

A járművásárlást támogató online költségkalkulátor fejlesztése Development of online cost calculator aiding vehicle purchase

CSONKA B.¹, CS. CSISZÁR CS.², FÖLDES D.³

Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.,
csonka.balint@kjk.bme.hu,

Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.,
csiszar.csaba@kjk.bme.hu,

Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.,
foldes.david@kjk.bme.hu

Absztrakt

A hagyományos üzemanyaggal működő járműflotta fokozatos lecserélése alternatív energiaforrásokkal működő járművekre jelentős lépés a közlekedési rendszerek fenntartható fejlesztése és a hatékony energiagazdálkodás irányába. A kutatásunk során megvizsgáltuk a magyarországi jellemzőket és sajátosságokat; különös figyelmet fordítva a megújuló energiaforrások alkalmazhatóságára. A közúti elektromobilitási rendszert az energiatermelés, a járműállomány, a töltőinfrastruktúra és az üzemeltetési jellemzők szerint elemeztük. Megállapítottuk, hogy a plug-in hibrid járművek (PHEV) kezdeti nagyobb aránya fokozatosan csökken a tisztán elektromos járművekkel (BEV) szemben. Megvizsgáltuk és összehasonlítottuk az online magyar és angol nyelven elérhető elektromos jármű költségkalkulátorokat. Megállapítottuk, hogy hiányzik a járműhasználati szokások alapján a megfelelő hajtás típus kiválasztását támogató funkció. Kidolgoztunk egy hagyományos, hibrid és tisztán elektromos hajtás típusokat értékelő eljárást, ami a fő tudományos újszerűsége a cikknek. A funkciót beépítettük egy új, magyar nyelvű költségkalkulátor alkalmazásba, ami jelentősen hozzájárulhat az elektromobilitás hazai elterjedéséhez.

Kulcsszavak: elektromos járművek, járműbeszerzés, üzemeltetés, töltőállomások, döntéstámogatás

Abstract.

Replacing conventional vehicles by vehicles that operated with alternative energy sources is a significant step towards sustainable development of transport systems and efficient energy management. In our research, Hungarian characteristics and peculiarities are analysed; special focus is given to the applicability of renewable energy sources. The road electromobility system has been analysed according to energy production, vehicle stock, charging facility and operational aspects. We found that initial higher share of plug-in hybrid vehicles (PHEV) is gradually decreasing against that of pure battery electric vehicles (BEV). We investigated and compared electric vehicle cost calculators

¹ ORCID azonosító: <https://orcid.org/0000-0002-4976-8294>

² ORCID azonosító: <https://orcid.org/0000-0002-4677-3733>

³ ORCID azonosító: <https://orcid.org/0000-0003-4352-8166>



available online in English or Hungarian. We found that applications lack a drivetrain fitness evaluation method based on vehicle use. Accordingly, we have elaborated a conventional, hybrid and pure electric drivetrain type evaluation method, which is the main scientific contribution of the paper. The function was integrated into a new online cost calculator method in Hungarian, that may contribute to the spread of electric vehicles in Hungary.

Keywords: electric vehicles (EVs), vehicle purchase, operation, charging facility, decision support

JEL Kód: L92, L98, O18, O33, R48

Bevezetés, témafelvetés

Az elektromos járművek üzemeltetésének célja az erőforrásokkal való takarékoskodás és a károsanyagkibocsátás csökkentése. A fenntarthatósági, társadalmi, gazdasági, környezeti szempontok alapján meghatározott célkitűzések visszahatnak a technológiai fejlesztésekre. A technológiai fejlesztések elsősorban a munkaerő-, az energia-, a tér-, és az időfelhasználás csökkentését célozzák. E céloknak megfelelő legfontosabb fejlődési irányok a közúti közlekedésben az alternatív meghajtási módok alkalmazása és a folyamatok automatizálása.

Az alternatív meghajtási módok közül elsősorban az elektromobilitás térnyerése fokozódik. A kötöttpályás eszközöket követően a személygépkocsik és az autóbuszok körében intenzív az elektromos meghajtás arányának növekedése. Továbbá számos mikromobilitási és áruszállító eszköz is elektromos meghajtásúvá válik. A városi közlekedésben egyre nagyobb arányban várható az elektromos meghajtású járművek elterjedése, mely különböző ösztönzők és előírások bevezetésével fokozható (pl. taxi és autóbuszflotta járműcsere). Az elektromos jármű a villamosenergia rendszer szempontjából egy mozgó energiatároló, amivel a terhelés ingadozás mérsékelhető. A töltési terv optimalizálást támogató, a villamosenergia-hálózat és a jármű közötti kétirányú energiaáramot figyelembe vevő megoldások alkalmazásával az elektromos járművek nem csupán közlekedési eszközök, hanem a villamos-hálózat aktív tagjaivá válhatnak.

A cikk szerkezete a következő: az 1. fejezet irodalmi áttekintését követően a közúti elektromobilitás magyarországi jellemzőit ismertetjük a 2. fejezetben. A 3. fejezetben az online publikusan elérhető elektromos autó költségkalkulátorokat értékeltük és hasonlítottuk össze. A 4. fejezetben kidolgoztuk a hajtás típusok jóságát értékelő módszertant, az 5. fejezetben pedig alkalmaztuk azt eltérő járműhasználati profilokra. A cikket az összefoglaló megállapításokkal zárjuk. A bemutatott elemzések és fejlesztések során a személygépjárműveket vettük figyelembe.

