

Az elektromos járművek integrálása a villamosenergia ellátási láncába

Dr. Piricz Noémi, PhD.

Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar,

piricz.noemi@kgk.uni-obuda.hu

Abstract: Az elektromos járművek villamosenergia-hálózatba történő integrálása sok kihívást jelent, de egyben lehetőséget is kínál a villamosenergia-ellátási lánc működésére és tervezésére. A villamos energia ellátási lánc egyedülálló a maga nemében; nemcsak a rögzített elosztási útvonalak miatt, és a szigorúan pull-rendszerű stratégia miatt, hanem azért is, mert a végső fogyasztónak lehetősége van arra, hogy közvetlenül befolyásolja a láncot, mint termelő / nagykereskedő / rendszer-befolyásoló. Ez a tanulmány azt vizsgálja meg, hogy a fogyasztóknak mi a véleményük elektromos autó tulajdonosként az ellátási lánc optimalizálásában betöltendő lehetséges szerepükről. A Közép-Magyarországon elvégzett kutatás (N = 211) szerint ha a fogyasztók elegendő állami támogatást és konkrét fogyasztói előnyöket kapnak, hajlandóak együttműködni az intelligens hálózatokkal a kiegyensúlyozottabb, stabilabb és hatékonyabb villamosenergia-ellátást lánc kialakítása érdekében.

Keywords: elektromos autók, intelligens hálózat, ellátási lánc optimalizáció

1. Bevezetés

A helyi és globális vállalkozások, valamint a fogyasztói energia rendszerek világszerte egyre inkább függenek az elektromos hálózatoktól (Veres, 2014). A klasszikus, fosszilis üzemű erőművek és atomerőművek mellett a megújuló energiaforrások is táplálják az elektromos hálózatokat, hogy kielégítsék a folyamatosan növekvő fogyasztói igényeket. Az energiahatékonyság növelése az Európai Duna Régió Stratégia (Európai Bizottság, 2010) és a párizsi megállapodás egyik legfőbb prioritása, míg az energiahálózatok országos szintű javítása kulcsfontosságú az ország számára; nem csak az energiaellátás biztonságának növelésére, hanem a makrogazdasági versenyképesség támogatására is. Mivel a fogyasztók jobban függenek az elektromos hálózatoktól, mint korábban, bizonyos elvárások vannak a villamosenergia-szolgáltatás felé. Olyan villamos energiát

kívánnak használni, amely megfizethető, tiszta, megbízható és képes a mindenkori fejlődő gazdaság és társadalom támogatására (Sioshansi, 2011). Az energiahatékonyság célja a termékek és szolgáltatások nyújtásához szükséges energia mennyiségének csökkentése (ISO 17743:2016), míg az egész világra kiterjedő energiaigény 2020-ig átlagos növekedési üteme 1,6% lesz 2035-ig (International Energy Outlook, 2016).

Miközben az energiafogyasztók száma és az elfogyasztott energia mennyisége folyamatosan növekszik, a villamosenergia-ellátás láncolata a rendszeren belüli tárolási és kiegyensúlyozási lehetőségek hiányával küzd. Ez a tanulmány a fogyasztói szerepvállalás szerepére összpontosít az ellátási lánc optimalizálásában az elektromos autóelemek tárolókapacitása és a fogyasztók azon szándéka miatt, hogy együttműködjenek a rendszerüzemeltetőkkel. Megvizsgáljuk, hogy milyen módon, és milyen mértékben állnak készen az egyes felhasználók az együttműködésre, továbbá hogy vajon hajlandók-e feladni a szabadságukat bizonyos mértékben egy megbízhatóan működő és fenntartható nemzeti villamosenergia-ellátó rendszerére érdekében.

