



ELEKTRIFIKACIJA PROMETA Z OSEBNIMI AVTOMOBILI – ZAKAJ?

► Mišo Alkalaj*, Rafael Mihalič** in Leon Valenčič***

»Dati vladi denar in oblast je kot dati najstnikom viski in ključ od avtomobila.«

(P. J. O'Rourke, ameriški komik)

POLITIKI DEJANSKO NE RAZUMEJO DENARJA. Na primer v anketi, ki jo je oktobra 2017 objavil britanski *The Guardian*, kar 85 % poslancev spodnjega doma britanskega parlamenta ni vedelo, kako v sistemu nastaja denar; 75 % jih je bilo prepričanih, da ima vlada pooblastilo, da ustvari ves nov denar. Zato se ne smemo čuditi, če politične odločitve nimajo veliko zveze z resničnostjo.

Elektrifikacija prometa z osebnimi vozili je pomemben del vseh političnih strategij za zniževanje človeških izpustov toplogrednih plinov. Čeprav bi lahko osebnim avtomobilom pripisali še druge moteče izpuste, se v nadaljevanju omejimo le na CO₂ in skušamo ugotoviti, koliko koristi bi zares bilo od uresničenja takih načrtov. Morebitni prihranek izpustov CO₂ lahko ocenimo le približno, saj so potrebni podatki izračunani po različnih klasifikacijah. Vozila, ki so namenjena (tudi) osebnemu prometu in pridejo v poštev za elektrifikacijo, strokovna literatura običajno označuje kot vozila za lažje obremenitve (angl. LDV – Light Duty Vehicle). Toda v EU kot LDV šteje vozilo s skupno težo do 3500 kg, ki lahko prevaža največ devet potnikov, v ZDA in Kanadi pa LDV lahko tehta do 3856 kg in prevaža 12 potnikov. Poleg tega različni viri navajajo različno število LDV po vsem svetu, različne vrednosti izpustov ipd.

Privzemimo torej, da napovedi Medvladnega odbora za podnebne spremembe (angl. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) držijo in da svetu res grozi katastrofa zaradi človeških izpustov CO₂. Za koliko bi zmanjšali človeške izpuste CO₂, če bi vse LDV zamenjali z akumulatorskimi? Pravzaprav ne veliko, zanesljivo pa daleč premalo, da bi omilili katastrofo, kot jo napoveduje IPCC.

Globalni človeški izpusti CO₂ so leta 2017 dosegli skoraj 37 Gt (1 gigatona = 10⁹ t), od tega izpusti iz uporabe LDV 1,2 Gt oziroma 3,25 %. Bi prihranili toliko, če bi vse LDV zamenjali z akumulatorskimi vozili? Ne, kajti akumulatorske avtomobile je treba (z izgubo!) polniti iz električnega omrežja. Globalno proizvedemo 67,4 % električne energije iz fosilnih goriv (premog in šota, naravni plin, naftni derivati; ŽIT 2017/6, str. 32), zato vsaj delno izpuste le 'prestavimo' v elektrarne na fosilna goriva. Električni avtomobili so sicer učinkovitejši od tistih z motorjem na notranje zgorevanje, vendar tudi ob upoštevanju prihranka pri človeških izpustih CO₂, ki bi ga dobili z zamenjavo *vseh* LDV z akumulatorskimi vozili – kar je ekonomsko povsem nerealno –, ta ne bi presegel 1,5 %. V resnici bi skupni človeški izpusti CO₂ celo narasli, saj bi morali za zagotovitev potrebne moči za polnjenje akumulatorskih

* Mag. Mišo Alkalaj je bil do upokojitve vodja Centra za mrežno infrastrukturo na Inštitutu Jožef Stefan.

**Prof. dr. Rafael Mihalič je predstojnik Katedre za elektroenergetske sisteme in naprave ter vodja Laboratorija za preskrbo z električno energijo (LPEE) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.

