



Az új elektromos közúti gépjárművek beszerzését támogató módszer és pilot alkalmazás kidolgozása

Készítették:

Dr. Csonka Bálint, tudományos munkatárs

Dr. habil. Csiszár Csaba, egyetemi docens

Dr. Földes Dávid, tudományos munkatárs

E-mobilitás és okos város alprojekt

Budapest, 2021

Az új elektromos közúti gépjárművek beszerzését támogató módszer és pilot alkalmazás kidolgozása¹

¹ A technikai leírás a Magyar Nemzeti Bank és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között létrejött Együttműködés keretében és finanszírozásával készült a Zöld pénzügyek, zöld gazdaság műhelyben.
The technical review was financed in the cooperation of the National Bank of Hungary and Budapest University of Technology and Economics under the Green Finance Research Project

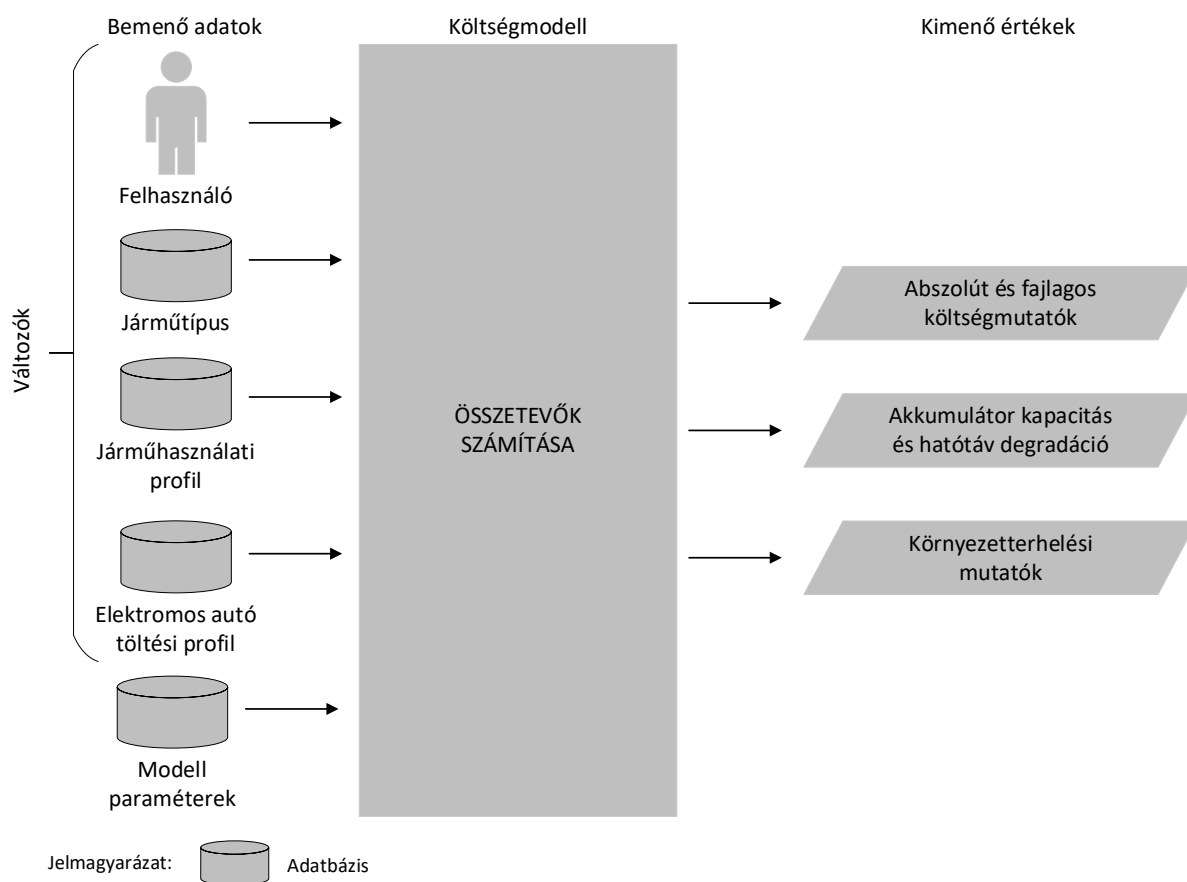
Tartalomjegyzék

ÖSSZEFOGLALÓ	4
JÁRMŰHASZNÁLAT TELJES KÖLTSÉGÉT SZÁMÍTÓ MÓDSZER	5
BEMENŐ ADATOK	6
VÁLTOZÓK.....	6
VÁLTOZÓK ALAPÉRTELMEZETT ÉRTÉKEI	9
VÁLTOZÓKRA VONATKOZÓ ÖSSZETETT KRITÉRIUMOK.....	9
JÁRMŰTÍPUS ADATBÁZIS.....	10
JÁRMŰHASZNÁLATI PROFIL ADATBÁZIS	10
ELEKTROMOS AUTÓ TÖLTÉSI PROFIL ADATBÁZIS.....	11
MODELL PARAMÉTEREK	11
KÖLTSÉGMODELL	14
ÖSSZETEVŐK SZÁMÍTÁSA	15
A SZERZŐKRŐL	20
N+3. MELLÉKLETEK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.

Összefoglaló

A hagyományos üzemanyaggal működő járműflotta fokozatos lecserélése alternatív energiaforrásokkal működő járművekre jelentős lépés a közlekedési rendszerek fenntartható fejlesztése és a hatékony energiagazdálkodás irányába. A jelenlegi technológiai fejlettség mellett az elektromos közúti gépjárművek széleskörű elterjedését többféle intézkedéssel lehet elősegíteni. A kidolgozott, a járművásárlási döntéseket támogató költségmodell és -számítási módszer, illetve az ezt magába foglaló információs alkalmazás az elektromobilitás elterjedéséhez közvetlenül és jelentős mértékben hozzájárul.

1. Járműhasználat teljes költségét számító módszer



1. ábra – Járműhasználat teljes költségét számító módszer