Ezért a kutatási kérdéseink a következők:

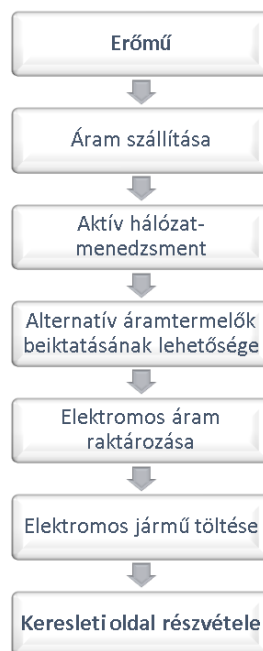
1. Mi az egyéni felhasználók véleménye és megközelítése, ha korlátoznák az elektromos áramhoz való hozzáférésük szabadságát?
2. Készek-e lemondani a számszerű, vagy a közvetett előnyökről? Ha igen, mit várnak cserébe?
3. Hol és hogyan igényelnek állami támogatást? Milyen támogatást fogadnának el?
4. Mit gondolnak az emberek az elektromos autókról, mint energiatárolókról? Tisztában vannak-e potenciális rendszer-befolyásuk szerepével? Nyitottak és képesek teljesíteni ezt az új szerepet és elvárást?

2. Elektromosság a 21. században: a smart grid-ek (intelligens hálózatok)

Mivel a villamosenergia-igények a huszadik század végére nőttek, a rendszerirányítók és a villamosenergia-termelők keresik a csúcsterhelés kezelésének módjait. A csúcs időszakok kezelésére szolgáló kapacitás kiépítésének és fenntartásának költségei abba az irányba mozdítják el a rendszerüzemeltetőket, hogy tanulmányozzák a keresleti periódusokat, készítsenek ennek megfelelő árképzést, továbbá hogy arra ösztönöznék az ügyfeleket, hogy tegyék át a fogyasztásukat a csúcsról a nem-csúcsidőszakra. A cél az volt, hogy a fogyasztás illeszkedjen a termeléshez, ami olyan fogyasztási módot igényelt, amely egyrészt mérte a fogyasztás napi idejét, másrészt a halmozott fogyasztást is.

Az 1970-es évek során bevezetett automatikus – smart – mérőeszközök információt szolgáltatottak az áramszolgáltatónak, ami bármilyen intelligens hálózat – smart grid – alapkövetelménye. Az intelligens hálózatok "automatizált, széles körben elosztott energiaellátó hálózatok, amelyek kétirányú villamosenergia-áramlással és információval jellemezhetők, amelyek képesek nyomon követni és megválaszolni mindent az erőművektől az ügyfelek preferenciáitól az egyes készülékekig" (IEEE, 2011).

Mitől lesz egy hálózat okos, vagy intelligens? Amin és Giacomoni (2015) szerzőpáros szerint az intelligens hálózatok öngyógyítók, felhatalmazzák és befogadják a fogyasztókat, tolerálják a támadást, biztosítják a 21. századi felhasználók által igényelt energiaminőséget, kielégítik a kínálat és a kereslet széles skáláját, verseny piacok által teljes mértékben támogatottak. (Lásd 1. Ábra.)



1. Ábra

Az intelligens elektromos hálózat ellátási lánc

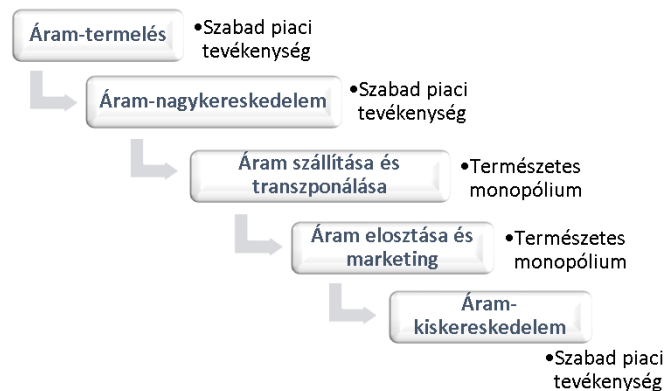
(<http://www.edsofsmartgrids.eu/home/why-smart-grids/> alapján)

