

# Életünk az energia – A villamos autózásról

LIVO László okl. bányamérnök, geotermikus szakmérnök, c. egyetemi docens, ügyvezető MARKETINFO Bt.



*Írásunkban az elektromos autók fejlesztésének és gyártásának mai helyzetét mutatjuk be, a teljesség igénye nélkül megemlítve a megoldandó egészségügyi, szociális, szervezési és energiahatékonysági kérdéseket is.*

A villamos autózás a XIX. század utolsó évtizedében kezdődött, majd 1920 körül a villamos önindító motor feltalálását követően a robbanómotor vált uralkodóvá. A fejlesztés – főként autóelektronikai téren – közel 100 esztendőn keresztül folyt. Napjainkra mintha a biztonsági és a kényelmi berendezések mellett a hajtást is visszavenné az elektromosság (1. és 2. ábra).



1. ábra: „Villanyautó tankolás” Budapesten 2010



2. ábra: Lohner-Porsche elektromobil 1898

Elveiben az elektromos hajtáslánc mit sem változott. Fordulatszám szabályozott kerék-hajtás, akkumulátoros energiátárolás. Ma is ez a tisztán elektromos autó receptje (3. ábra). Természetesen minden biztonsági és kényelmi funkciót megőrizve, melyek többsége már tegnap is villamossággal működött.

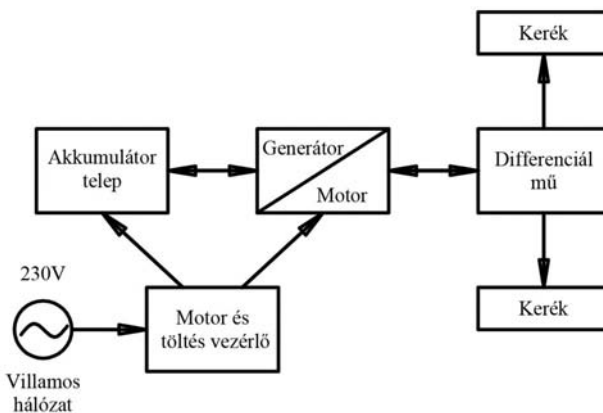
A kutatás iránya kettős. Egyrészt a villamos energia megfelelő energiasűrűségű tárolására, másrészt az utasbiztonság megtartása, illetve fokozása mellett a hasznos teher/önsúly arány drasztikus javítására irányul. Érthető ez, hiszen mindkét probléma nem annyira a pénztárcánkat, mint inkább Földünk szűkös nyersanyagkészletét terheli. Minden új próbálkozás új környezeti és társadalmi gondokat hoz a felszínre. A végső megoldás – mint általában – meg sem születik. Viszont gyakran változó kompromisszumok árán egyre drágábban ugyan, de talán fajlagosan egyre kevesebb

energiát használhatunk fel majd utunk során nagyvárosaink levegőminőségének megőrzése mellett.

A javulás ma még terv csupán. Megvalósulása érdekében, ahogyan az lenni szokott, sokféle irányban dolgoznak.

A mindennapi élet, a háztartás és az ipar területén a hajtási feladatok döntő hányadát ma villamos motoros hajtásokkal valósítják meg. Egyetlen olyan jelentős alkalmazási terület van, ahol a villamos hajtás még nem győzött. Ez a közúti gépjárművek családja. Ezen a területen nehéz az áttörés, noha a villamos hajtás a járművekben is számos előnnyel rendelkezik. A nem kötött pályán villamos energiával hajtott jármű közlekedésének azonban vannak olyan feltételei és következményei is, melyekről ma még keveset tudunk.

Előbb lássuk az akuttá vált problémákat, melyek a villamos járművek elterjedésével sem oldódnak meg. Ilyen például a gumi kerékabroncsok és az útfelület kopása. Az ebből származó por komoly egészségügyi kockázat mind a közlekedésben résztvevők, mind az utak melletti lakosok számára. A villamos autókban számos innováció eredményeként olyan szerkezeti anyagok vannak, melyek ekkora tömegben és koncentrációban még nem kerültek kapcsolatba az emberiséggel. Az ebből származó problémák felismerése, majd kiküszöbölése csakúgy, mint a városi elektromágneses szmog koncentrációjának jelentős és folyamatos növekedése, spektrumának változása miatt a kialakuló helyzet semlegesítése is a közeli jövő feladata. Hosszabb tartózkodás a volánnál a sofőr számára ma még ismeretlen következményekkel járhat. Igaz, a veszély jelenlétét érzékszerveinkkel nem, csupán fizikumunkkal, idegrendszerünkkel és műszereinkkel érzékeljük.



