

# OKOLJSKI IN LOGISTIČNI VIDIKI ALTERNATIVNIH POGONOV AVTOMOBILOV

MARJAN SENEGAČNIK, DAVORIN ŽNIDARIČ &  
DRAGO VUK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija, e-pošta:  
marjan.senegacnik@um.si, davorinznidaric@gmail.com, drago.vuk@guest.um.si.

**Povzetek** V zadnjih letih je opazen trend uveljavljanja avtomobilov na električni pogon. Praktično vsi proizvajalci imajo v svoji ponudbi modelov tudi avtomobile, ki vsaj delno uporabljajo električni pogon. Poleg baterijskih električnih avtomobilov, ki zaenkrat še nimajo znatnega tržnega deleža, namreč čedalje več vozil, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem, vsaj v manjši meri tega dopolnjuje še z električnim pogonom. Manj opazen je v zadnjem obdobju razvoj avtomobilov na vodikov pogon. V vsakem primeru pa je potrebno upoštevati, da je prehod s fosilnih goriv na alternativne pogone povezan s precejšnjimi logističnimi problemi in tudi z vidika varstva okolja alternativni pogoni ne prinašajo samo pozitivnih sprememb. V prispevku bodo podane primerjave med konvencionalnimi avtomobili, ki jih poganjajo bencinski in dizelski motorji, baterijskimi električnimi avtomobili, avtomobili na vodikov pogon in uporabo biogoriv. Poudarek bo na vplivih, ki jih povzročajo različne oblike pogonov na okolje, obravnavani pa bodo tudi logistični vidiki.

#### **Ključne besede:**

baterijska  
električna vozila,  
litijeve ionske  
baterije, gorivne  
celice, avtomobili  
na vodikov pogon,  
vplivi avtomobilov  
na okolje.

## 1 Uvod

Alternativni pogon avtomobilov je precej širok pojem, ki pogosto tudi ni povsem natančno definiran. Glede na to, da danes kot gorivo še vedno v veliki meri prevladujeta bencin in dizelsko gorivo, lahko ti dve vrsti goriv smatramo kot konvencionalni gorivi, vse druge vrste goriv oziroma virov energije pa lahko opredelimo kot alternativne. Pri tem pa so v to skupino goriv oziroma načinov pogona vključena tako goriva, ki so znana in dokaj pogosto v uporabi že vrsto let (npr. utekočinjeni naftni plin) kot tudi vrste pogonov, ki so začele v praktično uporabo šele vstopati (npr. vodik) ali pa se po skoraj stoletju ponovno vračajo v široko uporabo (baterijski električni avtomobili).

## 2 Motorji z notranjim izgorevanjem

Motorje z notranjim izgorevanjem, ki poganjajo avtomobile, predstavljata dve skupini, ki se predvsem v poljudni literaturi označujeta kot bencinski in dizelski motorji, čeprav se v strokovni terminologiji predvsem izrazu bencinski motorji izogibajo. V strokovni literaturi in zakonodajnih aktih (npr. homologacijski pravilniki ali pravilniki o emisijah) se uporabljata izraza motorji s prisilnim vžigom in motorji s kompresijskim vžigom (Pravilnik o minimalnih zahtevah ..., 2003).

Motorji s prisilnim vžigom so na splošno bolj znani pod izrazom bencinski motorji, ker se za njihov pogon najbolj pogosto uporablja bencin. Vendar v strokovni literaturi ta izraz opredeljujejo kot ne najbolj ustrezen, saj lahko tovrstne motorje poganja tudi vrsta drugih goriv (npr. naftni plin, zemeljski plin, etanol, tudi vodik in še vrsta drugih goriv). Bistvo principa delovanja je, da gorivno zmes (mešanico hlapov goriva in zraka) vžge iskra – gre torej za prisilni vžig, ki ga povzroči zunanji dejavnik, to je električna iskra, ki jo odda svečka. V angleški literaturi se zato tovrstni motorji označujejo kot »spark ignition engines«. Po izumitelju pa se ti motorji imenujejo tudi Ottovi motorji, saj je motor leta 1876 prvi izdelal in predstavil Nikolaus Otto (E-sortment, 2011).

Motorje s kompresijskim vžigom po izumitelju imenujemo tudi dizelske motorje, saj je motor izdelal leta 1892 Rudolf Diesel. Bistvo delovanja tovrstnih motorjev je, da se gorivna zmes z batom stisne na tako visok tlak, da pride do spontanega vžiga – tako imenovanega kompresijskega vžiga (angleški izraz compression ignition

engines). Ti motorji za pogon običajno uporabljajo dizelsko gorivo ali plinsko olje, ki je zmes ogljikovodikov z daljšo verigo (npr. 15 ali 16 ogljikovih atomov). Kot gorivo za dizelske motorje se uporablja tudi biodizelsko gorivo (Proctor in Van Horn Armstrong, 2008).