***Mag. Leon Valenčič je vodja oddelka Splošna energetika in načrtovanje energijskih sistemov na Elektroinštitutu Milan Vidmar.

LDV povečati zmogljivosti svetovnega elektroenergetskega sistema.

In čemu potem v vsakovrstnih političnih strategijah za 'zniževanja ogljika' obvezno najdemo ukrepe za povečanje števila akumulatorskih vozil, če ne kar predloge, da naj bi že v razmeroma bližnji prihodnosti sploh prepovedali registracijo novih avtomobilov na fosilna goriva?

**► «ODLOČIL SEM SE;
NE POSKUŠAJTE ME ZMESTI
Z DEJSTVI!«**

Ta izrek, ki ga v ZDA pripisujejo predvsem politikom, čeprav so ga izrekli ali zapisali tudi podjetniki, strokovnjaki za reklamo in drugi, zelo dobro opisuje politični postopek odločanja, ki od ideje privede do odloka, zakona, direktive ali mednarodnega sporazuma. Pri sami ideji, da je nekaj vredno političnega ukrepanja, imajo najbrž kaj vloge tudi znanstveni podatki (vsaj upajmo, da je tako), čeprav seveda vedno prevladujejo strategije za pridobivanje glasov. Ampak ko se politika odloči, postanejo znanost in dejstva nepomembni, postopek oblikovanja ukrepa pa je politično kupčkanje med skupinami z različnimi interesi, zato ima končni rezultat pogosto bolj malo zveze z resničnostjo. A za

politika sta pomembnejša proces oblikovanja ukrepa in morebitno zmanjšanje priljubljenosti, če bi bil prepoznan kot krivec za njegovo neizpolnjevanje, kakor pa pravi učinki.

EU je sprejela vrsto podnebnih strategij, tj. za vse članice obvezujočih ciljev do leta 2020, 2030 in 2050. V t. i. podnebnem in energetskem paketu za leto 2020 se Evropska komisija pohvali, da je EU že leta 2013 dosegla cilje zmanjšanja izpustov LDV: povprečna poraba novih vozil v prodaji po letu 2017 naj bi dosegla 5,6 l/100 km za bencinska in 4,9 l/100 km za dizelska vozila. To objektivno sploh ni res, a inventivni obračun izpustov, ki je del tehnične dokumentacije strategije, omogoča takšno razlago podatkov. V vmesnem času so bili postavljeni že novi politični cilji: do leta 2021 naj bi novi LDV dosegali porabo 4,1 l/100 km (bencinski) oziroma 3,6 l/100 km (dizelski).

EU v svojih strategijah akumulatorske avtomobile obravnava kot vozila z ničelnimi emisijami. Ker so strateški cilji EU zastavljeni v obliki povprečnih dovoljenih izpustov CO₂ (95 g/km), lahko države cilje izpolnjujejo s primerno kombinacijo novoregistriranih vozil: na primer za vsak avtomobil z izpusti 190 g/km

⇒ Dvorana Evropskega parlamenta v Strasbourgu



(kar ustreza porabi 8,2 l bencina na 100 km) registrirajo še en akumulatorski avto z za EU uradnimi izpusti 0 g/km – in že je zeleno povprečje doseženo. Nekako tako, kot smo nekdanj govorili: »Če nekateri jedo le svinjske kotlete, večina pa samo kislo zelje – potem v povprečju vsi jemo segedin golaž!«

Če država zastavljenih ciljev EU ne izpolnjuje, je lahko za to kaznovana. Tako na primer Irski zaradi neizpolnjevanja podnebnih ciljev EU do leta 2020 grozi kazen do 600 milijonov EUR. A za politike, ki bi bili odgovorni za kršenje strategije, je veliko pomembnejša izguba političnega ugleda doma in v Bruslju. Zato se ne gre čuditi, če politiki zagovarjajo ukrepe, ki nimajo nobenega pozitivnega gospodarskega ali okoljskega učinka in so za državljanke nerazumno dragi.