3. ábra: Villamos autó blokkvázlata és felépítése

A gépjárművek „villamosítására” irányuló fejlesztés szinte minden gépjármű kategóriát illetően folyik a mo-pedtől, a személy- és tehergépkocsikon át, a városi autóbuszokig. A jelenlegi fejlesztési gyakorlatra az a célkitűzés jellemző, hogy a villamos hajtású alakított jármű a hagyományos, belsőégésű motoros gépjárműveknél megszokott menettulajdonságokkal és komfortfokozattal rendelkezzen, vagy közelítse meg azt. A korábbi fejlesztések ezzel szemben a könnyű, kisméretű és kis teljesítményű, szerény komfortfokozatú mini villamos autók (LEV, SULEV)<sup>1</sup> építését tűzték ki célul, amelyeket rövidtávú városi közlekedésre, bevásárlásra, munkába járásra szántak. Ma már külön kategóriát képeznek a környezetvédelmi okokból védett területeken, parkokban, valamint zárt térben is közlekedő járművek, ahol szennyezőanyag-kibocsátás csekély mértékben engedhető meg, azaz érdemes tisztán villamos hajtású és villamos energiátárolású autót használni.

A villamos hajtások hajtási tulajdonságai csakúgy, ahogyan azt a robbanómotoroknál már megszoktuk, elektronikus eszközökkel szinte tetszőlegesen befolyásolhatók. A felhasználói igényekhez minden tekintetben alkalmazkodóvá tehető. Ahhoz, hogy a kívánt vonatási (közlekedési) jelleggörbe programozható legyen, kezdetben örököljük járművünkben a programozó, jobb esetben egy tervező csoport vezetési stílusát. Természetesen későbbi fejlesztések tartalmazhatnak majd öntanuló programot, sőt robotsofőrt is. Technikailag már ma lehet mód arra, hogy eszközünk hosszabb idő alatt hozzánk idomuljon, mintegy elsajátítva vezetési szokásainkat. Bár a fejlesztési verseny nem mindig hagy időt még az átlagos felhasználó jogos igényeinek kielégítésére sem. A szabványosításra segítségként – csakúgy, mint a mai közlekedési eszközök esetében már egy évszázada – rövid távon nem számíthatunk.

A 3. ábrán egy villamos autó általános blokkvázlatát mutatjuk be. Fantáziánk azonban tág határok között mozoghat. Léteznek ugyanis egy-, kettő-, négymotoros és differenciálmű nélküli típusok. Egyen- és váltakozó áramú egy-, három- és ötfázisú villamos meghajtással is. Példaként említjük a rövidre zárt forgórészű aszinkron motor, reluktancia motor, kommutátor nélküli állandómágneses- és négyszög-vezérlésű egyenáramú motor típust. Érdekes, hogy a nagy teljesítményigény miatt 230 V feszültség táplálja a legtöbb változatot, hiszen a kábelekben folyó áram így kis értéken maradhat. Előnyeik, hátrányaik, műszaki megoldásaik az interneten megtalálhatók mind marketing, mind tudományos megalapozottságú közleményekben. A teljesen villamos autó vitathatatlan tulajdonságai közé tartozik mechanikai szerkezeti egyszerűsége ugyanúgy, mint villamos-, elektronikai- számítástechnikai bonyolultsága. Magas árszínvonalát nemcsak újszerűsége, hanem a beépített alkatrészekben felhalmozott, ma még igen drágán előteremthető anyagok, főként ritkaföldfémek és vegyületeik is indokolják.

