

## Elektromos közúti gépjárművek energiatároló kapacitásának számítása és alkalmazásuk a villamosenergia-rendszerben

Viktoria PAPP\*, Adam TOROK\*\*

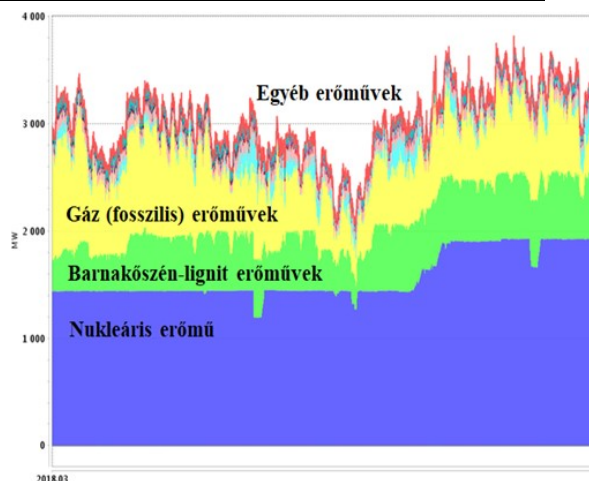
\*BSc student,  
Budapest University of Technology and Economics,  
Faculty of Transport Engineering and Vehicle Engineering  
(e-mail: [paprikaviki77@gmail.com](mailto:paprikaviki77@gmail.com)).

\*\*PhD, associate professor,  
Budapest University of Technology and Economics,  
Faculty of Transport Engineering and Vehicle Engineering,  
member of Hungarian Academy of Engineering  
(e-mail: [torok.adam@mail.bme.hu](mailto:torok.adam@mail.bme.hu))

Absztrakt: Ma már elmondható, hogy a járműgyártás jövője az automatizált, autonóm vezetési rendszerek mellett kétség kívül az elektromos járművek gyártásában és fejlesztésében rejlik. Számos előnyeik mellett fontos azon is elgondolkodnunk, hogy milyen további területeken hasznosíthatnánk hatékonyan napjaink egyik vezető technológiáját. Mivel villamos energiát hasznosító és tároló rendszerekről beszélünk, elsősorban a villamos energia hálózat területe az, amit érdemes megvizsgálunk.

### 1. HAZÁNK VILLAMOSENERGIA-RENDSZERÉNEK SAJÁTÓSSÁGAI

Első körben vizsgáljuk meg hazánk villamosenergia-ellátását és fogyasztását. Az 1. ábrán láthatjuk a MAVIR adatai alapján a nettó erőművi termelési források megoszlását 2018 márciusára vonatkozóan. Látható, hogy az előállított teljesítmény jelentős részét, ami kb. 1400 – 1900 MW-ot jelent óránként, a nukleáris erőmű, azaz hazánk egyetlen atomerőműve, Paks termelte ki. Átlagosan a megtermelt villamos energia több mint 50 %-át biztosítja, és ez a mostani esetben sincs másképp. Paks mellett a barnakőszén-lignit és a gáz erőművek azok, amelyek még viszonylag nagyobb mértékben (maximum kb. 600 MW-tal és 1000 MW-tal) járulnak hozzá óránként a termeléshez. Emellett léteznek még egyéb erőműveink is, mint például a biomassza erőművek, szárazföldi szélerőművek, folyóvízes erőművek, víztározós vízerőművek, szemétegető erőművek stb., de ezek az csak nagyon kis %-ban járulnak hozzá az összes energia kitermeléséhez. A márciusi adatok alapján pedig elmondható, hogy hazánk átlagosan kb. 3000 MW villamos teljesítményt termelt ki óránként.

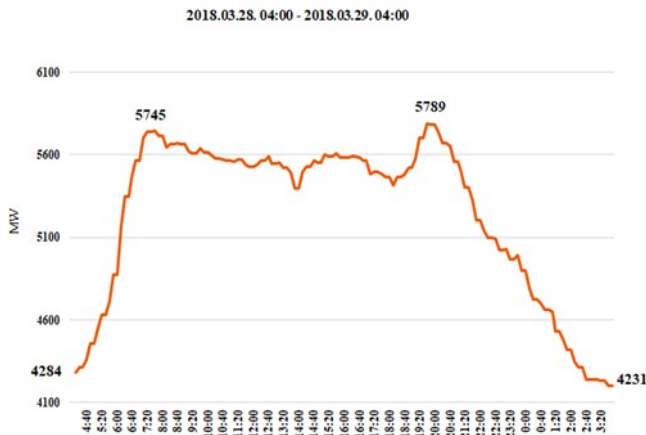


1. ábra: Erőművi termelési források megoszlása 2018 márciusában (forrás: saját szerkesztés [1])