Ha a villamos energiára gondolunk, úgy képzeljük, hogy egy erőmű termékéből lesz az elektromos áram, amely az erőművekről közvetlenül a fogyasztó otthonába halad. Az ellátóhálózat által nyújtott valódi termék azonban nem egyszerűen az elektromos energia, hanem az elektromos energia rendelkezésre állása, ahol, és

amennyire a fogyasztóknak szüksége van rá. A villamosenergia-ellátás fő funkciója az, hogy kiszolgálja a fogyasztói igényeket a rendelkezésre álló (ellátás-biztonság) és kielégítő (ellátás minősége) villamos energiával (megfelelő frekvenciával és feszültséggel) a lehető legalacsonyabb teljes költséggel (Bajor, 2007).

A nemzeti,- és az egész világra kiterjedő energiahálózatok a hagyományos ellátási lánc minden jellemzőjét hordozzák: a különböző átviteli fázisok különböző termelők közötti integrált hálózatok addig a pontig, amíg a termék eléri a végső fogyasztót (Hofbauer, Wenninger, 2011). Annak érdekében, hogy a megfelelő ügyfelet, a megfelelő időben, megfelelő mennyiségű, és megfelelő minőségű energiával elérhessék, a rendszerirányítók olyan ellátási lánc menedzsment feladatokat látnak el, mint például a hálózattervezést, a gyártástervezést, a megrendeléskezelést, az értékesítést és a műveletek tervezését, a beszállítókkal és az ügyfelekkel való együttműködést és számos más folyamatokat, amelyek révén sikeresen tervezik, működtetik és irányítják ezt a világméretű ellátási láncot.

A hagyományos ellátási láncokhoz képest a villamosenergia-láncnak számos egyedi tulajdonsága van. A láncok általában erős állami befolyással működnek, gyakran sebezhetőek a nemzeti politikában bekövetkezett változásokkal szemben, és – annak ellenére, hogy nemzetközileg összekapcsolódtak – többnyire nemzeti piacokon működnek. Ráadásul a villamosenergia-ellátási lánc részben, vagy egészben természetes monopólium, ahol hatalmas áramfejlesztők, átviteli, vagy elosztó társaságok dominálnak a piacokon.



2. Ábra

Az olasz elektromos hálózat ellátási lánc

(http://eng.gruppohera.it/group/business_activities/business_energy/electricity/ alapján)

A hagyományos logisztika szempontjából a villamosenergia-ellátás tipikus hűzőrendszer, nincs jelentős tárolási lehetőség a végtermék szintjén. Az erőművek

és más generátorok pillanatról pillanatra előállítják a szükséges villamos energiát, ellenkező esetben a rendszer elveszíti egyensúlyát, és a szolgáltatás megszűnik, továbbá magas kiegyensúlyozási költségek és óriási újraindítási költségek jelennek meg (Bajor, 2007).

A pull-ellátási láncban a beszerzés, a termelés és az értékesítés kereslet-vezérelt, nem pedig előrejelzés-alapú. A Toyota Motort gyakran használják a húzótermelés példájaként, ám a vállalat követi a "szupermarket modellt", ahol korlátozott leltárt tartanak és feltöltik, ahogy fogyasztják (Ohno, 1988). A villamosenergia-ellátási láncban ezeknek a biztonsági készleteknek a rendelkezésre állása rendkívül korlátozott, ezáltal az ellátási lánc sebezhetővé válik az előre nem látható események, vagy a kereslet hirtelen változásai miatt. Miközben olyan lehetőségektől kármentesen lehetne eltekinteni, mint a hidroelektromos szivattyúk, az akkumulátorok, a lendkerék, a sűrített levegő, a hőenergia és a hidrogén, a villamos energia tárolása, termelése és üzemeltetése drága, és rendelkezésre állása korlátozott (Energy Storage Association, 2012).