A felhasználói adatbevitel támogatása érdekében rögzítettük néhány jellemző járműtípust leíró változó értékét, valamint járműhasználati és elektromos autó töltési profilokat határoztunk meg. Az előre tárolt értékek beolvasása után a felhasználó szabadon módosíthatja a változók értékét.

Csak új autók költségének az értékelésével foglalkoztunk, így a regisztrációs adó mértékét nem számítottuk.

2. Bemenő adatok

A bemenő adatokat a következő csoportokba soroltuk:

- változók: értékét a felhasználó adja meg.
- modell paraméterek: értéke a felhasználó által nem módosítható.

2.1. Változók

A változók adatforrásai a következők:

- **Felhasználó:** a felhasználó minden változó értékét szabadon megváltoztathatja.
- **Járműtípusok adatbázis:** a felhasználó a járműtípus adatait leíró változók értékeit egy előre definiált listából kiválaszthatja.
- **Járműhasználati profilok adatbázis:** a felhasználó a járműhasználatot leíró változók értékeit egy előre definiált listából kiválaszthatja.
- **Elektromos autó töltési profilok:** a felhasználó az elektromos jármű töltését leíró változók értékeit egy előre definiált listából kiválaszthatja.

Mindegyik változó értéke nem negatív. Külön jelöltük, ha a változó értéke nem egész szám is lehet. A részarányt leíró változók legmagasabb értéke: 100.

A járműhasználat teljes költségének a számítását egy adott időszakra végezzük el, melynek jelölése:

T_o A jármű üzemeltetésének időtartama, maximum 15 [év].

A további bemenő adatokat csoportokba soroltuk aszerint, hogy a jármű milyen típusú költségelemének a számításához használtuk.

Járművásárláshoz kapcsolódó adatok

B Jármű akkumulátor kapacitása [kWh].

C_v Jármű vételára [Ft].

I Vásárlásnál a legmagasabb önerő, a jármű vételárától függetlenül [Ft].

P Jármű teljesítménye, zöld rendszámú jármű esetén 0 [kW].

$r_{\%}$ Elérhető éves kamat a piacon, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 2 [%]. Értéke 0, ha a felhasználó nem kívánja befektetni az önerő vételáron felüli részét.

THM Hitel THM értéke, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 2 [%].

T_{THM} A hitel futamideje [hónap].

