezésénél egy

automata vagy kisebb büfé lehetne célszerű, ahol hideg és forró italokat, valamint kisebb snackeket (csokoládé, sós mogyoró stb.), esetleg egyszerűbb ételeket (szendvics, melegszendvics, esetleg hot dog, hamburger) árúsítanak. Megfontolandó az előre elkészített, melegítéssel elkészíthető ételek árusítása, azonban ezek esetében elmaradhatatlan a megfelelő hűtők rendelkezésre állása, valamint gondoskodni kell a készletek újratöltésének biztosításáról, optimális esetben valamelyik végállomáson. A hajók legfontosabb tulajdonságait a 7. ábrán jelenítettem meg.



7. ábra: A hajók legfontosabb tulajdonságai

(forrás: <https://lp-cms-production.imgix.net/2020-12/Uber%20Boat%20London.jpg>, saját szerkesztés)

A hajókon fontos információs szolgáltatásokat is adni, ilyenek például a csatlakozó hajó- autóbusz és vasúti járatok indulási, késési, forgalmi információi, de a beltéri kijelzők akár reklámfelületként is értékesíthetők, ilyen esetben azonban fontos, hogy a reklámok ne nyomják el a fontos információkat. A hajók belső terében célszerű több helyen is kijelzőket elhelyezni, hogy mindenhol könnyen észrevehetőek legyenek.

4.7. Díjszabás tervezése

A hajózási szolgáltatás esetén az új szolgáltatás díjszabásának illeszkedése a meglévő rendszerhez kulcsfontosságú azért, mert ennek a kompatibilitásnak számos előnye van mind az utazók, mind a közösségi közlekedési rendszerek hatékonysága szempontjából. Az illeszkedő díjszabás hozzájárul az utazók számára egyszerűbb és átláthatóbb tarifarendszerhez, amely lehetővé teszi számukra, hogy könnyen átváltsanak az új szolgáltatásra a meglévő rendszerből anélkül, hogy összetett és zavaró árazási rendszerrel kellene szembenéznük. Emellett az illeszkedő díjszabás segíti az utazók számára a költséghatékony közlekedési lehetőségek kiválasztását és ösztönzi a közösségi közlekedési rendszer használatát. A meglévő rendszerhez való illeszkedés azt is eredményezi, hogy a közlekedési szolgáltatók könnyen együttműködhetnek az új szolgáltatás bevezetésében, és ezáltal hatékonyabban kezelhetik az utazók számára nyújtott szolgáltatásokat. Ez a kompatibilitás hozzájárul az új szolgáltatás sikeréhez és a közösségi közlekedési rendszer egységesítéséhez, ami végső soron növeli a fenntartható közlekedés iránti érdeklődést és hozzájárul a közlekedési rendszerek hatékonyságához és fenntarthatóságához.

A díjszabás felülvizsgálata, különböző díjszabási rendszerek (zónás, kilométeralapú stb.) bevezetése, a kedvezmények, időben differenciált menetdíjak bevezetése stb. kérdéskörének alapos áttekintésére, elemzésére ezen dolgozat terjedelme nem elegendő, ezért a hálózat kialakításánál a jelenlegi díjszabási rendszerrel és a szolgáltatók kölcsönös bérletelfogadásával számolok.

4.8. Turisztikai célú szolgáltatások tervezése

A turisztikai jellegű hajójáratokon extra szolgáltatás lehet a büfé, esetleg étterem a hajón, az előre rögzített vagy élőszavas idegenvezetés, illetve a hajók belsejében levő képernyőkön információkat lehet megosztani az utasokkal az úti célokról, esetleg reklámfelületként is értékesíthetők. Az ilyen járatok esetén gyakoriak a lassabb, hagyományos meghajtású hajók, illetve a nosztalgiahajók.

A turisztikai jellegű hajójáratok közlekedhetnek a hivatásforgalmi hálózattal párhuzamosan, azt kiegészítve, akár külön díjszabással is. Az ilyen hajójáratok számára a forgalmasabb kikötőkben ajánlott elkülönített helyeket fenntartani, mivel az ilyen járatok utascseréje általában lassabb, ezzel feltartanak a hivatásforgalmi célú hajójáratokat. Ezeket a dedikáltan a turistahajók céljára fenntartott helyeket célszerű a kikötőcsoport átszállási kapcsolataitól távolabbi helyein elhelyezni, hogy a hivatásforgalmi célú járatokat használóknak kelljen kevesebbet gyalogolni.

5. Esettanulmány

A következőkben Budapestre és elővárosaira fogom a módszert alkalmazni, mivel ezt a térséget ismerem jobban, és a dolgozat megírásának motivációját is az itteni ilyen jellegű közlekedés hiánya adta.

5.1. Jelenlegi helyzet feltárása

Az esettanulmány kezdetén fontosnak tartom bemutatni a jelenlegi hálózatot, mivel ezek utalni tudnak forgalmasabb közlekedési irányokra, forgalmasabb átkelési pontokra. Ezzel szemben a jelenlegi szolgáltatást legfeljebb részben kívánom megtartani, elsősorban turisztikai célokkal.

