

Flottafejlesztési stratégiák a zöldebb hajózásért Budapesten

A hajóflotta modernizálásával és a dunai kibocsátás szabályozásával Budapest jelentős lépéseket tehet a környezetvédelem és fenntarthatóság felé. A vizsgálatok feltárják a fejlesztési lehetőségeket, konkrét javaslatokkal szolgálva a magyar hajóipari kínálatból.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2024.2.2>

Hadászi Szabolcs

HES-TDL Kft.

e-mail: hadaszi.szabolcs@hes-tdl.hu

1. BEVEZETÉS

A HES-TDL Kft. ambiciózus tervekkel készül a budapesti vízi közlekedés reformjára és a hajóflotta modernizálására, szorosan illeszkedve az európai és globális fenntarthatósági törekvésekhez. Az Európai Zöld Megállapodás és a Nemzetközi Tengerészeti Szervezet által kitűzött célok egyértelműen rámutatnak, hogy a hajózásnak is felelősséget kell vállalnia az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében. Ennek jegyében Budapest számára is kulcsfontosságú a főváros tulajdonában álló és a fővárosban rendszeresen közlekedő hajók modernizációja és a kibocsátás szabályozása, hogy lépést tarthasson a fenntartható jövő kihívásaival.

Az előregedett magyar hajók műszaki állapota idővel szükségessé teszi a belsőégésű motorokkal ellátott járművek korszerűsítését vagy komplett cseréjét, a környezetvédelmi célok eléréséhez ugyanis a hajóflottának is fejlődnie kell az európai szabályokhoz igazodva. A HES-TDL Kft. vezetői azonban kihangsúlyozzák, hogy céljuk nemcsak a környezetbarát hajók tervezése és kivitelezése, hanem a magyar gazdaság támogatása és a hazai hajó-

ipar fellendítése is. A modern technológiák és környezetbarát hajtásrendszerek alkalmazása Budapesten nemcsak lokális, hanem globális példa is lehet a fenntartható hajózás terén. A projekt átfogó jellege által a hajóflotta modernizálása nem csak a város, hanem az egész régió számára lehetőséget teremt az európai és globális fenntarthatósági célok elérésére.

A HES-TDL Kft. az egyik legnagyobb múlttal rendelkező, teljes mértékben magyar tulajdonú, napjainkban is működő hajóipari vállalkozás Magyarországon. Több évtizedes tapasztalatának és szakértelmének köszönhetően a magyar hajóipar egyik legmegbízhatóbb partnerévé vált, számos kiemelt fontosságú projektben vett részt és megannyi referenciát tudhat magáénak. Integrált megoldásokkal és széles körű szolgáltatásokkal áll ügyfelei rendelkezésére a hajóipar minden részterületén. Tevékenységi köre magába foglalja kereskedelmi és szabadidős célú hajók, alumínium csónakok, kikötők, pontonok és speciális úszóművek építését, átalakítását, tervezését és javítását a kis folyami átkelőhajóktól az 1000 személyes rendezvényhajókig, az egyszerű napozóstegektől a 200 tonnás úszódarukig. Kiváló szakembereinek és technológiai felké-

szültségének köszönhetően a TÜV Rheinland által auditált, ISO 9001 szabvány szerinti minőségbiztosítási rendszert működtet a hajóipari tevékenység teljes skáláját lefedve.

A Társaság hangsúlyozza továbbá, hogy a vízi közlekedéssel kapcsolatos nagyratörő ambíciók megvalósításához elengedhetetlen, hogy az elkövetkező években sokkal nagyobb figyelmet kapjanak a hajóipari kutatások, fejlesztések és innovációs törekvések. Jelentős volumenű és célzott beruházásokra van szükség a magyar hajóiparban a jelenkori és jövőbeli környezetvédelmi kihívások megfelelő kezeléséhez és az átalakuló nemzetközi piaci igényekre való reagálásához.

2. FOGYASZTÁS ÉS KIBOCSÁTÁS A HAJÓZÁSBAN

Annak érdekében, hogy az ambiciózus regionális és globális célkitűzéseken túlmutatva megfelelően alátámasszam a környezetbarát koncepciók relevanciáját, elengedhetetlen néhány szót ejteni a hajózás mögött rejlő számokról is. A nemzetközi kimutatásokat összevetve azt láthatjuk, hogy egy liter dízelolaj elégetésével átlagosan 2,5-3 kilogramm széndioxid kerül a légkörbe. Azt, hogy ez valójában mit jelent egy hajó éves üzemét nézve, az MV Ampere példája megfelelően szemlélteti (1. ábra).