► ZGODOVINA ELEKTRIČNIH VOZIL

Akumulatorski avtomobili so se v zgodovini pojavili pred bencinskimi in dizelskimi, saj so tudi vse zanje potrebne elemente razvili že prej: Ányos István Jedlik je leta 1828 izumil elektromotor s komutacijo in navitji, Gaston Planté pa je leta 1859 izdelal prvi svinčev akumulator. Za primerjavo povejmo, da so Nikolaus August Otto, Gottlieb Wilhelm Daimler in Wilhelm Maybach štiritaktni bencinski motor patentirali šele leta 1876, Karl Friedrich Benz prvi uporabni dvotaktni bencinski motor leta 1879 in Rudolf Christian Karl Diesel dizelski motor šele leta 1892. Prvi uporabni električni avtomobil je leta 1884 izdelal britanski izumitelj Thomas Parker. Ob koncu 19. stoletja je v razvitih državah vozilo

več akumulatorskih avtomobilov kot bencinskih. Avtomobili z motorjem na notranje zgorevanje so bili v tistem času na slabem glasu, ker so bili prvi motorji zelo nezanesljivi in hrupni. A morda so priljubljenost prvih bencinskih avtomobilov najbolj omejevali ročni zaganjači: vžig motorja je bil namreč kar naporno opravilo, občasno pa je zaganjač še 'udaril nazaj' in je lahko povzročil resne poškodbe. Zato je bil za povečanje priljubljenosti avtomobilov z motorji na notranje zgorevanje odločilen izum uporabnega električnega zaganjalnika – Charles Franklin Kettering in Henry Martyn Leland sta ga patentirala leta 1911 –, ki so ga začeli uvajati leta 1912. Z nadaljnjimi tehnološkimi posodobitvami, ki so povečale zanesljivost, moč, učinkovitost in uporabnost motorjev z notranjim zgorevanjem, so bencinski in dizelski avtomobili že v 20. letih prejšnjega stoletja prevladali. Električni so se ohranili le tam, kjer je bilo preprečevanje hrupa ter izpustov pomembnejše od uporabnosti vozila, na primer kot vozila v zaprtih prostorih ali na igriščih za golf.

Med akumulatorska vozila moramo vsaj teoretično prištevati tudi hibridna vozila. Ta sicer uporabljajo klasičen bencinski ali dizelski motor, ki pa se vrti s stalnim številom vrtljajev, pri katerem ima najboljši izkoristek; os poganja električni generator, ki polni akumulatorje in/ali kondenzatorje, iz katerih elektromotorji črpajo energijo za pogon vozila. Seveda tudi ta tehnologija ni nova, saj so prvi avtomobil s hibridnim pogonom (Löhner-Porsche), ki ga je razvil Ferdinand Porsche, kot posebnost predstavili že leta 1900 na pariškem avtomobilskem sejmu.

⇒ Hibridni (dizelsko-električni) pogon se dandanes uporablja v železniškem tovornem prometu in v težkih rudniških tovornjakih: A – 'Kenedijevka' General Motors EMD G16 (1362 ali 1435 kW), B – Komatsu XDE170 (1510 kW), C – Liebherr T282C (3000 kW) in D – Belaz-75710 (3430 kW).



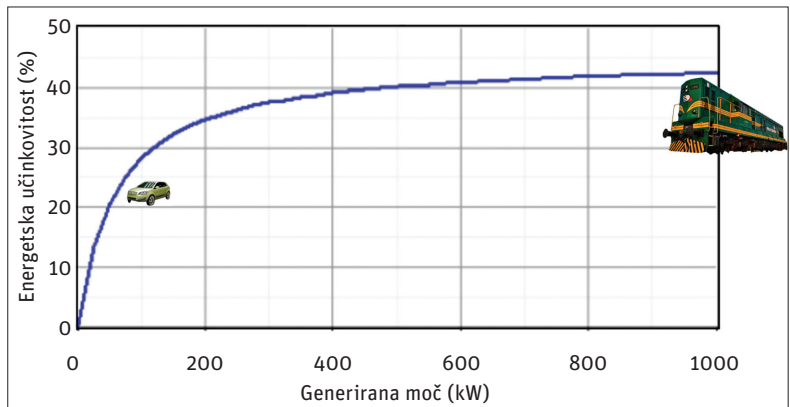
Pozneje je razvoj osebnih avtomobilov s hibridnim pogonom zamrl in šele v 90. letih prejšnjega stoletja so ga znova obudile državne subvencije za t. i. nizkoogljčna vozila.

