

# Hibrid jármű fedélzeti fogyasztók üzemanyag fogyasztásának szimulációja és mérése

## Simulation and validation of onboard fuel consumers effect on fuel consumption

ZSOMBÓK Imre, TÓTH Bálint, dr. ZÖLDY Máté

Department of Automotive Technologies, BME Budapest University of Technology and Economics  
1111 Budapest, Sztoczek u. 6. J. épület V. emelet, Telefon: +36-1/463-1615, Budapest, Hungary  
[mate.zoldy@gjt.bme.hu](mailto:mate.zoldy@gjt.bme.hu)  
[www.gjt.bme.hu](http://www.gjt.bme.hu)

### Kivonat

*Az utóbbi évtized második felében az önvezető autózás egyre nagyobb teret nyer. Sok technológiai, szabályozási, etikai és morális kérdés került megoldásra, több azonban a mai napig nyitott. Az egyik ilyen terület az önvezető járművek energia menedzsmentje: milyen üzemanyagot és hogyan fognak utántölteni ezek a járművek, mekkora lesz a környezeti lábnyomuk. Jelenleg nem eldőlt a verseny, hogy a járművek elektromosak, hibridek vagy valamilyen ismert vagy új üzemanyag által lesznek-e hajtva. A manapság ismert legösszetettebb technológia, a plug-in-hibrid, amelynek hajtóanyaga-menedzsmentjét ha optimalizáljuk, akkor az önvezető járművek számára is értékes tudást nyerünk. Kutatásunkban egy benzin-elektromos hibrid jármű fedélzeti fogyasztóit, illetve fogyasztást befolyásoló tényezőit modellezük és validáljuk a modelleket. Ezáltal olyan alapkutatási eredményekhez jutunk, amely felhasználhatóak a későbbi üzemanyag fogyasztási és újratöltési döntéseknél.*

**Kulcsszavak:** hibrid jármű, fedélzeti fogyasztók, fogyasztás előrejelzés

### Abstract

*In the second half of the last decade autonomous driving have become widespread. Many technological, regulatory, ethical and moral issues have been addressed, but many remain open to this day. One such area is the energy management of self-propelled vehicles: what kind of fuel and how much these vehicles will refuel and how big their environmental footprint will be. There is currently no competition as to whether the vehicles will be powered by electric, hybrids or some known or new fuel. The most sophisticated technology known today is the plug-in hybrid, which, if optimized, will also provide valuable knowledge for self-driving vehicles. In our research, we model and validate the models of onboard consumers and fuel consumption factors of a gasoline-electric hybrid vehicle. This provides basic research results that can be used in future fuel consumption and refueling decisions.*

## 1. BEVEZETÉS

Bár az elektromos meghajtás a közlekedésben hamarabb jelent meg a XIX. században, mint az első belső égésű motorok, az elektromos áram tárolásának technikai, technológiai nehézségei, az utántöltés lassúsága, valamint az akkoriban még inkább korlátozott hatótávolság, a belső égésű motorok elterjedésének és egyeduralkodásának gazdaságilag indokolt jelenségét eredményezték. Hosszú időn keresztül az elektromos hajtás, mint egyfajta egzotikus, de a mindennapi közúti közlekedésben nem használható alternatívát jelent csak meg, az alternatív üzemanyagok tűntek valós opciónak a fosszilis üzemanyagok okozta környezetterhelés csökkentésére [1]. Munkagépek esetén [pl. targonca, golfautó] alkalmazták, de azok csekély száma nem kényszerítette az autóipart a technológia fokozott fejlesztésére.

A környezetvédelmi szemlélet felerősödésével egyidőben azonban megkezdődtek a kutatások a belső égésű benzinnel vagy gázolajjal hajtott motorokat leváltani alkalmas technológiák irányába. Magyarországon az első komolyabb fejlesztések a 80-as évek végén történtek, amikor egy piaci rést

felfedező csapat, egy kicsi egyszerű tisztán elektromos meghajtású a Puli 2E fejlesztésnek és értékesítésének kezdett. Sajnálatos módon a modell technológiai elmaradottsága, illetve a már említett energiaforrás tárolási nehézségek nem tették lehetővé a modell tömeges eladását [2].

A közelmúltban még inkább felerősödtek a fenntartható fejlődésért aggódók, a környezetszennyezés visszaszorításáért küzdők hangja. Ezen követeléseket egyre többen, és mind magasabb szinten veszik komolyan. Ennek eredménye többek között a CO<sub>2</sub> kibocsátás korlátozására irányuló szándék nyilatkozatok és intézkedések sokasága.

Az elérhető technológiák közül jelenleg lokálisan leginkább környezetkímélő meghajtás az elektromos, de a több mint 100 évvel ezelőtti problémák még mindig nincsenek teljesen megoldva. Elektromos autóval közlekedni számos kompromisszum megkötése mellett lehetséges csak, ezért, bár ez a hajtáslánc igencsak divatosnak és a használatra fókuszálva zöldnek (1. táblázat) nevezett, még egyáltalán nem biztos, hogy a hagyományos meghajtás valós alternatívája lehet [2].