### **3 Pregled alternativnih pogonov**

#### **3.1 Plin in biogoriva**

V motorjih z notranjim izgorevanjem je možno namesto bencina ali dizelskega goriva uporabiti tudi nekatere druge vrste goriv. Razlogi za uporabo teh vrst goriv so tako ekonomski (nižji stroški) kot tudi okoljski (nižje emisije onesnažil – predvsem trdnih delcev - ali pa nižje emisije toplogrednih plinov). Ta goriva je možno uporabljati tudi v kombinaciji ali pa mešati z bencinom in dizelskim gorivom. Med tovrstna goriva lahko uvrščamo na eni strani plinska goriva: utekočinjeni naftni plin (UNP) in stisnjeni zemeljski plin (SZP) kot tudi biogoriva, kjer sta pomembna predvsem biodizel in bioetanol. Vsaka izmed teh vrst goriv ima svoje prednosti in tudi pomanjkljivosti (Zemeljski plin, 2014; Đorić in sod., 2019).

#### **3.2 Vodik**

Vodik kot gorivo je možno uporabljati na dva načina. Lahko se ga uporablja podobno kot UNP ali SZP za pogon motorjev z notranjim izgorevanjem. Tako vozilo lahko – podobno kot npr. v primeru UNP – kombinira uporabo vodika in bencina in, ko zmanjka ene vrste goriva, preklopi na drugo. Ta način izrabe sicer med avtomobilskimi proizvajalci ni bil deležen tolikšne pozornosti, največ razvojnih aktivnosti v tej smeri so v preteklosti opravili pri BMW, Mazdi in Fordu (Beissmann, 2009; BMW Media Information, 2006; Verhelst, 2011). Po letu 2010 pa je zanimanje za ta način izrabe vodika ugasnilo. BMW je leta 2009 opustil razvoj motorjev na vodikov pogon z notranjim izgorevanjem in se preusmeril v razvoj vozil na gorivne celice (Beissmann, 2009).

Za razliko od motorjev z notranjim izgorevanjem na vodik pa se praktično vsi izdelovalci ukvarjajo z razvojem avtomobilov na gorivne celice. Avtomobili na gorivne celice so dejansko ena izmed oblik električnih avtomobilov, saj vozilo poganja elektromotor. Pogosto jih označujejo z angleško kratico FCEV (fuel cell

electric vehicles – električna vozila na gorivne celice). Gorivna celica deluje kot galvanski člen, kjer kemijska reakcija poteka prostorsko ločeno, kar omogoča, da se kemijska energija pretvarja v električno energijo. Za razliko od baterij, pa v gorivni celici reaktanta nista shranjena v celici, ampak ju dovajamo iz zunanjih virov. Vodik doteka iz rezervoarja za gorivo, kisik pa iz zraka. Tako se vozila na gorivne celice bistveno razlikujejo od prej omenjenih vozil na vodik, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem. Skupno je le to, da je pri obeh gorivo vodik, sicer pa je koncept pogona popolnoma različen (US Department of Energy, n.d.).

Vozila na gorivne celice imajo v primerjavi z vozili, kjer vodik poganja motor z notranjim izgorevanjem določeno prednost, saj emitirajo v ozračje le vodno paro in ne oddajajo nikakršnih emisij dušikovih oksidov ali trdnih delcev in tako dejansko sodijo v kategorijo vozil z ničelnimi emisijami (ZEV)(BMW AG, 2019). Prednost pred motorjem z notranjim izgorevanjem je tudi boljši izkoristek. Po drugi strani pa je slabost v visoki ceni gorivnih celic. Tako je bila v letu 2019 cena vozil na gorivne celice še približno dvakrat višja kot cena primerljivih baterijskih ali hibridnih vozil (BMW AG, 2019).

Težave predstavljajo tudi pridobivanje vodika, nizka energijska gostota in pomanjkanje polnilne infrastrukture. Tako je bilo konec leta samo okrog 80 avtomobilskih polnilnic za vodik v Nemčiji, v ZDA pa le okrog 40 (BMW AG, 2019).

Vodik je sicer izredno razširjen element, vendar ga na Zemlji v elementarni obliki skoraj ni mogoče najti (Lazarini in Brenčič, 1984). Postopki pridobivanja vodika so sicer dobro razviti, vendar pa zahtevajo dokajšen vložek energije in tudi povzročajo obremenitve okolja. Tako se je z uporabo gorivnih celic možno izogniti neposrednim emisijam polutantov iz vozil v ozračje, kar sicer ni nepomembno, in bi lahko znatno prispevalo k boljši kakovosti zraka v urbanih območjih, vendar pa problema ne odpravlja v celoti. Predvsem je vprašljivo znižanje ogljičnega odtisa.

Drug problem predstavlja nizka energijska gostota. Vodik ima sicer na masno enoto največjo kurilno vrednost 120 MJ/kg (Koškin in Širkevič, 1990), vendar to zaradi izjemno nizke gostote ne rešuje problema. Gostota vodika je tako pri 0 °C in 1,013 bar le 0,089 kg/m<sup>3</sup> v primerjavi z gostoto bencina 720-780 kg/m<sup>3</sup> ali pa dizelskega goriva 848 kg/m<sup>3</sup> (Verhelst in sod., 2011). Tako se pojavlja vprašanje, kako v

rezervoar za gorivo sprejemljivih dimenzij spraviti tolikšno količino goriva, ki bo vozilu omogočila spodoben doseg (Nica, 2016). Zaradi tega je potrebno vodik v rezervoarjih shranjevati pri izjemno visokih tlakih (od 100 do 750 bar). Druga možnost, ki jo uporablja BMW, pa je uporaba utekočinjenega vodika, kar pa zahteva vzdrževanje ekstremno nizkih temperatur (-253 °C) in izdelavo ohišij rezervoarjev z izjemno toplotno izolacijsko sposobnostjo (BMW Media Information, 2006).