Hibridna tehnologija je sicer že dolgo v uporabi pri pogonu težjih vozil. Prvi patent za hibridni pogon je iz leta 1912, na ameriških železni-

cah pa so že v 20. letih prejšnjega stoletja uporabljali hibridne lokomotive na plin – a le za ranžiranje na železniških postajah, saj je bil doseg takih vozil precej omejen.

S tehnološkimi izboljšavami so lokomotive s hibridnim pogonom postopoma postale uporabne tudi na večjih razdaljah in že med prvo

⇒ Krivulja energetske učinkovitosti dizelsko-električnega generatorja



svetovno vojno je v Veliki Britaniji vozilo 300 bencinsko-električnih lokomotiv. V naših krajih so bile dobro znane 'kenedijevke' (General Motors EMD G16 – 1362 ali 1435 kW), ki jih marsikje na svetu še vedno uporabljajo. Sodobnejše izvedenke dizelsko-električnih lokomotiv dandanes (predvsem za prevoz tovora) srečujemo na progah, ki jih je predrago elektrificirati. Hibridni pogoni so priljubljeni še v težkih rudniških tovornjakih, kot so Komatsu XDE170 (moč elektromotorjev 1510 kW, nosilnost 130 t), Liebherr T282C (3000 kW, 363 t) in Belaz-75710 (3430 kW, 450 t).

V veliki moči vozil s hibridnim pogonom, ki so vedno našla kupce tudi brez državnih subvencij, se skriva razlog, zakaj ta pristop nikoli ni bil priljubljen pri osebnih avtomobilih. Pri dani tehnologiji namreč učinkovitost proizvodnje električne energije narašča s celotno generirano močjo.

Pri lokomotivah ali rudniških tovornjakih z močjo nad 1000 kW je učinkovitost generiranja elektrike že blizu 42 %, kar s pogonom koles z učinkovitimi elektromotorji pomeni boljše izrabo energije lahkega plinskega olja, kot bi jo lahko dosegel

samo dizelski motor s klasičnim pogonom prek menjalnika. Poleg tega se izognemo menjalniku, ki mora biti za prenos tako velikih moči še posebno robusten in temu primerno težak. Osební avtomobil za smiselno uporabo potrebuje le kakih 100 kW (dejanska povprečna moč na kolesih je še precej manjša), pri takšni moči pa je učinkovitost dizelsko-električnega agregata pod 30 %, torej že manj, kot jo lahko doseže samo dizelski motor s klasičnim menjalnikom.

► DRUŽINSKA EKONOMIKA AKUMULATORSKEGA AVTOMOBILA

Po javno dostopnih podatkih je ta čas najcenejše akumulatorsko vozilo v Sloveniji Renault Twizy, ki ga z dovoljenjem za upravljanje vozil kategorije AM (kolesa z motorjem in lahka štirikolesa) lahko vozijo celo osebe nad 15 let. To ni avtomobil v klasičnem pomenu besede, saj se v njem lahko peljeta največ dve osebi, ki sedita druga za drugo: poleg tega je osnovna izvedba odprta, vrata pa se uvrščajo v posebno ponudbo za 590 EUR. Teoretični doseg Twizyja s polnim novim akumulatorjem je 100 km, seveda ob idealni vožnji



Renault Twizy; ob njegovem nakupu od države dobite 1790 EUR subvencije.

