

Az elektromos autók számának előrejelzése globális szinten

CSÍKI OTTÓ

Bevezető

A 2015-ben kirobbant Volkswagen „dízelbotrány” óta újra előtérbe került világszinten is a gépjárművek károsanyag kibocsátásának visszaszorítása, így a fogyasztók is egyre több elektromos autót (e-autót) vásárolnak. A botrány előtt az e-autók eladása világszinten átlagosan 2,61%-kal nőtt, míg 2015 utolsó három hónapjában, a „dízelbotrány” után már 9,66%-kal.¹ Egyre több állami támogatást is kaptak az e-autó vásárlók, mivel pozitív externáliás hatást váltanak ki, így ez is egy oka a számuk növekedésének, ami várhatóan a jövőben is fennmarad.

Az elektromos autók a *fenntartható mobilitás kulcsszereplői* lesznek a jövőben, mivel lokálisan nem bocsátanak ki annyi károsanyagot, mint a belsőégésű motorral szerelt autók.² A szállítmányozásban használatos energia 95%-a kőolaj származékok elégetéséből keletkezik, az elektromos autók (és egyéb elektromos szállítmányozási eszközök) terjedése ennek csökkentésében segítene, ami az üvegházhatású gázok (főleg CO₂) csökkenését is eredményezni fogja.³ Az elektromos autók azonban az üvegházhatású gázokat annak függvényében képesek csökkenteni, hogy az akkumulátorokhoz szükséges áram *milyen energiaforrásból van előállítva*.⁴ Például Európában a jelenlegi energiaforrások használata mellett az elektromos autók széleskörű elterjedése az üvegházhatású gázok 50–60%-át, legfeljebb 65%-át tüntetné el.⁵ Kaliforniában ez az arány nagyobb mint 70%, hiszen ott az előállított áram főleg megújuló energiaforrásokból van előállítva.⁶ Ugyanez igaz Ausztriára is, mivel a megújuló energiaforrások jelentős forrásai az ország energiaszükségletének.⁷ Azonban azokban az országokban, ahol magas a szén felhasználásának mértéke az elektromos áram előállításához, az elektromos autók rontanának a helyzetet.⁸ Tehát az e-autó abban az esetben áldás, ha a töltéshez szükséges áram megújuló energiaforrásból származik, különben inkább átok, mivel növeli az üvegházhatású gázok kibocsátását.

Az e-autók gyors terjedése a *technológia ugrásszerű fejlődése* nélkül nem tud megvalósulni, mivel a fosszilis tüzelőanyagok energiasűrűsége sokkal nagyobb

¹ <http://carsalesbase.com/> (Letöltés: 2018.03.06.)

² HELMERS – MARX 2012, 2–15.

³ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.

⁴ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.

⁵ BCG 2010; BUEKERS – VAN HOLDERBEKE – BIERKENS – PANIS 2014, 26–38; EURELECTRIC 2008.

⁶ KENDALL 2008.

⁷ KENDALL 2008.

⁸ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.

az akkumulátorok energiasűrűségénél.⁹ A kisebb energiasűrűség következménye a kisebb hatótáv és a kisebb elérhető végsebesség (a belsőégésű motoros autókhoz képest), ami elég nagy hátráltató erő az elektromos mobilitás terjedésében. Az akkumulátorok energiasűrűsége szerencsére növekvő tendenciát mutat, áruk pedig folyamatosan csökken.¹⁰ Ez azt jelenti, hogy a jövőben mindenesetre az e-autók terjedésére lehet számítani.

Az e-autók gyártása, valamint a belsőégésű motorok kiszorulása jelenleg az egyik legégetőbb kérdés az iparágban, ezért úgy vélem, hogy a kutatásom gyakorlati szempontból is fontos és aktuális kérdéseket dolgoz fel.

Több kutatási kérdés is felmerülhet az e-autók terjedésével kapcsolatosan, keresleti és kínálati oldalról. Keresleti oldalról legfőképp a nyilvános töltőhálózat nem megfelelő kiépítettsége szab határt az e-autók terjedésének. Erre példa Norvégia, ugyanis 2017 szeptemberében arra kérték a lakosokat, hogy csak akkor vásároljanak e-autót, ha tudják saját otthonukban tölteni, mert túl magasra nőtt a töltőpontok kihasználtsága.¹¹ Kínálati oldalról a gyártási kapacitásokat valamint az e-autók akkumulátoraihoz szükséges lítium mennyiségét szükséges elemezni. Az eredeti dolgozatban¹² minden kérdésre adott válasz kifejtésére volt lehetőségem, de jelen tanulmányban, a terjedelem korlátozása miatt csak arra a kérdésre adok választ, hogy hány elektromos autó lesz a világon a következő évtizedben.¹³

A kutatási kérdések gyakorlati relevanciáját az is alátámasztja, hogy az autópár elérkezett a legnagyobb fordulóponthoz az első automobil elkészítése óta, ezért az e-autók elterjedését érdemes a kutatásokban is figyelemmel kísérni.

Arra a kérdésre keresem a választ, hogy várhatóan *hány elektromos autó lesz a világon a jövőben 2030-ig?* A kérdés megválaszolásának érdekében több tanulmány előrejelzését is felhasználtam, azonban ezek szórása nagy (15 milliótól akár 210 millió e-autóig is terjednek az előrejelzések 2030-ra vonatkozóan). Az e-autók számának előrejelzését a *Monte Carlo sztochasztikus szimulációs módszerrel* végeztem el. A gyakorlat első lépésében egy világszintű piacelemzést készítettem az elektromos autók állományáról és eladásairól, a legnagyobb e-autóval rendelkező 12 országra lebontva, majd előrejeleztem azok számát is, válaszolva a kutatási kérdésemre.

⁹ KING 2007.

¹⁰ KROMER – HEYWOOD 2007; KLOESS – HAAS 2009; STATISTA 2017b; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

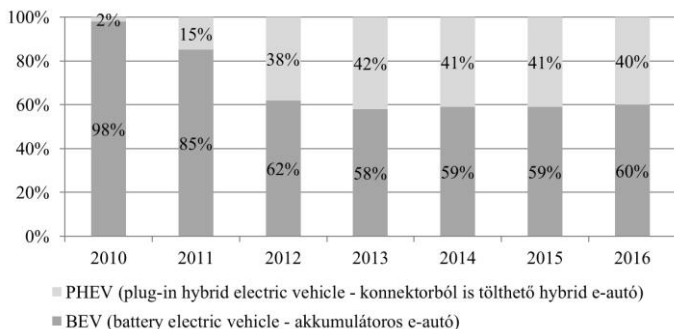
¹¹ http://totalcar.hu/magazin/hirek/2017/09/21/norvegiaban_annyira_sok lett_a_villanya_uto_hogy_nem_birjak_toltovel/ (Letöltés: 2018.03.06.)

¹² CSÍKI 2018.

¹³ Az eredeti tanulmányban a Monte Carlo szimuláció alapján a jövőben szükséges töltőpontok számát is előrejeleztem, a legnagyobb e-autó gyártók kapacitásbővítésének várható időpontját is meghatároztam, valamint az akkumulátorokhoz szükséges lítium keresletét is előrejeleztem, figyelve a kereslet-kínálat közötti eltérésekre.

Az elektromos autók gyártásának és elterjedésének főbb elméleti vonatkozásai

Első lépésben az *elektromos autók típusait* vizsgáltam meg annak érdekében, hogy meg tudjam határozni azt, hogy mely típusú e-autók terjedésének vizsgálatára fektetem a hangsúlyt. A teljesen elektromos (battery electric vehicle – BEV) és a konnektorból is tölthető hybrid elektromos autók (plug-in hybrid electric vehicle – PHEV) terjedésének elemzését választottam, mivel ezeket a típusokat lehet külső áramforrásból is tölteni (azaz nem csak a belsőégésű motor tölti generátorként az akkumulátorokat).¹⁴ Tehát az *elemzés során csakis a BEV és a PHEV autókra koncentrálok*, mert csak ehhez a két típushoz csatlakoztatható külső töltő, és értelemszerűen ezektől a típusoktól függ a töltőpontok kihasználtsága is.