Az előnyök közül talán érdemes megemlíteni a hajtáslánc energetikai hatásfokának jelentős javulását amellet, hogy városi üzembn a fékezés alkalmával megvalósított energiátárolás mechanikai úton lendkerékbe, villamosenergia-fejlesztés után szuperkondenzátorba<sup>2</sup>, vagy az akkumulátor telepbe történő visszatáplálás, a mainál energiatakarékosabb üzemet eredményezhet a jól ismert légszennyező anyagok egy részének a forgalomban történő minimális kibocsátása mellett. Hogy milyen mértékben, azt a gyakorlat megmondja majd.

A villamos közlekedés eszközeiben egyelőre tehát technológiai sokféleség és kiforratlanság uralkodik. Egyen- és váltóárammal hajtott motorokkal szerelt eszközöket ugyanúgy találunk a kínálatban, mint úgynevezett hibrideket, illetve kísérleti tüzelőanyag cellás járműveket. Abban egyeznek csak, hogy a vezérlést mindennütt programozott mikroelektronika végzi. A programok, illetve az alkalmazott érzékelők, elektronikus, mechatronikus eszközök nemcsak autógyártónként, néha még egy típuson belül is gyakran változnak. A tisztán elektromos (villamos) autó fő jellemzője, hogy belsőégésű motorral nem rendelkezik, a jármű hajtása kizárólag villamos motoros. Ebben a konstrukcióban a hajtáslánc nagy hatásfoka miatt alig keletkezik hulladék. A megszokott berendezések és a világítás, hangtechnika mellett az utastér hőkomfortjának biztosítása is az akkumulátorból veszi az energiát, tovább csökkentve a jármű hatótávolságát.

Mint a számítógépeknél általában, itt is fennáll a veszélye a váratlan programjavító frissítéseknek, illetve a szakszervezetek különböző felkészültségének. A töltő állomások képe is átformálódik, hiszen a jóval hosszabb idejű „tankolás” a mainál nagyobb területigényt jelent. Viszont mindezért cserébe egy olyan eszközt kaphatunk, amelyik akár mind a négy kerekében külön hajtó motorral rendelkezhet s csak néhány egyéb mechanikus alkatrészt tartalmaz, programja teszi alkalmassá a terepi vagy országúti, városi közlekedésre.

A villamos meghajtással is rendelkező gépjárművek fajtáit az 1. táblázatban soroljuk fel.

A hibrid-villamos járművekben mindig van belsőégésű motor és egy vagy több meghajtó villamos motor. A jármű károsanyag kibocsátása a hibridizációval csak mérsékelhető, de meg nem szüntethető. A jármű kerekének hajtása vagy tisztán villamos motoros, vagy a belsőégésű motorral kombinált villamos motoros hajtású. A hibrid-villamos járműveknél a villamos energia átmeneti tárolására a kis tárolási kapacitás igény miatt egyszerű savas akkumulátort, vagy ultrakapacitást is használhatnak, de az alapvető energiahordozó a hagyományos belsőégésű motoros autókhoz hasonlóan a tartályba betölthető üzemanyag. A PHEV járműveknél az energia utántöltést villamos hálózati töltési lehetőséggel is kiegészítik. A hibrid jármű tüzelőanyag fogyasztását

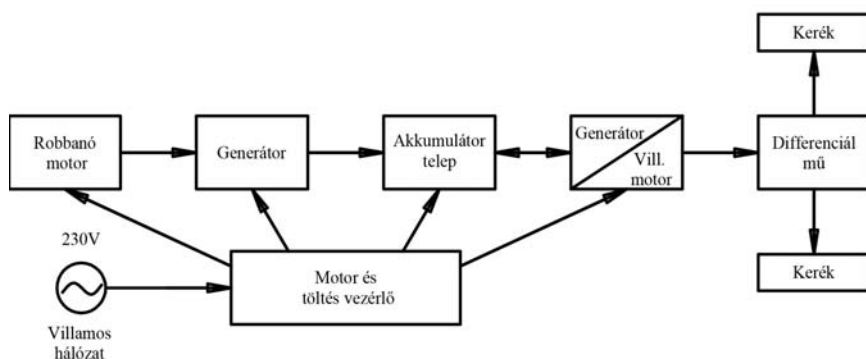
<sup>1</sup> LEV: Könnyű Elektromos jármű, SULEV: Szuperkönnyű Elektromos jármű