Az MV Ampere a világ első elektromos kompja, Norvégiában Lavik és Oppedal között közlekedik. A hajót Rolls-Royce Azipull hajtóművek hajtják, amelyeket két 450 kW-os elektromos motor lát el tolóerővel. A lítiumion akkumulátorokat a Corvus Energy fejlesztette, az összteljesítményük 1000 kW. A kikötőkben található nagykapacitású töltőállomásokon 10 perc alatt lehet az újratöltést elvégezni. További energiaellátást a LED világítás, a napelemek és a légkondicionáló berendezés biztosítanak, ez utóbbinak hővisszanyerő rendszere is van.

1. ábra: MV Ampere jellemzői



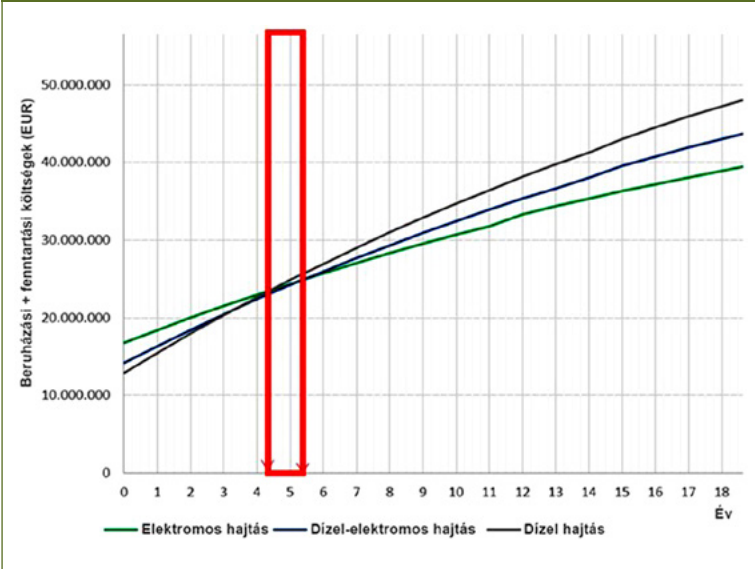
Hajótest:	80m ALU CAT
Napi menet:	34
Menettáv:	5.7 km
Menetidő:	20 perc

Az átadás óta eltelt közel tíz év üzemelési tapasztalata azt mutatja, hogy az elektromos hajtás beépítésének köszönhetően az MV Ampere által évente 1 000 000 liter gázolaj elégetése, körülbelül 2500 tonna szén-dioxid és 15 tonna nitrogén-oxid kibocsátása kerülhető el az ugyanazon útvonalon közlekedő, hasonló paraméterekkel rendelkező hagyományos kompokkal összehasonlítva.

A klímavédelmi szempontok mellett azonban a gazdasági megfontolások sem elhanyagolhatók egy ilyen jellegű fejlesztésnél. A nemzetközi tapasztalatokat összegezve [1] elkészített egy átfogó esettanulmányt, amelyben közel azonos paraméterekkel rendelkező hajókat hasonlítottak össze tisztán elektromos, dízel-elektromos hibrid, illetve hagyományos dízelhajtással. A mértékadó hajóhossz 60 méter, a szélesség 13 méter, a befogadóképesség pedig közel 200 fő és 30 személyautó.

Az adatokat összegezve kiderült, hogy habár a tanulmány megírásakor az elektromos hajtás kezdeti beruházási költségei voltak a legmagasabbak, a hagyományos belső égésű motoré pedig a legkedvezőbb, körülbelül a negyedik évtől kezdve a fenntartási költségekben rejlő eltérések következtében a mérleg átbillen, és a tisztán elektromos hajtás válik gazdasági szempontból is a legfenntarthatóbb alternatívává (2. ábra). Tekintettel arra, hogy egy hajó megépítésekor több évtizedes üzemidőre számítanak a megrendelők és a kivitelezők, láthatjuk, hogy hosszú távon minél inkább környezetbarát a hajtás, annál kedvezőbbek a fenntartási költségek.

2. ábra: E-ferry esettanulmány [1]