Az Európai Unió célkitűzései szerint 2030-ra közel 30 millió zéró emissziós jármű lesz, továbbá 2050-re majdnem az összes gépjármű, köztük autók, furgonok, buszok és még az új nehéztehergépjárművek is zéró emissziósok lesznek. A célok elérése érdekében az EU támogatja az innovatív technológiák fejlesztését, és ösztönző intézkedéseket hoz a zéró kibocsátású járművek iránti kereslet növeléséhez (IEA, 2020). Ezzel párhuzamosan korlátozásokat vezetnek be a belső égésű motoros autókra. Németországban számos városban, például Berlinben, Hamburgban és Stuttgartban kitiltják az EURO-5 szabványnak nem megfelelő dízeljárműveket (Blaue-Plakette, 2022). Hasonlóképpen, Brüsszel 2030-ra betiltja a dízelmotoros, 2035-ig pedig a benzines autókat (Quartz, 2022).

A szakirodalomban számos cikk foglalkozott az egyes országok elektromobilitási stratégiáival. Norvégiában például az elektromos járművek sikerének fő forrásaként az ösztönzőket nevezték meg (Holtsmark – Skonhoft, 2014). Hollandiában interjúkat készítettek az elektromobilitási rendszer szereplőivel (Bakker et al., 2014). Az érintettek képviselői többek között a támogató politika fontosságára hívták fel a figyelmet a tömegpiac nélküli elektromobilitás korai szakaszában. A fogyasztók elfogadó attitűdje, a technológiai fejlődés és az ösztönzők a legmeghatározóbb tényezők az elektromobilitás terjedésében (Slusarczyk, 2020). A legnépszerűbb ösztönzők az elektromos járművek vásárlásának támogatása és a népszerű helyeken történő töltési infrastruktúra fejlesztése. A norvég elektromobilitás-ösztönzőket azt követően elemezték, hogy az ország vezető szerepre tett szert az egy főre jutó elektromos járművek értékesítésében (Figenbaum et al., 2015). Megállapították, hogy az

elektromos autók akkor vonzóak az ügyfelek számára, ha a támogatások megfelelő mértékűek. Az árak várhatóan csökkenni fognak, de továbbra sem egyértelmű, hogy szükségesek-e a tartós támogatások. Ausztriában az ösztönzők hatásának felmérése érdekében modellezték a lehetséges elektromos járművek fogyasztóinak döntését (*Bahamonde-Birke – Hanappi, 2016*). Megállapították, hogy az elektromos járművek és a tömegközlekedés együttes használatát célzó támogatások, mint például az ingyenes P+R szolgáltatás és a tömegközlekedés nem befolyásolják jelentősen az elektromos járművek vásárlási hajlandóságát.

A kutatók egyetértenek abban, hogy a támogatások elősegítik az elektromos járművek terjedését, ami általában előnyös a társadalom számára (*Hirte – Tscharaktschiew, 2013*). A támogatás optimális mértékét az elektromos járművek teljes birtoklási költsége (Total Cost of Ownership = TCO) alapján határozták meg (*Shrimali, 2021*). Azt is megállapították, hogy bizonyos elektromos járműfajták nem igényelnek támogatást, illetve, hogy a közvetlen vásárlási támogatások a leghatékonyabbak. Hasonlóképpen, a közvetlen ösztönzőket is fontosnak találták, mivel bár sok az ösztönző mégis az elektromos járművek eladása még mindig alacsony (*Sendek-Matysiak – Losiewicz, 2021*). Egy nemzetközi szakértői felmérés alapján megállapították, hogy a töltési infrastruktúra fejlesztése és a parkolással kapcsolatos ösztönzők segítik leginkább az új elektromos járművek elterjedését, ezzel szemben a legkevésbé hatékonyak az elektromos járműmegosztó szolgáltatások és a pilot projektek (*Vanhaverbeke – Van Sloten, 2018*). A töltés-menedzsmentre összpontosító ösztönzőket elemezve megállapították (*Kacperski – Kutzner, 2020*), hogy ezek az ösztönzők segítenek mérsékelni a töltés elektromos hálózatra gyakorolt negatív hatását. A pénzübeli és a jelképes ösztönzők is hatékonyan befolyásolják a töltési szokásokat.

1. A közúti elektromobilitás helyzete Magyarországon

Az elemzésünk során a fő adatforrásunk a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) volt. A további adatforrásokat a szövegben jelöljük.

Az elektromos járművek gyors terjedését több globális trend egyidejű hatása magyarázza. Magyarország a világ fejlett ipari országainak azon csoportjába tartozik, amelyek közvetlenül érzékelték ezeket a tendenciákat, és éppen ezért csatlakozott a vonatkozó nemzetközi kötelezettségvállalásokhoz. A fő tendenciák a következők:

- Az EU által 2021 júliusában közzétett „Fit for 55 Package” intézkedési terve alapján azt tervezi, hogy 2030-ig legalább 55%-kal csökkenti a kibocsátást az 1990-es szinthez képest, és 2050-re a világ első klímasemleges kontinensévé kíván válni (*ACEA, 2022*).
- A járművek hajtásláncának fejlesztései a hibrid és a tisztán akkumulátoros elektromos technológiákra helyezik a hangsúlyt.
- Az elektromos járművek terjedését az energiatárolási technológiák (különösen a lítium-ion alapú technológiák) fejlődése segíti elő. Ennek megfelelően nő az energiasűrűség és a kapacitás, csökken a *költség/kWh* mutató.
- Az elektromos járművek teljes életciklus-költsége továbbra is magasabb, mint a belső égésű társaiké. Azonban, 2026-2030 körül egyenlő, majd alacsonyabb szint várható (*ITM, 2019*).
- Az elektromos járművek elterjedése gyors, azonban nem akkora mértékű, mint amire számítottak. Ennek ellenére a fejlődés üteme a magyarországi elektromos járművek számát tekintve kiemelkedő a közép-európai régióban.
- 2030-ig mérsékelt elektromos járműszám felfutás várható, amikor az elektromos járművek részaránya eléri a 10%-ot. Jelentősebb elterjedés 2030 után várható (*ACEA, 2022*).
- Az elektromos járművek alkalmazására irányuló törekvésnek az alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamosenergia-termelés növekedésével kell párosulnia.
- Minden töltőberendezés-típus esetében fokozatos a növekedés. A töltési infrastruktúra fejlettsége azonban a közép-európai régióban csak átlagos vagy kissé elmaradott.
- A következő évtizedekben a töltők nagy részét otthon fogják telepíteni (kb. 75%); a fennmaradó részt pedig munkahelyeken vagy közterületeken. Az elektromos járművek fokozottabb elterjedéséhez a közepes és alacsony jövedelmű, városi háztartások esetében, ahol nincs otthoni töltési lehetőség, jelentős nyilvános töltési infrastruktúra szükséges (*Falchetta – Noussan, 2021*).

A közúti elektromobilitás magyarországi mutatószámait az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: A közúti elektromobilitás magyarországi mutatószámai
Table 1.: Electromobility indicators in Hungary

Adatcsoport	Megnevezés	Érték
Földrajzi, népességi, gazdasági adatok	Terület [km ²]	93 030
	Népesség [fő] (2022)	9 689 000
	Népsűrűség [fő/km ²]	104
	Bruttó hazai termék (GDP) [USD/fő] (2021)	18 528
Jármű-állomány	A személygépjárművek száma (2021)	4 013 000
	Motorizációs fok [járműszám/1000 fő]	414
	Elektromos járművek száma (2021)	42 641
	Elektromos járművek aránya [%] (2021)	1.06
	Elektromos jármű évenkénti átlagos futásteljesítménye [km]	16 000
Járműpiac	Új személygépkocsik száma 2021-ben	121 940
	Új elektromos járművek száma 2021-ben	8 548
	Elektromos járművek eladási részaránya 2021-ben [%]	7.01
	Az elektromos járművek várható eladási részaránya 2030-ban [%]	40 (EU)
	Elektromos jármű 'érettségi' mutatószám [új elektromos járművek száma/1000 fő] (2021)	0.88
Energia-termelés	Megújuló energiaforrások részaránya [%] (2020)	10
	Fosszilis energiaforrások részaránya [%] (2020)	40
	Nukleáris energia részaránya [%] (2020)	50
Töltő-infrastruktúra	A közterületi töltőpontok száma (2022)	1627
	DC gyorsöltők aránya [%] (2022)	22
	Ultragyors töltők száma (>75 kW)	19
	Közterületi töltőpontok rendelkezésre állása [elektromos járművek száma/közterületi töltőpontok száma] (2022)	26.2
Villamos-energia díjak	Otthoni töltés energia ára [USD/kWh]	0.12
	AC normál töltőnél energiaár (<22 kW) [USD/kWh]	0.29-0.31
	DC normál töltőnél energiaár (<22 kW) [USD/kWh]	0.35-0.45
	AC/DC gyors töltőnél időalapú töltési díj (>70 kW) [USD/min]	0.23
	AC/DC gyors töltőnél energiaár (>70 kW) [USD/kWh]	0.35
	Az ingyenes töltőpontok száma	253
Energia-felhasználás	Tisztán elektromos járművek (BEV) átlagos energiafogyasztása [kWh/100 km] (2022)	17
	Plug-in hibrid járművek (PHEV) átlagos energiafogyasztása [kWh/100 km] (2022)	10.2
	Elektromos járművek éves energiafogyasztása* [GWh]	90
Kibocsátás	A CO ₂ kibocsátáson belül a közlekedés részaránya [%]	22 (EU)

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal (KSH), Mobiliti (mobiliti.hu), MOL Plugee (molplugee.hu),

Az Európában gyártott és értékesített új elektromos járművek aránya minden járműtípus esetében növekszik (IEA, 2020). A hagyományos autók értékesítésének aránya 2030-ig csökken, leginkább a növekvő mild-hibrid autóeladások miatt. Az elektromos járművek értékesítésének jelentős növekedése várható 2030-ra: az eladott járművek 53%-a tölthető lesz (34% BEV és 19% PHEV), ezzel szemben csak 18%-a lesz a hagyományos (elektromotor nélküli) hajtásrendszerű járművek részaránya.