Jármű üzemben tartásához kapcsolódó adatok

C_{CASCO}	CASCO biztosítás éves díja [Ft/év].
C_{KGB}	Kötelező gépjármű felelősségbiztosítás éves díja [Ft/év].
C_M	Tervezett karbantartás díja [Ft/alkalom].
C_{ST}	Nyári gumi garnitúra díja [Ft].
C_{WT}	Téli gumi garnitúra díja [Ft].
C_{12V}	12V feszültségű akkumulátor díja, csak belsőégésű motorral szerelt jármű esetén [Ft].
f_M	Tervezett karbantartás gyakorisága, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 2 [alkalom/év].
T_{ST}	Nyári gumi garnitúra élettartama [év].
T_{WT}	Téli gumi garnitúra élettartama [év].
T_{12V}	12V feszültségű akkumulátor élettartama [év].

Járműhasználathoz kapcsolódó adatok

C_P	Parkoláshoz kapcsolódó kiadások összege [Ft/hónap].
C_R	Úthasználathoz kapcsolódó kiadások összege [Ft/év].
M	Éves futásteljesítmény [km/év].
$r_{E,L}$	Elektromos hajtás részaránya az autópályás utazások során [%].
$r_{E,M}$	Elektromos hajtás részaránya az országúti utazások során [%].
$r_{E,S}$	Elektromos hajtás részaránya a városi utazások során [%].
$r_{T,L}$	Az autópályás utazások megtett távolság alapú részaránya [%].
$r_{T,M}$	Az országúti utazások megtett távolság alapú részaránya [%].
$r_{T,S}$	A városi utazások megtett távolság alapú részaránya [%].

Jármű energiafogyasztásához kapcsolódó adatok

$C_{E,L}$	Elektromosenergia-fogyasztás autópályán [kWh/100km].
$C_{E,M}$	Elektromosenergia-fogyasztás országúton [kWh/100km].
$C_{E,S}$	Elektromosenergia-fogyasztás városban [kWh/100km].

$C_{F,L}$	Üzemanyagfogyasztás autópályán, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 1 [liter/100km].
$C_{F,M}$	Üzemanyagfogyasztás országúton, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 1 [liter/100km].
$C_{F,S}$	Üzemanyagfogyasztás városban, értéke nem egész szám is lehet, tizedesjegyek száma: 1 [liter/100km].

Jármű töltéséhez kapcsolódó adatok

$C_{CH,H}$	Otthoni töltés díja [Ft/kWh].
$C_{CH,W}$	Munkahelyi töltés díja [Ft/kWh].
$C_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés díja [Ft/kWh].
$C_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés díja [Ft/kWh].
$C_{CH,O}$	Töltés díja egyéb fizetős helyszínen [Ft/kWh].
C_F	Üzemanyagköltség [Ft/liter].
F	Energiaforrás típusa {teljesen vagy részben benzin=1, csak elektromos áram=0, teljesen vagy részben dízel=-1}.
$r_{CH,H}$	Otthoni töltés részaránya [%].
$r_{CH,W}$	Munkahelyi töltés részaránya [%].
$r_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés részaránya [%].
$r_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés részaránya [%].
$r_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés részaránya [%].
$r_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés részaránya [%].

Jármű környezetterheléséhez kapcsolódó adatok

$e_{CH,H}$	Otthoni töltés károsanyagkibocsátása [gCO ₂ eq/kWh].
$e_{CH,W}$	Munkahelyi töltés károsanyagkibocsátása [gCO ₂ eq/kWh].
$e_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés károsanyagkibocsátása [gCO ₂ eq/kWh].
$e_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés károsanyagkibocsátása [gCO ₂ eq/kWh].

$e_{F,L}$	Károsanyagkibocsátás autópályán [gCO ₂ eq /km].
$e_{F,M}$	Károsanyagkibocsátás országúton [gCO ₂ eq /km].
$e_{F,S}$	Károsanyagkibocsátás városban [gCO ₂ eq /km].