<sup>2</sup> A szuperkondenzátor: ultrakapacitás, olyan akár több Farad villamos kapacitású energiátároló, mely a fékezés során visszanyert villamos energiát rövid ideig (a következő gyorsításig) tárolja

Meghajtás	Típusnév	Jellemző leírás
Micro-hybrid (Kis hibrid)	belsőégésű motoros jármű	Start-Stop <sup>3</sup> funkcióval és időszakosan lekapcsolható segédberendezésekkel kiegészítve.
Mild-hybrid (Közepes hibrid)	belsőégésű motoros jármű	Start-Stop funkcióval, időszakosan lekapcsolható segédberendezésekkel, fékenergia-visszanyeréssel és gyorsításnál elektromos rásegítéssel kiegészítve.
Full-hybrid (Teljes hibrid)	belsőégésű motoros jármű	Start-Stop funkcióval, időszakosan lekapcsolható segédberendezésekkel, fékenergia-visszanyeréssel és gyorsításnál elektromos rásegítéssel kiegészítve. Képes tisztán elektromos hajtással közlekedni (rövidebb távokon).
Plug-in hybrid (PHEV) (Villamos hálózatról tölthető hibrid)	belsőégésű motoros jármű	Start-Stop funkcióval, időszakosan lekapcsolható segédberendezésekkel, fékenergia-visszanyeréssel, gyorsításnál elektromos rásegítéssel, hálózatról való töltési lehetőséggel kiegészítve. Képes tisztán elektromos hajtással közlekedni (rövidebb távokon).
Range-extender PHEV (Hatótáv növelt villamos hálózatról tölthető hibrid)	belsőégésű motoros jármű	Itt a belsőégésű motort már minimális teljesítményre méretezték, csak hatótáv-növelőként funkcionál.
Battery electric vehicle (BEV) (Akkumulátoros elektromos jármű)	tisztán elektromos jármű	akkumulátoros táplálással

(energia felhasználását) és környezetszennyezési mutatóit a belsőégésű motor szabja meg. A hibrid autók fejlesztésének fontos tervezési célkitűzése, hogy a villamos motor szabályozásával a fogyasztási és a szennyezési mutatót javítani lehessen úgy, hogy a jármű menettulajdonságai is javuljanak. Az energiamegtakarítás terén a technikai fejlettség ma kb. 10% körüli maximális értéken tart. Persze a konkrét fogyasztás típuson belül is egyedenként változhat az autót vezető személy energiatakarékossági gyakorlatának megfelelően.

függ. A hibrid autó szerkezete a tisztán elektromos autóénál és a robbanómotorosénál is sokkal bonyolultabb. Hiszen tartalmazza mind az elektromos, mind a robbanómotoros hajtásláncot. Ez a komplexitás talán nem tekinthető kifejezett előnynek. Mint ahogyan az sem, hogy a szennyezőanyag-kibocsátást sem csökkenti jelentősen a hibrid technika. Az egy kilométerre vetített energiafogyasztás – már csak a fizikai törvények miatt sem – csökkenhet jelentősen, hiszen figyelembe illik vennünk a villanyszámlánkban jelentkező többletköltséget is pl. a tölthető hibridnél.



4. ábra: Soros elrendezésű hibrid autó blokkvázlata

A 4. és az 5. ábrán a hibrid autók két alaptípusának felépítését szemléltetjük. Az irodalom ugyan emlegeti a soros-párhuzamos elrendezést is, azonban ez csak annyiban különbözik a párhuzamosostól, hogy a villamos- és a robbanómotor egy időben is hajthat. Például külön az első- illetve a hátsó kerékpárt. Ez a lehetőség azonban a párhuzamos elrendezésnél is adott, csupán a sebességváltó kialakításától és a hajtott kerekek számától