1. ábra: BEV és PHEV megoszlásának alakulása világszinten, 2010–2016 (%)

2010-ben a PHEV-k nem voltak nagyon elterjedtek, az összes elektromos autónak csupán 2%-a volt PHEV (*1. ábra*).¹⁵ Azonban az arányuk egyre növekedett, lévén, hogy praktikusak, mivel ha lemerül az akkumulátor, a belsőégésű motor beindul és energiát termel az akkumulátorok számára, vagy önmagában hajtja a kerekeket, így az autó – egy ideig – mozgásképes marad a lemerült akkumulátorok ellenére, valamint külső energiaforrásból is tölthetőek. 2013-ra a PHEV-k aránya 42%-ra nőtt, de ez az arány 2016-ig szinte változatlan maradt.¹⁶

Az e-autót mint terméket is megvizsgáltam, a *termékéletciklus-görbe* segítségével. Az e-autók, Norvégia kivételével, szinte minden országban az *innováció szakaszában* vannak, piaci részesedésük alig 1–2%-os.

¹⁴ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90; <https://villanyautosok.hu/elektromos-auto/> (Letöltés: 2018.03.06.); <https://energia.eon-hungaria.com/szerepvallas/energiaujutakon/e-mint-elektromos-auto/e-auto-tipusok> (Letöltés: 2018.03.06.)

¹⁵ IEA 2017.

¹⁶ IEA 2017.

Kutatásom során az *e-autók terjedését befolyásoló tényezőket is feltártam*. A négy legfontosabb tényező a következő: az e-autók ára, az e-autók hatótávja, a „zöld-gondolkodás” térnyerése és az állami támogatások igénybevehetősége. Az e-autók hatótávja a jövőben egyre nagyobb lesz, áruk várhatóan továbbra is csökkenni fog és az állami támogatások pedig tovább fognak élni.¹⁷ Továbbá az emberek környezettudatos magatartása egyre erősebb, ahogy azt a „dízelbotrány” hatása is mutatja, hiszen a gázolajos autók egyre kisebb számban kerülnek értékesítésre, lévén, hogy szennyezőbbek, mint a benzines és főleg elektromos társaik.

Az elektromos autók térnyerését, ahogy már említettem, az állami támogatások is befolyásolják. Az *e-autót vásárlók pozitív externáliás hatást váltanak ki*, tehát azzal, hogy e-autót vásárolnak egy olyan társadalmi hasznot is előállítanak, amit az e-auto tulajdonosnak nem térít meg senki. Ez egy piaci kudarc, amit az államok a támogatásokkal próbálnak orvosolni.

Az elektromos autók helyzete a termékéletciklus-görbén

Az elektromos autók még nagyon innovatív terméknek minősülnek, annak ellenére hogy egyre több e-autót látunk az utakon. A legnagyobb e-auto piacokon is csak az *innováció szakaszában* vannak az elektromos autók, hiszen a *piaci részesedésük alacsony* (2. ábra).¹⁸

2016-ban az egyedüli kivétel Norvégia volt, ugyanis az elektromos autók piaci részesedése itt elérte a 28,8%-ot, ami a világon a legmagasabb értéknek számít.¹⁹ *Norvégia az egyetlen ország, ahol az e-autók a növekedés szakaszában vannak*. Az e-autók száma Norvégiában annyira nagy, hogy a töltőhálózat olyan mértékben túlterhelt lett (az egy töltőre eső autók száma igen magas lett), hogy a norvég állam arra kérte a lakosokat, hogy csak akkor vásároljanak e-autót, ha képesek azt otthon tölteni.²⁰ Természetesen ez az állapot csak átmeneti, amíg a töltőhálózatot nem bővítik.

Izland, habár nem a legnagyobb e-auto piac (lévén, hogy kevés lakosa van), a második helyen áll az e-autók piaci részesedését tekintve: Izlandon az autók 8,0%-a elektromos.²¹ A *gyors elfogadók kategóriába* tartozik még néhány ország, ahol az e-autók piaci részesedése 1,0% fölött van, ezek az országok a

¹⁷ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.); STATISTA 2017b; KLOESS – HAAS 2009; KROMER – HEYWOOD 2007.

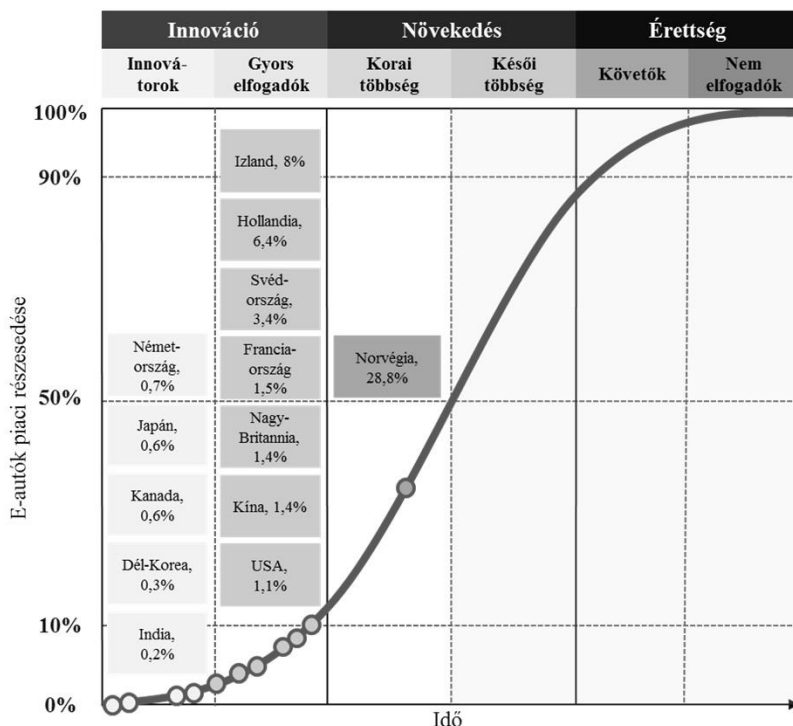
¹⁸ IEA 2017; STATISTA 2017a; <https://cleantechnica.com/2017/10/02/electric-vehicles-report-part-1-electric-vehicles-going-mainstream/> (Letöltés: 2018.03.06.)

¹⁹ IEA 2017.

²⁰ http://totalcar.hu/magazin/hirek/2017/09/21/norvegiaban_annyira_sok lett_a_villanya_uto_hogy_nem_birjak_toltovel/ (Letöltés: 2018.03.06.)

²¹ <https://cleantechnica.com/2017/10/02/electric-vehicles-report-part-1-electric-vehicles-going-mainstream/> (Letöltés: 2018.03.06.)

következők: Hollandia (6,4%), Svédország (3,4%), Franciaország (1,5%), Nagy-Britannia (1,4%), Kína (1,4%) és az USA (1,1%).²²



2. ábra: Az elektromos autók helyzete a termékéletciklus-görbén 2016-ban

Az *innovátorok kategóriába* azok az országok tartoznak, ahol az e-autók piaci részesedése 0,0% és 1,0% között van. Ezek az országok jelenleg a következők: Németország (0,7%), Japán (0,6%), Kanada (0,6%), Dél-Korea (0,3%) és India (0,2%), valamint azok az országok, ahol az e-autók száma és penetrációja elhanyagolható (2. ábra).²³

A magas piaci részesedés nem mindig mutatja meg az e-autók piacának nagyságát, hiszen Norvégiában az e-autók piaci részesedése annak ellenére, hogy nagyon magas, nem ebben az országban található a legtöbb e-autó. Norvégiában

²² IEA 2017; <https://cleantechnica.com/2017/10/02/electric-vehicles-report-part-1-electric-vehicles-going-mainstream/> (Letöltés: 2018.03.06.)

²³ IEA 2017; <https://cleantechnica.com/2017/10/02/electric-vehicles-report-part-1-electric-vehicles-going-mainstream/> (Letöltés: 2018.03.06.)