Míg az energiátárolás önmagában nagy lehetőség, az elektromos energia villamos energiáját nem lehet tárolni, vagy csak korlátozott módon és mennyiségben. A villamos energiát fel kell használni, mert azonnal keletkezik, vagy azonnal átalakul egy másik formára. Ez azt jelenti, hogy a rendszernek veszteségei vannak az átalakulási folyamatokban, de ezek a veszteségek többnyire rosszabbak, mint a más folyamatok veszteségei, amelyeket a piaci szereplők a rendszer szabályozására alkalmaznak (Papp, 2015). Ennek a tulajdonságnak és állapotnak köszönhetően úgy gondoljuk, hogy a résztvevők viselkedése az intelligens hálózatban létfontosságú lehet. Az intelligens hálózatokkal foglalkozó szakirodalom megvitatja az egyéni ügyfelek együttműködő megközelítésének szükségességét, ugyanakkor nem nagyon találtunk empirikus vizsgálatokat arról, hogy a vevők tudnak-e erről a várakozásról, vagy általában hogyan működik ez a gyakorlatban.

3. Az elektromos járművek és tulajdonosaik szerepe a tárolás, valamint a villamos energia ellátási láncának optimalizálása során

Számos kutató szerint olyan technológiák, mint a plug-in hibrid (PHEV), a teljesen elektromos jármű (EV), továbbá a járműből-rendszerbe (vehicle-to-grid V2G) és a rendszerből-járműbe (grid-to-vehicle G2V) történő áramlások tudnák javítani a villamos energia tárolását és menedzsmentjét (Hannan et al. 2017; Putrus et al. 2015; Gennaro et al. 2014). Az elektromos autó elterjedésének az egyik legnagyobb akadálya mindig az akkumulátor ára volt, amely az autó teljes kiskereskedelmi árának 30-40% -át teszi ki. 2010-ben 1 KWh elektromos autó

akkumulátor 1000 dollárba kerül, előrejelzések szerint 2020-ra ez körülbelül 225 dollárra csökkenhet. 2017-ben az akkumulátor ára 195 dollárba került, és becslések szerint ez az ár az elkövetkező évben további 40% -kal csökkenhet (Energy Storage Association, 2012).

Az EV akkumulátorok jelentős energiatárolási kapacitással rendelkeznek (20-tól 100 kWh-ig), amelyek különböző módokon alkalmazhatók a magas és alacsony keresleti periódusok kiegyensúlyozására, vagy akár fel lehet belőlük tölteni a villamos energiát a hálózatra (V2G), amikor erre szükség van. Az ellenőrzött töltés lehetőséget ad arra, hogy az EV-t feltöltsük, amikor a hálózatnak többletkapacitása van (G2V) (például többlet megújuló energiaforrás) (Putrus et al. 2015). Az intelligens töltők lehetővé teszik a fogyasztók és a rendszerüzemeltetők számára, hogy a hálózati állapot (rendelkezésre álló teljesítmény) és az EV felhasználói követelmények alapján szabályozzák a kimenetet (töltési sebesség és idő) (Niesten et al. 2016). A járműből-rendszerbe (vehicle-to-grid V2G) történő áramlás során az elektromos járművek visszaadhatják az akkumulátorukban tárolt energiát az elektromos hálózathoz és programozhatók úgy, hogy a rács tartalék energiát igényeljen. Mivel ez a szolgáltatás a tulajdonosok részére történő kifizetésekhez vezethet, hatékonyan csökkenti az elektromos jármű tulajdonlásának költségeit (Parsons et al. 2014; Hannan et al. 2017).

A Pwc Hungary által 2015-ben végzett kutatás szerint az elektromos autók száma 53 000 (reális scenárió) és 140 000 (optimista forgatókönyv) között várható 2023-ig. Az átlagosan 50 kWh akkumulátor kapacitással számolva az elektromos autókkal a tulajdonosok 2,65-7 GWh körüli energiát igényelnek, ami az előrejelzett átlagos napi villamosenergia-fogyasztás 2-5% -át teszi ki Magyarországon (Pwc, 2015).