Budapesten a BKK-hajók 2020. áprilisa óta nem közlekednek, és a MAHART által üzemeltetett járatok elsősorban a turistaforgalomhoz igazodnak. A jelenlegi kínálatban megtalálhatók a nyáron gyakrabban, télen ritkábban közlekedő, elsősorban külföldi turistáknak szóló sétahajó- és „hop on-hop off” hajójáratok, valamint az elővárosi irányokban nyáron a dunakanyari kirándulóhajó-járatok, azonban ezek nem közlekednek mindennap. Az agglomerációban rév (komp- vagy átkelőhajó-járat) köti össze a 7. táblázatban, illetve 9. ábrán feltüntetett településeket, amelyek általában 20-60 percenként, hivatásforgalomhoz igazodva üzemelnek, de nem érvényesek rájuk a vonat- és autóbusrbérletek (pl. vármegyebérlet). Az egyetlen olyan kompjárat, amire érvényesek a bérletek a D14-es jelzésű, Soroksár és Csepel között, menetrend szerint 30 percenként, a gyakorlatban általában ennél gyakrabban közlekedő köteles komp. [7]

BKK: D14-es hajó (köteles komp)

Menetrend szerint 30 percenként, a gyakorlatban azonban igény szerint ennél sűrűbben közlekednek. Ez az egyetlen olyan járat, ami napszaktól és naptípustól függetlenül mindig igénybe vehető Budapest-bérlettel. [7]

BKK-Mahart Passnave Budapesti körjárat

Elsősorban turisztikai jellegű járat, az 1 hónaposnál hosszabb érvényességű BKV-bérletek is érvényesek rá munkanapokon. Keddtől-péntekig naponta ötször közlekedik végig a Vigadó tér - Akadémia - Margit-sziget - Batthyány tér - Vigadó tér útvonalon, 75 perces menetidővel. Közösségi közlekedési járatnak nem alkalmas, igazából sétahajó. [7][8]

Mahart Passnave Duna Corso körjárat

Egész évben naponta, akár félóránként közlekedő sétahajójárata elsősorban a turistáknak szól, a járatok a Vigadó téri kikötőből indulnak, és 1 óra után oda is érkeznek vissza köztes kikötés nélkül. [8]

Ehhez hasonló járatokat még számos vállalat üzemeltet, jellemzően Vigadó tér környéki indulással és 60-75 perces menetidővel, és 60-90 perces sűrűséggel, esetleg Margit-szigeti kikötéssel.

Mahart Passnave dunakanyari járatok

A Mahart Passnave a Dunakanyarban, illetve Budapest és a Dunakanyar turisztikailag frekvenciált települései között több kirándulóhajó-járatot is üzemeltet, ezeket térképen a 8. ábrán ábrázoltam. [8]

Visegrádi körjárat

A járatok a Visegrád - Nagymaros - Zebegény - Dömös - Nagymaros - Visegrád útvonalon közlekednek, előszezonban szombat-vasárnap naponta kétszer, főszezonban keddtől-csütörtökig naponta kétszer, péntektől-vasárnapig pedig naponta négyszer. A járatokra érvényesek a Dunakanyari napijegyek.

Budapest-Szentendre-Visegrád

A járatok a budapesti Vigadó tér és Visegrád között közlekednek, a két végállomás között kikötnek Szentendrén, Leányfaluban és Tahitótfaluban. A járatok főszezonban, péntektől-vasárnapig naponta és irányonként egyszer közlekednek. A járatokra Szentendre és Visegrád között érvényesek a Dunakanyari napijegyek.

Budapest-Szentendre

A fentebb említetten felül elő- és főszezonban szerdán, valamint péntektől-vasárnapig még egy járatpár közlekedik a Vigadó tér és Szentendre között.