összesen 133 ezer e-autó gurul az utakon, míg például Japánban 151 ezer (0,6%-os piaci részesedéssel), Kínában pedig 648 ezer (1,4%-os piaci penetrációval).²⁴

Mivel a legtöbb országban a közeli vagy távoli jövőben az e-autók elérik a *növekedés szakaszát*, az eladások várhatóan nagyon gyorsan, *exponenciálisan fognak növekedni*. Ez három fő dolgot fog eredményezni:

- a gyártóknak szükségük lesz kapacitásbővítésre (például több gyártósorra, esetleg új létesítményekre, gyárak telepítésére),
- több töltőállomás létesítése lesz szükséges,
- több lítiumot kell kitermelni (ami nem biztos, hogy elég lesz az akkumulátorokhoz vagy csak nem fogják tudni olyan ütemben kitermelni, mint ahogy a kereslet felmerül és növekszik).²⁵

A historikus adatokat szemlélve az látható, hogy az e-autó eladások meglehetősen gyorsan növekednek (ez a tendencia a jövőben sem fog változni), azonban a jövőbeli eladások mennyiségére vonatkozó előrejelzések magas bizonytalanságot mutatnak, mivel szórásuk nagy.

Az elektromos autók főbb jellemzői és azok alakulása

*Az elektromos autók széleskörű elterjedését azok ára és hatótávja határozza meg a leginkább. Az e-autók száma a jövőben az előrejelzések szerint növekedni fog. Ez annak köszönhető, hogy az akkumulátorok átlagára folyamatosan csökken, ezzel együtt az e-autó is elérhetőbbé válik.*²⁶ 2016-ban egy átlagos e-autó ára 36,8 ezer euró volt, egy belsőégésű motoros autó pedig átlagosan 23,7 ezer euróba került (3. ábra).²⁷ Várhatóan 2024 lesz az utolsó olyan év, amikor az e-autó drágább lesz „hagyományos” társánál. 2025-ben egy e-autó ára várhatóan 24,1 ezer euró lesz, míg egy belsőégésű motoros autóért 24,8 ezer eurót kell majd fizetni. 2030-ra az e-autó már több mint 4 ezer euróval lesz olcsóbb hagyományos társánál.²⁸

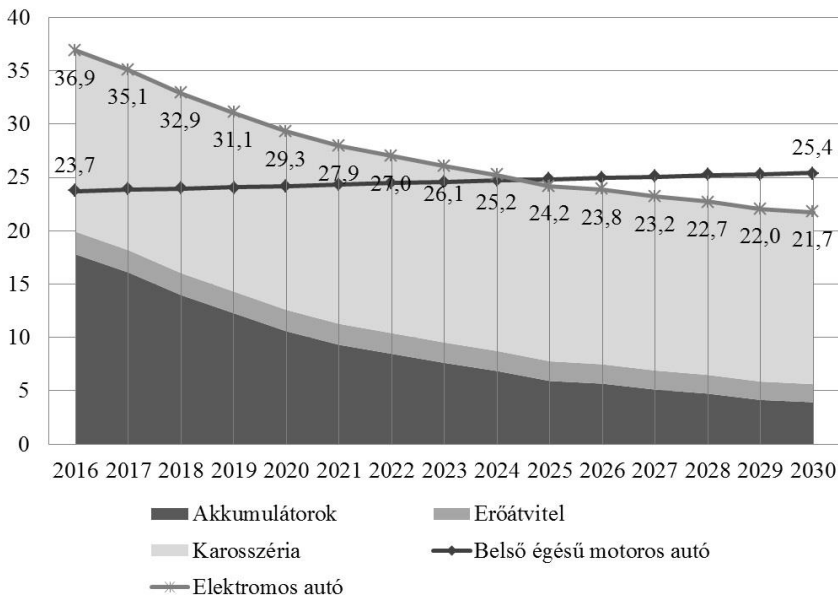
²⁴ IEA 2017.

²⁵ DEUTSCHE BANK 2016.

²⁶ STATISTA 2017b; KROMER – HEYWOOD 2007; KLOESS – HAAS 2009; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

²⁷ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

²⁸ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)



3. ábra: Elektromos autó árának összetétele és hasonlítása egy átlagos belsőégésű motoros autó árához, 2016–2030 (ezer EUR)

Mivel az *akkumulátorok ára egyre csökken*, így az autó teljes árában egyre kisebb arányban lesz jelen ezek értéke. 2016-ban egy e-autó árának 48%-át az akkumulátorok adták, 6%-át az erőátviteli rendszerek és 46%-át a karosszéria,²⁹ tehát 2016-ban a legdrágább tétel az akkumulátor volt. 2025-re az akkumulátor a végső ár 25%-át fogja adni csak, 2030-ra pedig csak a 8%-át, ha az akkumulátorok árának csökkenése az elmúlt időszakhoz hasonló csökkenést fog mutatni a továbbiakban is.

Az akkumulátorok ára kWh-ként 2010-ben még közel 850 euró volt, majd 2016-ra 228 euróra csökkent. 2025-re várhatóan 92 euró lesz egy 1 kWh-ás akkumulátor átlagára, ez 2030-ra akár 61 euróra is csökkenhet.³⁰ A csökkenés mértéke túlzás nélkül exponenciális ütemet követ az előrejelzés szerint.³¹

Az akkumulátorok átlagárának csökkenése mellett az *energiasűrűségük növekedése* is várható, ami a *hatótáv növekedését fogja eredményezni*. Az

²⁹ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

³⁰ STATISTA 2017b; KROMER–HEYWOOD 2007; KLOESS–HAAS 2009; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

³¹ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

energiasűrűség és az akkumulátorral megtehető maximális távolság meglehetősen arányosak egymással. 2016-ban 112 kWh/kg volt az akkumulátorok átlagos energiasűrűsége (tehát egyes gyártók ennél jobbat is elő tudtak állítani), de ez 2025-re 156-ra fog növekedni, majd 2030-ra 182-ra. Ez jelentős hatótáv növekedést is fog eredményezni (2016-hoz képest 2025-re kb. +40%, 2030-ra +62%; a jelenlegi hatótávok 200–500 km között mozognak, de a 250–350 km hatótáv a jellemző érték).³²

Összegezve, a jövőben az akkumulátorok árának csökkenése miatt az elektromos autó árának csökkenése is várható, sőt 2025-től az e-autók várhatóan olcsóbbak lesznek, mint a „hagyományos”, belsőégésű motoros autók. Ezen kívül az akkumulátorok energiasűrűségének növekedése is várható, ami a hatótáv növekedését fogja okozni. Ez a két hatás mindenképpen jelentős lesz az e-mobilitás terjedésére.

Az elektromos autók pozitív externáliás hatása

A környezetszennyezés csökkentésére irányuló intézkedések egyre nagyobb hangsúlyt kapnak napjainkban. Lévéen, hogy a légszennyezés egyik nagy okozói a személygépjárművek, világszerte számos ország tűzte ki céljául, hogy az autók károsanyag kibocsátási szintjét csökkenti.³³ Erre több megoldás is született és használatos a gyakorlatban, ezek közül az *elektromos autók terjedésének támogatása* az externáliás hatások kezelése szempontjából különösen érdekes.

Az elektromos autók terjedését egyrészt a kormányzatok azért támogatják, hogy a környezetszennyezés mértékét csökkentsék, s ezáltal a környezetszennyezés negatív externáliás hatását próbálják enyhíteni. Jelen esetben a negatív externália okozói (a belsőégésű motoros autók tulajdonosai) nem fizetnek eleget azért, hogy autójukkal szennyezik a levegőt. Az externália elszenvedője a Föld teljes lakossága, hiszen a globális felmelegedés mindenkit érint. Másrészt a kormányzatok azért támogatják az elektromos autók vásárlását, mert azok igen erős *pozitív externáliás hatással bírnak* (lokálisan nem szennyezik a környezetet). Azért szükségesek állami szubvenciók az elektromos autók terjedéséhez, mert ezek ára manapság 40–50%-al nagyobb,³⁴ mint egy „hagyományos” autóé, valamint az elektromos autó tulajdonosa a létrehozott *többlethaszon egy részét nem is realizálja*, így túl magasnak érzékeli az árat. Ez egy *piaci kudarc*, amelyet a kormányzatok támogatások révén kell orvosoljanak.³⁵ Ilyen támogatásokra példa (Németországban), hogy az e-autó tulajdonosai 10 éven át adókedvezményben részesülnek, pontosabban az útdíj fizetése alól mentesülnek, külön parkolóhelyet létesítenek az e-autók számára

³² <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

³³ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.