Azt már tudjuk, hogy átlagosan óránként hány MW teljesítménnyel dolgoznak erőműveink, de azt még nem, hogy mennyi a hazai óránkénti villamosteljesítmény-fogyasztás. A villamosenergia-ellátás alapfeladata a fogyasztók igényeinek kiszolgálása. Ez nem egyszerű feladat, hiszen a fogyasztók teljesítmény-igénye pillanatról pillanatra változik, berendezéseiket ki- vagy bekapcsolják, üzemelő berendezéseik terhelését változtatják. A fogyasztási adatok alakulását számos tényező befolyásolja, elsősorban függ az adott ország gazdaságától, életmódjától, meteorológiájától,

illetve más-más értékek mérhetők a hétköznapokon és a hétvégéken.

Nézzük meg, hogyan alakul Magyarország napi fogyasztása egy teljesen átlagos hétköznapon. Véletlenszerűen kiválasztottam egy márciusi hétköznapot (március 28), és az aznapi fogyasztási értékeket vizsgáltam. A MAVIR adatai alapján megnéztem az aznapi nettó tényleges rendszerterhelési értékeket, majd ezeket egy diagramon ábrázoltam. A kapott diagramot a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Napi villamosteljesítmény-fogyasztás alakulása (forrás: saját szerkesztés)

A fogyasztási értékek viszonylag széles skálán mozognak, két csúcsidezőszakot és egy völgyidőszakot is láthatunk a diagramon. Az első csúcsidezőszakot a reggeli órákban (7:00 – 8:00 között), a másodikat pedig az esti órákban (19:00 – 20:00 között) mérték. Nem meglepő, hogy ezekben az időszakokban volt a legnagyobb a fogyasztás, hiszen a legtöbb munkába/iskolába induló ilyenkor készülődik (bekapcsolják a kávéfőzőt, televíziót stb.), illetve az esti időszakban pedig a legtöbben ekkor érkeznek haza. A legalacsonyabb fogyasztási értékeket pedig a hajnali órákban tapasztalták (2:00 – 4:00 között), ez is érthető, ugyanis a legtöbb ember ebben az időszakban alszik. Látható, hogy a fogyasztási görbe legmagasabb csúcs- (5789 MW), illetve legalacsonyabb völgyértékei (4231 MW) között, 1558 MW teljesítménykülönbség van. A villamosenergia-hálózatnak ki kell tudnia szolgálni a fogyasztókat a csúcsidezőszakokban is.

Vizsgáljuk meg az elektromos járművek töltésének szempontjából ezt az 1558 MW teljesítménykülönbséget. Az előzőekben az derült ki, hogy a csúcsidezőszak és völgyidőszak között megközelítőleg 1558 MW teljesítménykülönbség adódik, mely ún. szabad kapacitásból, a 2012-es, 26 kWh-ás átlagos töltési munkával számolva, nagyságrendileg kb. 100 000 autó feltöltését lehetne megoldani. Ennél nagyobb elektromos járműpark energiaigényének kielégítése már új erőművi beruházásokat igényelne. [2]

Azonban a mai napig a legnagyobb gond az, hogy a hazai erőműveinek óránként átlagosan 3000-3500 MW teljesítményt (ritkán 4000 MW felett) állítanak elő, ami azt jelenti, hogy a legalacsonyabb fogyasztási időszakokban is importálnunk kell más országokból. Tehát az országnak folyamatosan importra van szüksége. Érdekes tény, hogy ennek ellenére Magyarország is exportál villamosenergiát más országokba. Ennek oka egyszerű: olcsóbban megvásároljuk az importot és drágábban eladjuk a hazai villamos energiát, így gazdaságosabb.