Budapest-Vác-Visegrád

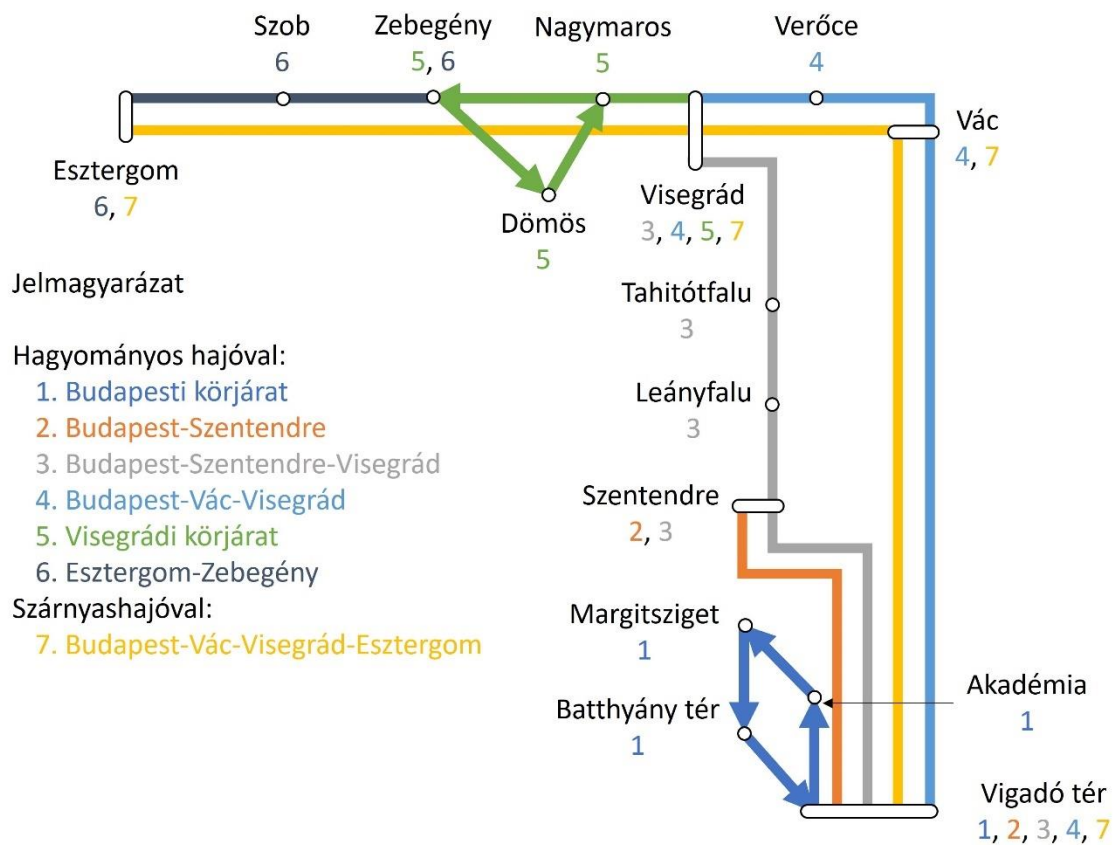
A járatok a budapesti Vigadó tér és Visegrád között közlekednek, a két végállomás között kikötnek Vácott és Verőcén. A járatok főszezonban szombat-vasárnap közlekednek, naponta és irányonként egyszer. A járatokra a Dunakanyari napijegyek Vác és Visegrád között érvényesek.

Esztergom-Zebegény

A járatok Esztergom és Zebegény között közlekednek, szobi köztes kikötéssel, főszezonban péntektől-vasárnapig naponta két járatpár van. A járatokra a Dunakanyari napijegyek érvényesek.

Budapest-Vác-Esztergom szárnyashajó

A járatok a budapesti Vigadó tér és Esztergom között közlekednek, a két végállomás között kikötnek Vácott és Visegrádon. A járatok elő-, fő- és utószezonban is péntektől-vasárnapig közlekednek, naponta és irányonként egyszer. A járatok menetideje a két irányban megegyezik, Budapestről Vácra 40 perc (ez a zónázó vonattal 24 perc a Nyugatiból), Visegrádra 1 óra (ez a 880-889-es autóbuszokkal Újpest-városkapuból 73 perc), Esztergomba pedig 90 perc (ez zónázó vonattal a Nyugatiból 65 perc).



8. ábra: A Mahart Passnave hajójáratainak egyszerűsített térképe, a feliratokkal a kikötő oldalán
(forrás: saját grafika)

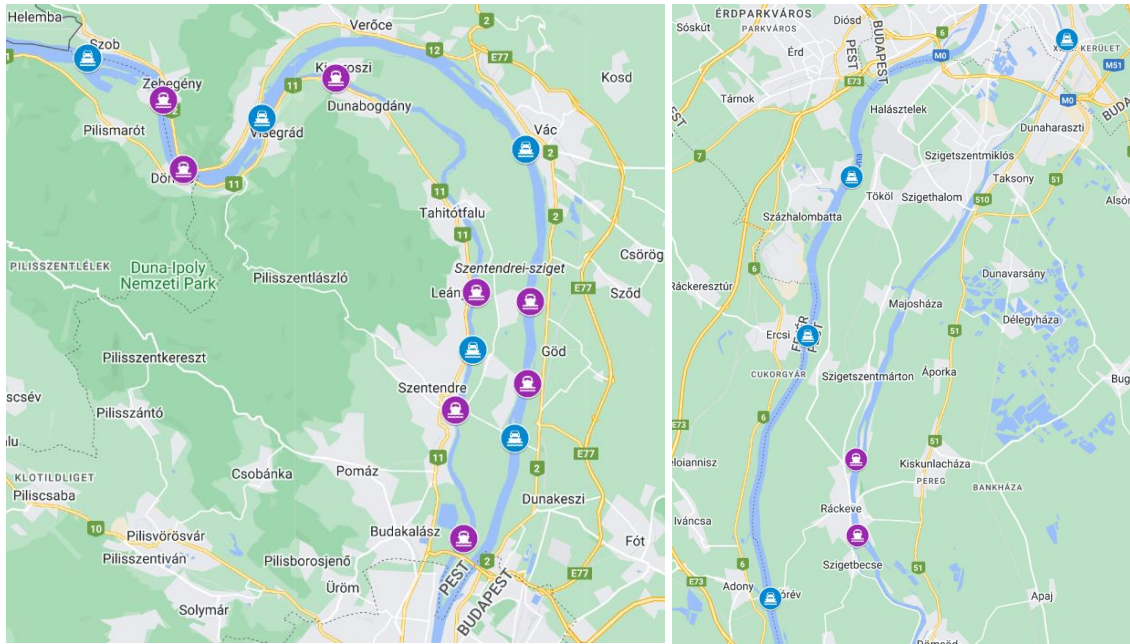
Átkelőhajó-járatok:

7. táblázat: Átkelőhajók adatai a Dunán és mellékágain Szob és Dunaújváros között
(forrás: saját szerkesztés)

Átkelés végpontjai	Átkelés helye	Teherbírás	Munkanap		Hétféje	
			Üzemidő	Járatszám	Üzemidő	Járatszám
Szob – Pilismarót	Duna 1707,2	50 t	6:40 – 18:50	13	6:40 – 18:50	13
Pilismarót – Zebegény	Duna 1707,3	személy + kerékpár	8:35 – 19:20	6	8:35 – 19:20	6
Dömös – Dömösi átkelés vmh.	Duna 1699,6	személy + kerékpár	Üzemszünet			
Nagymaros – Visegrád	Duna 1694,5	50 t	6:20 – 20:05	14	6:20 – 20:05	14
Tahitótfalu – Vác	Duna 1679,3	150 t	6:45 – 20:05	15	6:45 – 20:00	15
Surány – Felsőgöd	Duna 1672,0	személy + kerékpár	Nem közlekedik		6:40 – 19:55	14
Szigetmonostor – Alsógöd	Duna 1668,0	személy + kerékpár	5:00 – 22:30	24	6:20 – 21:35	16
Horány – Dunakeszi	Duna 1655,8	50 t	5:25 – 20:40	46	6:25 – 20:40	42
Kisoroszi – Szentgyörgypuszta	SZE-D 30,0	személy + kerékpár	5:05 – 22:05	21	5:35 – 22:05	18
Leányfalu – Pócsmegyer	SZE-D 15,6	személy + kerékpár	5:00 – 22:35	27	Nem közlekedik	
Határcsárda – Szigetmonostor	SZE-D 13,0	20 t	4:20 – 23:25	7**	4:20 – 23:25	5**
Szigetmonostor – Szentendre	SZE-D 10,5	személy + kerékpár	5:30 – 20:40	23	6:30 – 20:40	20
Budakalász – Lupa-sziget	SZE-D 3,7	személy + kerékpár	7:00 – 17:00	11*	7:00 – 17:00	11*
Tököl – Százhalombatta	Duna 1623,1	20 t	7:00 – 17:10	11	Nem közlekedik	
Szigetújfalu – Ercsi	Duna 1613,2	20 t	6:00 – 20:00	15	6:00 – 20:00	15
Lórév – Adony	Duna 1597,9	50 t	6:00 – 20:00	15	6:00 – 20:00	15
Csepel – Soroksár (D14)	RS-D 48,8	16 t	7:00 – 20:06	27	7:25 – 20:06	26
Ráckeve – Angyali-sziget	RS-D 22,0	személy + kerékpár	Napkeltétől-napnyugtáig igény szerint			
Ráckeve – Kerekzátóny-sziget	RS-D 17,6	személy + kerékpár	7:00 – 17:00	11*	7:00 – 17:00	11*

*- igény esetén

**-6:00-20:30 között folyamatos üzem, igény szerint; megadott járatszám ezen felül
SZE-D-Szentendrei-Duna
RS-D-Ráckevei (Soroksári)-Duna



9. ábra: Átkelőhajó-járatok a Duna Esztergom és Budapest (balra), illetve Budapest és Dunaújváros (jobbra) közötti szakaszán, a gépjárműveket is szállító járatok kékkel, a kizárólag személy- és kerékpárszállító járatok lilával jelölve
(forrás: Google My Maps, saját grafika)

A 7. táblázatban, illetve a 9. ábrán megjelenített járatok többségére bérlet nem váltható, és nem az államilag megrendelt közösségi közlekedési hálózat részei. [9][10]

5.2. Módszer alkalmazása

Budapest agglomerációjában a Duna, illetve annak két mellékága, északon a Szentendrei-Duna, míg délen a Ráckevei- (Soroksári-) Duna található, melyek két szigetet, a Szentendrei- és a Csepel-szigetet ölelik körbe. Előbbire hídon 1, míg autószállító komppal 3 helyen lehet bejutni, utóbbira 6 közúti és 3 vasúti híd, valamint 4 kompjárat vezet.