³⁴ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

³⁵ JAFFE – NEWELL – STAVINS 2005.

továbbá ingyen vagy jelentősebb árengedmény mellett parkolhatnak a fizetős övezetekben. Ezekon kívül a német kormány költségvetésének egy részét arra fordítja, hogy minden elektromos autót vásárló egyén 5000 eurós támogatásban részesülhessen.³⁶

A túl magas ár azonban nem csupán az elektromos autó tényleges árára értendő. A jelenlegi e-autók hatótávja túl alacsony, így a tulajdonosok *egy jelentős kényelmi helyzetről is le kell mondanak* a folyamatos töltés miatt. A probléma kezelésének érdekében, szintén a németországi intézkedéseket használva példaként, egyre több töltőállomást létesítenek. Németországban a jelenlegi 5 ezer töltőállomás számát 2020-ra a német kormány 70 ezerre szeretné növelni, a 100 gyorsöltő számát pedig 7100-ra.³⁷ De nem csak Németországban, hanem Kínában is rengeteg gyorsöltőállomást telepítettek az elmúlt években, valamint a többi nagy e-autó piacon is.³⁸ Az erre fordított pénzüsszeggel szintén *a pozitív externália okozóit próbálják támogatni* az egyes országok.

A legtöbb országban *anyagai ösztönzőket* használnak az e-autók terjedését elősegítendő. Voltaképpen az anyagi ösztönzők szinte minden országban jelen vannak, de ezeken kívül még további ösztönzőket is használnak, például az ingyen parkolást, ingyen feltöltést, tiltott területekre való behajtási engedélyt, buszsávok használatának engedélyét, adókedvezményt, regisztrációs díj csökkentését stb.³⁹

Ausztriában például az autók adója CO₂ kibocsátás alapján van meghatározva, így az elektromos autók szinte adómentesek. Dániában az e-autók teljesen adóteher nélkül tarthatóak fenn. Franciaországban, Németországban, Norvégiában, Portugáliában, Svédországban, az USA-ban és Japánban is adókedvezmény van az e-autókra. Ezen kívül néhány ország az adókedvezménynél direkter módon, azaz közvetlen anyagi juttatásokkal (pénzügyi támogatás e-autó tulajdonosoknak, e-autók árának egy részét az állam fizeti stb.) próbálja az e-autók penetrációját növelni. Németországon kívül, például Belgiumban és Spanyolországban az e-autó árának 15%-át az állam finanszírozza; Kínában az e-autót vásárlók pedig 8800 eurót kapnak, támogatásképpen.⁴⁰

Az e-autók vásárlásának támogatása ugyanakkor az autóiipari szereplők közötti versenyt torzítja. Ennek értelmében az elektromos autók iránti kereslet az állami beavatkozások hatására nőni fog, míg a hagyományos belsőégésű motorokkal szerelt autók eladása csökkenni fog. Ezek az ösztönzések pontosan ezt szeretnék elérni. Ezen intézkedések mellett számtalan érv szól (környezetszennyezés csökkentése, az e-autók pozitív externáliás hatásának

³⁶ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.

³⁷ <http://www.origo.hu/kornyezet/20160118-e-auto-zold-rendszam-adokedvezmeny-elektromos-hajtas-elektromos-tooltoallomasok-tamogatas.html> (Letöltés: 2018.03.06.)

³⁸ IEA 2017.

³⁹ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90; STATISTA 2017b; IEA 2017.

⁴⁰ HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009, 56–90.; STATISTA 2017b.

kezelése, a levegő szennyezésének csökkenése következtében magasabb általános emberi egészségi szint stb.), ugyanakkor ellene nagyon kevés kifogás emelhető. Az egyik ilyen, hogy az autógyártás technológiai fejlődését ezen szubvenciók erőteljesen meg fogják határozni, mivel a kereslet az e-autók iránt növekedni fog, így elfojtódik az Ottó- és Diesel-motorok további fejlesztése (erre példa a Toyota, amely már egyre kisebb mértékben fejleszt Diesel-motorokat, az Ottó-motorok pedig csak a hybrid koncepció megvalósításához szükségesek, azért fejlesztik még őket).

Az elektromos autót vásárlók számára kínált kedvezmények egyértelműen az e-autók terjedését fogják eredményezni. A kezdeményezés viszont nem elegendő, a nagyon környezetudatos országokban már fontolgatják a belsőégésű motoros autók forgalomba helyezésének tiltását, aminek *révén az elérni kívánt hatás maximális lesz.*

A kutatás módszertana

Ezen tanulmány keretein belül ara a kérdésre keresem a választ, hogy várhatóan hány e-autó lesz a világon a jövőben, világszinten 2030-ban? Első lépésben tehát a kutatási kérdésemre válaszolva, az *elektromos autók számát* jeleztem előre. Ez nem egyszerű feladat, mivel a már létező előrejelzések nagyon különböző eredményeket mutatnak. Az elektromos autók számát számos tényező befolyásolja, amelyeknek egy része ismert (például az e-autók ára), másik része nem ismert pontosan (mennyi állami támogatást fognak nyújtani az e-autót vásárlók számára), és végül a fennmaradó része nem is számszerűsíthető (egyéb előnyök e-autót vásárlók számára, például a buszszáv használatának engedélye; „zöld” gondolkodás elterjedésének mértéke stb.). Ebben az esetben a regressziós modell a nehezen számszerűsíthető és sok esetben bizonytalan adatok mellett nem biztos, hogy kielégítő eredményt adott volna. Így választásom a *Monte Carlo sztochasztikus szimulációs módszerre* esett, ami a magas bizonytalanságú esetekben jól alkalmazható. A szimuláció során olyan véletlen számokat generáltam, amelyek normális eloszlást követnek, átlaguk az egyes előrejelzések súlyozott átlaga és szórása egyszerűen csak a már meglévő előrejelzések szórása. Mivel a szórás igen nagy volt, néhány esetben az értékek negatívak voltak. Ezért egy további korlátozást is bevezettem és csak akkor vettem figyelembe egy generált véletlen számot, ha az pozitív volt, hiszen a világon összes e-autók száma nem lehet negatív, így ezeket nullával helyettesítettem. Összesen 5000 szimulációt futtattam le, minden évre külön-külön (2018-tól 2030-ig).

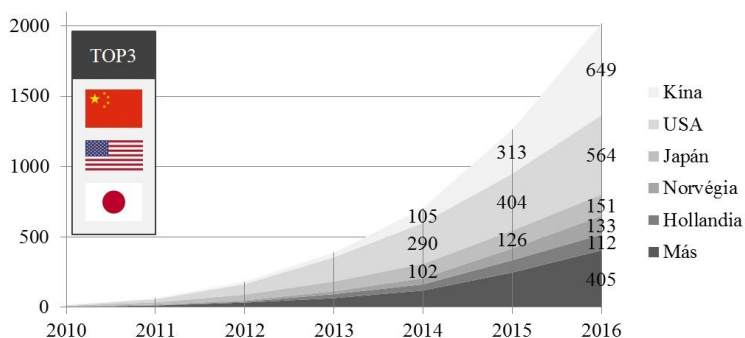
Az elektromos autók piacának elemzése és számuknak előrejelzése

Az elektromos autók piacelemzése során első lépésben az elektromos autók állományát elemeztem historikusan (BEV és PHEV kategóriákat külön-külön is, a legnagyobb e-autó piaccal rendelkező országok esetében). Ezután a piaci részesedésük alakulását vizsgáltam meg, mivel ez megmutatja, hogy az állományuk növekedése milyen mértékben jelenti elterjedtségüket az összes

típusú (például belsőégésű motoros) autókhoz képest. Végül az elektromos autók jövőbeli számát jeleztem előre, a Monte Carlo sztochasztikus szimuláció segítségével.

Elektromos autók számának alakulása világszinten és a legfontosabb piacokon

Az elektromos autók száma a világon 2005 és 2016 között exponenciálisan növekedett. Az elektromos autó mint termék a legtöbb országban még a termékéletrajz-görbe innováció szakaszában van, ezért lehetséges az, hogy az elektromos autók számának növekedése igen gyors.