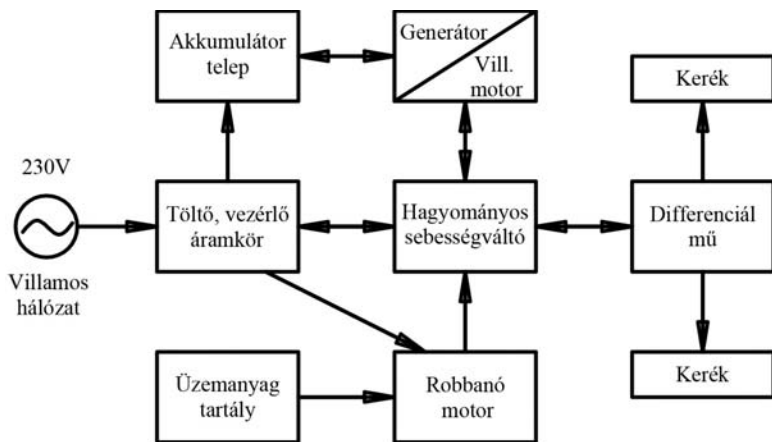
Ami egységnyi úthosszon az üzemanyag fogyasztást számottevően csökkentheti, az a tény, hogy pl. soros hibridnél a robbanómotor az akkumulátor töltése idején – a legjobb hatásfokú – állandó fordulatszámon járhat.

A tüzelőanyag-cellával<sup>4</sup> épített járműveknél a villamos energia átmeneti tárolására villamos energiatárolót, akkumulátort is használnak ugyan, de az energia utántöltése nem villamos, a szenny-

yezőanyag kibocsátása nem zérus, a felhasznált tüzelőanyagtól (hidrogén, metanol) függő összetételű égéstermékek keletkeznek. A tüzelőanyag-cellák típusától, felépítéstől függetlenül nagy (80-1000 °C) üzemi hőmérsékleten dolgoznak. A hidrogén alapú cellák üzemanyagának fokozott robbanás veszélyessége, tárolása és biztonságos utántöltése (700 bar) külön kockázatot és műszaki problémát jelent az acélok és egyéb anyagok hid-

<sup>3</sup> Start-Stop funkció: kényszerű megálláskor a motor egy idő után automatikusan leáll, majd a vezető tovább indulási szándékára önmagától újra indul

<sup>4</sup> Tüzelőanyag cella: kémiai reakcióval villamos energiát előállító eszköz.



5. ábra: Párhuzamos elrendezésű hibrid autó blokkvázlata

rogén betegségre való hajlamával együtt. Ilyen feltételek mellett is csaknem 5-ször kisebb a komprimált hidrogén energiatartalma, mint azonos tömegű benzín/gázolajé. A hidrogénnel hajtott autó tehát robbanómotoros társánál jóval kisebb hatótávolságú, vagy nagyobb tömegű. A legtöbb cellában segédközegként a diafragmában<sup>5</sup> valamilyen maró hatású anyag (pl. káliumhidroxid) van. A cella felépítése korántsem egyszerű és az útviszonyok, valamint a környezeti hőmérsékletváltozás traumáitól óvni kell. Végül számos cella sorba kapcsolására van szükség a kis cellafeszültség (0,7 V) miatt. Mindezek okán napjainkban ilyen energiaforrással csupán kísérleti járműveket építenek. Annak ellenére, hogy az 1800-as években feltalált technológiát az űr- és közúti közlekedésnél jóval stabilabb viszonyok között sokkal kisebb teljesítményszinten már 1960-tól használják.

A kutatások mai állása szerint a folyékony hidrogén üzemanyagú, polimer membrán elektrolitú PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel-Cell) a legesélyesebb a kereskedelmi forgalomra. Ez a cella 70-80 °C üzemi hőmérsékleten üzemel, és nem tartalmaz maró anyagot. Kis méretei és kis tömege támogatja az üzemi feszültség előállításához szükséges több száz cella viszonylag kis helyigényű konstrukcióját. Bonyolult vezérlése, mely a villamos terhelhetőség biztosítására és az ugrásszerű teljesítmény változások elviselésére képesé teszi, egyelőre szűkíti alkalmazhatóságát. A mai megoldásokban átmeneti villamos vagy gyors üzemű kémiai energiatárolókat építenek be a gyorsítások-lassítások energiaigényének, nagy terhelésének biztosítására, illetve befogadására. A cellák energetikai hatásfoka bizalomkeltő, hiszen a terhelés függvényében 50-70% között ingadozik.