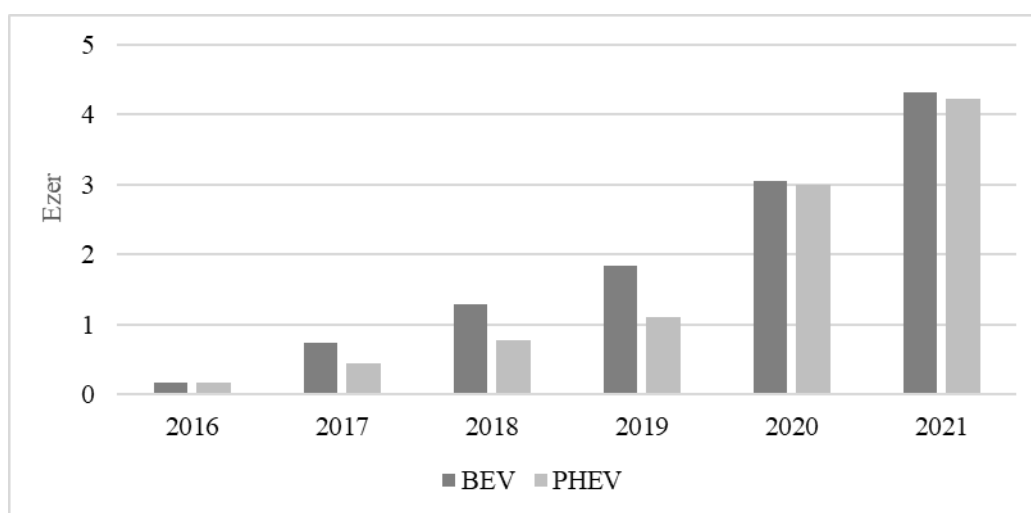
Az első Magyarországon előállított elektromos autót a Mercedes-Benz 2021.10.22-én gyártotta Kecskeméti üzemében. Így a Magyarországon gyártott elektromos járművek száma még nem jelentős. Egyre több beszállító vesz részt azonban a teljes értéktermelési láncban. Az akkumulátorok fejlesztése és gyártása tekintetében (főleg koreai cégek, például a gödi Samsung beruházásai révén) jelentős fejlesztéseket végeztek és fognak végezni az elkövetkező években is. A járműállomány nagyságát a 2. táblázat tartalmazza. Az eladott elektromos járművek számát 2017 és 2021 között pedig az 1. ábra mutatja.

2. táblázat: Járműállomány Magyarországon 2017 és 2021 között
Table 2.: Vehicle stock in Hungary between 2017 and 2021

	2017	2018	2019	2020	2021
Személygépjárművek száma (millió)	3.5	3.6	3.8	3.9	4
Elektromos járművek száma*	4 542	9 858	16 720	27 123	42 641
Elektromos járművek részaránya [%]	0.13	0.27	0.44	0.69	1.06

* zöldrendszámos járművek

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal (KSH)



1. ábra: Évenként értékesített új, tisztán elektromos járművek (BEV) és plug-in hibrid járművek (PHEV) száma Magyarországon 2016 és 2021 között

Figure 1.: Annual number of sold new BEVs and PHEVs in Hungary between 2016 and 2021

Forrás: ACEA - European Automobile Manufacturers' Association <https://www.acea.auto/>

Magyarországon jelentős az elektromos járművek állományának éves növekedése; azonban a növekedés üteme lassul. A BEV-k és PHEV-k aránya nem változik jelentősen. Az elektromos járművek 43 %-a Budapesten, 57 %-a pedig vidéken van nyilvántartva.

Az elektromos járművek vásárlásához nyújtott támogatások itthon június 15-től érhetőek el. A rendelet alapján 32 000 € bruttó árig 7 350 €, 32 000 és 44 000 € közötti ár esetén 1 500 € támogatás jár.

2. Anyag és módszer

Az interneten számos költségkalkulátor elérhető, amelyek segítik az elektromos jármű választását. A kalkulátorok kereséséhez az *electric car calculator*, valamint az *elektromos autó kalkulátor* kifejezéseket és a Google keresőt használtuk. Angol nyelven elérhető kalkulátorokból többet találtunk. Feltételeztük, hogy a leggyakrabban használt kalkulátorok az első 7 releváns találatban benne vannak, így ezeket vizsgáltuk meg részletesebben. Magyar nyelvű költségkalkulátort, ami kifejezetten az elektromos jármű vásárlás előtti döntést segíti, nem találtunk. A keresést 2022. június 24-én végeztük el. A vizsgált alkalmazásokat Abc sorrendben mutatjuk be.

2.1. Alternative fuels data center

Az alkalmazás előnye, hogy figyelembe veszi a beszerzés, karbantartás, fenntartás és energiafogyasztás költségét, valamint a kiterjedt adatbázis, ami tartalmazza a hagyományos, hibrid és tisztán elektromos járművek energiafogyasztását és beszerzési költségét. A járműhasználatot a napi használatra, valamint egyéb utazásokra bontották. Mindkettőnél meg lehet adni a futásteljesítményt és az autópálya-használat részarányát %-ban. További előny, hogy egyedi járműveket is meg lehet adni,

és a tölthető hibrid járműveknél a hatótáv alapján számítja az elektromos és hagyományos hajtás részarányát. Az alkalmazás hátránya, hogy bár sok paramétert figyelembe vesz, ezek jelentős része nem módosítható. Például az alkalmazás feltételezi, hogy a beszerzési összeg adott mértékét hitelből fedezi a vásárló.

Kiemelendő, hogy meg van nevezve az adatok frissítéséért felelős, publikus a számítási módszer és az adatok forrása is (Alternative Fuels Data Center, 2023).