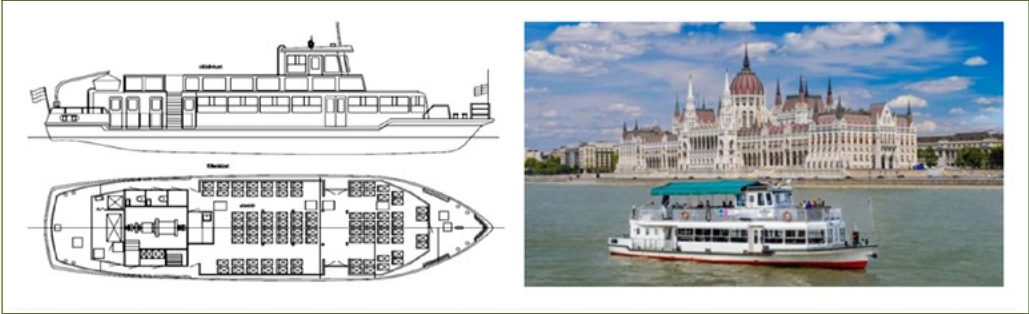
egészét. A mindennapos forgalom döntő hányadát 40 méteres vagy annál rövidebb személyhajók teszik ki, a közösségi közlekedési és turisztikai célokat is kiszolgálva. A [2] szerint elkészítettek egy esettanulmányt, amelyben az egyik legjellegzetesebb személyhajót, a BKV 100 hajótípust egy egységet vizsgáltak. A BKV 100 egy, kilenc darab motoros folyami átkelőhajókból álló flotta, amelynek egységeit 1982 és 1986 között az MHD Balatonfüredi Gyáregysége építette a BKV megrendelésére. A kutatás középpontjában a Tabán hajó állt (3. ábra).

2.1. Budapesti kontextus

Mivel a fejlesztési projekt célja Budapest, érdemes áttekinteni a fővárosi vízi közlekedés

ban a Tabán hajó állt (3. ábra). A vizsgálat időpontjában a Tabán hajó meghajtását egy 400 lóerős Doosan L126TIM

3. ábra: BKV 100-as Tabán hajó



1. táblázat: BKV 100-as Tabán hajó fogyasztása

Hegymenet				Völgymenet			
Energiaigény (kWh)	Átlag-fogy. (l/h)	Menetidő (óra)	Össz-fogy. (l)	Energiaigény (kWh)	Átlag-fogy. (l/h)	Menetidő (óra)	Össz-fogy. (l)
140,5	23,25	2	46,5	73	14,05	1,5	28,1

4. ábra: BKV 100-as Tabán hajó fogyasztása és kibocsátása





74,6 liter üzemanyag



192 kg CO₂
1,1 kg NO_x

Kopaszi-gát és Rómaifürdő között oda-, és visszaút BKV-100 hajóval

dízel főgép biztosította. A hajó mérvadó méretei pedig 23,25 méter a hosszanti főbordán, a szélesség 6,4 méter. A számítások alapján a hajó fogyasztását az 1. táblázatban szemléltetem.

Annak érdekében, hogy a fenti számok jobban mutassák a tényleges fogyasztást és a kibocsátást budapesti viszonylatban, egy korábbi BKV menetrend alapján a déli vég-

(4. ábra). Mindez tehát egy BKV 100 típusú hajó egy oda-vissza útjára vonatkozik két budapesti végállomás között.

A valós budapesti fogyasztás és kibocsátás megismerése érdekében egy korábbi, 2019-ben használt menetrend alapján elvégeztem a számításokat egy napra, illetve egy évre vonatkozóan, folyamatos menetrend szerinti közlekedést feltételezve (2. táblázat).

5. ábra: Számításokhoz használt menetrend

Északi irány
Northbound



11 ▶ Rómaifürdő



12 ▶ Margitsziget, Centenáriumi emlékmű ▶ Rómaifürdő

	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12
Kopaszi-gát – BudaPart	09:27	10:27	11:27	12:27	13:27	14:27	15:27	16:27	17:27	18:57		
Műpa – Nemzeti Színház H	09:32	10:32	11:32	12:32	13:32	14:32	15:32	16:32	17:32	19:02		
Egyetemváros – A38								16:46				
Boráros tér H (Petőfi híd)	08:15	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:52	17:45	19:15	
Szent Gellért tér – Műgyűtem M (Szabadság híd)	08:23	09:53	10:53	11:53	12:53	13:53	14:53	15:53	17:00	17:53	19:23	
Petőfi tér (Erzsébet híd)	08:32	10:02	11:02	12:02	13:02	14:02	15:02	16:02	17:09	18:02	19:32	
Várkert Bazár	08:36	10:06	11:06	12:06	13:06	14:06	15:06	16:06		18:06	19:36	
Batthyány tér M+H	08:46	09:16	10:16	11:16	12:16	13:16	14:16	15:16	16:16	17:19	18:16	19:46
Kossuth Lajos tér M	08:51	09:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:24	18:21	19:51
Jászai Mari tér (Margit híd)	09:02	09:32	10:32	11:32	12:32	13:32	14:32	15:32	16:32	17:35	18:32	20:00
Margitsziget, Centenárium emlékmű	09:06	09:36	10:36	11:36	12:36	13:36	14:36	15:36	16:36		18:36	
Margitsziget, szállodák												
Népfürdő utca (Árpád híd)	09:20	10:50	11:50	12:50	13:50	14:50	15:50	16:50	17:51	18:49		
Meder utca										18:03		
Újpest, Árpád út										18:17		
Óbudai-sziget	09:32	11:02	12:02	13:02	14:02	15:02	16:02	17:02	18:36			
Rómaifürdő	09:50	11:20	12:20	13:20	14:20	15:20	16:20	17:20	18:54			