A régi-új technológia az autózás fizikáját nem változtatja. Haladásunk energiaigényét továbbra is a gyorsítás-lassítás gyakorisága, valamint a lég- és gördülési ellenállás határozza meg. Természetesen az üzemvitel

és annak gazdasági eredménye változó aszerint, hogy autónkkal a városi csúcsforgalomban araszolunk, vagy a széles, néptelen autópályán száguldunk. Ki gondolná, hogy átlagos méretekkel és tömeggel rendelkező személyautónk esetében 750 m az a távolság, melyen belül fékezve a fékezés több energiát fogyaszt, mint a gördülési- és légellenállás együttesen? Városban vagy országúton energiatakarékosan akkor vezethetünk, ha figyelembe vesszük, hogy mindkét „energiafaló” (mind a fékezés, mind a közegellenállás) értéke sebességünk harmadik hatványával arányos. Tehát ha takarékosági (vagy más)

okból megfelezzük haladási sebességünket, akkor bár utunk kétszer annyi ideig tart majd, befektetésünk megtérül, hiszen 1/8 teljesítménnyel csupán 1/4 résznyi energiát használunk el.

A takarékosabb villamos autónknál a fékezési energia – elméletileg egészét, a gyakorlatban jelentős részét, villamos áram termeléssel mintegy 70, mechanikai energiatermeléssel 60%-át – visszanyerhetjük. Ami az összes városi energiafogyasztásunkban mintegy 4-5%-ot jelent. Megtakarításunk tehát városi forgalomban lehet jelentősebb, növelve ezzel járművünk hatótávolságát. Ez utóbbi ugyanis talán a legfontosabb, de ma még szerény és egyáltalán nem meggyőző értékű jellemző, főként a vidéki ember számára. A villamos energia tárolásának fejletlensége ma nemcsak járművünk önsúlyát növeli, menettulajdonságait és fajlagos energiatárolását rontva, hanem az egy töltéssel megtehető úthossz is rövidíti. A jellemző viszonyokat az 2. táblázatba foglaltuk.

2. táblázat:

A személygépkocsi hajtások energetikája

Energiaforrás	Fajlagos energiatartalom		Energia felhasználási hatásfok	Primer energiára vonatkoztatott hatásfok
	MJ/kg	kWh/kg	%	%
Benzin <sup>6</sup>	47	13	25	25
Gázolaj <sup>6</sup>	46	12,8	35	35
CNG <sup>6</sup>	55,5	15,4	25	25
LPG <sup>6</sup>	50,3	13,9	25	25
Hidrogén <sup>7</sup>	143	39,7	51	51
Ólom akku <sup>8</sup>	-	0,04	31	12
Li-Ion akku <sup>8</sup>	-	0,16	31	27
Li-Polimer akku <sup>8</sup>	-	0,2	31	27

A tisztán villamos autózás egyik vitathatatlan előnye, hogy míg a robbanómotorok 65-75% hőt fejlesztenek a nagy energiasűrűségű energiahordozóból, addig a villamos autó haladási helyén jóval kevesebb hőt termel, ami a városi klíma kényelmére jótékony hatással van. Azonban gondoljunk csak meg, hogy az akkumulátorba betöltött energiát valahol elő kell állítani és

<sup>5</sup> Diafragma: protonokat átengedő villamos szigetelő a két villamos áramot adó elektróda közt

<sup>6</sup> robbanómotorral (nem véve figyelembe a nyersolajból való kihozatalt)

<sup>7</sup> Tüzelőanyag cellával (nem véve figyelembe a hidrogén előállítás energetikai hatásfokát)