Alternatív közlekedési módként északi irányban a Duna bal partján nagy kapacitású vasúti közlekedés van jelen, a Szentendrei-Duna jobb partján Szentendréig közlekedik a hév, azon túl csak autóbusszal lehet utazni, a Szentendrei-szigetre ritkán közlekedő autóbusszjáratok járnak. Budapesttől délre a Duna jobb partján Százhalombattáig sűrű vasúti közlekedés érhető el, azon túlra autóbusszal lehet utazni a Duna mentén, a vasút messzebb található. A Ráckevei-Duna bal partján szintén vonattal lehet utazni, ezen felül Dunaharasztiig hévvel lehet utazni, ami a folyón átkelve a Csepel-szigeten közlekedik Ráckeveig.

A hajózást akadályozó fő tényezők a Ráckevei-Dunán található Kvassay- és Tasszilip, illetve a szintén ezen található Csepel-soroksári köteles komp, melyek keresztezése körülményes. Ezek miatt, illetve mert ez a folyóág igen szűk, viszonylag sekély, valamint horgászok és evezősök is nagy számban használják, nagysebességű versenyképes hajójárat ezen nem indítható be, kizárólag a Ráckeve környéki szigetekre meggondolandó járatok indítása.

Budapesttől északra a Dunán a párhuzamos vasúti közlekedés miatt kevésbé versenyképes a hajóközlekedés, mivel a Duna a települések szélén, a vasút pedig jobban a települések központjában halad.

A települések közti ingázók számát, illetve a népességet a 2011-es népszavazás alapján, a Lechner Tudásközpont által készített interaktív ingázótérképet [11] használtam, amely megmutatta a településen az összes foglalkoztatott, az ingázó foglalkoztatottak és az egyes járásközpontokba ingázók számát, amiből a Duna-parti járásközpontokat vettem figyelembe, ezek: Esztergom, Szob, Vác, Szentendre, Dunakeszi, Budapest, Érd, Szigetszentmiklós, Ráckeve és Dunaújváros. A két szélső várost vettem Budapest agglomerációjának külső határának, ezeken túlról nagyságrendileg kevesebben ingáznak a fővárosba. A gravitációs modell paramétereinek a következőket kaptam: $\gamma=1,80102$, $\beta_1=0,76826$, $\beta_2=-3,25215$, az összes lehetséges adatra elvégezve, a leggyorsabb eljutási távolságot véve a két település távolságaként.

Az ingázók preferenciáit, az ingázás módjának megoszlását sajnos nem ismerjük, így csak becsülni lehet a jelenlegi közösségi közlekedési járatsűrűség, illetve járműméret alapján. A közlekedési sűrűségeket a 8. táblázatban foglaltam össze.

8. táblázat: A Dunával párhuzamos járatok csúcsidei követése (forrás: saját szerkesztés)

Települések	Autóbusz követési idő	Vonat/hév követési ideje
Budapest-Dunakeszi	15 perc	15 perc
Dunakeszi-Vác	30 perc	15 perc
Budapest-Szentendre	15 perc	<u>12 perc</u>
Szentendre-Tahitótfalu	10 perc	-
Tahitótfalu-Visegrád	30 perc	-
Budapest-Érd	10 perc	10 perc + 15 perc
Érd-Százhalombatta	20 perc	15 perc
Budapest-Szigethalom	5 perc	<u>12 perc</u>
Szigethalom-Tököl	10 perc	<u>12 perc</u>
Tököl-Ráckeve	30 perc	<u>30 perc</u>

Az adatokból, és az ingázók számából könnyen kivehető, hogy az útvonalakon mindenhol található utasszámlépcső, ahol a járatok egy jelentős része visszafordul, ezek:

- a Szentendrei-Dunán Szentendre, majd Tahitótfalu
- a Dunán északi irányban Dunakeszi
- a Dunán déli irányban Érd, majd Százhalombatta a dunántúli oldalon
- és Szigethalom, majd Tököl a csepeli oldalon.

Az utasszámok alapján egyértelműen kijelenthető, hogy zónázó járatos rendszer tervezése célszerű, az előbb felsorolt pontokon lehet a zónázó járatok gyorsjárat szakaszait kezdeni, illetve a belső, lassú járatokat indítani. A jelenlegi átkelőhajó-járatok közül a járműveket is szállítók mindenképpen megtartandók, a csak személyszállítók közlekedése felülbírálandó.