A menetrendből kiolvasható, hogy egy nap 12 indulás történt, ami 12 kör megtételének felel meg. Egyes esetekben a hajók nem teljes kört tettek meg, a számítások egyszerűsítése érdekében azonban teljes körnek tekintettem ezeket az alkalmakat is. Az éves fogyasztás és kibocsátás durva becsléséhez a napi fogyasztást szoroztam meg az év napjaival. A számítások eredménye megmutatja, hogy BKV 100-as hajókkal közlekedve a fenti menetrend egész éves üzemeltetése több mint 325 000 liter üzemanyag elégetésével, több mint 840 tonna CO₂ és közel 5 tonna NO_x kibocsátásával jár (2. táblázat).

2. táblázat: BKV 100 típusú hajók fogyasztása és kibocsátása menetrend alapján			
	Fogyasztás (l)	CO ₂ kibocsátás (kg)	NO _x kibocsátás (kg)
Egy kör	74,6	192	1,1
Egy nap	895,2	2 304	13,2
Egy év	326 748	840 960	4 818

Hajóipari szempontból három lehetőség merül fel a fogyasztás és a kibocsátás csökkentésére. Megoldást jelenthet egyrészt új elektromos személyhajók építése és közlekedtetése, amelyek kibocsátásmentesek ugyan, de jelentős parti infrastruktúra-fejlesztést igényelnek, másrészt a meglévő hajók átalakítása dízel-elektromos hibrid hajtásúvá, ami egy praktikus átmenet lehet a tisztán elektromos hajózás felé, harmadrészt pedig a hidrogén technológia alkalmazása a hajtásrendszerben. A tisztán elektromos hajtás alkalmazása kihívást jelent a töltőállomások hiánya miatt, de hosszú távon gazdaságilag és környezetvédelmi szempontból is fenntartható megoldás. A hidrogénhajtás a technológia újdonsága miatt a legköltségesebb lehetőség, és az

infrastruktúra is hiányzik az üzemeltetéséhez. A hibrid megoldás azonban költséghatékonyabb, mivel a meglévő infrastruktúrát kihasználja, azonban mindössze mérsékelt kibocsátáscsökkentést eredményez.

3. ÚJ ELEKTROMOS HAJÓ GYÁRTÁSA

Annak érdekében, hogy jelentős mértékben hozzájáruljon az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez és a klímaváltozás problémájának mihamarabbi megoldásához, a HES-TDL Kft. megalkotta az elektromos prototípus koncepcióját közösségi közlekedésre és turisztikai felhasználásra. A prototípus jelentős előrelépést jelenthet a fenntartható és környezetbarát közlekedés irányába a Dunán, ami nagy hatással lehet a környezetre és az emberek életminőségére.

A saját fejlesztésű prototípus mindamellett, hogy biztonságos és fenntartható alternatívát kínál a vízi közlekedésben, nemzetközi szinten is egyedülálló technológiai eredményt jelent. A gyártási tervek alapján a hajó bármikor újra megépíthető, a tervek módosításával pedig szabadon, egyedi igények mentén alakítható a koncepció. A projekt eredményeként születő újítás piaci potenciálját egyrészt az újíépítésű hajók iránti növekedő igény, másrészt pedig az előregedő magyar járműpark támasztja alá.

A prototípus használata jelentős mértékben csökkentheti a városban a zaj- és a levegőszennyezést. Budapest több pontján is tapasztalható a zajszennyezés. Különösen a forgalmas rakpartokon és hidakon. Az elektromos hajók csendes üzemükkel hozzájárulhatnak

6. ábra: A prototípus oldalsó látképe



7. ábra: Az elektromos prototípus alkalmazási lehetőségei



a zajszint csökkentéséhez, így javítva a város élhetőségét és az utazás kényelmét. Emellett a károsanyag-kibocsátás elmaradása jelentős mértékben csökkenti a levegőszennyezést a városban, ami pozitív hatással van az egészségre és a környezetre egyaránt. A kibocsátás és a zajterhelés megszüntetése mellett a prototípus üzembe helyezése a közlekedési infrastruktúrát is javíthatja a fővárosban. A Duna menti közlekedés jelentős szerepet tölthetne be Budapest vérkeringésében, az elektromos hajók fejlesztése pedig további lehetőséget kínál a folyó menti közlekedési infrastruktúra modernizálására és kiterjesztésére.