2.2. Változók alapértelmezett értékei

Az adatbevitel támogatása érdekében alapértelmezett értékeket alkalmaztunk egyes változó esetén (1. táblázat). Az otthoni töltés díja szabályozott, értéke 37,5 Ft/kWh. A nyilvános töltés díját a saját tapasztalataink alapján becsültük. A károsanyagkibocsátásra vonatkozó értékeket az electricitymap.org weboldal adatai alapján becsültük. **Az alapértelmezett értéket a felhasználók módosíthatják.**

1. táblázat – Változók alapértelmezett értékei

Változó	Alapértelmezett érték
C_F	420
$C_{CH,H}$	37
$C_{CH,AC}$	90
$C_{CH,DC}$	120
$e_{CH,H}$	250
$e_{CH,W}$	250
$e_{CH,O}$	250
$e_{CH,FREE}$	250
$r\%$	3
THM	5,75
T_{THM}	5

2.3. Változókra vonatkozó összetett kritériumok

A változókra az alábbi összetett kritériumok vonatkoznak:

(1) Az utazások részarányát leíró értékek összege 100.

(2) A töltések részarányát leíró értékek összege 100.

$$r_{T,L} + r_{T,M} + r_{T,S} = 100 \quad (1)$$

$$r_{CH,H} + r_{CH,W} + r_{CH,AC} + r_{CH,DC} + r_{CH,O} + r_{CH,FREE} = 100 \quad (2)$$

2.4. Járműtípus adatbázis

A járműtípusonként rögzíthető értékeket két járműre a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat – Rögzített járműtípusok

Típus neve	Nissan Leaf (40kW)	BMW 118i	
B	40	0	
C _v	11 800 000	9 420 000	
P	0	100	
F	0	-1	
r _{E,L}	100	0	
r _{E,M}	100	0	
r _{E,S}	100	0	
c _{E,L}	16	0	
c _{E,M}	19	0	
c _{E,S}	23	0	
c _{F,L}	0	6,6	
c _{F,M}	0	5,7	
c _{F,S}	0	6,6	
e _{F,L}	0	151	
e _{F,M}	0	129	
e _{F,S}	0	151	

2.5. Járműhasználati profil adatbázis

A profilokat a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat – Rögzített felhasználói profilok

Profil neve	Városi közlekedő	Agglomerációs ingázó	Utazó ügynök
M	13000	19000	25000
r _{T,L}	10	25	60
r _{T,M}	10	25	20
r _{T,S}	80	50	20

2.6. Elektromos autó töltési profil adatbázis

A töltési profilokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat – Rögzített töltési profilok

Profil neve	Jellemzően otthon	Jellemzően a célállomáson	Jellemzően útközben
$r_{CH,H}$	70	0	0
$r_{CH,W}$	0	0	0
$r_{CH,AC}$	5	65	25
$r_{CH,DC}$	10	20	70
$r_{CH,O}$	0	0	0
$r_{CH,FREE}$	15	15	5

2.7. Modell paraméterek

A számítás során a következő modell paramétereket alkalmaztuk:

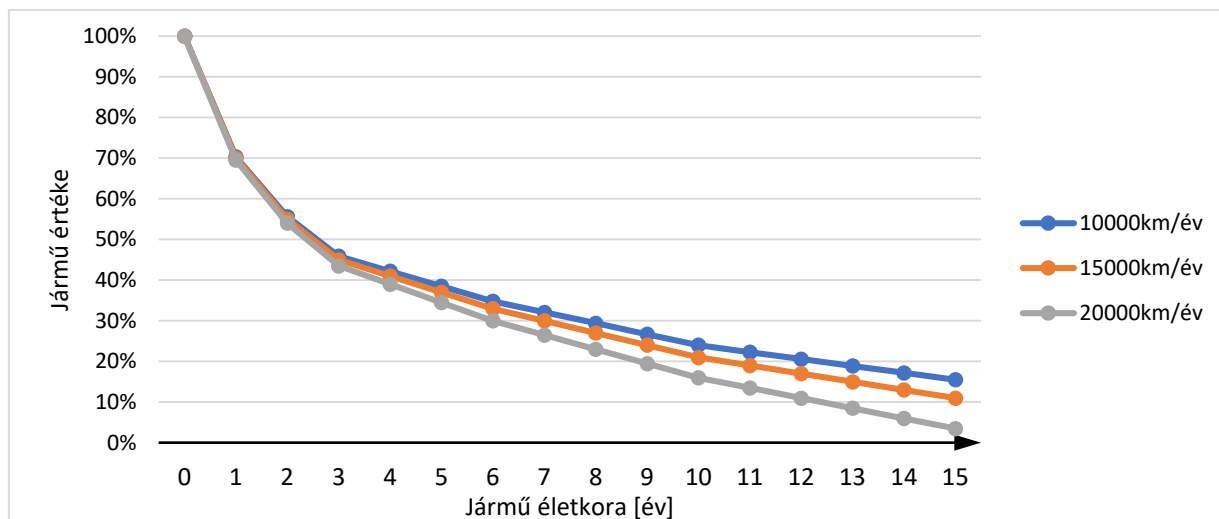
Amortizáció

- p_1 A jármű értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva az 1. évben: **30** [%].
- p_2 A jármű értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva a 2. évben: **15** [%].
- p_3 A jármű értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva a 3. évben: **10** [%].
- p_4 A jármű éves értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva a 4-6. évben: **4** [%].
- p_5 A jármű éves értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva a 7-10. évben: **3** [%].
- p_6 A jármű éves értékvesztése az újkori vételárhoz viszonyítva a 11. évtől: **2** [%].

Az értékvesztés számításához futásteljesítményre vonatkozó korrekciós paramétereket vezettünk be.

- p_7 Átlagos futásteljesítmény: **15 000** [km/év].
- p_8 Átlagosnál nagyobb teljes futásteljesítmény korrekció: **0,5** [%/5000 km].
- p_9 Átlagosnál kisebb teljes futásteljesítmény korrekció: **0,3** [%/5000 km].

A jármű értékvesztését az idő függvényében a 2. ábra mutatja be.



2. ábra – Jármű értékvesztése

Vagyonszerzési illeték

- p_{10} Új autó vagyonszerzési illetéke, ha a teljesítmény 0 és 40kW közötti: **550** [Ft/kW].
- p_{11} Új autó vagyonszerzési illetéke, ha a teljesítmény 41 és 80kW közötti: **650** [Ft/kW].
- p_{12} Új autó vagyonszerzési illetéke, ha a teljesítmény 81 és 120kW közötti: **750** [Ft/kW].
- p_{13} Új autó vagyonszerzési illetéke, ha a teljesítmény 120kW-nál nagyobb: **850** [Ft/kW].

Gépjárműadó

- p_{14} Gépjárműadó a gyártási évben és az azután következő 3 naptári évben: **345** [Ft/kW].
- p_{15} Gépjárműadó a gyártás évét követő 4-7. naptári évben: **300** [Ft/kW].
- p_{16} Gépjárműadó a gyártás évét követő 8-11. naptári évben: **230** [Ft/kW].
- p_{17} Gépjárműadó a gyártás évét követő 12-15. naptári évben: **185** [Ft/kW].
- p_{18} Gépjárműadó a gyártás évét követő 16. naptári évben, valamint az azt követő naptári években: **145** [Ft/kW].

Műszaki vizsga

- p_{19} Műszaki vizsga költsége: **16290** [Ft/alkalom].
- p_{20} Műszaki vizsga érvényessége új autó vásárlásakor: **4** [év].
- p_{21} Műszaki vizsga érvényessége a 4. év után: **2** [év].

Akkumulátor

- p_{22} Akkumulátorgyártás károsanyagkibocsátása: **120** [kg CO₂eq/kWh].
- p_{23} Akkumulátor kapacitás degradációja: **3** [%/100 töltés].
- p_{24} Átlagosan kihasznált akkumulátor kapacitás két töltés között: **60** [%].
- p_{25} Teljes megmaradt hatótáv számításhoz az akkumulátor-kapacitáskihasználás: **90** [%].

Környezetterhelés

- p_{26} Nyilvános fizetős, normál teljesítményű és nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés károsanyagkibocsátása: **200** [gCO₂eq/kWh].
- p_{27} 1 liter benzin üzemanyag energiatartalma: **8,7** [kWh/liter].
- p_{28} 1 liter dízel üzemanyag energiatartalma: **9,9** [kWh/liter].
- p_{29} Egy fa által megkötött CO₂ mennyisége: **22** [kg/év].