## 2. ELEKTROMOS JÁRMŰVEK ENERGIATÁROLÓ KAPACITÁSÁNAK SZÁMÍTÁSA ÉS BEKAPCSOLÁSA A HAZAI VILLAMOSENERGIA-RENDSZER MŰKÖDÉSÉBE

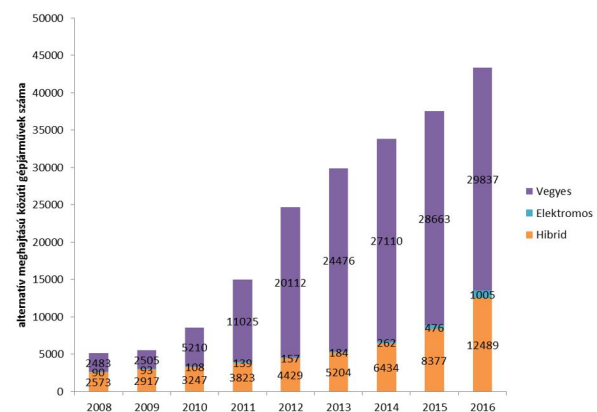
Az elektromos járművek villamos energiával működő rendszerek, amelyek képesek az energiát akkumulátorukban tárolni. Ez az a tulajdonságuk, amivel segíthetné az energiarendszer működését.

Az egyik fontos kérdés most azonban az, hogy egy meghatározott nagyságú elektromos járműállomány mekkora mennyiségű energiát lenne képes eltárolni.

### 2.1. Reális forgatókönyv, az elektromos járművek terjedése Magyarországon

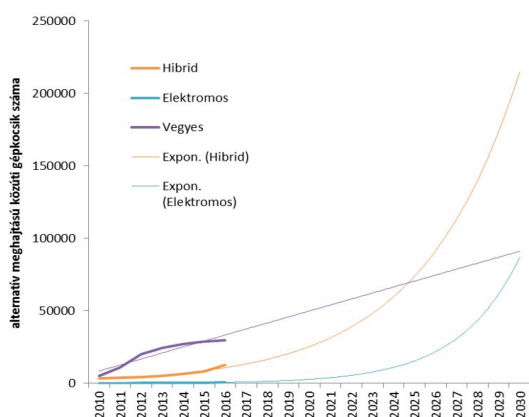
Érdekes megvizsgálunk, hogy valójában hogyan is alakult az elektromos járműállomány az utóbbi években Magyarországon.

A 2016-os év végére összesen 43 331 alternatív meghajtású (hibrid, elektromos, vegyes) járművet számoltak hazánkban, amelyből mindössze csak 1005 db volt elektromos. (3.ábra) Ahogy az ábrán is látható, az elektromos járművek részaránya egyelőre még igen kicsi, de számuk 2010 óta dinamikusan növekszik. Például az e-autók száma 2015-ről (476 db) 2016-ra (1005 db) a duplájára nőtt.



3. ábra: Alternatív meghajtású közúti gépjárművek évenkénti számának alakulása hazánkban (forrás: [3])

Ezt követően, egy másik fontos kérdés, hogy milyen tendenciára számíthatunk a jövőben. Az már biztos, hogy a villanyautók száma évről évre fokozatosan nőni fog, de azt, hogy milyen mértékben fog az állomány évenként változni, azt nem könnyű megjósolni. A jövőbeli trendeket ugyanis sok minden befolyásolhatja, például a piaci árak változása, a szabályozási keretek, a támogatások stb. Ha azonban meghosszabbítjuk 2030-ig a jelenleg látható trendeket, akkor azt kapjuk, hogy várhatóan 2030-ban 220 000 hibrid és 90 000 vegyes illetve 85 000 elektromos jármű lesz forgalomban.(4. ábra):



4. ábra: Alternatív meghajtású közúti gépjárművek számának alakulása 2030-ig hazánkban (forrás: [3])

Tehát ha az eddigi elektromos járműállomány növekedésének mértékét vesszük alapul és hasonló mértékű növekedést feltételezünk a jövőben, akkor azt kapjuk, hogy 2030-ra várhatóan 85 000 db villanyautó lesz forgalomban hazánkban.

#### 2.2 Mekkora mennyiségű energiát lenne képes eltárolni 85 000 elektromos jármű?

A reális forgatókönyv azt jósolja, hogy 2030-ra 85 000 elektromos járművel számolhatunk a hazai utakon. Vizsgáljuk meg, hogy ez a 85 000 db villanyautó egyidejűleg mekkora mennyiségű energiát lenne képes eltárolni.