Budapest életében fontos szerepet játszik a turizmus, és a prototípus üzembe helyezése ezen a téren is különösen előnyös lehet, mivel a turisták környezetbarát és csendes üzem mellett fedezhetik fel a város nevezetességeit. A környezettudatos utazók számára az elektromos hajók használata vonzó lehetőség, ami fokozza a város turisztikai vonzerejét. Tekintettel arra, hogy a prototípus egy töltéssel, – ami ugyan több órát vesz igénybe – 2,5 óra üzemidőt teljesít, a jelenleg is elérhető budapesti hajós szolgáltatások döntő többségéhez megfelelő alternatívát kínál a szolgáltatók számára (7. ábra).

3.1. Kikötők és töltőállomások

A dunai kikötők fejlesztése és az elektromos töltőállomások kialakítása fontos szerepet játszanak a fenntartható közlekedés és a környezetvédelem terén. Az elektromos hajók egyre népszerűbbek, és a környezettudatos

közlekedési megoldásokra való igény növekedése miatt a hajózásban is egyre több vállalkozás használja ezeket a járműveket. Ennek következtében a hajózási infrastruktúrának is alkalmazkodnia kell az új igényekhez. Az elektromos hajózás és a parti infrastruktúra fejlődése egymástól elválaszthatatlan folyamatok. Amíg nincs megfelelő töltőállomás, addig elektromos hajókat sem lehet gazdaságosan üzembe helyezni. Viszont az elektromos hajók hiánya nem indokolt az infrastruktúra erőteljes fejlesztése. A fejlesztés sorrendje eldöntendő kérdés, amíg nincsenek elektromos hajók a Duna budapesti szakaszán, addig a parti infrastruktúra fejlesztésére sincs megfelelő kereslet.

A fejlesztési folyamat első lépése, hogy felmérjük, mely helyszínek alkalmasak elektromos töltőállomások kialakítására. Az elektromos hajók töltése jelentős mennyiségű villamosenergiát igényel, ezért fontos, hogy a kikötők elektromos kapacitása elegendő legyen a megfelelő áramellátás biztosításához, ezért szorosan együtt kell működni a helyi áramszolgáltatóval is a szükséges kapacitás kiépítéséhez. Továbbá, a töltőállomások elhelyezése kulcsfontosságú szerepet játszik a hajózás hatékonyságának növelésében, és biztosítaniuk kell, hogy a hajók minél egyszerűbben és gyorsabban kiköthessenek és csatlakozhassanak a töltőhöz. A gondos tervezés javítani fogja a hajózás hatékonyságát és egyben csökkenti is a kikötésre fordított időt.

Budapest jelenleg nem rendelkezik vízi elektromos töltőállomással, az ideális rendszer

3. táblázat: A prototípus elektromos töltő-állomás igénye

A hajó funkciója	Töltőállomás	Töltőállomások helye	Napi menet-idő
turisztikai	1 darab	hajó kikötő-helyén	háromszor 2.5 óra
közösségi közlekedés	4 darab	végállomások és köztes kikötők	folymatos 8 óra

kiépítése pedig rengeteg építési munkálattal járna, amelyhez idő és megfelelő anyagi forrás szükséges. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy az elektromos prototípus funkciójától függően akár már egyetlen töltőállomás kialakításával is lehetővé tenné a tisztán elektromos, kibocsátásmentes üzemet (3. táblázat).

A 3. táblázatból is láthatjuk, hogy amennyiben nem menetrend szerinti közösségi közlekedés funkciót tölt be az elektromos prototípus, a turisztikai igények kielégítésére egyetlen töltőállomás is elegendő a hajó kikötési helyén. Ez lehetővé teszi, hogy köztes töltések beütemezésével a prototípus napi háromszor megtegyen egy legfeljebb két és fél órás utat. Annak érdekében, hogy modern és

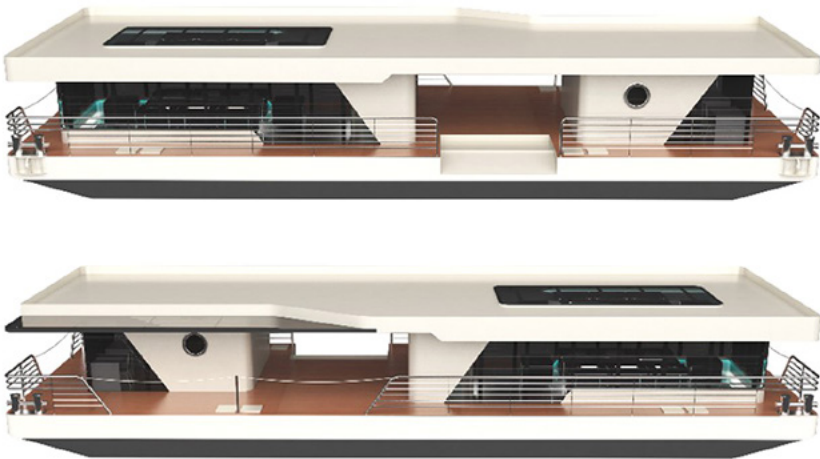
időtálló töltőállomások kerüljenek Budapestre, a HES-TDL Kft. a kikötők úszóműveinek előzetes terveit is elkészítette (8. ábra).