Ob vozilih na vodikov pogon se vedno izpostavlja tudi vprašanje varnosti. Nevarnost zaradi visoke vnetljivosti vodika se vsekakor ne sme podcenjevati, vendar je kot kažejo nekatere praktične izkušnje problem obvladljiv. To dokazuje tudi dejstvo, da je model avtomobila na gorivne celice Hyundai Nexo kot prvi avtomobil na gorivne celice uspešno prestal varnostne preizkuse po ameriških standardih (Edelstein, 2019).

Ob navedenih težavah je pomembna pomanjkljivost pri vozilih na gorivne celice tudi njihova visoka cena (v letu 2019 okrog 60.000 \$), ki močno omejuje njihovo konkurenčnost v primerjavi z bencinskimi in dizelskimi avtomobili (Road Show, 2019). Vozila na gorivne celice so primerljiva z vozili z motorjem z notranjim izgorevanjem v tem, da potrebujejo baterije samo za podporo. Tudi čas polnjenja goriva v rezervoar je povsem primerljiv (BMW AG, 2019).

### **3.3 Električna vozila**

Kot električna vozila označujemo vsa vozila, ki jih poganja električni motor. Glede na izvedbo pa ločimo hibridna električna vozila (HEV – hybrid electric vehicles), priključna hibridna električna vozila (PHEV – plug in hybrid electric vehicles), baterijska električna vozila (BEV – battery electric vehicles) in pa že obravnavana vozila na gorivne celice (FCEV – fuel cell electric vehicles).

Pri hibridnih vozilih gre za kombinacijo motorja z notranjim izgorevanjem (največkrat bencinskega motorja) in elektromotorja. Načeloma obstajajo tri vrste hibridnih vozil: vzporedni, zaporedni in kombinirani (vzporedno-zaporedni) hibridi. Pri vzporednih se baterije polnijo med vožnjo in tako omogočajo, da vozilo lahko določeno razdaljo prevozi tudi na električni pogon. Vozilo lahko - predvsem izven mest, ko so potrebne večje hitrosti in, ko so emisije polutantov nekoliko manj problematične – poganja le motor z notranjim izgorevanjem. V primerih, ko vozilo

potrebuje maksimalno moč – strm vzpon ali hitra pospeševanja – pa lahko vozilo hkrati poganjata oba motorja. Pri zaporednih hibridih pa motor z notranjim izgorevanjem predstavlja le agregat za pridobivanje električne energije, ki polni baterijo, vozilo pa poganja le elektromotor. Pri kombiniranih hibridih pa gre seveda za kombinacijo obeh načinov. Pri vzporednih in kombiniranih hibridih lahko vozilo določeno razdaljo prevozi le z električnim motorjem in v tem obdobju vozilo ne emitira nikakršnih emisij v ozračje. Doseg vožnje samo na električni pogon pa je seveda odvisen od zmogljivosti (velikosti) baterije. Seveda pa je doseg mogoče povečati, če je baterijo možno polniti iz zunanjih virov, kar omogočajo priključni hibridi. Hibridna vozila lahko tudi ločimo glede na to, kolikšen delež pri pogonu predstavlja elektromotor (od raznih mikro hibridov in mehkih hibridov), kjer je elektro motor le v manjšo pomoč ali dopolnilo motorju z notranjim izgorevanjem, do priključnih hibridov, kjer je delež pogona na električni motor znaten.

Kot električna vozila v ožjem smislu besede pa pogosto označujemo baterijska električna vozila, ki nimajo motorja z notranjim izgorevanjem, ampak le elektromotor. Seveda pa je doseg teh vozil omejen izključno z električno energijo shranjeno v bateriji. Tovrstna vozila sodijo v kategorijo vozil z ničelno stopnjo emisije, saj v ozračje ne oddajajo nikakršnih emisij (ZEV – zero emission vehicle).

Pri teh vozilih seveda predstavlja problem, kako v baterijo s sprejemljivo maso shraniti dovolj energije, ki bi vozilu omogočila primeren doseg vožnje. To že od začetka predstavlja najšibkejšo točko električnih avtomobilov. Dejstvo, da so električni avtomobili postali spet lahko bolj konkurenčni, je omogočil razvoj novih zmogljivejših tipov baterij s precej večjo energijsko gostoto – najprej nikljevih kovinsko hidridnih predvsem pa litijevih ionskih baterij (Majeau-Bettez in sod., 2011).

Pri vozilih je tako kot pri vseh drugih proizvodih pomembno upoštevanje celotnega življenjskega kroga. Tako niso pomembni samo vplivi na okolje, ki nastanejo med uporabo, ampak tudi vplivi tako v procesu izdelave kot tudi pri odstranitvi odsluženega izdelka. Za električne avtomobile je v primerjavi z vozili, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem, značilno, da je možno zmanjšati vplive med uporabo, se pa povečajo vplivi, pri izdelavi in odstranitvi izdelka.