*Az elektromos hajtás és egy annak alternatívájaként szóba jöhető belső égésű motor CO<sub>2</sub> kibocsátásának összehasonlítása*

1. táblázat [3]

Modell	Elektromos hajtás elektromosság előállításánál keletkezett kibocsátás nélkül	Elektromos hajtás elektromosság előállításánál keletkezett együtt	Belső égésű hajtás, üzemanyag előállítási emisszió nélkül	Belső égésű hajtás előállítási és hajtóanyag transzport kibocsátással	Az elektromos/hagyományos hajtás CO <sub>2</sub> kibocsátásának aránya %
Nissan Leaf	12,73	19,73	18,64	26,32	74,96
Renault ZOE	11,4	18,4	16,31	23,53	78,21
Opel Ampera E	12,57	19,57	18,64	26,32	74,37
Tesla Model X	18,28	25,28	20,97	29,11	86,83
Tesla Model S	16,09	23,09	23,3	31,9	72,38
Jaguar I-Pace	21,48	28,48	23,3	31,9	89,27
Kia Soul El	10,62	17,62	18,64	26,32	66,95
Hyundai Ioniq El	9,53	16,53	20,97	29,11	56,78
VW E-Golf	11,56	18,56	18,64	26,32	70,51
BMW i3	11,56	18,56	20,97	29,11	63,75

### 1.1 Önvezető autó

Az elektromos autók egyszerűbb felépítése miatt, valamint a hajtásláncának és kényelmi rendszereinek azonos működtetése, sok korábbi elképzelés -mint például az autonóm autózás-, leegyszerűsödött.

Az elektromos meghajtás -mint komolyan vehető alternatíva- fokozott fejlesztésével egyidejűleg az autonóm közlekedés kutatása és az ahhoz szükséges rendszerek fejlesztése is felgyorsult. Az autógyártók egymással versenyezve hozzák ki ez egyre fejlettebb rendszereket és egyre több autógyártó képes, a mai jogszabályi korlátok szem előtt tartása mellett akár a 3-as szint elérésére kísérleti körülmények között. A fejlődés megállíthatatlan, egyes előre jelzések szerint 2030-tól, a pesszimistábbak szerint 2040-45-től lesz mindenki számára elérhető az autonóm közlekedés lehetősége. Addig is azonban még számos, most még megválaszolatlan kérdésre kell megtalálni, megalkotni a megoldást [5]. Az egyik legfontosabb a jogszabályi környezet technológiához való igazítása, de nem elhanyagolhatók egyéb technikai megoldások kifejlesztése, újragondolása.

Kutatásunk is az egyik, az autonóm közlekedés valós létrejöttéhez elengedhetetlenül szükséges feltétel, a hatótáv előrejelzés pontosítására irányul, azt vizsgálva, hogy miként változik a különböző meghajtású autók fogyasztása a különböző környezeti és mechanikai tényezők hatására. Munkánk korábbi fázisában összegyűjtöttük és csoportosítottuk ezeket a hatásokat [6]:

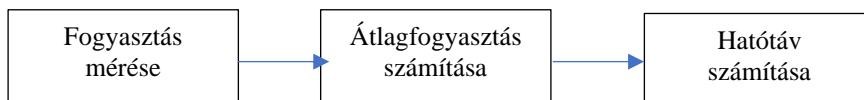
- vezetői stílus
- autó műszaki állapotára jellemző tényezők

- környezeti hatások
  - hőmérséklet, szélereő és irány, domborzati viszonyok, útburkolat jellemzői.

Ezeket a tényezőket csoportosítottuk olyan módon, hogy a jelentősebb fogyasztásváltozást okozókat önállóan, a csekély mértékű hatásúakat viszont összevonva tervezzük szimulációs modellünkben figyelembe venni.

## 2. HATÓTÁV ELŐREJELZÉS

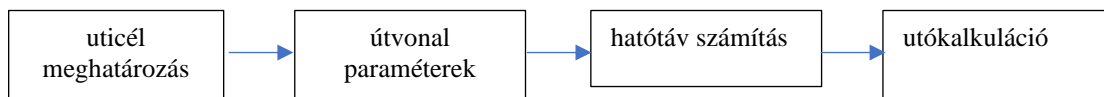
A hagyományos, belső égésű motorral hajtott autók esetében az utántöltés időszükséglete és a töltőállomás lefedettség, megengedi a hatótáv meghatározásának pontatlanságait. Egy általános hatótáv meghatározási számítás modelljét mutatja be az alábbi ábra:



1. ábra Hatótáv számítása belsőégésű motorral hajtott autókban [3]

Az elektromos autózás fentebb taglalt korlátjai miatt ma még korántsem biztos, hogy az lesz a környezetszennyező, belső égésű motorok alternatívája, egy az akkumulátor technológiát érintő nagymértékű lépés nélkül, amellyel megoldódna a csekély energiasűrűség/nagy tömeg, valamint a töltési sebesség problémája, valószínű egy több lépcsős, a hibrid meghajtást is hosszabb-rövidebb ideig használó technológiai fejlesztési ív.