4. ábra: Elektromos autók számának alakulása országonként, 2010–2016 (ezer db)

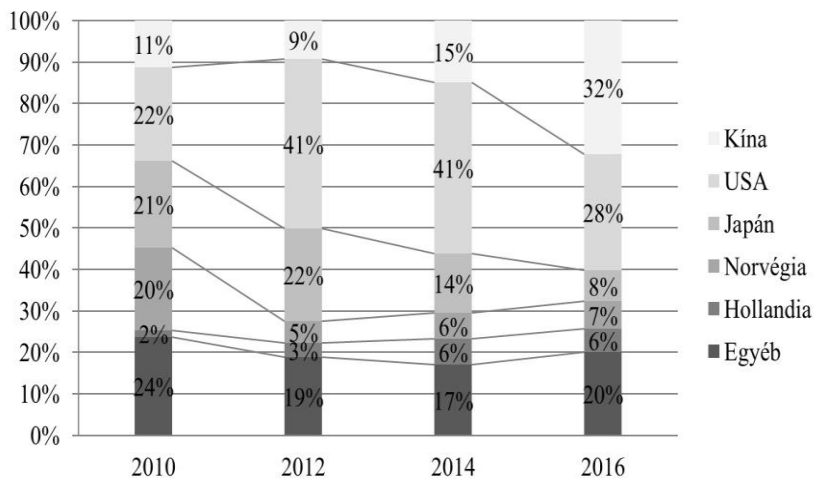
2016-ban a világon 2,01 millió e-autó volt (4. ábra).⁴¹ Ennek jelentős része két országban került regisztrálásra: Kínában és az USA-ban. 2016-ban Kínában 648 ezer e-autó volt (a világ összes e-autójának 32,21%-a) és 563 ezer e-autó volt az USA-ban (a világ összes e-autójának 27,99%-a) (4. és 5. ábra).⁴² Tehát az elektromos mobilitás két legjelentősebb piaca Kína és az USA (legfőképp a nagy népesség miatt). Azonban van még néhány ország, amely szintén fontos piac az e-autók számára, ezek a következők: Japán, Norvégia és Hollandia, valamint Nagy-Britannia, Franciaország, Németország, Svédország, Kanada, Dél-Korea és India. Az összes többi országban 2016-ban 405 ezer e-autó volt, ami a világ összes e-autójának csupán 20,1%-a.⁴³

Az e-autók eladása Kínában növekszik a leggyorsabban, 2010-ben a Föld összes e-autójának 11,4%-a volt Kínában, 2016-ra ez az arány 32,2%-ra növekedett (5. ábra).

⁴¹ IEA 2017.

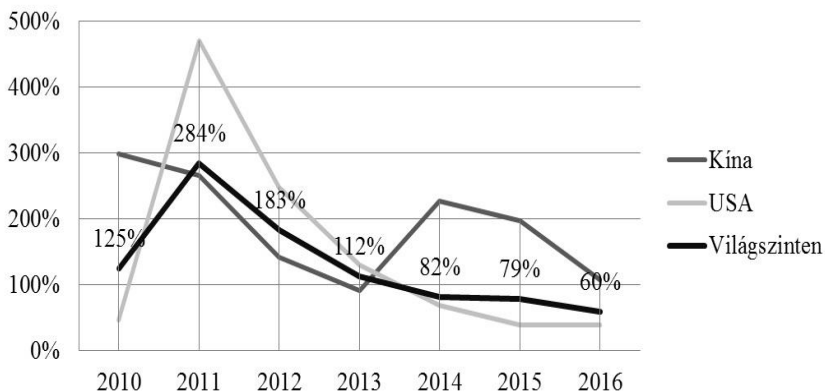
⁴² IEA 2017.

⁴³ IEA 2017.



5. ábra: A világ összes e-autójának megoszlása az országok között, 2010–2016 (%)

Az e-autók eladásának üteme azonban lassul, ahogy egyre több elektromos jármű kerül forgalomba (6. ábra). Világszinten az e-autók eladásának növekedése 2011 óta folyamatosan csökken, hiszen 2011-ben az eladások növekedése 283%-os volt, de ez 2016-ra 60%-ra csökkent. A két legnagyobb e-autó piacon, az USA-ban és Kínában hasonló az eladások dinamikája. Viszont Kínában 2014-ben volt egy hatalmas eladásnövekedés, de ezután újra csökkenő tendencia figyelhető meg.

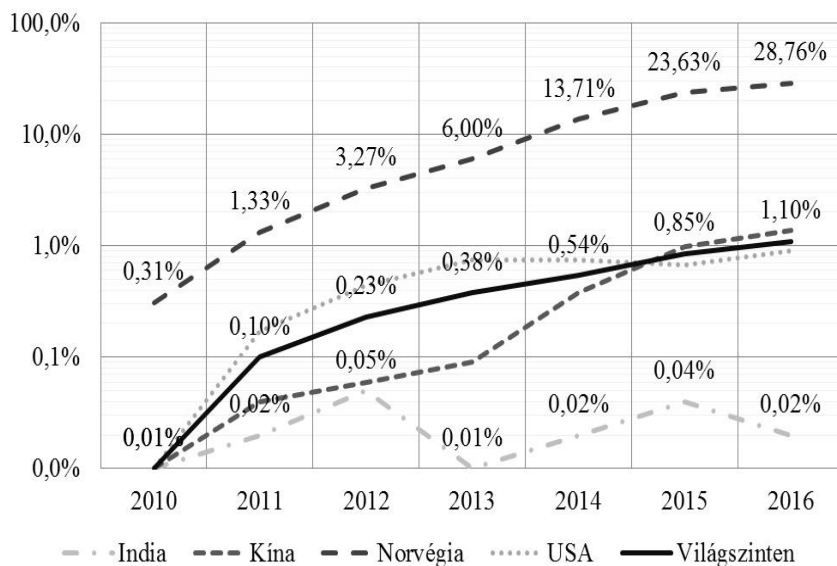


6. ábra: Elektromos autók eladásának változása az előző évhez képest világszinten, Kínában és az USA-ban, 2010–2016 (%)

Elektromos autók piaci részesedésének alakulása világszinten és a legfontosabb piacokon

Az elektromos autók piaci részesedése 2016-ban a legtöbb országban a 2%-ot sem érte el. Az e-autó eladások habár gyorsan növekednek, a piaci részesedésük még mindig nagyon alacsony.

Az első helyen Norvégia áll, ugyanis ott 2016-ban az e-autók piaci részesedése 28,76% volt, ami kimagasló érték a többi országhoz viszonyítva.⁴⁴ Viszont ez a kiugró érték amellet, hogy figyelemre méltó, problémát is okozott az ország villanyautósainak. A túl sok e-autó miatt a nyilvános töltők nagyon túlterheltek lettek, így az e-autók töltése a várakozások miatt korántsem volt gyors (az egy töltőre eső e-autók száma nagyon magas lett, csaknem elérte a 20 e-autó/töltő arányt, ami az ideális 10-hez képest csaknem kétszer több).⁴⁵ A töltőpontok túlterheltsége miatt a norvég állam arra kérte a lakosokat, hogy csak akkor vásároljanak elektromos autót, ha tudják biztosítani azt, hogy otthonukban töltsék fel azokat, amíg nem bővül a töltőpontok hálózata.



7. ábra: Elektromos autók piaci részesedésének alakulása világszinten, Kínában, az USA-ban, Norvégiában és Indiában, 2010–2016 (%)

⁴⁴ IEA 2017; <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/electricity-and-cars.aspx> (Letöltés: 2018.03.06.)

⁴⁵ http://totalcar.hu/magazin/hirek/2017/09/21/norvegiaban_annyira_sok lett_a_villanya_uto_hogy_nem_birjak_toltovel/ (Letöltés: 2018.03.06.)