V obdobju po letu 2005 so tako hibridi kot baterijska električna vozila dosegla izreden razmah. Okrog leta 2000 so za obdobje do 2015 pričakovali prodor vozil na gorivne celice, vendar pa so predvsem v obdobju po 2010 ostala v senci baterijskih električnih vozil.

### **3.6 Primerjava vozil na gorivne celice in baterijskih električnih vozil**

Sicer pa imajo tako baterijska električna vozila kot vozila na gorivne celice več skupnih značilnosti, kar je glede na to, da gre v obeh primerih za električne avtomobile, razumljivo.

Obe vrsti vozil sodita v kategorijo vozil z ničelno stopnjo emisije (ZEV), saj baterijska vozila ne oddajajo nikakršnih emisij v ozračje, vozila na gorivne celice pa le neškodljivo vodno paro. Tako prisotnost tovrstnih vozil ne znižuje kakovosti zraka v okolici in bi tako bilo možno zmanjšati škodljive vplive obremenjenega ozračja v urbanem okolju na zdravje prebivalcev, ki se v poletnem obdobju pojavlja predvsem zaradi povišanih koncentracij ozona, v hladnem delu leta pa zaradi trdnih delcev (ARSO, 2018; ARSO, 2019). Pri obeh vrstah polutantov avtomobili na motorje z notranjim izgorevanjem pomembno prispevajo k povišanim vrednostim koncentracij polutantov v ozračju.

Seveda pa je potrebno upoštevati, da obe vrsti pogonov posredno prispevata k emisijam v ozračje. Za polnjenje baterij je potrebna električna energija, ki je pogosto v precejšnji meri pridobljena v termoelektrarnah. Prav tako se vodik za napajanje gorivnih celic najpogosteje pridobiva z elektrolizo vode. Tako se predvsem emisije polutantov prenesejo iz izpušne cevi avtomobila na dimnik termoelektrarne. Pri polutantih sicer tudi to lahko predstavlja določeno prednost, saj se neposredna izpostavljenost prebivalstva škodljivim substancam (ozon, trdni delci, dušikovi oksidi) zmanjša. Zelo vprašljivo pa je zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida in tako znižanje prispevka h globalnemu segrevanju.

Znižanje prispevka k pojavu tople grede bi bilo sicer možno, če bi bila pridobljena električna energija pridobljena iz brezogljicnih virov (obnovljivi in trajni viri in atomska energija). Vendar je po eni strani vprašljivo, ali bo možno na ta način pridobiti dovolj električne energije, kar je odvisno od posamezne države. Po drugi strani pa tudi brezogljicni viri niso brez problematičnih vplivov na okolje.

Pri obeh vrstah vozil sta problem tudi polnilna infrastruktura in visoka cena avtomobilov.

#### **4. Elektromobilnost**

Električna mobilnost, postaja zaradi vse večjih vplivov in posledic rabe fosilnih goriv v prostoru, pomemben dejavnik sprememb v vsakdanjem življenju. Cilji evropskega energetskega podnebnega svežnja, ki jih je zato EU sprejela v zvezi z elektromobilnostjo so zapisani v Sporočilu Komisije EVROPA 2020 in Beli knjigi iz leta 2011, pa vključujejo tako zahteve po zmanjšanju odvisnosti oskrbe z nafto, zmanjšanju emisij toplogrednih plinov in postopnem umikanju avtomobilov, ki jih poganjajo motorji z notranjim izgorevanjem, iz mestnega okolja (EK, 2011).

##### **4.1 Elektromobilnost in delovna mesta**

Evropska avtomobilska industrija neposredno zaposluje 2,6 milijona ljudi, posredno pa zagotavlja še 14 milijonov delovnih mest v drugih panogah (ACEA, 2020).

V Nemčiji, ki je v EU največja zaposlovalka delavcev v avtomobilski industriji (870 tisoč)(ACEA, 2020), je po študiji Inštituta za inženirstvo Fraunhofer iz leta 2018 (Macarol, 2018), zaradi vse večje »potrebe«, trenda, po električnih avtomobilih, ogroženih med 75 in 100 tisoč delovnih mest v klasični avtomobilski industriji.

Za proizvodnjo klasičnih vozil z bencinskim ali dizelskim motorjem je potrebuno za 30 % več časa kot pri proizvodnji električnih avtomobilov. Pri slednjih je manj mehanskih delov in sklopov (le ena šestina vseh v primerjavi z motorji na notranje izgorevanje), kar bo predvidoma v prihodnjih letih povzročilo izgubo delovnih mest (Nicola, 2020). Zato v sindikatu IG Metall predvidevajo, da bo do leta 2030 elektromobilnost neposredno ali posredno vplivala na vsako drugo delovno mesto v proizvodnji pogonskih sklopov. Posamezni proizvajalci v avtomobilski industriji menijo, da je lahko razmerje med izgubo delovnih mest in novimi delovnimi mesti zaradi elektromobilnosti, v razmerju 1:5 v škodo zaposlenih v »klasični« avtomobilski industriji. Med proizvajalci avtomobilov tako na primer Audi načrtuje v obdobju 2020-2025 opustitev 9500 delovnih mest v proizvodnji vozil z motorji z notranjim izgorevanjem ter po drugi strani uvedbo 2000 novih delovnih mest zaradi