2.2. BC Hydro

Az alkalmazással tölthető hibrid és tisztán elektromos meghajtású járművek energia költsége számítható. A felhasználó 3 járműméret (compact, mid-size és SUV) és költség kategória közül választhat. Az éves futásteljesítmény megadásánál nincs lehetőség útkategóriák szerinti adatbevitelre. A járműméret és ár kategória szerinti szűrésnek megfelelő előre rögzített járművek közül választhat a felhasználó, amelyekre kattintva megtudhatja, hogy éves szinten várhatóan mennyivel csökken az energia költsége egy hagyományos járműhöz hasonlítva. A módszer előnye, hogy egyszerűen használható és számos elektromos járműtípus megtalálható az adatbázisban. A hátrány, hogy egyedi járművet nem lehet megadni, járművek összehasonlítására nincs lehetőség, hagyományos járművet nem tartalmaz az adatbázis, továbbá nincs információ arról, hogy milyen járműhöz hasonlítva és milyen paraméterek alapján számítja a költségmegtakarítást (BC Hydro, 2023).

2.3. ChargeEV

Futásteljesítménynél egyedül a hétközben és hétvégén átlagosan megtett távolságot lehet megadni. Útkategóriák helyett átlagos fogyasztást, töltőállomás kategóriák helyett átlagos töltési költséget lehet megadni. Hagyományos és tisztán elektromos autók összehasonlítását támogatja. Az egyszerűsített számítás hátrányt jelent, ennek megfelelően a bemenő értékek megadása kevés időt vesz igénybe (ChargeEV, 2023).

2.4. ChooseEV

Az alkalmazással az energiafogyasztás költsége határozható meg tisztán elektromos, hagyományos és nem tölthető hibrid járművek esetén. Az alkalmazás hátránya, hogy egyéb költségelemeket és környezetvédelmi jellemzőket nem vesz figyelembe. Továbbá hátrány, hogy tölthető hibrid járművek fogyasztása nem számítható és egyszerre egy hagyományos és egy elektromos jármű hasonlítható össze. Az alkalmazás jelentős egyszerűsítéseket tartalmaz. Nem tesz különbséget útkategóriák és töltési pontok között, vagyis átlagos ár és fogyasztás adható meg. Az alkalmazás előnye, hogy az egyszerűség miatt a felhasználó kevés adatbevitel után kap eredményt, továbbá számos hagyományos és elektromos jármű energiafogyasztási adatát tartalmazza, ami megkönnyíti az adatbevitelt. Az eredmény értékét viszont rontja, hogy az adatok forrása és érvényessége nincs feltüntetve (ChooseEV, 2023).

2.5. Electric Vehicle Council: EV Costs Calculator

A járműkategória, irányítószám és éves futásteljesítmény alapján számít havi költséget és éves CO₂ kibocsátást hagyományos és tisztán elektromos jármű esetén. A költségekbe beletartozik az adó, illeték, szerviz és gumibroncsok díja. A kezdeti számítás eredményének jóságát további értékek megadásával lehet fokozni. A részletes számítással figyelembe vehető:

- a hétközben, hétvégén és éves utazások alatt megtett távolság,
- a városi és nem városi utak használatának aránya,
- otthoni és munkahelyi töltés,
- otthon telepített napelem, energiatároló és dinamikus energia díjszabás.

Az alkalmazás előnye, hogy kevés adattal is ad eredményt, aminek jósága részletes értékek megadásával tovább fokozható. Hátránya, hogy csak Brit és Ausztrál irányítószám választható, hibrid

járművek értékelésére nem alkalmas, a nem energiához kötődő költség paraméterek nem módosíthatók, a járművásárlás költsége nincs megjelenítve, valamint nem tartalmaz adatot konkrét járműtípusokról (Electric Vehicle Council, 2023).

2.6. Enevergi

A számítási módszer alapvetően megegyezik az EVC oldalán találhatóval. Jelentős eltérés, hogy az összehasonlítás egyes piacon elérhető járművek kiválasztásával is elvégezhető, bár nem egyértelmű az adatok forrása és megbízhatósága. A többi hátránya megegyezik az EVC alkalmazásával (Enevergi, 2023).

2.7. Zap Map

Ugyanazt a számítási módszert használja a Go Ultra Low és a Zap Map. A módszer segítségével kizárólag előre eltárolt járműveket lehet összehasonlítani. Bár jelentős számú járműtípus megtalálható az adatbázisban, hátrányt jelent, hogy a jármű jellemzők nem módosíthatók. A járműhasználatnál nincsenek útkategóriák és töltőállomás helyszín kategóriák megkülönböztetve. Kizárólag az energiaár különbséget számítja a módszer (Zap Map, 2023).

2.8. Online kalkulátorok összegzése

Az alkalmazások legfontosabb jellemzőit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat: Online elektromos autó kalkulátorok jellemzői
Table 3.: Attributes of public electric vehicle calculators

jellemzők		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
tárolt adatok	jármű	X	X		X		X	X
	karbantartás	X					X	
	hajtás							
	használat (profil)	X						
	hitel	X						
	módszer	X						
	töltőinfrastruktúra					X	X	
hajtás	hagyományos	X		X	X	X	X	X
	hibrid	X			X			X
	plug-in hibrid	X	X					X
	elektromos	X	X	X	X	X	X	X
használat	időtartam	X				X	X	
	futásteljesítmény	X	X	X	X	X	X	X
	útkategóriák száma	2		1		2	2	1
	tetszőleges jármű	X		X	X	X	X	
költség számítás	hitel	X						
	elmaradt tőke hozam							
	amortizáció					X	X	
	adó, illeték	X				X	X	
	karbantartás	X				X	X	
	energia	X		X	X	X	X	X
	kategóriákra bontás						X	
fajlagosítás				X	X	X		
egyéb	akkumulátor degradáció							
	hatótáv degradáció							
	környezeti terhelés					X	X	

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált alkalmazások közül az 1. Alternative fuels data center veszi figyelembe a legtöbb szempontot, bár ezek jelentős része nem módosítható. Figyelembe véve a paraméterek személyre szabhatóságát, a 6. Evernergi alkalmazás a legjobb. Azonosítottuk azokat a funkciókat, amelyek hiányoznak a vizsgált alkalmazásokból és egy új alkalmazás legnagyobb újszerűsége lehet:

- hajtásrendszer adatok, amely alapján a felhasználói szokásokhoz megfelelő hajtás választható,
- járművásárlás miatt elmaradt tőkehozam számítása,
- akkumulátor és hatótáv degradáció számítása.