Világszinten 2010-ben az e-autók piaci részesedése 0,01% volt, ami 2016-ra 110-szer nagyobb lett, így ebben az évben az e-autók piaci részesedése 1,10%-ra nőtt, ami még mindig nagyon kevés. Világszinten a legnagyobb e-autó piacok közül a legalacsonyabb e-autó penetrációval bíró ország India: itt az e-autók piaci részesedése sosem volt több 0,05%-nál, 2016-ban pedig csak 0,02% volt (7. ábra).⁴⁶ Az első helyen Norvégia áll, itt már 2010-ben 0,31%-os volt az e-autók piaci részesedése, ami 2016-ban 28,76%-ra nőtt. A két legfontosabb e-autó piacon (Kínában és az USA-ban) az e-autók piaci részesedése hasonló, 2016-ban Kínában 1,37%, az USA-ban pedig 0,91% volt (7. ábra).⁴⁷

Az elektromos autók számának előrejelzése

Többféle előrejelzés is létezik, amely az elektromos autók számát vetíti előre, azonban ezek szórása nagyon nagy. A historikus adatok alapján 2030-ban 15 millió e-autó lesz a világon, azonban az International Energy Agency, Beyond 2°C Scenario (IEA B2DS) előrejelzése alapján 210 millió e-autó lesz 2030-ban.⁴⁸ Ugyancsak az International Energy Agency egy másik előrejelzése szerint (2°C Scenario – IEA 2DS) szerint 2030-ban 160 millió e-autó lesz összesen a Földön. Szintén az IEA egy harmadik előrejelzése szerint 58 millió e-autó fogja az utakat róni 2030-ban.⁴⁹ Talán az utóbbi, a Reference Technology Scenario (IEA RTS) a legmegbízhatóbb előrejelzés, mivel ez figyelembe veszi a rendelkezésre álló erőforrásokat, a mostani technológiai állást valamint annak fejlődését és ezek szerint számítja ki, hogy hány e-autó lehet a Földön.⁵⁰ A másik két előrejelzés azt mutatja meg, hogy hány e-autó kellene, hogy a globális felmelegedés ne haladja meg az átlagos 2°C-ot, vagy még ennél is sokkal alacsonyabb legyen (IEA 2DS és B2DS előrejelzései). Ezek az előrejelzések *nagy technológiai fejlődést feltételeznek*, de arra alapozzák a fejlődés lehetőségét, hogy a magas szintű dekarbonizációra már ki vannak fejlesztve ezek a technológiák, csak nem mindig költséghatékonyak.⁵¹ A Párizsi Egyezmény szerinti előrejelzés azt mutatja meg, hogy hány e-autó lenne, ha minden ország tartaná magát a megállapodásokhoz és az előírtak szerint csökkentené a CO₂ kibocsátását.⁵²

A magas bizonytalanság miatt készítettem egy Monte Carlo szimulációt, amivel az e-autók számát előre tudtam jelezni. A MC szimuláció alapadatai, az

⁴⁶ IEA 2017; <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/electricity-and-cars.aspx> (Letöltés: 2018.03.06.)

⁴⁷ IEA 2017; <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/electricity-and-cars.aspx> (Letöltés: 2018.03.06.)

⁴⁸ IEA 2017.

⁴⁹ IEA 2017.

⁵⁰ <https://www.iea.org/etp2017/summary/> (Letöltés: 2018.03.06.)

⁵¹ <https://www.iea.org/etp/etpmodel/> (Letöltés: 2018.03.06.)

⁵² <https://www.iea.org/etp2017/summary/> (Letöltés: 2018.03.06.)

egyres előrejelzések és a Monte Carlo szimuláció évenkénti átlagai az 1. táblázatban láthatóak.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historikusan	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15
IEA RTS	3	5	7	9	12	14	17	20	24	30	35	41	49	58
Párizsi Egyezmény	5	9	14	20	26	32	39	46	54	64	75	88	101	115
IEA 2DS	6	11	17	24	32	41	51	61	72	85	100	119	138	160
IEA B2DS	7	13	20	28	37	47	59	73	90	110	133	157	183	210
Súlyozott átlag	3	5	8	10	13	16	19	23	27	34	40	46	55	65
Szórás	2	4	6	9	12	16	20	24	30	36	44	52	61	70
MIN	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
MAX	7	13	20	28	37	47	59	73	90	110	133	157	183	210

1. táblázat: Monte Carlo szimuláció alapadatai (millió e-autó)

A MC szimulációhoz első lépésben a súlyozott átlagot határoztam meg. A súlyok értékét úgy határoztam meg, hogy összegük 1 legyen, azaz minden előrejelzést egy bizonyos százalékban vettem figyelembe, így a következőképp kaptam meg a súlyozott átlagot:

$$\text{Súlyozott átlag} = \frac{\sum w_i \cdot x_{i,t}}{\sum w_i} = \frac{90\% \cdot \text{RTD} + 2,5\% \cdot \text{H} + 2,5\% \cdot \text{PE} + 2,5\% \cdot \text{2DS} + 2,5\% \cdot \text{B2DS}}{1}, \text{ ahol}$$

w_i – i előrejelzés súlya,

$x_{i,t}$ – i előrejelzés (e-autók száma a világon), t időpontra (évre),

$\sum w_i$ – a súlyok összege

RTD – International Energy Agency, Reference Technology Scenario szerinti előrejelzés,

H – Historikus adatok alapján számolt előrejelzés,

PE – Párizsi Egyezmény alapján számolt előrejelzés,

2DS – International Energy Agency, 2°C Scenario szerinti előrejelzés,

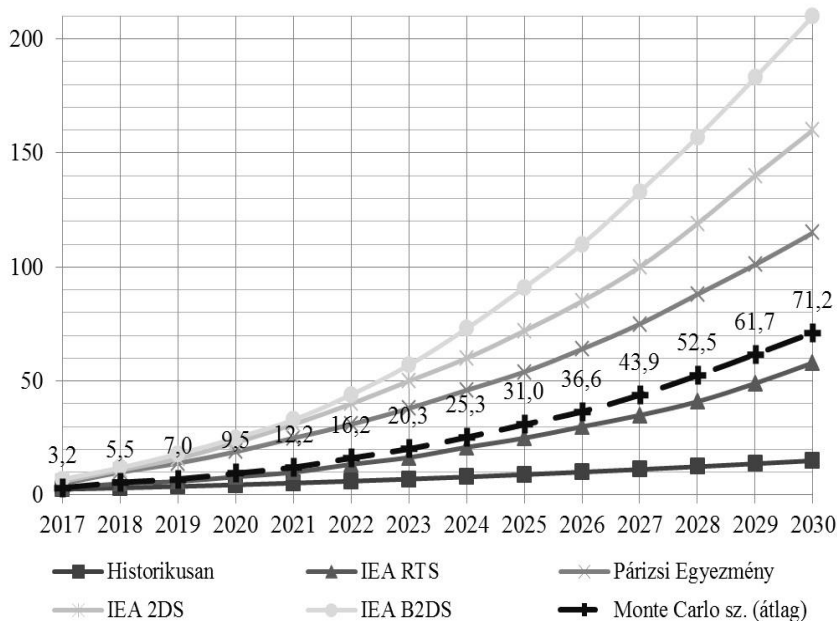
B2DS – International Energy Agency, Beyond 2°C Scenario szerinti előrejelzés.

Az IEA RTS előrejelzést azért vettem a legnagyobb súllyal figyelembe, mert ez az egyetlen előrejelzés, amelyik számításba veszi az erőforrások rendelkezésre álló és kitermelhető mennyiségét, valamint a technológia fejlődését is. A többi előrejelzést csak kis súllyal vettem számításba, hiszen az az országok közötti megállapodásokra épít (az e-autók számát vagy a CO₂ kibocsátást illetően), aminek betartására nincs semmi garancia (ahogy ezt a Párizsi Egyezmény eddigi fejleményei is mutatják, így ezt az előrejelzést is csak 2,5%-os súllyal vettem

figyelembe, ahogy a többi előrejelzést is). Azonban ezek a megállapodások valamilyen szinten biztosan hatással lesznek az e-autók terjedésére, ezért vettem őket (kis mértékben) figyelembe.

Ezután a szórást határoztam meg, amit egyszerűen csak az összes előrejelzés szórásaként definiáltam.

A Monte Carlo szimuláció évenkénti átlagai a 8. ábrán láthatóak, összehasonlítva az egyes előrejelzések értékeivel. Mivel a súlyozott átlag számításánál az IEA RTS előrejelzést vettem a legnagyobb mértékben figyelembe, így a szimulációk évenkénti átlaga is ehhez van a legközelebb (8. ábra).