Miközben a 2-5% -os általános részarány nem túl magas, és nem igényel további generátorok, vagy erőművek integrálását a rendszerbe tárolókapacitásként és rendszert kiegyenlítő eszközként, a kiegészítő tárolás 2-5% -a jelentős tényező lehet a magyar villamosenergia-ellátási láncban. A földrajzi elhelyezkedése és jellemzői miatt a hidroelektromos szivattyúk nem telepíthetők és nem működhetnek hatékonyan Magyarországon, ezért a 2-5% raktározása számos kockázatot kiküszöbölhet, és – megfelelő fogyasztói részvételével – hatékony eszköz lehet a csúcsok kezelésében, és a völgyek által okozott ingadozásra a napi energiaigény során.

4. Az empirikus kutatás módszertana és első eredményei

Kutatási módszertanként az előzetes szakaszban a hólabda mintavételt alkalmaztuk. A válaszadók első csoportja a Dunaiújvárosi Egyetem levelező diákjai közül került ki. A választott válaszadók másik csoportja alapvetően Paks város 40 km-es körzetében lakik, amely a magyar e-mobilitás vezető városa. Magyarország egyetlen atomerőműve e város mellett található, és mind a helyi, mind a nemzeti kormányok dolgoznak azon, hogy a Paksot az első olyan magyarországi várossá alakítsák át, amely teljes elektromos közlekedési infrastruktúrával rendelkezik. Az atomerőmű közelségéből adódóan a járműből-rendszerbe (V2G) és a grid-to-vehicle (G2V) technológiákra vonatkozó érzékelt jövedelem és általános ismeretek magasabbak lettek, mint a magyar átlag. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy válaszadóink közép-magyarországi származásúak. (össz N = 211)

A várakozásoknak megfelelően a válaszadók pénzügyi helyzete a magyar átlag felett van, mivel a Paksi régió Magyarország 9. legnagyobb jövedelmű területe. Míg a magyar közigazgatási szektorban 2016-ban az átlagos nettó bér körülbelül 500 EUR, a magánszektorban pedig mintegy 580 EUR (Központi Statisztikai Hivatal 2017), addíg a válaszadók nettó jövedelme többnyire 645-1000 EUR, vagy több mint 1000 EUR. Ez fontos tényező az e-mobilitás tekintetében, mivel az elektromos autók még mindig viszonylag drágák.

A válaszadók 66 %-a férfi, 34 %-a nő, továbbá elsősorban a fiatalabb korosztály közül kerültek ki, mivel 42 %-uk 25-35 év közötti, és 28 %-uk 35-45 év közötti. Iskolai végzettségük jóval az országos átlag feletti értékeket mutatja: a válaszadók 81 %-a rendelkezik diplomával és 9 %-uk doktori fokozattal. A válaszadók földrajzi,- és az előbbiekből ismertett eloszlása miatt is korlátozottan értékelhetjük a felmérés eredményeit, hiszen mintánk nem tekinthető reprezentatívnak.

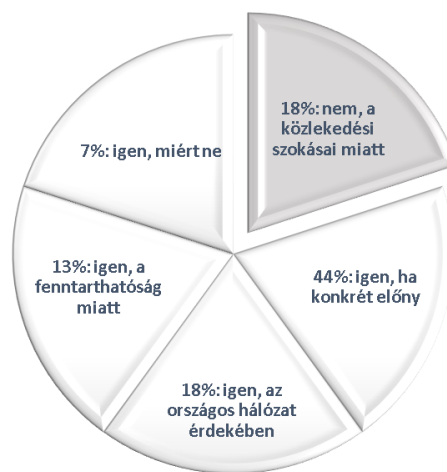
Autó vásárlása során a megkérdezettek számára egyértelműen a megbízhatóság és a biztonság a legfontosabb. A második legfontosabb szempont viszont az alacsony környezet-terhelés. A fontossági lista harmadik helyére két szempont került szinte azonos értéket elérve, ezek az 'alacsony fogyasztás, kedvező fenntartási költségek', valamint a 'megfelelő ár-érték arány'.