3. Költségmodell

A költségmodell a bemenő adatok és a kimenő értékek közötti kapcsolatot írja le. A költségmodellel a következő összetevők számítását határoztuk meg:

$I'_{\%}$	vételárnál magasabb önrész miatti hozam [Ft],
C'_A	amortizáció [Ft],
I_L	hitel összege [Ft],
C_{LM}	havi hitel törlesztőrészlet [Ft],
C'_{Loan}	hitel teljes költsége [Ft],
C'_{FEE}	illeték mértéke [Ft],
C'_{Ins}	biztosítás díja [Ft],
C'_M	karbantartás költsége [Ft],
C'_{MOT}	műszaki vizsgáztatás költsége [Ft],
C'_{TAX}	adó mértéke [Ft],
C'_P	parkolás költsége [Ft],
C'_R	úthasználat költsége [Ft],
E'_F	összesen felhasznált üzemanyag mennyisége [liter],
E'_E	összesen felhasznált elektromos energia mennyisége [kWh],
E'_{E+F}	összes felhasznált energiamennyiség [kWh],
C'_{E+F}	teljes energiaköltség (hagyományos üzemanyag és elektromos energia) [Ft],
TCO'	jármű teljes költsége [Ft],
TCO'_{12}	jármű havi költsége [Ft/hónap],
TCO'_{km}	jármű kilométer költsége [Ft/km],
B'	megmaradt akkumulátor kapacitás [kWh],
R'_L	megmaradt hatótáv autópályán [km],
R'_M	megmaradt hatótáv országúton [km],

- R'_S megmaradt hatótáv városban [km],
- e'_{CO2} összes kibocsátott károsanyag [tonna CO₂eq],
- ECO' a károsanyagkibocsátást semlegesítő fák száma [db].

3.1. Összetevők számítása

Vételárnál magasabb önrész miatti hozam számítása

$$I'_{\%} = \begin{cases} 0, ha I \leq C_V \\ (I - C_V) \cdot \left(1 + r_{\%}/100\right)^{T_o} - (I - C_V), ha I > C_V \end{cases} \quad (3)$$

Ha a vételáron felüli összeget nem kívánja a felhasználó befektetni, akkor $r_{\%}$ értéke 0 és $I'_{\%} = 0$.

Amortizáció

Ha a futásteljesítmény nagyobb, mint az átlagos futásteljesítmény:

$$C'_A = \begin{cases} C_V \left(\sum_{i=1}^{T_o} \frac{p_i}{100} - \frac{T_o(p_7 - M)}{500000} p_8 \right) ha T_o \leq 4 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + (T_o - 4) \frac{p_4}{100} - \frac{T_o(p_7 - M)}{500000} p_8 \right) ha 4 < T_o \leq 6 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4}{100} + (T_o - 6) \frac{p_5}{100} - \frac{T_o(p_7 - M)}{500000} p_8 \right) ha 6 < T_o \leq 10 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4 + 4p_5}{100} + (T_o - 10) \frac{p_6}{100} - \frac{T_o(p_7 - M)}{500000} p_8 \right) ha 10 < T_o \leq 14 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4 + 4p_5}{100} + \frac{5p_6}{100} - \frac{15(p_7 - M)}{500000} p_8 \right) ha 14 < T_o \end{cases} \quad (4)$$

Ha a futásteljesítmény kisebb vagy egyenlő, mint az átlagos futásteljesítmény:

$$C'_A = \begin{cases} C_V \left(\sum_{i=1}^{T_0} \frac{p_i}{100} - \frac{T_0(p_7 - M)}{500000} p_9 \right) & \text{ha } T_0 \leq 4 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + (T_0 - 4) \frac{p_4}{100} - \frac{T_0(p_7 - M)}{500000} p_9 \right) & \text{ha } 4 < T_0 \leq 6 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4}{100} + (T_0 - 6) \frac{p_5}{100} - \frac{T_0(p_7 - M)}{500000} p_9 \right) & \text{ha } 6 < T_0 \leq 10 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4 + 4p_5}{100} + (T_0 - 10) \frac{p_6}{100} - \frac{T_0(p_7 - M)}{500000} p_9 \right) & \text{ha } 10 < T_0 \leq 14 \\ C_V \left(\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{100} + \frac{2p_4 + 4p_5}{100} + \frac{5p_6}{100} - \frac{15(p_7 - M)}{500000} p_9 \right) & \text{ha } 14 < T_0 \end{cases} \quad (5)$$

Hitel összege

$$I_L = \begin{cases} 0, & \text{ha } I \geq C_V \\ C_V - I, & \text{ha } I < C_V \end{cases} \quad (6)$$

Vagyis az önrész és vételár közötti különbséget a hitel fedezi.