uvajanja proizvodnje električnih vozil (Lambert, 2019). Tudi Daimler načrtuje odpustitev 10.000 zaposlenih v obratih družbe po vsem svetu (Wire Reports, 2019). Podobne ukrepe načrtujejo tudi drugi izdelovalci. Ob tem, da je zaradi manjšega števila sestavnih delov potrebnih manj delovnih mest., proizvajalci želijo tudi privarčevati sredstva, ki bodo potrebna za razvoj električnih vozil in prestrukturiranje proizvodnje. Ob tem je neugodna tudi situacija na tržišču, saj je bila prodaja osebnih in lahkih gospodarskih vozil na svetovnem trgu v letu 2019 ocenjena na 88,8 milijona vozil, kar predstavlja 6 odstotni padec glede na leto 2018. Napovedi za leto 2020 pa so še slabše, saj je pričakovana prodaja okrog 79 milijonov vozil, kar bo najmanj po letu 2015. Ocenjeno je, da bi v obdobju 2020-2030 prišlo do opustitve 70.000 do 80.000 delovnih mest v avtomobilski industriji. (Rauwald, Welch & Kotoky, 2019)

Elektromobilnost ob zmanjševanju števila delavcev v avtomobilski industriji, predstavlja tudi dodaten socialni problem. Ker gre tukaj za nizko in srednje kvalificirano delovno silo (montažerji, mehaniki, itd..) in če vzamemo za izračun presežnih delavcev zgolj samo petino trenutnih delavcev, je številka neposrednih in posrednih presežkov 2,8 milijona delavcev, ki si bodo morali poiskati nove zaposlitve. Zato je potrebno že sedaj razmišljati o prekvalifikaciji odvečnih delavcev. Pri podjetjih, kot je slovenska Hidria, ki se ukvarjajo z inovativnimi rešitvami, v elektromobilski industriji, oziroma s produkti z višjo dodano vrednostjo, pa se lahko pohvalijo s povečevanjem števila delovnih mest. V prihodnjih letih bodo potrebovali 150 novih delavcev in razširitve kapacitet, saj naj bi po njihovi strategiji, do leta 2025 zavzeli med 10 in 20 odstotni tržni delež na področju hibridnih in električnih osnov (statorji in rotorji pogonskih elektromotorjev) (Primorske novice, 2019).

## **5 Proizvodnja električnih baterij**

Pri proizvodnji baterij-akumulatorjev, ki tehtajo 500 kg, se proizvede za več kot dve tretjini (74%) CO<sub>2</sub>, kot bi se ustvarilo emisij pri izdelavi bolj učinkovitih klasičnih avtomobilov, ki uporabljajo fosilna goriva. Dejstvo, ki se ob teh podatkih kaže je, da sama proizvodnja baterij za električne avtomobile ni tako zelena, kot jo prikazujejo podporniki trenutnih električnih avtomobilov. Samo za primerjavo, lastnik povprečnega klasičnega avtomobila bi lahko prevozil 50.000 km, preden, bi se izenačil z izpusti električnega Nissan Leafa s 30 kWh akumulatorjem. Pri čemer je potrebno poudariti, da je Nissanova baterija ena najmanjših na trgu, saj ima BMW

3 42 kWh baterijo, Mercedesov EQC 80 kWh in Audijev e-tron pa 95 kWh (Rolander, Starn & Behrmann, 2018).

Če bi želeli emisije CO<sub>2</sub> resnično zmanjšati, bi bilo potrebno ne samo energijo za proizvodnjo, ampak tudi energijo za polnjenje ustvariti iz obnovljivih virov energije. Šele takrat, ko bo celoten proces ustvarjanja električnih avtomobilov in polnilnic proizvajal manj toplogrednih plinov in porabil manj energije od trenutnih, bomo lahko govorili o napredku in resničnem zmanjšanju vplivov na okolje (Rolander, Starn & Behrmann, 2018).

Prednost električnih avtomobilov, je kljub upravičenemu skepticizmu okoljevarstvenikov zaradi rabe energije fosilnih goriv pri izgradnji avtomobilov in baterij, zmanjšan hrup, zmanjšanje emisij polutantov, kot so dušikovi oksidi, ogljikovodiki, ogljikov monoksid in trdni delci, ki jih za razliko od električnih avtomobilov proizvajajo dizelski in bencinski motorji (Rolander, Starn & Behrmann, 2018).

### 5.1 Proizvodnja baterij za električne avtomobile in okoljski vplivi

Največje proizvajalke litija so: Avstralija, Čile, Argentina, Bolivija, Kitajska in Zimbabve (Battery University, 2019).

Če želimo resnično spremeniti negativne okolijske kazalce, se je tudi pri proizvodnji električnih avtomobilov potrebno vprašati koliko toplogrednih plinov (predvsem ogljikovega dioksida) se proizvede pri sami izdelavi električnih avtomobilskih komponent. Predvsem so seveda aktualne baterije, ki vsebujejo litij.

Koliko emisij CO<sub>2</sub> se sprošča v prostor z različnimi delovnimi procesi ugotavljamo z metodologijo LCA (angleško life cycle assessment - metoda ugotavljanja življenjskega cikla).