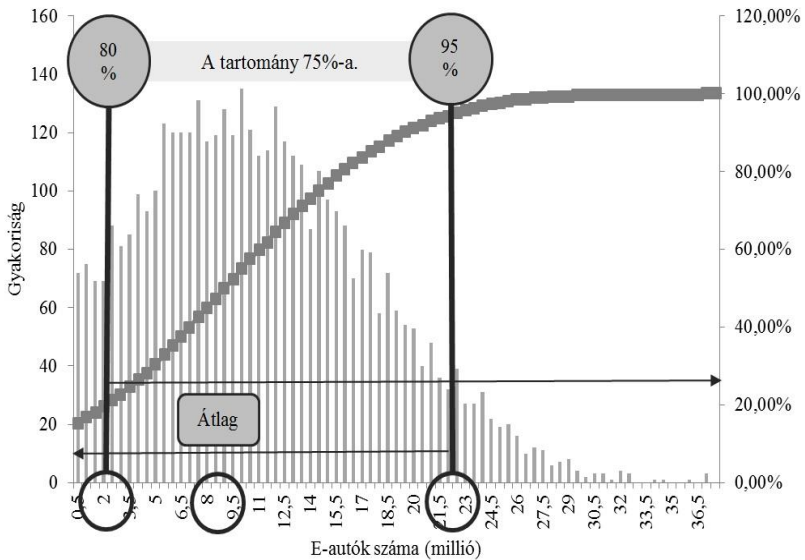


8. ábra: Monte Carlo szimuláció évenkénti átlagainak összevetése az előrejelzésekkel, 2017–2030 (millió e-automó)

A Monte Carlo szimuláció alapján előállított adatok átlaga fog a legnagyobb eséllyel bekövetkezni. Az adatokat tovább vizsgálva megállapítható az is, hogy hány e-autónál lesz valamilyen eséllyel több vagy kevesebb.

Mivel bevezettem azt a feltételt is, hogy a generált számokat csak akkor veszem figyelembe, ha pozitívak, ellenkező esetben 0-ként használom fel őket, viszonylag sok 0-ás eredmény jött ki. Így az alsó határt, vagyis azt, hogy milyen eséllyel lesz több, mint „x” e-automó nem tudtam 95%-os pontossággal meghatározni, mint a felső határt.

A Monte Carlo szimuláció eredményeiből két küszöbértéket jelöltem ki. A 9. ábrán szemléltetett felső határ azt mutatja meg, hogy 95% eséllyel hány e-autónál lesz kevesebb, az alsó pedig azt, hogy 80% eséllyel hány e-autónál lesz több 2020-ban. Az esetek 75%-a ezen két érték, azaz 2020-ban 2,0 és 22,5 millió autó közé esik (9. ábra). Az átlag 9 millió. A 0-ás eredmények a szimuláció 13,8%-át adják.

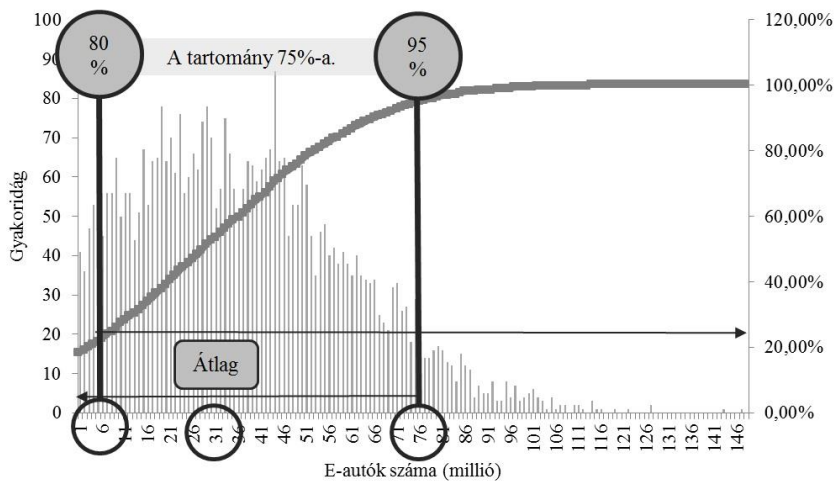


9. ábra: A Monte Carlo szimuláció eredménye 2020-ra (millió e-autó)

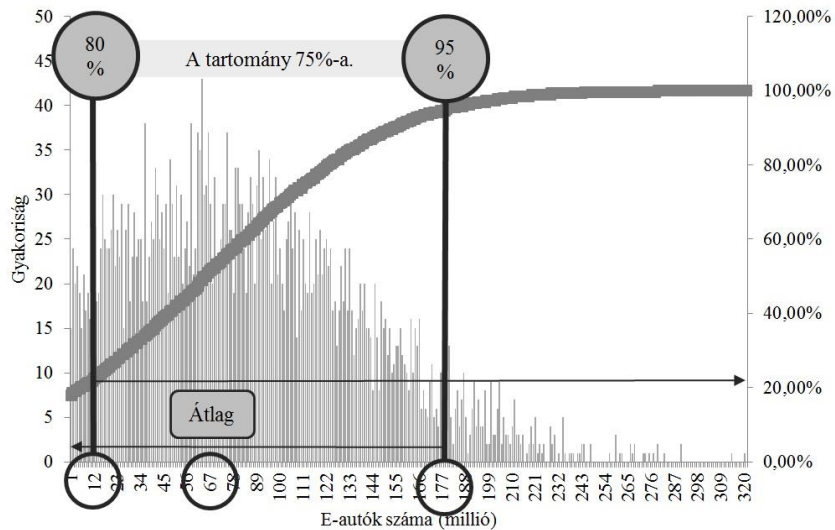
2025-re a szimuláció átlaga szerint 29 millió elektromos autó lesz összesen a világon, 95%-os eséllyel 76 milliónál kevesebb lesz és 80%-os valószínűséggel lesz több mint 3 millió (10. ábra), tehát az értékek 75%-a 3 és 76 millió közé esnek. A 2025-re számolt szimulációban a 0-ás eredmények az értékek 17,3%-át adják.

2030-ra a szimuláció átlaga szerint 65 millió e-autó lesz a világon. 95% annak a valószínűsége, hogy 179 milliónál kevesebb, illetve 80% az esélye annak, hogy több mint 6 millió e-autó lesz a Földön 2030-ra (11. ábra). A szimuláció értékeinek 17,8%-a lett 0.

A szimuláció eredményei, évenkénti bontásban a 2. táblázatban láthatóak, több küszöbérték esetében is. 100%-os esély van arra, hogy az e-autók száma minden évben nagyobb lesz 0-nál, mivel a negatív számokra korlátozást vezettem be. Az átlag a legvalószínűbben bekövetkező érték, 50% a valószínűsége annak, hogy ennél több e-autó lesz a világon (2. táblázat). A szimuláció eredményeit grafikusán a 12. ábra szemlélteti.



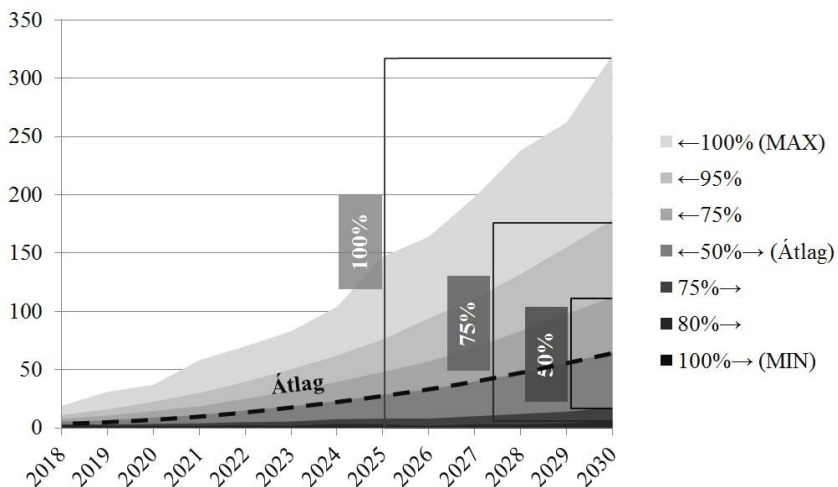
10. ábra: A Mone Carlo szimuláció eredménye 2025-re (millió e-autó)



11. ábra: A Mone Carlo szimuláció eredménye 2030-ra (millió e-autó)