Bár az energiaköltség tetszőleges járműtípusokra meghatározható, a járműhasználatnak a karbantartási költséget befolyásoló jellemzőit nem veszik figyelembe. Például a dízel üzemű belsőégésű motorokat jellemzően jobban igénybe veszi a városi használatra jellemző gyakori megállás-elindulás, mint az elektromos járműveket. Így előfordulhat az a helyzet, hogy a dízel jármű költsége az előre nehezen becsülhető karbantartási költségek miatt hosszútávon magasabb lesz. Egy járműtípus esetén nehéz megbecsülni, hogy a felhasználási mód milyen mértékben befolyásolja a karbantartás költségét. Ezért egy olyan meghajtás jóságát értékelő módszert dolgoztunk ki, ami javaslatot ad a felhasználó számára.

2.9 Meghajtás jóságát értékelő módszer kidolgozása

Az értékelés során az alábbi hajtásrendszereket különböztettük meg:

- hagyományos benzin üzem,
- hagyományos dízel üzem,
- benzin-elektromos hibrid,
- benzin-elektromos tölthető hibrid,
- tisztán elektromos üzem.

A hajtásrendszereket a következő skálán értékeltük:

- kifejezetten nem ajánlott,
- kevésbé ajánlott,
- ajánlott,
- kifejezetten ajánlott.

Mivel adott felhasználási módhoz a leginkább megfelelő hajtásrendszert kerestük, ezért az értékelést relatív skálán végeztük el, ahol a leginkább megfelelő kifejezetten ajánlott, a legkevésbé megfelelő kifejezetten nem ajánlott. Az értékelés során a futásteljesítményt és az útkategóriák használati arányát vettük figyelembe, valamint az alábbi feltevéseket alkalmaztuk:

- hagyományos benzines hajtás közepes vagy alacsony futásteljesítmény és ritka városi használat esetén a legkedvezőbb,
- hagyományos dízel hajtás magas futásteljesítmény és ritka városi használat esetén a legkedvezőbb,
- benzin-elektromos hibrid hajtás közepes futásteljesítmény és gyakori városi használat esetén a legkedvezőbb,
- benzin-elektromos tölthető hibrid hajtás közepesen magas futásteljesítmény, gyakori városi használat, és minél kevesebb autópálya használat esetén a legkedvezőbb,
- tisztán elektromos hajtás magas futásteljesítmény, gyakori városi használat, és minél kevesebb nagysebességű használat esetén a legkedvezőbb.

Az értékeléshez meghatároztuk a hagyományos benzin (1), és egyéb hajtások (2) futásteljesítmény, valamint az útkategória használat (3) pontszámát.

$$q_B^M = \begin{cases} 1, & \text{ha } M < p_1 \\ \frac{p_2 - M}{p_2 - p_1}, & \text{ha } p_1 \leq M < p_2 \\ 0, & \text{ha } M \geq p_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$q_Q^M = \begin{cases} 0, & \text{ha } M < p_3 \\ \frac{M - p_3}{p_4 - p_3}, & \text{ha } p_3 \leq M < p_4 \\ 1, & \text{ha } M \geq p_4 \end{cases} \quad (2)$$

$$q^T = \frac{w_1 r_{T,S} + w_2 r_{T,M} + w_3 r_{T,L}}{100\%} \quad (3)$$

Ahol:

- q_B^M hagyományos benzin hajtású járművek futásteljesítmény pontszáma,
- M futásteljesítmény [km],
- p_i futásteljesítmény korlát paraméterek, $i \in \{1,2,3,4\}$,
- q_O^M egyéb hajtások futásteljesítmény pontszáma (hagyományos dízel, benzin-elektromos hibrid és tölthető hibrid, tisztán elektromos).
- q^T útkategória használat pontszáma,
- w_i útkategória használat paraméterek, $i \in \{1,2,3\}$,
- $r_{T,i}$ útkategória használat részaránya [%], $i \in \{S,M,L\}$. S: városi használat, M: országúti használat, L: autópálya használat.

Az összpontszám a futásteljesítmény és útkategória pontszám súlyozott összege (4).

$$q = w^M q_i^M + w^T q^T \quad (4)$$

Ahol:

- w^M futásteljesítmény pontszám súlyszáma,
- w^T útkategória használat pontszám súlyszáma,

A relatív skála alkalmazása miatt transzformáltuk a pontszámokat úgy, hogy az új értékekre igaz legyen, hogy a legkisebb 0, a legnagyobb 1 (5).

$$q' = \frac{q_i - \text{MIN}(q_i)}{\text{MAX}(q_i) - \text{MIN}(q_i)} \quad (5)$$

Ahol:

- $\text{MIN}(q_i)$ értékelt hajtások legkisebb q_i értéke,
- $\text{MAX}(q_i)$ értékelt hajtások legnagyobb q_i értéke.