Mednarodna organizacija za čistejši transport (ICCT, 2018) navaja, da se pri proizvodnji baterij za vsako kilovatno uro, s katero izražamo kapaciteto baterije, sprošča v ozračje med 56 in 494 kg CO<sub>2</sub>. Ocene emisij posameznih raziskovalcev se med seboj precej razlikujejo (Hao in sod., 2017; Romare in Dahlöf, 2017; Wolfram in Wiedmann, 2017; Ambrose in Kendal, 2016; Elingsen, Singh in Stromman, 2016;

Kim in sod., 2016; Peters in sod., 2017; Nealer, Reichmuth in Anair, 2015) . Glede na življenjsko dobo baterije lahko tako ocenimo, da proizvodnja baterij prispeva k emisijam dodatnih 1-2 g CO<sub>2</sub> na prevožen kilometer za vsako kWh baterije (ICCT, 2018).

## 5.2 Vsota vplivov emisij iz vseh stopenj življenjskega cikla vozila

Seveda je za realno primerjavo emisij avtomobilov z različnimi vrstami pogona potrebno upoštevati celotni življenjski cikel vozila (Life Cycle Assessment – LCA) z vsemi fazami: proizvodnjo, uporabo kot tudi odstranitvijo oziroma oskrbo odsluženega vozila.

Proizvodnja električnih vozil zahteva več energije in zato proizvede več emisij kot proizvodnja običajnega avtomobila z bencinskim ali dizelskim motorjem predvsem zaradi akumulatorjev v električnih vozilih. Proizvodnja litij-ionskih baterij zahteva pridobivanje in rafiniranje redkih zemeljskih kovin in je energijsko intenzivna. Večina litij-ionskih baterij v električnih vozilih v Evropi v letu 2016 je bila proizvedena na Japonskem in v Južni Koreji, kjer približno 25% -40% proizvodnje električne energije predstavlja premog (ICCT, 2018, str.4). Zato seveda tovrstna proizvodnja baterij tudi povzroča znatne emisije toplogrednih plinov. V primeru, da bi bila večina električne energije porabljena pri proizvodnji baterij in drugih sklopov vozila pridobljena iz brezogljčnih virov, bi to pomenilo znatno znižanje emisij TGP (Nealer, Reichmuth in Anair, 2015).

Po drugi strani pa električna vozila z določeno količino energije lahko opravijo daljšo pot in tako med uporabo povzročijo manj emisij kot pa vozila, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem. Tako se po določenem času uporabe kompenzirajo višje emisije, ki nastanejo v teku proizvodnje vozila. Emisije ogljikovega dioksida pa so seveda odvisne od načina pridobivanja električne energije. V kolikor je električna energija za polnjenje baterije namensko pridobljena iz brezogljčnih virov., kot so sončna, vetrna ali vodna energija, so emisije ogljikovega dioksida praktično ničelne. V kolikor pa se baterije polnijo iz električnega omrežja, pa je ogljični odtis odvisen od strukture proizvodnje električne energije v določeni državi – od tako imenovane emisijske intenzivnosti ogljikovega dioksida pri proizvodnji električne energije. V državah, kjer je skoraj vsa električna energija pridobljena v termoelektrarnah in imajo tako visoko emisijsko intenzivnost, bo tudi uporaba električnega avtomobila

povzročila emisije, ki so povsem primerljive z avtomobili, ki imajo bencinske ali dizelske motorje (EEA, 2018).

Seveda pa emisije toplogrednih plinov ne predstavljajo vseh vplivov na okolje. Pri proizvodnji litijevih ionskih baterij se poleg litija uporabljajo še kobalt, nikelj, mangan, baker, aluminij in (ogljik) grafit. Okrog 70 % svetovnih zalog litija je v vodah slanih jezer, preostanek pa v kamninah. Tako v Južni Ameriki porabijo okrog 750 ton slanice za pridobivanje 1 tone litija. Ker so nahajališča litija večinoma v zelo sušnih predelih, velika poraba energije in vode predstavlja še poseben problem. Klimatski pogoji, v katerih poteka proces pridobivanja litija, povzročajo tudi škodljive vplive na zdravje delavcev. Litij je možno pridobivati tudi z recikliranjem, vendar sedanja tehnologija recikliranja ne omogoča pridobivanja litija takšne kakovosti, da bi bil primeren za ponovno izdelavo baterij (Battery University, 2019).

## **6 Logistični in varnostni vidiki**

Seveda bo množično uvajanje alternativnih pogonov avtomobilov prineslo spremembe tudi na drugih področjih. Potrebno bo zagotoviti polnilno infrastrukturo. V primeru utekočinjenega naftnega plina in biogoriv to ne predstavlja posebnega problema. Biogoriva se lahko tudi mešajo z bencinom ali dizelskim gorivom praktično v vseh razmerjih.

Bistveno drugačna je situacija v primeru vodika, saj je potrebno zgraditi novo polnilno mrežo, ki je zaradi visokih tlakov ali pa izjemno nizkih struktur dokaj zahtevna. Polnilna infrastruktura za vodik je dokaj pomanjkljiva. Vsekakor bo tudi nesreča na Norveškem v, ko je v letu 2019 v bližini Osla eksplodirala polnilna postaja za vodik, zagotovo imela negativne posledice za razvoj te vrste avtomobilskega pogona (Pavšič, 2019).