	100%→ (MIN)	80%→	75%→	←50%→ (Átlag)	←75%	←95%	←100% (MAX)
2018	0,0	2,5	3,0	5,5	8,0	11,0	19,0
2019	0,0	2,0	3,0	6,5	10,5	16,0	31,0
2020	0,0	2,0	3,5	9,0	14,5	22,5	37,0
2021	0,0	2,0	4,0	11,0	18,5	30,0	58,0
2022	0,0	2,5	5,0	15,0	25,0	39,5	70,0
2023	0,0	2,0	5,5	18,5	31,5	50,5	83,0
2024	0,0	3,5	7,5	23,0	39,5	62,0	104,0
2025	0,0	3,0	8,0	28,5	48,0	76,0	147,0
2026	0,0	2,0	8,0	33,0	57,0	94,0	164,0
2027	0,0	3,0	10,0	40,0	69,0	111,0	198,0
2028	0,0	3,0	12,0	47,0	83,0	132,0	238,0
2029	0,0	4,0	14,0	56,0	98,0	155,0	262,0
2030	0,0	6,0	17,5	64,5	112,0	178,5	320,0
Tartomány	25%		50%			25%	
	20%	75%					5%
	100%						

2. táblázat: A Monte Carlo szimuláció évenkénti eredményei



12. ábra: A Monte Carlo szimuláció évenkénti eredményei

Következtetés

A környezetünk minősége túlzás nélkül az elektromos autók elterjedésétől függ, hiszen az e-autók – amennyiben a töltésükhöz használt energia megújuló – nagy mértékben tudják csökkenteni az üveházhatású gázok kibocsátását. Azonban az e-autók terjedése sok tényezőtől függ (ár, hatótáv, töltési idő, állami támogatások stb.). Ezen tényezők változása egyelőre az e-autók terjedését segíti elő, mivel áruk egyre csökken, hatótávjuk folyamatosan nő, a töltési idő sem túl hosszú, valamint az egyes országok egyre több ösztönzővel segítik az elektromos mobilitás terjedését. A „dízelbotrány” óta pedig egyre környezettudatosabbak az autót vásárlók és ha tehetik, e-autót (is) vásárolnak.

Elemzésem elsősorban arra a kérdésre adott választ, hogy *hány e-autó lesz a világon*. A Monte Carlo szimuláció eredményeképpen kijelenthetem, hogy számuk egyre növekedni fog, 2025-ben nagy valószínűséggel több mint 30 millió, 2030-ban pedig több mint 70 millió e-autó lesz a világon. 95%-os valószínűséggel állíthatom azt, hogy 2030-ra az IEA B2DS szerinti 210 millió e-autó állomány nem fog megvalósulni, hiszen elég nagy az esélye annak, hogy 180 millió e-autó sem lesz a Földön 2030-ban. Ez a nagy mértékű e-autó terjedés természetesen új töltőpontok létrehozását vonja maga után, valamint az e-autó gyártók szempontjából a közeljövőben kapacitásbővítésre is szükség lesz. Korábbi (részletesebb) tanulmányom alapján a Monte Carlo szimuláció szerint a jövőben valószínűleg lítium hiány is fel fog lépni, ami 2023-tól válhat igazán súlyossá.⁵³

Összegzőképpen elmondható, hogy az autóiipar talán ebben az időszakban megy át a legnagyobb változáson az első autómobil feltalálása óta, de egyelőre úgy tűnik, hogy az e-autók megfelelő ütemben terjednek. Egyre több gyártó áll a kezdeményezés mellé, és dob piacra BEV vagy PHEV modellt (is).

Irodalom

BCG 2010 = BCG: *Batteries for Electric Cars*. The Boston Consulting Group (BCG) 2010.

BUEKERS – VAN HOLDERBEKE – BIERKENS – PANIS 2014 = Buekers, J. – Van Holderbeke, M. – Bierkens, J. – Panis, L.: Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 33 (2014) 26–38.

Csíki 2018 = Csíki Ottó: Az elektromos autók gyártásának és elterjedésének kihívásai a következő évtizedben. (ETDK dolgozat) Kolozsvár: Babeş-Bolyai Tudományegyetem, 2018.

⁵³ Csíki 2018.

- EURELECTRIC 2008 = Eurelectric: *Electric vehicles – the future of transport in Europe*. Brüsszel 2008.
- HACKER – HARTHAN – MATTHES – ZIMMER 2009 = Hacker, F. – Harthan, R. – Matthes, F. – Zimmer, W.: Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe – Critical review of literature. *ETC/ACC technical paper 4* (2017) 56–90.
- HELMERS – MARX 2012 = Helmers, E. – Marx, P.: Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe* 24(14) (2012) 2–15.
- JAFFE – NEWELL – STAVINS 2005 = Jaffe, A. – Newell, R. – Stavins, R.: A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological economics* 54(3) (2005) 164–174.
- KENDALL 2008 = Kendall, G.: *Plugged in – the end of the oil age*. Brüsszel 2008.
- KING 2007 = King, J.: *The King Review of low-carbon cars. Part 1: the potential for CO2 reduction*. London 2007.
- KLOESS – HAAS 2009 = Kloess, M. – Haas, R.: *The road towards electric mobility - an energy economic view on hybrid and electric vehicle technologies and the influence of policies on the diffusion*. Vienna 2009.
- KROMER – HEYWOOD 2007 = Kromer, M. – Heywood, J.: *Electric powertrains – opportunities and challenges in the U.S. light-duty vehicle fleet*. Cambridge 2007.
- STATISTA 2017a = Statista: *Electric vehicles worldwide*. Hamburg 2017.
- STATISTA 2017b = Statista: *eMobility*. Hamburg 2017.

Internetes forrás

- DEUTSCHE BANK 2016 = Deutsche Bank: *Welcome to the Lithium-ion age* (2016) <http://www.belmontresources.com/LithiumReport.pdf> (Letöltés: 2018.03.06.)
- E-autók: alapvető típusok* (2017) <https://energia.eon-hungaria.com/szerep-vallalas/energiaujutakon/e-mint-elektromos-auto/e-auto-tipusok> (Letöltés: 2018.03.06.)
- Electric vehicles report: part 1 – Electric vehicles are going mainstream* (2017) <https://cleantechnica.com/2017/10/02/electric-vehicles-report-part-1-electric-vehicles-going-mainstream/> (Letöltés: 2018.03.06.)
- Electricity and cars* (2018) <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/electricity-and-cars.aspx> (Letöltés: 2018.03.06.)

- Elektromos autó* (2018) <https://villanyautosok.hu/elektromos-auto/> (Letöltés: 2018.03.06.)
- Energy technology perspective* (2017) <https://www.iea.org/etp2017/summary/> (Letöltés: 2018.03.06.)
- Energy technology perspectives – analytical approach* (2017) <https://www.iea.org/etp/etpmodel/> (Letöltés: 2018.03.06.)
- European car sales analysis* (2017) <http://carsalesbase.com/> (Letöltés: 2018.03.06.)
- IEA 2017 = International Energy Agency (IEA): *Global EV Outlook 2017 – Two million and counting*. IEA (International Energy Agency), 2017. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf> (Letöltés: 2018.03.06.)
- Norvégiában annyira sok lett a villanyautó, hogy nem bírják tölteni* (2017) http://totalcar.hu/magazin/hirek/2017/09/21/norvegiaban_annyira_sok_lett_a_villanyauto_hogy_nem_birjak_toltovel/ (Letöltés: 2018.03.06.)
- Ötezer eurót kap, ha e-autót vásárol* (2016) <http://www.origo.hu/kornyezet/20160118-e-auto-zold-rendszam-adokedvezmeny-elektromos-hajtas-elektromos-toallok-tamogatas.html> (Letöltés: 2018.03.06.)
- The electric car revolution now faces its biggest test* (2017) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-24/the-electric-car-revolution-tesla-began-faces-its-biggest-test> (Letöltés: 2018.03.06.)

A forecasting study of the number of electric cars on a global level

OTTÓ CSÍKI

After the recent emission scandals, the restriction of harmful emissions of cars came to the forefront again. It is expected that in the future a sustainable mobility of the world will be based on electric cars (e-cars), because these cars do not have harmful emissions on local level, and the same is true at the global level, if the energy for cars is made from renewable energy sources. The production of e-cars and the displacement of the cars with internal combustion engine are the most important current challenges within the automotive industry. Thus, this paper deals with an actual and practically relevant issue. The main objective of this paper is to forecast the number of e-cars in the world until 2030. The Monte Carlo stochastic simulation method is used to reach this objective using and combining data from existing forecasts. The result of the simulation shows that the number of e-cars will increase in the future: in 2025 we expect more than 30 million e-cars worldwide, the same number being forecasted to exceed 70 million by 2030.