4. MEGLÉVŐ HAJÓK HIBRID ÁTALAKÍTÁSA

Hazai viszonylatban a kikötői infrastruktúra jelenleg nem teszi lehetővé tisztán elektromos hajók gazdaságos és fenntartható üzemeltetését, az alapvető infrastrukturális hálózat kiépítése pedig rengeteg építési munkálattal járna, amelyhez idő és megfelelő forrás is szükséges. A fejlesztésre várva egy dízel-elektromos hibrid meghajtású hajó megfelelő alternatívája lehet a jelenlegi, belső égésű motorokkal ellátott hajóknak, több tonna károsanyagtól tehermentesítve a környezetet.

A HES-TDL Kft. a BKV 100 típusú hajókra szabva elkészítette az átalakításukhoz szükséges műszaki terveket, és összeállította a beépítendő alkalmazásokat egy korszerű hibrid hajtáslánc kialakításához. A számítások alapján a BKV 100 típusú hajók dízel-elektromos hibrid átalakítása 20%-kal csökkentené az elégetett üzemanyag-mennyiséget és 15%-kal a kibocsátást, ami a dunai személyhajókat tekintve típustól függetlenül helytálló a dízel és a hibrid hajtás összehasonlítására (4. táblázat).

8. ábra: Budapesti töltőállomások látványterve



4. táblázat: BKV 100 típusú hajó kibocsátás és fogyasztás (D = dízel, HIB = hibrid)

Hajtás	Fogyasztás (l)		CO ₂ kibocsátás (kg)		NO _x kibocsátás (kg)	
	D	HIB	D	HIB	D	HIB
Egy kör	74,6	59,6	192	163	1,1	0,93
Egy nap	895,2	715	2 304	1 956	13,2	11,1
Egy év	326 748	261 340	840 960	713 940	4 818	4 052

A korábban említett vizsgálat időpontjában a Tabán hajó meghajtását egy 400 lóerős Doosan L126TIM dízel főgép biztosítja. A hibrid átalakítás során a főgép helyét átveszi egy 125 kW-os belső égésű motor, amelyhez egy 84 KW teljesítményű elektromos motor társul egy 120 kWh Li-ion akkumulátorral támogatva (9. ábra). Az átalakítás továbbra is biztosítja a hajók egész napos üzemét az eredeti sebesség megtartásával, a kibocsátás és a fogyasztás jelentős csökkentése mellett.

A hibrid üzem kapcsán fontos kiemelni, hogy habár elméleti szinten minden már meglévő hajó átalakítása lehetséges, a gyakorlat valamivel árnyaltabb képet mutat. A meglévő magyar hajópark jellemzően előregedett, a Dunán számos 50-60 éves hajó vesz részt a közlekedésben. Ezeknek a hajóknak a modernizálása és

átalakítása hibrid üzeművé jelentős költségekkel és technikai kihívásokkal járhat. Egyrészt, az ilyen hajók átalakítása nem csupán a hajtásrendszer cseréjét jelenti, hanem a teljes hajó szerkezetének és berendezésének felülvizsgálatát és módosítását is igényli, amelynek költségei és időigénye megközelíthetik egy vadonatúj hibrid hajó gyártását. Másrészt, az előregedett hajók modernizálása gyakran csak részleges megoldást jelent a környezetvédelem és fenntarthatóság szempontjából – habár a hibrid átalakítások képesek jelentős mértékben csökkenteni a kibocsátást és a fogyasztást, az előregedett hajók egyéb környezeti és üzemeltetési problémái továbbra is fennmaradnak, mint például a zajszennyezés és a hulladékkezelés.

A leírtak miatt is érdemes megfontolni a vadonatúj hibrid hajók gyártását a meglévő

9. ábra: A hibrid hajtás főgépe



hajók átalakítása helyett. Új hibrid hajók esetén lehetőség van a legújabb technológiák és tervezési elvek alkalmazására, amelyek hatékonyabb és környezetbarátabb hajókat eredményeznek. Emellett az új hajók gyártása lehetővé teszi a régi, elavult hajók kivonását a forgalomból, és hosszú távú, fenntartható megoldást kínál a magyar hajópark modernizálására és környezetvédelmi céljainak elérésére.