Za električne avtomobile osnovna polnilna infrastruktura – razvejano električno omrežje – seveda obstaja. Lastniki vozil, ki imajo lastne garaže, tako lahko vozilo polnijo iz domače vtičnice. Seveda pa še zdaleč nimajo vsi vozniki avtomobilov možnost polniti vozilo v lastni garaži, saj mnogi parkirajo vozila na parkiriščih pred bloki oziroma stolpnicami in so oziroma bodo tako prisiljeni polniti avtomobile na javnih polnilnih mestih, kjer pa bo potrebno dovolj veliko število polnilnih mest še zagotoviti. V Sloveniji je bilo februarja 2019 1233 osebnih baterijskih električnih

avtomobilov in 450 priključnih hibridov (Drevenšek, 2019). Za takšno število je polnilnih mest dovolj, a je v prihodnjih letih pričakovano bistveno povečanje števila električnih avtomobilov. Poleg tega se bo ob znatnem porastu števila električnih avtomobilov pojavilo tudi vprašanje, ali bo zmogljivost elektroenergetskega sistema sposobna zagotoviti zadostno moč ob konicah, ko bo večina uporabnikov polnila avtomobile.

Ob tem se pojavljajo tudi določeni varnostni problemi. Problem predstavljajo trki vozil, kjer bo postopek reševanja potnikov ali gašenja vozil drugačen, kot je pri vozilih z bencinskim in dizelskim motorjev. Nekoliko paradoksalen je tudi problem hrupa. Pri avtomobilih, ki imajo motor z notranjim izgorevanjem, je bilo vedno vprašanje le, kako čim bolj zmanjšati hrup, saj je ta ob plinastih emisijah drugi pomemben okoljski vidik. Pri električnih vozilih je situacija drugačna. Pri visokih hitrosti hrup zaradi kotaljenja koles in zračnega piša še vedno ostane, saj tudi pri konvencionalnih motorjih na avtocestah ta hrup presega hrup motorja. Problem pa predstavlja vožnja pri nizkih hitrostih v mestih. Ker je elektromotor zelo tih – kar je z okoljskega vidika sicer zelo ugodno – obstaja nevarnost, da drugi udeleženci v prometu, kot so pešci ali kolesarji, vozila ne bodo pravočasno slišali. Posebno veliko nevarnost to predstavlja za slepe in slabovidne pešce. Zato so poleg dobro znanih zgornjih omejitev hrupa za električne avtomobile uvedli tudi spodnjo mejo hrupa. Pri nizkih hitrostih (do 30 km/h) bodo zato zaradi varnostnih vidikov zato tudi umetno zvišali hrup, ki ga oddajajo električna vozila (Shepardson, 2018).

Problematični so tudi socialni in ekonomski vplivi, saj električni avtomobili potrebujejo precej manj sestavnih delov, ki so tudi drugačni. Ob zmanjšanju števila delovnih mest bo to zahtevalo tudi prestrukturiranja proizvodnje. To bo tudi za Slovenijo lahko predstavljalo precejšen problem, saj so mnoga slovenska podjetja dobavitelji delov za avtomobilske motorje. Poleg proizvodnje bo to prineslo znatne spremembe tudi pri vzdrževanju vozil (avtomehanične delavnice, dobava goriva in motornih olj ipd.). Tako bodo potrebne prekvalifikacije in tudi spremembe v izobraževalnih programih.

## 7 Zaključek

Glede na prevladujoče trende je v prihodnjih letih realno pričakovati znatno povečanje števila električnih avtomobilov. To lahko prinese določeno izboljšanje kakovosti zraka v urbanih območjih in tudi prispeva k znižanju emisij toplogrednih plinov iz prometnega sektorja. Prineslo bo tudi precejšnje spremembe na logističnem področju, ki pa ne bodo vedno nujno samo pozitivne. Ostaja pa vtis, da je prodiranje električnih avtomobilov v množično uporabo bolj »top-down« kot »bottom-up« proces. Proizvajalci intenzivno uvajajo električne modele avtomobilov, vendar je pri tem precej očitna podpora politike (npr. Evropske unije), medtem ko zanimanje kupcev zaenkrat še ni zelo močno povečano.