Havi hitel törlesztőrészlet

$$C_{LM} = \frac{I_L}{\sum_{i=1}^{12T_0} \left(1 + \frac{THM}{100} \right)^{-i/12}} \quad (7)$$

Hitel teljes költsége

$$C'_{Loan} = (12T_0 \cdot C_{LM}) - I_L \quad (8)$$

Illeték mértéke

$$C'_{FEE} = \begin{cases} P \cdot p_{10} & \text{ha } P \leq 40 \\ P \cdot p_{11} & \text{ha } 40 < P \leq 80 \\ P \cdot p_{12} & \text{ha } 80 < P \leq 120 \\ P \cdot p_{13} & \text{ha } 120 < P \end{cases} \quad (9)$$

Biztosítás díja

$$C'_{Ins} = T_0 (C_{CASCO} + C_{KGFB}) \quad (10)$$

Karbantartás költsége

$$C'_M = C_M \cdot f_M \cdot T_O + C_{ST} \left[\frac{T_O - 1 - T_{ST}}{T_{ST}} \right] + C_{WT} \left(1 + \left[\frac{T_O - 1}{T_{WT}} \right] \right) + C_{12V} \left[\frac{T_O - 1}{T_{12V}} \right] \quad (11)$$

Feltételeztük, hogy a járművásárláskor új nyárigumi garnitúrát kap a vásárló a járműhöz.

Műszaki vizsgáztatás költsége

$$C'_{MOT} = \left[\frac{T_O - p_{20} + 1}{p_{21}} \right] p_{19} \quad (12)$$

Adó mértéke

$$C'_{TAX} = \begin{cases} P \cdot T_O \cdot p_{14} & \text{ha } T_0 \leq 3 \\ P[3p_{14} + (T_O - 3)p_{15}] & \text{ha } 3 < T_0 \leq 7 \\ P[3p_{14} + 4p_{15} + (T_O - 7)p_{16}] & \text{ha } 7 < T_0 \leq 11 \\ P[3p_{14} + 4(p_{15} + p_{16}) + (T_O - 11)p_{17}] & \text{ha } 11 < T_0 \leq 15 \\ P[3p_{14} + 4(p_{15} + p_{16} + p_{17}) + (T_O - 15)p_{18}] & \text{ha } 15 < T_0 \end{cases} \quad (13)$$

Parkolási költség

$$C'_P = 12T_O \cdot C_P \quad (14)$$

Úthasználati költség

$$C'_R = T_O \cdot C_R \quad (15)$$

Összesen felhasznált üzemanyag mennyisége

$$E'_F = \frac{T_O \cdot M}{10^6} (r_{T,L}(100 - r_{E,L})c_{F,L} + r_{T,M}(100 - r_{E,M})c_{F,M} + r_{T,S}(100 - r_{E,S})c_{F,S}) \quad (16)$$

Összesen felhasznált elektromos energia mennyisége

$$E'_E = \frac{T_O \cdot M}{10^6} (r_{T,L} \cdot r_{E,L} \cdot c_{E,L} + r_{T,M} \cdot r_{E,M} \cdot c_{E,M} + r_{T,S} \cdot r_{E,S} \cdot c_{E,S}) \quad (17)$$

Összesen felhasznált energia mennyisége

$$E'_{F+E} = E'_F \cdot F^2 \left[\left(\frac{F+1}{2} \right) p_{27} - \left(\frac{F-1}{2} \right) p_{28} \right] + E'_E \quad (18)$$

Teljes energiaköltség

$$C'_{F+E} = E'_F \cdot C_F + \frac{E'_E}{100} (C_{CH,H} \cdot r_{CH,H} + C_{CH,W} \cdot r_{CH,W} + C_{CH,AC} \cdot r_{CH,AC} + C_{CH,DC} \cdot r_{CH,DC} + C_{CH,O} \cdot r_{CH,O}) \quad (19)$$