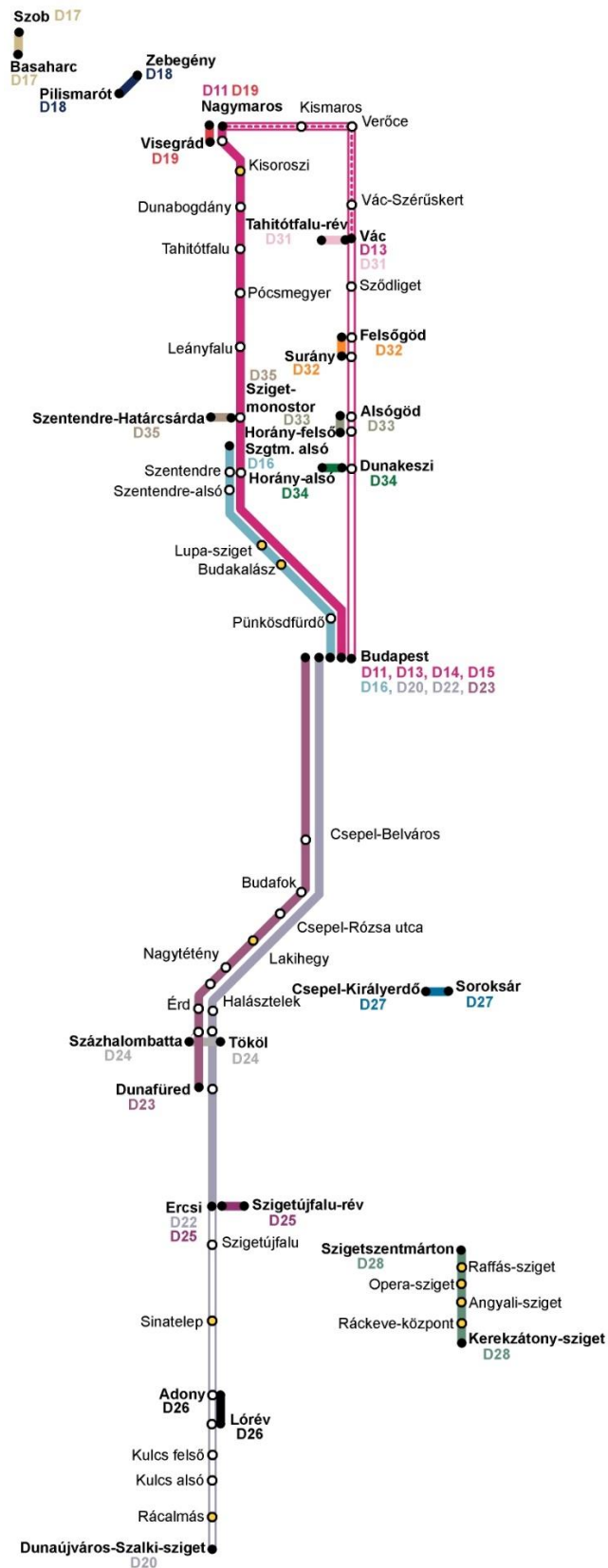
Az északi irányban mindkét ágon a települések a folyópartra épültek, a déli irányban viszont a települések és a Duna között több település esetében is jelentősebb távolságok figyelhetők meg.

Az ingázószámok összesítése alapján létrejövő hálózatot a 9. táblázatban és a 10. ábrán jelenítettem meg. A számozásnál a hajójáratoknál megszokott D betűt használtam, a Budapesttől északra közlekedő járatok esetén a D1x és D3x tartományban, a tőle délre

esőknél a D2x tartományban, az esetlegesen ezen járatok mellé indítandó járatok a D4x tartományba számozhatóak. Külön figyelmet fordítottam arra, hogy a járatok száma ne egyezzen a metró, a hévek vagy az elővárosi vonatok által használt viszonylatszámokkal.

9. táblázat: A hajójáratok paraméterei (forrás: saját szerkesztés)

Viszonylat-szám	Útvonal	Csúcsidei	Napközbeni	Hajnali, esti	Hétfégi	Megjegyzés
		követés				
D11	Nagymaros-Szentendre-Budapest	60	-	60	-	D13, D14, D15-tel
D13	Vác-Visegrád-Szentendre-Budapest	-	60	-	60	D11, D14, D15-tel
D14	Budapest-Dunakeszi-Vác-Visegrád-Szentendre-Budapest	60	-	-	-	D11, D13, D15-tel
D15	Budapest-Szentendre-Visegrád-Vác-Dunakeszi-Budapest	60	-	-	-	D11, D13, D14-gyel
D16	Szigetmonostor alsó-Szentendre-Budapest	30	30	60	30	
D17	Szob-Basaharc	60	60	60	60	komp
D18	Pilismarót-Zebegény	120	120	120	120	
D19	Nagymaros-Visegrád	60	60	60	60	komp
D20	Dunaújváros-Százhalombatta-Érd-Budapest	60	-	-	-	D22-vel
D22	Ercsi-Százhalombatta-Érd-Budapest	60	60	60	60	D20-szal
D23	Százhalombatta-Érd-Budapest	60	60	60	60	
D24	Tököl-Százhalombatta	60	60	60	-	
D25	Szigetújfalu-Ercsi	60	60	60	60	
D26	Lórév-Adony	60	60	60	60	
D27	Csepel-Soroksár	30	30	30	30	
D28	Kerekzátónysziget-Ráckeve-Szigetszentmárton	60	60	60	60	igény szerint, kishajóval
D31	Tahitófalu-Vác	60	60	60	60	komp
D32	Surány-Felsőgöd	-	-	-	60	
D33	Szigetmonostor-Alsógöd	60	30	30	60	
D34	Horány-Dunakeszi	20	20	30	60	komp
D35	Szigetmonostor-Határcsárda	30	30	30	30	komp



10. ábra: A tervezett hálózat. A járatok végállomásai fekete, a feltételes megállók sárga színnel jelölve, a feliratok a kikötés oldalán találhatóak. A Csepel-Belváros és Pünkösdfürdő között további kikötők is beiktathatók
(forrás: saját grafika)

A dolgozat területi korlátai miatt a Budapesten belüli (Pünkösdfürdő és Csepel-Belváros között) kikötők, illetve városi hajójáratok hálózata nem került kidolgozásra.