Kissé meglepő, hogy a válaszadók körében a környezettudatosság fontosabb, mint az alacsony fenntartási költség, noha ez a szempont a harmadik leglényegesebb elem ebben a felmérésben is. A környezettudatosság kiemelkedő szerepe talán a magas iskolai végzettségnek is köszönhető.

A szakirodalmi részben tárgyalt a járműből-rendszerbe (vehicle-to-grid V2G) és a rendszerből-járműbe (grid-to-vehicle G2V) történő áramlások a smart grid (intelligens hálózatok) egyik alapvető képessége, amely nagy fokú együttműködést kíván az egyéni fogyasztóktól is. Ezért kiemelten fontosnak tartjuk kutatásunk

azon kérdését, mely szerint a válaszadó hajlandó lenne-e lemondani arról a szabadságáról, hogy kedve szerint teletöltse a járművét, ha egy szolgáltató garantálná, hogy a mobilitási igényeihez szükséges energia a megfelelő tartalékokkal mindig rendelkezésre áll. A kérdésre kapott válaszokat a 3. Ábra foglalja össze.

A válaszokból azt látjuk, hogy a válaszadók 44 %-a elfogadja az elektromos áramhoz való korlátlan hozzáférés szabadságának korlátozását, ha abból neki konkrét, közvetlen és mérhető anyagi előnyei származnának. A következő csoport, 18 % szintén nyitott e témában, és ők is elfogadnák ezt a helyzetet, mert az országos elektromos hálózat csak központi szabályozással tartható egyensúlyban, és ha mindenki kedvére töltögeti az autóját, akkor a szabályozási többletköltség előbb-utóbb megjelenik a villany árában. A válaszolók 13 %-a szintén hajlandó a szabadságának bizonyos korlátozására, ha a környezetet és a társadalmi fenntarthatóságot ezzel támogatja. (7 % véleménye: igen, miért ne.) Csupán a válaszadók 18 %-a (kiemelt szürke tortaszelet) jelölte meg azt a választ, hogy “semmiképpen nem mondanék le erről, mert az én közlekedési szokásaim miatt fontos, hogy mindig elérhető legyen a maximális hatótávolság”.



3. Ábra

A válaszadók véleménye az elektromos áramhoz való korlátlan hozzáférés szabadságának korlátozásáról

Ez azt jelenti, hogy összességében a felmérésben résztvevők 82 %-a – valamilyen ok miatt – nyitott álláspontot képvisel, azaz megfelelő ösztönzők, előnyök és tájékoztatások fényében – például így környezetkímélőbb az energia-fogyasztásuk – hajlandók lemondani arról a szabadságukról, hogy kedvük szerint teletöltsék az elektromos járműveiket. Véleményünk szerint ez meglepő, de annál fontosabb

eredmény egy hagyományosan individuális kultúrában, ahol az 1990-es rendszerváltás követően az egyéni szabadság iránti vágy még erősebben tört felszínre az élet számos területén.

5. Következtetések

Az elektromos autók megjelenése és elterjedése, valamint a kapcsolódó technológiai potenciál számos kérdést vet fel mind nemzeti, mind világszinten. Ez a technológia zöldebb, intelligensebb, fenntarthatóbb és hatékonyabb lesz-e olyan célok elérése érdekében, mint az energiahatékonyság és a villamos energia tudatos fogyasztása? Kutatásaink alapján azt mondhatjuk, hogy a villamos energia ellátási láncának optimalizálása erősen függ a fogyasztóktól: viselkedésüktől, attitűdjeiktől, valamint a villamosenergia-ellátás láncolatában betöltött szerepüktől. E kutatás alapján azt mondhatjuk, hogy a villamosenergia-ellátási lánc bizonytalanságainak kiegyensúlyozása, működtetése és ellenőrzése érdekében elkerülhetetlen az elektromos autóhasználók aktív és tudatos részvétele, illetve együttműködése.