(ECE-15). Polna cena najcenejšega modela, ki doseže hitrost največ 45 km/h, je 6490 EUR. K temu naj bi država primaknila 1790 EUR iz sklada za subvencioniranje električnih vozil, tako da naj bi Twizy 45 brez vrat kupca stal 4700 EUR. Vendar je to cena za vozilo brez akumulatorja, ki bi ga voznik najemal za 50–57 EUR/mesec (cena je odvisna od časa najema in na leto prevoženih kilometrov). Kdor bi želel s Twizyjem kupiti akumulator, ga bo to stalo dodatnih 4500 EUR.

Twizy seveda ne more biti edino družinsko vozilo, je pa povsem uporaben za vožnje v službo, po nakupih, v vrtec na drugih kratkih razdaljah, na katerih (po statistikah EU) osebni avtomobili prevozijo približno 2/3 kilometrov. Če bi Twizy kupili kot drugo vozilo ob družinskem avtomobilu s porabo okoli 7,5 l/100 km in če na leto prevozimo 12.500 km (to je povprečje v EU), bi torej z 'velikim' družinskim avtomobilom potem prevozili samo še 4167 km na leto in porabili 312,5 l bencina, kar bi nas pri zdajšnjih cenah goriva stalo 422,19 EUR. Na leto bi torej pri gorivu prihranili 844,37 EUR. Po drugi strani bi nas vožnja Twizyja zaradi najema akumulatorja stala vsaj 50 EUR/mesec

(oziroma 600 EUR /leto), kar bi naš letni prihranek zmanjšalo na 244,37 EUR. Pri takem prihranku bi nakupno ceno Twizyja brez vrat (in brez upoštevanja obresti) odplačali po 19,2 leta uporabe (po razmerju med ceno najema in nakupa akumulatorja pa ocenjujemo, da mu proizvajalec predvideva življenjsko dobo največ 7–8 let). Ob tem sploh nismo upoštevali stroška za porabljeno električno energijo.

Ta čas najcenejši 'pravi' akumulatorski avtomobil s štirimi kolesi in štirimi sedeži v Sloveniji je Renault Zoe, ki v osnovni različici Life R90 stane 23.790 EUR. Ker mu je država namenila največjo možno subvencijo 7500 EUR, prodajalec pa še popust za omejeno število vozil, je treba zanj plačati 13.490 EUR. To je seveda cena ob najemu akumulatorja za 69–119 EUR/mesec (odvisno od časa najema in na leto prevoženih kilometrov); doplačilo za lastniški akumulator je 8500 EUR. Z omejenim avtomobilom se sicer lahko peljejo štiri osebe, a ne prav udobno, kajti potniški prostor je dolg samo 1,68 m in (zadaj) širok 1,39 m. Proizvajalec zatrjuje, da ima Zoe doseg 400 km (po standardu NEDC), a v resnici pri optimalni vožnji z njim lahko prevozite največ 300 km.

➔ Renault Zoe s subvencijo in popustom stane 13.490 EUR.



📍 Dacia Sandero –
8200 EUR
(brez subvencije)



Če za primerjavo vzamemo ta čas najcenejši bencinski avtomobil v Sloveniji – Dacia Sandero stane 8200 EUR –, in upoštevamo njegovo povprečno porabo 4,9 l/100 km, ugotovimo, da za razliko med ceno novega (subvencioniranega) električnega Zoeja in bencinskega Sandera ob današnjih cenah lahko kupimo 3916 l motornega bencina 95, kar ob uradni porabi zadostuje za nekaj manj kot 80.000 km vožnje. Če na leto prevozimo 12.500 km, kolikor je evropsko povprečje, bi za gorivo za Sandera odšteli 828 EUR/leto. Če bi z Zoe naredili enako število kilometrov, bi nas samo najem akumulatorja stal 89 EUR/mesec (oziroma 1068 EUR/leto)! Tudi v tem primeru nismo upoštevali stroškov za porabljeno električno energijo.

Pri dražjih modelih je ekonomski učinek še slabši in noben akumulatorski avto po skupni ceni novega vozila in stroških uporabe ni konkurenčen primerljivemu vozilu z motorjem na notranje zgorevanje.