A hálózatra a gyorsjárású hajók (D11, D13, D14, D15, D16, D20, D22, D23) befogadóképessége legalább 200, legfeljebb 250 fő kell, hogy legyen, egyosztályos kialakítással. 250 fős hajó esetén 50 hely lehet szabadtéren is. A hajóknak legalább 2, akadálymentes bejáratot kell rendelkezniük, valamint hűtött-fűtött beltérrel. A fedélzeten WC kialakítása mindenképpen szükséges, valamint WiFi internet elérést is biztosítani kell.

A többi járaton hagyományos rendszerű hajók közlekedtetése ajánlott, az autószállító kompokon a jelenlegihez hasonló járművekkel, a D18, D32, D33 járatokon 40-50 fős hajókkal, a D28-as járaton 10-20 fős hajóval. Ezeknek a járműveknek a meghajtásánál megfontolandó az akkumulátoros elektromos hajtás, mivel a járművek hosszabb időn át tartózkodnak a kikötőkben, ami alatt tölthetőek.

A kikötőkre ráhordó buszjáratok indítása ajánlott, több településen akár az eddig nem ellátott, „hegyi” területek bevonásával, mikrobuszokkal. A kikötők közelében, ahol lehetséges, P+R parkolóhelyek létesítése szükséges.

A hálózat megvalósítása után elsősorban a Szentendrei-Duna menti települések, illetve Halásztelek, valamint Ercsi, Százhalombatta, Érd, a 21. és 22. kerületek vasúttól messzebbi, Dunához közelebbi részein lakók kapnak színvonalas kapcsolatot egymással, illetve Budapesttel. Ezen kívül a Duna mentén Budapesttől északra fekvő települések is új kapcsolatokat kapnak csúcsidőszakban, illetve Szentendre és Vác között is rendszeres kapcsolat létesül. Több, jelenlegi átkelőhajójárat közlekedése megszüntethető, illetve a párhuzamos autóbuszvonalak száma, kapacitása is adott esetben redukálható. Ezen kívül a Ráckeve környéki szigetek kapnak színvonalasabb szolgáltatást, a jelenleg szükséges járműszám felezésével.

6. Összefoglaló:

A vízi közlekedés, mint fentebb látható, ma már több városban is szerves része a közösségi közlekedési hálózatnak, azonban még komoly fejlesztési potenciált tartogat magában, és tehermentesítheti a nagyvárosok környékén túlterhelt közúti és vasúti infrastruktúrát. A vízi közlekedés a vasútihoz hasonlóan, viszont annál általában lassabban tudja az embereket a városokba behordani, majd onnan hazavinni, mivel jelenlegi technológiákkal állóvízi 70 km/h utazósebességnél nagyobbakat nem lehet elérni gazdaságosan. A lassabb tempót azonban kompenzálni lehet extra szolgáltatásokkal, mint például a magasabb komfortfokozatú ülőhelyek, vagy az étkezési lehetőség.

A hajózási szolgáltatásra kifejlesztett módszerem segítségével hatékonyan lehet megbecsülni a létrejövő új utazások számát, azt, hogy ezek mekkora része fogja a hajózást választani, illetve ezekre az igényekre szabva indíthatók be a járatok, az előzetes társadalmi konzultációk után. A módszerem használatával hatékonyan lehet megtervezni a hálózat kialakítását, paramétereit is, mint ahogy azt Budapest példáján is megmutattam.

A jövőben ezen módszer tovább pontosítható, több tapasztalat felhasználásával, illetve kisebb módosítások végrehajtása után más közlekedési alágazatok esetén is alkalmazhatóvá válhat.