Ahhoz, hogy az autók használóinak bizalma fenntartható legyen, és ezáltal mind az elektromos, mind pedig az autonóm járművek használatának elterjedése felgyorsuljon, szükségszerű egy a jelenleginél pontosabb, nem csak az elmúlt pár perc vagy óra adataiból kalkulált hatótáv előrejelző algoritmus. Ennek az egyszerűbb, a célállomást ismerő, ezáltal az útvonalra eső fogyasztást elég pontosan számító algoritmus sémája:



2. ábra Hatótáv számítása a külső hatások figyelembevételével [3]

## 3. FOGYASZTÁS SZIMULÁCIÓ IPG CARMAKER SZOFTVERREL ÉS ANNAK VALÓS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT VALÓ MÉRÉSE

Az IPG CarMaker egy valós adatokon alapuló szimulációs szoftver, amelynek segítségével tetszőleges, ismert tulajdonságokkal rendelkező autó viselkedését lehet modellezni. Ennek a támogatásával szimuláltuk a BME GJT hibrid meghajtású HONDA CR-Z fogyasztását úgy, hogy az validálható legyen a ZalaZONE tesztpálya egy kijelölt szakaszán végzett mérések eredményeivel.

A ZalaZONE egy „modulárisan” felépülő pálya, lehetőség van lassú és gyors körök kijelölésére, melyek a lehetőségekhez mérten több típusú úton történő tesztelést tesz lehetővé [7]. A szimulációhoz egy „gyors” vonalvezetésű kört választottunk, amelynek adatait a CarMakerbe tápláltunk.

Az egyes tesztkörök mérési eredményeinek szórását vizsgálva megállapítottuk, hogy 3 kör eredményének az átlaga leír egy-egy mérési esetet. A szimulációt, majd később a tesztet is három különböző sebességen mértük, 3-3 tesztkörön keresztül mérve a fogyasztási adatokat. A mérési adatokat az autó ECU-ból a CAN hálózat segítségével valós időben nyertük ki. A méréseket azonos fogyasztók bekapcsolása mellett, de különböző guminyomással is elvégeztük. Az így kapott eredményeket összevetettük a CarMaker-ben elvégzett szimuláció eredményével.

Szimulációs és valós fogyasztási adatok összehasonlítása

2. táblázat

	IPG szimuláció [%]	ZalaZONE mérés [%]	eltérés a szimuláció és a mérés között
40 km/h vs 55 km/h	1,38	1,33	0,04
40 km/h vs 70 km/h	1,69	1,65	0,04
nincs fogyasztó vs ülésfűtés+max fűtés @ 40 km/h	1,03	1,05	-0,01
nincs fogyasztó vs ülésfűtés+max fűtés @ 55 km/h	1,43	1,40	0,03
nincs fogyasztó vs ülésfűtés+max fűtés @ 70 km/h	1,74	1,77	-0,03

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Tapasztalatainkat összefoglalva elmondható, hogy az általunk alkotott szimulációs modell elég jó közelítéssel leképezi a valós körülmények között nyerhető eredményeket. Az egyes a 2. táblázatban bemutatott eredményekre (sebesség változás illetve fedélzeti fogyasztók bekapcsolása különböző sebességeken) a szimuláció és a modell eredményei között kisebb mint 5% volt az eltérés. További kutatásunk során az egyéb, feltételezett nagyobb befolyással rendelkező, fogyasztást befolyásoló tényezők valós és szimulált eredményeit tervezzük összevetni, hogy a későbbiekben bármilyen tetszőleges útvonalon nagy biztonsággal előre jelezhető legyen bármely autó fogyasztása.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- 1- Cordoş, N ; Todoruţ, A ; Barabás, I ; Bălcău, M: The study of the overtaking process in the situation where from the opposite direction another vehicle is approaching, Acta Technica Napocensis - Applied Mathematics Mechanics And Engineering 57 : 4 pp. 527-536. (2014)
- 2 - Astier T, Pikali S, Legát T: Hódgép Puli, MOL XXIX-F-365, <https://magyarjarmu.hu/ipar/puli/>
- 3 Varga I M, Lakatos I: Elektromos járművek terjedésének korlátai, a hatótáv becslés problémája In: IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, 2018 pp. 299-303. Paper: 14 , 5 p.
- 4- Plewa F, Stozik G: Energy and environmental implications of electromobility implementation in Poland, 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 261 012042
- 5- Mueller A: Schwieriger als gedacht, ADAC 27.02.2017 [www.adac.de]
- 6- Zöldy M, Zsombok I: Környezeti tényezők hatása az autonóm hibrid járművek hatótáv előrejelzésére, OGÉT 2019, Nagyvárad, Románia, EME, (2019) pp. 629-633. , 4 p.
- 7 - Horváth, M T ; Tettamanti, T ; Varga, B ; Szalay, Zs: The Scenario-in-the-Loop (SciL) automotive simulation concept and its realisation principles for traffic control, In: 8th SEART (2019) p. Paper 62