A pontszám intervallumokhoz a skála értékeit rendeltük (4. táblázat).

4. táblázat: Minősítő érték kategóriák

Table 4.: Quality intervals

$0 \leq q' < 0,2$	$0,2 \leq q' < 0,6$	$0,6 \leq q' < 0,8$	$0,8 \leq q' \leq 1$
kifejezetten nem ajánlott	nem ajánlott	ajánlott	kifejezetten ajánlott

Forrás: saját szerkesztés

A hajtásrendszer jóságát értékelő módszertan elérhető a <https://zoldkerek.bme.hu/user> oldalon található szerzők által fejlesztett elektromosjármű-költségkalkulátor alkalmazásban. A költségkalkulátor összefüggéseinek részletes leírása megtalálható a Csonka et al. (2021) tanulmányban.

3. Eredmények

A módszert eltérő járműhasználati profilokra alkalmaztuk (5. táblázat). A járműhasználati profilok adatait az általunk tapasztalt jellemző járműhasználati szokások alapján határoztunk meg.

5. táblázat: Járműhasználati profilok

Table 5.: Car use profiles

	1.	2.	3.
Éves futásteljesítmény	8000 km	15000 km	20000 km
Város	30%	60%	30%
Országút	40%	30%	20%
Autópálya	30%	10%	50%

Forrás: saját szerkesztés

A számítás során alkalmazott paraméterek értékeit a 6. táblázatban foglaltuk össze. A paraméterek értéket a hajtásokra alkalmazott általános feltevések alapján határoztuk meg. A meghajtási mód

választását követi a konkrét jármű választása, ezért konkrét járműtípusokat ebben a lépésben nem vettünk figyelembe.

6. táblázat: Paraméter értékek
Table 6.: Parameter values

	p_1	p_2	p_3	p_4	w_1	w_2	w_3	w^M	w^T
Hagyományos benzin	14000	8000	-	-	0,25	0,5	0,5	1,2	1
Hagyományos dízel	-	-	14000	19000	-0,5	0,5	1		
Benzin-elektromos hibrid	-	-	7000	12000	0,75	0,25	0		
Benzin-elektromos tölthető hibrid	-	-	9500	13000	0,9	0	-0,25		
Tisztán elektromos	-	-	10000	13000	1	-0,5	-1		

Forrás: saját szerkesztés

Az eredményt a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat: Hajtás típusok értékelése
Table 7.: Drivetrain quality results

	1.	2.	3.
Hagyományos benzin	kifejezetten ajánlott	kifejezett nem ajánlott	kifejezett nem ajánlott
Hagyományos dízel	kifejezett nem ajánlott	kifejezett nem ajánlott	kifejezetten ajánlott
Benzin-elektromos hibrid	nem ajánlott	kifejezetten ajánlott	kifejezetten ajánlott
Benzin-elektromos tölthető hibrid	nem ajánlott	kifejezetten ajánlott	ajánlott
Tisztán elektromos	kifejezett nem ajánlott	kifejezetten ajánlott	nem ajánlott

Forrás: saját szerkesztés

4. Következtetések, javaslatok

Megállapítottuk, hogy a módszertan alkalmas a döntéstámogatásra és a megfelelő hajtás kiválasztására. Az eredmények alapján alacsony futásteljesítmény esetén nem érdemes tisztán elektromos járművet választani, mert a magas beszerzési árat és a gyártáshoz kapcsolódó magas károsanyagkibocsátást nem kompenzálja a használat. Az elektromos hajtás energiafogyasztása nagyobb mértékben nő a sebesség növekedésével, mint a hagyományos hajtások esetén. Ezért hagyományos vagy hibrid hajtás választása lehet a leginkább megfelelő.

A meghajtás jóságát értékelő alkalmazás használatát azok számára javasoljuk, akik alternatív meghajtási módú személyautó vásárlásán gondolkoznak. A meghajtási mód jelentősen befolyásolhatja a felhasználói elégedettséget, különösen a technológiával történő első találkozáskor. Ezért kiemelten fontos a környezetbarát járművek megjelenésekor, hogy a potenciális felhasználók minél több információ birtokában hozhassanak döntést.

Összefoglalás

Az új technológiák alkalmazásával csökken a közlekedés erőforrás-felhasználása és a környezetterhelés; továbbá, a kedvezőbb idő és térgazdálkodás következtében megtakarítások érhetők el egyéni, üzemeltetői és társadalmi vonatkozásban is. Az új technológiák fejlesztési és bevezetési fázisában különösen fontos az üzemeltetési tapasztalatok gyűjtése és megosztása, a felmerülő nehézségek azonosítása és azokra megoldási javaslatok keresése, ami a jármű- és közlekedésmérnöki tevékenység fokozott összekapcsolását és további szakterületek bevonását is igényli.

Áttekintettük a publikusan elérhető elektromos jármű választást támogató költségkalkulátorokat. Megállapítottuk, hogy nincs magyar nyelvű költségkalkulátor, és hiányzik egy hajtás típust értékelő módszer a költségkalkulátorokból. Kidolgoztunk egy hajtás jóságát értékelő módszertant, ami a futásteljesítményt és útkategória használat részarányát veszi figyelembe. Megállapítottuk, hogy alacsony futásteljesítmény és gyakori autópálya használat esetén a hagyományos hajtások a leginkább

kedvezők, míg magas futásteljesítmény és gyakori városi használat esetén az elektromos hajtás típusok.