5. A HIDROGÉN TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA

A hidrogén hajóipari alkalmazása viszonylag új terület, de jelentős potenciállal bír a környezetvédelem és fenntarthatóság terén. Budapest kontextusában is meg kell fontolni ezt a lehetőséget, azonban számos tényezőt mérlegelni kell, mielőtt a hidrogénhajtásra való áttérés mellett döntünk. Először is, fontos megvizsgálni a hidrogénellátási infrastruktúra kiépítésének költségeit és kihívásait. Mivel még kevés helyen érhető el hidrogéntöltő állomások, ezért jelentős befektetésekre lenne szükség annak biztosítása érdekében, hogy a hajókat megfelelően elláthassák üzemanyaggal. A hidrogénhajtású hajók esetében a hidrogén előállítása, tárolása és szállítása jelentős logisztikai és pénzügyi kihívásokat jelenthet, amelyek az üzemeltetési költségekben és a hajók versenyképességében is megmutatkoznak. A Duna hajózási feltételei és a parti infrastruktúra állapota is befolyásolhatja a hidrogénhajtású hajók hatékony üzemeltetését és integrációját a városi közlekedési rendszerbe. A fővárosi hajózási stratégia kidolgozásakor ezeket a tényezőket össze kell hangolni a hosszú távú környezetvédelmi és közlekedési célokkal, hogy optimális és fenntartható döntések születhessenek a hajóflotta modernizálása terén.

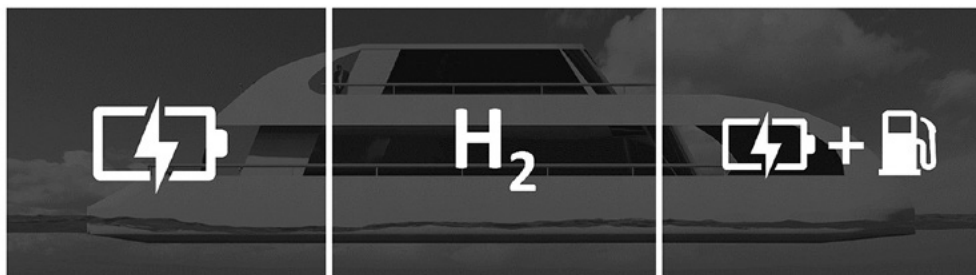
A hidrogénhajtású hajók a kezdeti kihívások mellett számos előnnyel bírnak az elektromos hajtással szemben, ezért a HES-TDL Kft. úgy alakította ki az elektromos hajó proto-

típusának terveit, hogy annak szerkezete és elrendezése különösebb módosítás nélkül képes befogadni a hidrogénhajtáslánc minden elemét (10. ábra).

A hidrogén rendszerek nagyobb energiatároló kapacitással rendelkeznek, mint az akkumulátorok, ez lehetővé teszi a hajók számára, hogy hosszabb távolságokat tegyenek meg anélkül, hogy fel kellene tölteniük az energiatároló rendszereiket. Így nagyobb hatótávolságot biztosíthatnak a hajó súlyának számottevő növekedése nélkül. A hidrogénhajtású rendszerek tehát általában könnyebbek, mint az elektromos hajtással rendelkező hajók, ami növelheti a sebességet és csökkentheti az üzemeltetési költségeket. A hidrogén üzemanyagcellás rendszerek gyorsabban újratölthetőek, mivel a hidrogén tankolása rövidebb időt vesz igénybe, mint az akkumulátorok feltöltése, ami fontos lehet a hajózás hatékonysága és mobilitása szempontjából. A hidrogénhajtású hajók nagyobb rugalmasságot és mobilitást biztosítanak, mivel a hidrogén könnyebben szállítható és tárolható, mint az elektromos energia.

Fontos megjegyezni, hogy a hidrogén számos forrásból előállítható, beleértve a megújuló energiaforrásokat is, mint például a nap- és szélenergia. Ezáltal a hidrogénhajtású rendszerek potenciálisan környezetbarátabb alternatívát jelenthetnek az elektromos hajtással szemben, ami hozzájárulhat a hajózás fenntarthatóságához és környezetvédelemhez. Végezetül, a hidrogénhajtású rendszerek kevésbé melegszenek fel üzem közben, mint az elektro-

10. ábra: A prototípusban alkalmazható hajtásrendszerek



mos rendszerek, ami csökkentheti a hajó motorhőmérsékletét és növelheti az élettartamát, ami további előnyökkel járhat a hajózás üzemeltetésében.

6. KONKLÚZIÓ

A tanulmány által vizsgált budapesti hajózási fejlesztések kulcsfontosságú megállapítása, hogy a megoldások már hazai kínálatból is rendelkezésre állnak, így valójában politikai akarat és gazdasági lehetőségek függvénye, hogy milyen mértékben valósulnak meg. A hajóflotta modernizálása és a kibocsátás szabályozásának javítása által Budapest jelentős lépéseket tehet a környezetvédelem és fenntarthatóság felé. A három fő fejlesztési lehetőség a hajóipar szempontjából: 1- új elektromos személyhajók építése, 2 - a meglévő hajók átalakítása dízel-elektromos hibrid hajtásúvá, 3 - a hidrogén technológia alkalmazása a hajtásrendszerben.