Felhasznált irodalom

Kutatási jelentések:

- [1] *Terje Andreas Mathisen, Gisle Solvoll* **Service Quality Aspects in Ferry Passenger Transport – Examples from Norway** Bodø, Bodø Graduate School of Business (2010)
- [2] *M. Tanko, M.I. Bruke* **Transport innovations and their effect on cities: the emergence of urban linear ferries worldwide** Griffith University, Australia (2016)
- [3] *Paul Kamen, Christopher D. Barry* **Urban Passenger-Only Ferry Systems: Issues, Opportunities and Technologies** Berkeley Waterfront Commission, U.S Coast Guard Engineering Logistics Center
- [4] *Jens Emil Walmsness, Håkon Hagen Helgesen, Stefan Larsen, Giorgio Kwame Minde Kufoalor, Tor Arne Johansen* **Automatic dock-to-dock control system for surface vessels using bumpless transfer** Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, Maritime Robotics AS (2023)
- [5] *Michael Tanko, Harsha Cheemakurthy, Susanna Hall Kihl, Karl Garme* **Water transit passenger perceptions and planning factors: A Swedish perspective** Stockholm, KTH Royal Institute of Technology, Sweden (2019)
- [6] *Elise Bignon, Dorina Pojani* **River-based public transport: Why won't Paris jump on board?** Brisbane, The University of Queensland, Australia (2018)

Elektronikus dokumentumok:

- [7] **A BKK hajózással foglalkozó aloldala.** <https://bkk.hu/utazasi-informaciok/kozossegi-kozlekedes/hajojaratok/> (letöltve 2023. június 23.)
- [8] **Budapest környéki hajójáratok menetrendje.** <https://mahartpassnave.hu/> (letöltve 2023. június 23.)
- [9] **Országos kompenetrend.** <https://kompok-revek.hu/> (letöltve 2023. június 23.)
- [10] **Magyarországi révátkelések listája.** <https://dunakanyarrev.hu/revek.php> (letöltve 2023. június 23.)
- [11] **Elingázók aránya a foglalkoztatottakon belül – Népszámlálás 2011.** <http://webmap.lechnerkozpont.hu/webappbuilder/apps/foldgomb1708/> (letöltve 2023. november 7.)
- [12] **A velencei közösségi közlekedési szolgáltató (ACTV) honlapja.** <https://actv.avmspa.it/it> (letöltve 2023. június 23.)
- [13] **A velencei repülőtéri járatok üzemeltetőjének (Alilaguna) honlapja.** <https://www.alilaguna.it/en> (letöltve 2023. június 23.)
- [14] **A Vierwaldstättersee-i hajózási társaság honlapja.** <https://www.lakelucerne.ch/de/> (letöltve 2023. június 23.)
- [15] **A genfi kishajók üzemeltetőjének (Mouettes Genevoises) honlapja.** <https://www.mouettesgenevoises.ch/?lang=de> (letöltve 2023. június 23.)

- [16] **A genfi-tavi hajózási társaság (CGN) honlapja.** <https://www.cgn.ch/de/> (letöltve 2023. június 23.)
- [17] **A stockholm környéki hajójáratok üzemeltetőjének (Waxholmsbolaget) honlapja.** <https://waxholmsbolaget.se/> (letöltve 2023. június 23.)
- [18] **A stockholmi közösségi közlekedési szolgáltató (SL) honlapja.** <https://sl.se/> (letöltve 2023. június 23.)
- [19] **A stockholmi városi hajójáratok üzemeltetőjének (Ressel Rederi) honlapja.** <https://ressel.se/> (letöltve 2023. június 23.)
- [20] **A bergeni közösségi közlekedési szolgáltató (Skyss) honlapja.** <https://www.skyss.no/> (letöltve 2023. június 23.)
- [21] **A Bergen környéki hajójáratok üzemeltetőjének (Norled) honlapja.** <https://www.norled.no/> (letöltve 2023. június 23.)
- [22] **A göteborgi közösségi közlekedési szolgáltató (Västtrafik) honlapja.** <https://www.vasttrafik.se/> (letöltve 2023. június 23.)
- [23] **A londoni közösségi közlekedési szervező (TfL) honlapja.** <https://tfl.gov.uk/> (letöltve 2023. június 23.)
- [24] **A londoni hajójáratok üzemeltetőjének (Thames Clippers) honlapja.** <https://www.thamesclippers.com/> (letöltve 2023. június 23.)
- [25] **A rotterdami vízitaxi társaság honlapja.** <https://www.watertaxirotterdam.nl/> (letöltve 2023. június 23.)
- [26] **A Rotterdam környéki hajójáratok üzemeltetőjének (Waterbus) honlapja.** <https://www.waterbus.nl/> (letöltve 2023. június 23.)
- [27] **Az amszterdami közösségi közlekedési szolgáltató (GVB) honlapja.** <https://www.gvb.nl/> (letöltve 2023. június 23.)
- [28] **A Twin City Liner honlapja.** <https://twincityliner.com/de> (letöltve 2023. június 23.)
- [29] **A hamburgi hajójáratok üzemeltetőjének (HADAG) honlapja.** <https://hadag.de/de/> (letöltve 2023. június 23.)
- [30] **A Brisbane-i közösségi közlekedési szervező (Translink) honlapja.** <https://translink.com.au/> (letöltve 2023. június 23.)
- [31] **Olyan önvezető jármű indult útnak Svédországban, amilyen még nem volt.** <https://www.vezess.hu/hirek/2023/06/09/olyan-onvezeto-jarmu-indult-utnak-svedorszagban-amilyen-meg-nem-volt/> (letöltve 2023. június 23.)