Első körben azt szükséges megállapítanunk, hogy egy elektromos jármű akkumulátorának átlagosan mekkora a kapacitása. A villanyautosok.hu oldal adatai alapján, ahol összegyűjtötték a leggyakoribb elektromos autófajtákat és a rájuk vonatkozó kapacitás jellemzőket, készítettem egy táblázatot (5. ábra). A táblázatban 31 db jármű típus és a hozzá tartozó kapacitás értéke szerepel. Látható, hogy az akkumulátorok kapacitása igen széles skálán mozog, a legkisebb 13,3 kWh, míg a legnagyobb 98,4 kWh. Ezen

értékeket kiátlagolva megkaptam, hogy az akkumulátorok kapacitása átlagosan 35,13 kWh.

Modell	Kapacitás	Modell	Kapacitás	Modell	Kapacitás	Modell	Kapacitás
BMW i3 60Ah (BEV)	18,8 kWh	Kia Soul EV (2018-)	29,5 kWh	Nissan LEAF 24 kWh (-2012)	21,4 kWh	Smart ForTwo EV	16,8 kWh
BMW i3 94 Ah (BEV)	29,4 kWh	Mercedes B250e	31,4 kWh	Nissan LEAF 24 kWh (2013)	21,4 kWh	Tesla Model 3	50,2 kWh
Chevrolet Spark EV	16,5 kWh	Citroen C-Zero / Peugeot iOn	13,3 kWh	Nissan LEAF 24 kWh (2014-2015)	21,4 kWh	Tesla Model 3 Long Range	74,5 kWh
Fiat 500e	20,6 kWh	(80 cella)		Nissan LEAF 30 kWh	27,2 kWh	Tesla Model S 75D (2017)	70,1 kWh
Ford Focus Electric (-2016)	20,3 kWh	Mitsubishi i-MEV		Opel Ampera-e	59,7 kWh	Tesla Model S 85D	77,5 kWh
Ford Focus Electric (2017)	28,4 kWh	Citroen C-Zero / Peugeot iOn	14,7 kWh	Renault Zoe 22 (-2014)	22 kWh	Tesla Model S 90D	81,8 kWh
Hyundai Ioniq	28,4 kWh	(88 cella)		Renault Zoe 22 (2015-)	23,3 kWh	Tesla Model S P100D	98,4 kWh
Kia Soul EV (-2017)	26,8 kWh	Nissan LEAF 24 kWh (-2012)	21,4 kWh	Renault Zoe 41	41 kWh	Átlagosan: 35,13 kWh	
Volkswagen e-UP	16,4 kWh	Volkswagen e-Golf (2017-)	31,4 kWh	Volkswagen e-Golf (-2016)	21,2 kWh		

5. ábra: Elektromos járművek átlagos akkumulátor kapacitása (forrás: saját szerkesztés [4])

Korábban már említettem, hogy 2012-ben az elektromos járművek akkumulátorának átlagos kapacitása még csak 26 kWh volt. Érdekese tény, hogy azóta eltelt nagyjából 6 év, és az akkumulátor technológia annyit fejlődött, hogy ma már ez az érték átlagosan 35,13 kWh. Összehasonlításképpen vizsgáljuk meg, hogy ez a 85 000 jármű mennyi villamos energiát képes egyidejűleg eltárolni, először a 2012-es 26 kWh-ás, utána a 2018-as 35,13 kWh-ás átlaggal számolva.

A 2012-es 26 kWh-ás átlagos kapacitási értékkel számolva a következőt kapjuk:

$$26 \text{ [kWh]} * 85 \text{ 000 [db]} = 2 \text{ 210 000 [kWh]} = 2210 \text{ [MWh]}$$

$$[\text{átlagos akkumulátor kapacitás 2012-ben}] * [\text{várható jármű darabszám 2030-ra}] = [\text{eltárolni képes energia}]$$

A 2018-as 35,13 kWh-ás átlagos kapacitási értékkel számolva a következőt kapjuk:

$$35,13 \text{ [kWh]} * 85 \text{ 000 [db]} = 2 \text{ 986 050 [kWh]} = 2986,05 \text{ [MWh]}$$

$$[\text{átlagos akkumulátor kapacitás 2018-ban}] * [\text{várható jármű darabszám 2030-ra}] = [\text{eltárolni képes energia}]$$

Eredményül 2210 MWh és 2986,05 MWh jött ki. Az akkumulátor technológia fejlődésének révén nőtt az akkumulátorok átlagos kapacitása, ami azt eredményezte, hogy ma már ugyanannyi (85 000) elektromos autó 2986,05

MWh - 2210 MWh = 776,05 MWh-val több energia eltárolására képes. A jövőben feltételezhetően még tovább fog nőni az átlagos kapacitási érték, így ugyanekkora járműállomány még több energia eltárolására lesz képes.