Járműbeszerzés költsége

$$C'_I = C'_A + C'_{Loan} + C'_{FEE} - I'_{\%} \quad (20)$$

Járműfenntartás költsége

$$C'_{II} = C'_{Ins} + C'_M + C'_{MOT} + C'_{TAX} \quad (21)$$

Járműhasználat költsége

$$C'_{III} = C'_P + C'_R + C'_{F+E} \quad (22)$$

Jármű teljes költsége

$$TCO' = C'_I + C'_{II} + C'_{III} \quad (23)$$

Jármű havi költsége

$$TCO'_{12} = \frac{TCO'}{12T_O} \quad (24)$$

Jármű kilométer költsége

$$TCO'_{km} = \frac{TCO'}{T_O \cdot M} \quad (25)$$

Megmaradt akkumulátor kapacitás

$$B' = B \cdot \left(1 - \frac{p_{23}}{100}\right)^{\frac{E'_E}{p_{24} \cdot B}} \quad (26)$$

Megmaradt hatótáv autópályán

$$R'_L = \frac{B' \cdot p_{25}}{c_{E,L}} \quad (27)$$

Megmaradt hatótáv országúton

$$R'_M = \frac{B' \cdot p_{25}}{c_{E,M}} \quad (28)$$

Megmaradt hatótáv városban

$$R'_S = \frac{B' \cdot p_{25}}{c_{E,S}} \quad (29)$$

Összes kibocsátott károsanyag

$$\begin{aligned} e'_{CO2} = & \frac{T_O \cdot M}{10^{10}} (r_{T,L}(100 - r_{E,L})e_{F,L} + r_{T,M}(100 - r_{E,M})e_{F,M} + r_{T,S}(100 - r_{E,S})e_{F,S}) \\ & + \frac{T_O \cdot M}{10^{12}} (r_{T,L} \cdot r_{E,L} \cdot c_{E,L} \cdot e_{E,L} + r_{T,M} \cdot r_{E,M} \cdot c_{E,M} \cdot e_{E,M} + r_{T,S} \cdot r_{E,S} \cdot c_{E,S} \\ & \cdot e_{E,S}) \end{aligned} \quad (30)$$

Károsanyagkibocsátást semlegesítő fák száma

$$ECO' = \frac{e'_{CO2}}{p_{29}} \quad (31)$$

4. A Szerzőkről



Dr. Csonka Bálint PhD, tudományos munkatárs,
BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági tanszék

PhD fokozatát közlekedéstudományból 2020-ban szerezte meg, disszertációjának címe: Elektromobilitási szolgáltatások fejlesztése. Kutatási területe az elektromos járművek és töltőinfrastruktúra üzemeltetését támogató módszerek fejlesztése, lokális energiatermelő és -tároló kapacitások optimalizálása. Tudományos közleményeinek száma 36, független hivatkozásainak száma 98, H-indexe 4



Dr. habil. Csiszár Csaba PhD, habilitált egyetemi docens,
BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági tanszék

2002-ben szerezte meg a közlekedéstudomány PhD fokozatát, majd 2020-ban teljesítette a habilitációs követelményeket. Kutatási területe a közlekedési informatika és a személyközlekedési rendszerek, különös tekintettel a rendszerintegrációra, a közúti elektromobilitásra és az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokra. Több, mint 200 tudományos közlemény szerzője, hivatkozásainak száma meghaladja az 500-at. Témavezetésével 6 doktorandusz szerzett PhD fokozatot. Az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának tagja. A hazai elektromobilitási szereplőket összefogó Jedlik Ányos Klaszter Elnökségi Tagja.



Dr. Földes Dávid PhD, tudományos munkatárs,
BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági tanszék

PhD fokozatát közlekedéstudományból 2019-ben szerezte meg, disszertációjának címe: Innovatív közlekedési rendszerek és szolgáltatások fejlesztése. Disszertációjával elnyerte az European Fridrieich-List díjat. Kutatási területe a mikromobilitás, megosztott mobilitás, valamint az autonóm járműves közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások, különös tekintettel az utazói elvárásokra. Tudományos közleményeinek száma meghaladja az 50-et, független hivatkozásainak száma a 200-at, H-indexe 8.