E kutatás előzetes eredményei biztatóak, hiszen a válaszadók azt állítják, hogy nyitottak az új technológiák nyújtotta lehetőségekre, sőt túlnyomó részük hajlandó az áram-igénybevételével kapcsolatos teljes szabadságuk korlátozására is. Azonban néhány eredmény ellentmondásos, és további és mélyebb - esetleg nemzetközi - vizsgálatot igényel.

Hivatkozások

- [1.] Amin, S. M., Giacomoni, A. M.: Smart grid, safe grid. IEEE Power and Energy Magazine, 10(1), 2015, pp. 33-40
- [2.] Bajor P.: The bullwhip-effect in the electricity supply. In Proceedings Papers of Business Sciences: Symposium for Young Researchers (FIKUSZ), 2007, pp. 19-25
- [3.] De Gennaro, M., Paffumi, E., Scholz, H., Martini, G.: GIS-driven analysis of e-mobility in urban areas: An evaluation of the impact on the electric energy grid. Applied Energy. Volume 214, 2014, pp. 94–116
- [4.] Energy Storage Association: Pumped Hydroelectric Storage, 2012, <http://energystorage.org/energy-storage/technologies/pumped-hydroelectric-storage>, letöltve: 2017.04.03.
- [5.] European Commission: EU Strategy for the Danube Region, 2010, http://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/cooperation/macro-regional-strategies/danube/ letöltve: 2017.04.05.

- [6.] European Distribution System Operators' Association for Smart Grids (EDSO): Why smart grids? <http://www.edsoforsmartgrids.eu/home/why-smart-grids/> letöltve: 2018.04.03.
- [7.] Hannan, M. A., Hoque, M. M., Mohamed, A., Ayob, A.: Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 69, 2017, pp. 771-789.
- [8.] HERA Gruppo: Detailed layout of the electricity supply chain http://eng.gruppohera.it/group/business_activities/business_energy/electricity/ letöltve: 2018.04.12.
- [9.] Hofbauer P, Wenninger C.: Elastic collaboration for automotive supplier networks. *Concurrent Enterprising (ICE)*, 17th International Conference, 2011, pp. 1-7
- [10.] IEEE: Draft Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), and End-use Applications and Loads, 2011 <http://ieeexplore.ieee.org/document/5975181/>, letöltve: 2017.05.04.
- [11.] International Energy Outlook: DOE/EIA-0484 (2016), U.S. Energy Information Administration, 2016
- [12.] Központi Statisztikai Hivatal: GYORSTÁJÉKOZTATÓ - Keresetek www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/ker/ker1605.html 2016. letöltve: 2017.04.12.
- [13.] Niesten, E., Floortje A.: How is value created and captured in smart grids? A review of the literature and an analysis of pilot projects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 53, 2016, pp. 629–638
- [14.] Papp, M. G.: Economic modeling of energy storage plants in Hungary. In *Energy (IYCE)*, 5th International Youth Conference on IEEE, 2015, pp. 1-7
- [15.] Parsons, G. R., Hidrue, M. K., Kempton, W., Gardner, M. P.: Willingness to pay for vehicle-to-grid (V2G) electric vehicles and their contract terms. *Energy Economics*, Volume 42, 2014, pp. 313-324
- [16.] Ohno, T.: *Toyota production system: beyond large-scale production*. CRC Press, 1988
- [17.] Putrus, G., Lacey, G., Bentley, E.: *Towards the Integration of Electric Vehicles into the Smart Grid.*, Springer, 2015, pp. 345-366
- [18.] PwC: Merre tart az elektromos autók piaca? https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/merre_tart_az_elektromos_autok_piaca-e-car_2014.pdf letöltve: 2017.04.12.
- [19.] Sioshansi, F. P. (Ed.): *Smart grid: integrating renewable, distributed and efficient energy*. Academic Press, 2011, pp. 118
- [20.] Veres L.: Logisztikai kihívások a villamos energia hálózatok hatékonyságának javításában. *Logisztikai Évkönyv*, 2014, pp. 62-68