Tehát, 85 000 db e-jármű 35,13 kWh-ás kapacitási átlaggal számolva, kb. 3000 MWh energiát képes eltárolni. Annak érdekében, hogy megértsük nagyságrendileg mekkora ez az érték, hasonlítsuk össze a Paksi Atomerőmű teljesítményével. Paks teljesítménye átlagosan 2000 MW óránként.

85 000 db villanyautó, 35,13 kWh-ás kapacitással és 8 óra töltéssel számolva, 375 MW teljesítmény eltárolására lenne képes óránként.

$$3000 \text{ [MWh]} : 8 \text{ [h]} = 375 \text{ [MW]}$$

$$375 \text{ [MW]} : 2000 \text{ [MW]} = 0,18 \approx 0,2$$

Látható, hogy ez az 375 [MW] óránkénti teljesítmény közel 20% a Paks által kitermelt óránkénti teljesítménynek.

### 2.3 A villamosenergia-rendszer kisegítése elektromos járművekkel

Napjainkban a villamosenergia-rendszerünkre leginkább az egyirányú energiaáramlás jellemző [5], azaz az erőművekben megtermelt energia eljut a fogyasztókhoz (háztartásokhoz, üzemekhez, iskolákhoz stb.), akik azt felhasználják. Energia visszaáramlási folyamatról, azaz, hogy a fogyasztók is juttatnak vissza villamos energiát a rendszerbe, jelenleg még nem igazán beszélhetünk. Az igaz, hogy ma már léteznek napelemekkel felszerelt háztartások, amelyek az általuk megtermelt többlet energiát visszatáplálják a hálózatra (pénzt keresve ezzel), de ezek száma még igen csekély. Azonban arra eddig még nem volt példa, hogy járművek által eltárolt energia révén segítsük a villamosenergia-hálózat működését.

Az elektromos járművek villamosenergia-rendszerrel való együttműködése akkor válna teljessé, ha megvalósulna a kétirányú energiaáramlás. Ez azt jelentené, hogy csúcsidőszakok idején az autók akkumulátoraikból visszatáplálnának a hálózatra, illetve völgyidőszakokban pedig eltárolnák az éppen felesleges villamosenergiát. Ezt a kölcsönhatást "vehicle-to-grid" koncepciónak nevezik, ahol az autonóm elektromos autó részt vesz az aktív, kétirányú terhelésmenedzsmentben.

A magasabb fogyasztású időszakokban így kevesebb importra lenne szükség, illetve az alacsonyabb fogyasztású időszakokban pedig kevesebb energiát kellene exportálnunk. Az utóbbi azért különösen fontos, mert hazánk raktározási lehetőségei sok esetben korlátozottak, csekély mértékűek, ami azt jelenti, hogy az éppen előállított energiával kezdenünk kell valamit.

Ezekben az időszakokban a szomszédos országok igen olcsón tudnak hozzájutni a viszonylag drágán előállított hazai villamos energiához, ami hazánknak egyáltalán nem kedvező.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az MTA Bolyai János ösztöndíj programjának támogatásával készült.

## FORRÁSJEGYZÉK

- [1] Erőművi termelési források megoszlása, <http://mavir.hu/web/mavir/eromuvi-termeles-forrasok-megoszlasa-szerint-netto-uzemiranyitasi>
- [2] Bereczky Ákos - Török Ádám - Gács Iván (2012): Tisztán elektromos meghajtású személygépjárművek energetikai és környezeti hatásának vizsgálata, Magyar Energetika 19:01-13, [http://www.matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=103386](http://www.matarka.hu/cikk_list.php?fusz=103386)
- [3] Kérdezz-felelek a hazai elektromos autókról, <http://www.vilagvege2012.hu/2018/01/10/kerdezz-felelek-a-hazai-elektromos-autokrol/>
- [4] Az elektromos autók akkumulátorának valós kapacitása, <https://villanyautosok.hu/2017/08/31/az-elektromos-autok-akkumulatoranak-valos-kapacitasa/>
- [5] Csiszár Csaba, Csonka Bálint, Földes Dávid, Wirth Ervin, Lovas Tamás (2018): Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínét kijelölő módszer, Közlekedéstudományi szemle, 68(1):14-25. DOI: 10.24228/KTSZ.2018.1.2