A technológia rendelkezésre áll mindhárom megoldás terén, sőt, a HES-TDL Kft. jóvoltából hazai kínálat is elérhető. Emellett azonban jelentős különbségek mutatkoznak a fejlesztési lehetőségek közötti költségekben.

Összességében megállapítható, hogy bár mindegyik megoldás hozzájárulhat a környezetvédelemhez és fenntarthatósághoz. Az alkalmazott technológia, a fejlesztési költségek és a környezetvédelmi szempontok mind fontos tényezők a döntéshozatalban. Minél környezetbarátabb a hajtás, annál magasabbak lesznek a fejlesztési költségek.

A dízel-elektromos, hibrid hajtású hajók esetében az alapvető infrastruktúra már rendelkezésre áll, mert ezek a hajók a már meglévő dízelüzemű hajókra épülnek. Ezáltal a fejlesztési költségek viszonylag alacsonyak lesznek, mivel a meglévő hajók átalakítása nem igényel teljesen új tervezést és gyártást. Emellett a hibrid megoldások általában gazdaságosabbak, mivel a hagyományos dízelüzemű hajók és az elektromos hajtás közötti átmenetet jelentik.

Az elektromos hajtású hajók fejlesztése nagyobb költségekkel jár a jelentős infrastruktúra-fejlesztések miatt, ideértve a töltőállomások létesítését és a parti hálózati kapacitás bővítését. Emellett az elektromos hajtású hajók speciális akkumulátorokat és elektromos rendszereket igényelnek, amelyek gyártása és beépítése nagyobb kiadásokat jelent.

A hidrogén hajtású hajók fejlesztése hordozza a legnagyobb költségeket a technológia újdonsága és a hidrogéninfrastruktúra kiépítésének költségei miatt. A hidrogén előállítása, tárolása és szállítása jelentős logisztikai és pénzügyi kihívásokat jelent, ami növeli a fejlesztési költségeket. Emellett a hidrogénhajtású hajók speciális üzemanyagcellákat és rendszereket igényelnek, amelyek további költségeket jelentenek a fejlesztés során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kortsari, A., Mitropoulos, L., Heinemann, T., Mikkelsen, H. H.: E-Ferry Project. Prototype and full-scale demonstration of next-generation 100% electrically powered ferry for passengers and vehicles, <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5cfbf7f6f&appId=PPGMS> (2020.05.28.)
- [2] Zalacko R., Zöldy M., Simongáti Gy.: Comparison of alternative propulsion systems. A case study of a passenger ship used in public transport. Brodogradnja/ Shipbuilding/Open access 2021/72 1-18 DOI: <https://doi.org/kj2b>



Greener ships for cleaner air in Budapest

With the modernization of the fleet and the regulation of emissions on the Danube, Budapest can take significant steps towards environmental protection and sustainability. From the perspective of the shipbuilding industry, three possibilities emerge for development: firstly, the construction of new electric passenger ships, which are emission-free but require significant infrastructure development; secondly, the conversion of existing ships into diesel-electric hybrid propulsion, which could serve as a practical transition towards emission-free navigation; and thirdly, the application of hydrogen technology in the propulsion system. The article examines all three possibilities, highlighting their environmental and economic impacts, and provides concrete recommendations from the Hungarian shipbuilding offering. The choice must be a compromise between sustainability and economic rationality, taking into account successful examples from other cities and the broader context of the modernization.



Flottenentwicklungsstra- tegien für eine umwelt- freundlichere Schifffahrt in Budapest

Durch die Modernisierung der Schiffsflotte und die Regulierung der Emissionen auf der Donau kann Budapest wichtige Schritte in Richtung Umweltschutz und Nachhaltigkeit unternehmen. Aus der Sicht der Schifffahrtsindustrie gibt es drei Entwicklungsoptionen: erstens der Bau neuer elektrischer Passagierschiffe, die emissionsfrei sind, aber einen erheblichen Ausbau der Küsteninfrastruktur erfordern; zweitens die Umrüstung bestehender Schiffe auf dieselektrischen Hybridantrieb, die einen sinnvollen Übergang zur emissionsfreien Schifffahrt darstellen könnten, und drittens die Anwendung von Wasserstofftechnologie im Antriebssystem. In diesem Artikel werden alle drei Optionen untersucht, die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen hervorgehoben und konkrete Vorschläge aus dem Angebot der ungarischen Schifffahrtsindustrie vorgestellt.