<sup>8</sup> Tisztán villamos autó

Tipus	Kivitel	Elektromos hatótávolság km	Szállítható személy fő
AUDI A3 E-Tron	hibrid	48	5
BMW i3	elektromos	128	4
BMW i8	hibrid	40	4
BMW x5 xdrive 40e	hibrid	20	5
Cadillac ELR	hibrid	59	4
Chevrolet spark EV	elektromos	131	4
Chevrolet Volt	hibrid	84	5
Chevrolet Bolt	elektromos	320	5
Fiat 500e	elektromos	139	4
Ford C-Max Energi	hibrid	32	5
Ford Focus Electric	elektromos	121	5
Ford Fusion Energi	hibrid	32	5
Honda Accord Plug-In Hybrid	tölthető hibrid	21	5
Hyundai Sonata Plug-In Hybrid	tölthető hibrid	43	5
Kia Soul EV	hibrid	149	5
Lexus CT 200H	hibrid	2	5
Lexus NX 300H	hibrid	2	5
Lexus IS 300H	hibrid	2	5
Lexus GS 450H	hibrid	2	5
Lexus LS	hibrid	2	5
MCLAREN P1	hibrid	30	2
Mercedes B-Class Electric Drive	elektromos	136	5
Mercedes C350 Plug-In Hybrid	tölthető hibrid	32	5
Mercedes S550 Plug-In Hybrid	tölthető hibrid	32	5
Mitsubishi I-MIEV	elektromos	99	4
Nissan LEAF	elektromos	134	5
Porsche Cayenne SE Hybrid	tölthető hibrid	22	5
Porsche Panamera SE Hybrid	tölthető hibrid	24	4
Porsche 918 Spyder	tölthető hibrid	19	2
Smart Electric Drive	elektromos	109	2
Tesla Model S	elektromos	424	5
Tesla Model X	elektromos	368	7
Toyota Prius Plug-In Hybrid	tölthető hibrid	17	5
Volkswagen E-Golf	elektromos	133	5
Volvo XC90 T8	tölthető hibrid	27	7

www.totalcar.hu után

a helyszínre kell szállítani. Manapság fosszilis erőműből ez a folyamat a kiinduló energiahordozó energiatartalmának mindössze 31%-át engedi az akkumulátorba tölteni. Ha hagyományos atomerőműben állítjuk elő a villamos áramot, akkor ez a szám ennél sokkal rosszabb. Az autózás villamosítására fordított primer energiahordozó energiatartalmának nagyobb része tehát azonnal hővé válik, csak máshol melegíti a környezetet, nem a városban.

Látjuk a két jellemző különbséget, melyek közül az egyik a robbanómotorokat üzemeltető primer energiahordozók nagy energiasűrűségéből, a másik a villamos

áram szekunder energiahordozó jellegének köszönhető szerény energiasűrűségéből fakad. Mindennek oka ugyanaz, mint a 20. század hajnalán: a villamos energia előállítás technológiánk kis energetikai határfoka, amin szintén változtatni lenne érdemes. Az ún. megújulókat nem szerepeltetjük a 2. táblázatban. Ugyanis a kis mértékű vízi energia kincsünket kivéve a villamosenergia-előállításuk összehatárfoka a fossziliákénál általában jelentősen alacsonyabb. A villamos autózás technikája ma ott tart, hogy míg egy benzin hajtóanyagú jármű 60 literes tankja 48 kg üzemanyagot rejt, ugyanaz az energiamennyiség a villamos autó közel 1 tonna (1000 kg) tömegű akkumulátor telepében férhetne el.

A jelenleg elérhető „villamos” autókat mutatja be a 3. táblázat. Ami először feltűnhet, hogy a

táblázat csupán mintegy 35%-ban tartalmaz valódi elektromos autót. A piacot a kis elektromos hatótávolságú típusok uralják. Az árszínvonalban minden hagyományos kategória megtalálható, a kényelem és a külső megjelenés is a megszokott. Van azonban köztük már ma is egy-két figyelemre méltó hatótávolságú típus, mely a későbbiekben reménykeltő lehet a hétköznapi autós számára is. Már ha árszínvonala megfizethetővé válik, illetve a hajtási energiát tartalmazó akkumulátorok biztonsága és várható élettartama a közlekedésben megszokott üzembiztonságot, kis karbantartási költséget garantálja.

**Livo László** 1977-ben szerzett oklevelet az NME Bányamérnöki karán. 2009 óta geotermikus szakmérnök. Tanszéki mérnök, majd az MTA kutatómérnöke. A Nógrádi Szénbányák megszűnésekor annak technikai főmérnöke. 1990 óta mérnökirodát vezet. Egyik alapítója a Magyar Mérnöki Kamarának, a Bányagépészet a Műszaki Fejlődésért Alapítványnak és a MMK Geotermikus Szakosztályának. A Miskolci Egyetem meghívott előadója.