Toda avtomobilov ne kupujemo le po ekonomski logiki: veliko vlogo igra prestiž. In pri tem se akumula-

torski avtomobili odrežejo vsekakor bolje kot bencinski. To še zlasti velja za drage modele, kot so Tesla Model S P85D Performance (107.400 EUR) oziroma NextEV Nio EP9 in Rimac Concept_One (oba staneta okoli 1,2 milijona USD). Imajo namreč boljše pospeške kot bencinska vozila, ker ima elektromotor v širokem pasu števila vrtljajev enak (največji) navor. Lastnik takega 'električnega športnika' se lahko uspešno kosa z običajnimi vozili pri speljevanju v križiščih – a ne prav dolgo, ker ob takšni vožnji hitro izprazni akumulator.

► SPRENEVEDANJE IN SUMLJIVA MORALA

Zakonodaja EU in številnih drugih držav kot vozilo z ničelnimi emisijami definira avtomobil brez virov izpustov. Ker akumulatorska vozila poganja elektrika, ki jo je treba 'natočiti' iz omrežja, pač povzročajo izpuste, ki so skladni z deležem elektrike iz fosilnih goriv v omrežju. Zakonsko predpisati, da je to nič, je sprenevedanje. In najbrž se v ne-



⚡ Električni superšportni avtomobil NIO EP9 kitajskega zagonskega podjetja Next EV stane 1,2 milijona USD (1 milijon EUR). Maja 2017 je s časom šest minut in 45,9 sekunde za 2,1 s izboljšal dotedanji rekord za najhitreje prevoženo 20,8 km dolgo severno zanko (nem. Nordschleife) nemškega dirkališča Nürburgring.

čem vsi strinjamo – pa če verjame-mo, da človeški izpusti CO₂ povzročajo nevarno ogrevanje/podnebne spremembe ali ne: če z zakonom nekatere izpuste razglasimo za nič-ne, to prav gotovo nič ne zmanjša koncentracije CO₂ v ozračju. Če na podlagi takega zakonskega izničenja izpustov države celo delijo subvencije za domnevno znižanje, je to že nespodobno sprenevedanje.

Najcenejši akumulatorski avtomobili so – celo ob upoštevanju državnih subvencij – dražji in manj uporabni od primerljivih vozil na fosilna goriva. Pri akumulatorskih avtomobilih višjega cenovnega razreda je razkorak vse večji. Zato si lahko ta 'vozila z ničelnimi izpusti' privoščijo le bogatejši.

Razmere si predočimo s primerjavo. Nekateri ljudje raje kupijo oblačila znanih blagovnih znamk, čeprav so dražja. Prav. Kdor meni, da se mu športna majica s krokodilčkom bolje poda kot cenejša brez njega, naj jo pač kupi, saj ima do tega vso pravico – ampak naj si jo

plača sam. Kako bi se odzvali, če bi se izkazalo, da država iz davkov, ki jih pobere vsem državljanom (večina tega denarja pride od tistih s povprečnimi in nižjimi dohodki), subvencionira nakup oblačil z zvenečimi blagovnimi znamkami? In prav to počne pri akumulatorskih avtomobilih.

Vprašati se moramo, kako si predstavljamo vlogo države. Naj enakopravno skrbi za potrebe vseh državljanov ali pa naj bo nekakšen na glavo obrnjeni Robin Hood (nekoliko starejši bralci se bodo spomnili tudi Superhika), ki jemlje povprečnim in revnim, da daje bogatim? Pri akumulatorskih vozilih je že tako.

VIRI IN LITERATURA

- ▶ Obširen seznam uporabljene literature in virov je zainteresiranim na voljo v uredništvu.

SPLETNI NASLOVI

- ▶ tinyurl.com/y8lnbc62
- ▶ tinyurl.com/ybudpkjt
- ▶ tinyurl.com/y7mu8fdk