A cikkben bemutatott elemzési és fejlesztési munkát több irányban tervezzük folytatni. A közeljövőben elsősorban az elektromos autóbuszok üzemeltetési jellemzőinek vizsgálatát, és a hatékonyságnövelést elősegítő módszerek kidolgozását tűztük ki célul.

A cikk a Magyar Nemzeti Bank és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között létrejött Együttműködés keretében és finanszírozásával készült a Zöld pénzügyek, zöld gazdaság műhelyben.

Irodalomjegyzék

- ACEA (2022): *European EV Charging Infrastructure Masterplan*. <https://www.acea.auto/publication/european-electric-vehicle-charging-infrastructure-masterplan/> 2022.04.11.
- Alternative Fuels Data Center: <https://afdc.energy.gov/calc/> 2023. 04.05.
- Bahamonde-Birke, F. J., Hanappi, T. (2016): *The potential of electromobility in Austria: Evidence from hybrid choice models under the presence of unreported information*. Transportation Research Part A, 83, pp. 30-41, DOI: 10.1016/j.tri.2015.11.002
- Bakker, S., Maat, K., van Wee, G. P. (2014): *Stakeholders interests, expectations, and strategies regarding the development and implementation of electric vehicles: The case of the Netherlands*. Transportation Research Part A, 66, pp. 52-62 DOI: 10.1016/j.tri.2014.04.018
- BC Hydro: <https://electricvehicles.bchydro.com/learn/fuel-savings-calculator> 2023.04.06.
- Blaue-Plakette (2022): <https://www.blaue-plakette.de/en/blue-environment-zones-in-germany/aachen.html> 2022.04.08.
- ChargeEVC: <https://chargevc.org/ev-calculator/> 2023.04.06.
- ChooseEV: <https://chooseev.com/savings-calculator> 2023.04.06.
- Csonka, B., Csiszár, Cs., Földes, D. (2021): *Total Cost of Ownership Model Development for Electric Cars*. 19th European Transport Congress European Green Deal Challenges and Solutions for Mobility and Logistics in Cities. ISBN 978-961-95633-0-4
- Electric Vehicle Council: <https://electricvehiclecouncil.com.au/cost-calculator/> 2023.04.06.
- Evenergi: <https://www.evenergi.com/tools/car-operating-cost-calculator/> 2023.04.06.
- Falchetta, G., Noussan, M. (2021): *Electric vehicle charging network in Europe: An accessibility and deployment trends analysis*. Transportation Research Part D, 94, 102813, DOI: 10.1016/j.trd.2021.102813
- Figenbaum, E., Assum, T., Kolbenstvedt, M. (2015): *Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities*. Research in Transportation Economics, 50, pp. 29-38, DOI: 10.1016/j.retrec.2015.06.004
- Hirte, G., Tscharaktschiew, S. (2013): *The optimal subsidy on electric vehicles in German metropolitan areas: A spatial general equilibrium analysis*. Energy Economics, 40, pp. 515-528, DOI: 10.1016/j.eneco.2013.08.001
- Holtmark, B., Skonhoft, A. (2014): *The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. should it be adopted by other countries?* Environmental Science and Policy, 42, pp. 160-168, DOI: 10.1016/j.envsci.2014.06.006
- IEA (2020): *Global EV Outlook 2021*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> 2022.02.04.
- European Commission (2021): *Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future*. <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-04/2021-mobility-strategy-and-action-plan.pdf> 2022.02.09.
- ITM (2019): *Hazai elektromobilitási stratégia. Jedlik Ányos terv 2.0* https://www.jovomobilitasa.hu/_upload/editor/Strategiak/Hazai_elektromobilitasi_strategia.pdf 2022.03.12.
- Kacperski, C., Kutzner, F. (2020): *Financial and symbolic incentives promote 'green' charging choices*. Transportation Research Part F, 69, pp. 151-158, DOI: 10.1016/j.trf.2020.01.002
- KSH: <https://www.ksh.hu/> 2022.03.01.

Mobiliti: <https://www.mobiliti.hu/> 2022.03.01.

MOL Plugée: <https://molplugee.hu/hu> 2022.03.01.

Quartz (2022): *Brussels will ban diesel cars by 2030 and gasoline cars by 2035*

<https://qz.com/2030106/brussels-will-ban-diesel-cars-by-2030-petrol-cars-by-2035/> 2022.04.08.

Sendek-Matysiak, E., Losiewicz, Z. (2021): *Analysis of the Development of the Electromobility Market in Poland in the Context of the Implemented Subsidies*. *Energies*, 14, 222, DOI: 10.3390/en14010222

Shrimali, G. (2021): *Getting to India's electric vehicle targets cost-effectively: To subsidize or not, and how?* *Energy Policy*, 156, 112384, DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112384

Slusarczyk, B. (2020): *Chapter 10 - Electromobility for sustainable transport in Poland*, In: Tvaronavičienė, M., Slusarczyk, B. (szerk) (2020): *Energy Transformation Towards Sustainability*, Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-817688-7.00010-0

Vanhaverbeke, L., Van Sloten, R. (2018): *Easy mobility incentives for electric vehicles: Best practices based on an international expert survey*. Thirteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER) 2018, pp. 1-5, DOI: 10.1109/EVER.2018.8362401

ZapMap: <https://www.zap-map.com/tools/journey-cost-calculator/> 2023.04.06.