### Literatura

- ACEA (2020). About the Automobile Industry – Statistics – Employment trends. ACEA – European Automobile Manufacturers Association. Pridobljeno 7.1.2020 na <https://www.acea.be/statistics/tag/category/employment-trends>
- Ambrose, H. in Kendall, A. (2016). Effects of battery chemistry and performance on the life cycle greenhouse gas intensity of electric mobility. *Transportation Research Part D* 47, str. 182-194.
- ARSO (2018). Naše okolje. Mesečni bilten Agencije Republike Slovenije za okolje. Številke 1-12, letnik XXV, Januar – December 2018. RS Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- ARSO (2019). Naše okolje. Mesečni bilten Agencije Republike Slovenije za okolje. Številke 1-11, letnik XXVI, Januar – November 2019. RS Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Beissmann, T. (2009). BMW abandons internal combustion hydrogen technology. *Caradvice News*, 16 December 2009. Pridobljeno 19.12. 2019 na <https://www.caradvice.com.au/51099/bmw-abandons-internal-combustion-hydrogen-technology/>
- Battery University (2019). BU-308: Availability of Lithium. CTEK – Cadex. Battery University. Pridobljeno 28.1. 2020 na [https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/availability\\_of\\_lithium](https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/availability_of_lithium)
- BMW AG (2019). Hydrogen fuel cell cars: Everything You need to know. Pridobljeno 7.1. 2019 na <https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html>
- BMW Media Information (2006). BMW Hydrogen 7. Contents. (11/2006). Pridobljeno 19.12. 2019 na [https://www.wired.com/images\\_blogs/autopia/files/bmw\\_hydrogen\\_7.pdf](https://www.wired.com/images_blogs/autopia/files/bmw_hydrogen_7.pdf)
- Enciclopedia Britannica (2020). Diesel Engine. Pridobljeno 7.1.2020 na <https://www.britannica.com/technology/diesel-engine>

- Dorič, M., Urbančič, A., Janša, T., Česen, M., Kovač, M., Matkovič, M., Petelin Visočnik, B., Pretnar, G., Vozelj, J., Jeriha, U. (2019). Podnebno ogledalo 2019 – Promet. Končno Poročilo. Poročilo C 4.1, Vol.2, Zvezek 2 (LIFE Climate Path 2050 – LIFE16 GIC/SI/000043).
- Drevenšek, S. (2019). E-avti moderni, a za zdaj redki. Svet kapitala. Pridobljeno 5.2. 2020 na <https://svetkapitala.delo.si/mobilnost/e-avti-moderni-a-za-zdaj-redki-165811>
- Edelstein, S. (2019). Hyundai Nexo is the first fuel cell vehicle crash-tested by the IIHS. Digital trends – Cars. Pridobljeno 7.1.2020 na <https://www.digitaltrends.com/cars/2019-hyundai-nexo-iihs-crash-test-ratings/>
- EEA (2018). Overview of electricity production and use in Europe. Pridobljeno na spletni strani: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment-4>
- EK (2011). Bela knjiga. Načrt za enotni evropski prometni prostor – na poti h konkurenčnemu in z viri gospodarnemu prometnemu sistemu. Evropska komisija, Bruselj, 28.3.2011. Pridobljeno 5.2. 2020 na <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:SL:PDF>
- Elingsen, L.A.-W., Singh, B. in Stromman, A.H. (2016). The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environ.Res.Lett*, 11, 054010.
- E-ssortment (2011). Nikolaus August Otto: Inventor of the Internal Combustion Engine. E-ssortment: Your source of knowledge. Pridobljeno 3.1. 2020 na <http://www.essortment.com/nikolaus-august-otto-inventor-internal-combustion-engine-21765/>
- Hao, H., Mu, Z., Jiang, S., Liu, Z., Zhao, F. (2017). GHG Emissions from the Production of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles in China. *Sustainability*, 9(4),
- ICCT (2018). Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. The International Council on Clean Transportation. February, 2018. Pridobljeno 21.1.2020 na [https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG\\_ICCT-Briefing\\_09022018\\_vF.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf)
- Kim, H.C., Wallington, T.J., Arsenault, R., Bae, C., Ahn, S. in Lee, J. (2016). Cradle-to-Gate Emissions from Commercial Electric Vehicle Li-ion Battery: A Comparative Analysis. *Environ.Sci.Technol.* 50(14), str. 7715-7722.
- Koškin, N.I. Širkevič, M.G. (1990). Priročnik elementarne fizike. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- Lambert, F. (2019). Audi plans 9500 job cuts in factories, add 2000 jobs for electric cars. *Electrek*, November 27, 2019. Pridobljeno 10.1.2020 na <https://electrek.co/2019/11/27/audi-plans-9500-job-cuts-factory-add-2000-jobs-electric-cars/>
- Lazarini, F. in Brenčič, J. (1984). Splošna in anorganska kemija DZS, Ljubljana.
- Macarol, M. (2018). Zaradi prehoda na elektromobilnost ogrožena številna delovna mesta. MMC RTV SLO. Pridobljeno 25.2. 2020 na <https://www.rtvsl.si/zabava/avtomobilnost/novice/zaradi-prehoda-na-elektromobilnost-ogrozena-stevilna-delovna-mesta/457734>
- Majeau-Bettez, G., Hawkins, T.R. in Stromman, A.H. (2011). Life CyCLE Environmental Assessment of Lithium-Ion and Nickel Metal Hydride Batteries for Plug-in Hybrid and Battery Electric Vehicles. Supporting Information. *Environ.Sci.Technol.* 45(10), str. 4548-4554.

- Nealer, R., Reichmuth, D. in Anair, D. (2015). Cleaner cars from cradle to grave – How electric cars beat gasoline cars on lifetime global warming emissions. Union of Concerned Scientists, November 2015. Pridobljeno 27.1.2020 na <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf>
- Nica, G. (2016). Why Did BMW Really Stop Making the Hydrogen 7 Model. BMWBLOG. Pridobljeno 19.12. 2019 na <https://www.bmwblog.com/2016/08/17/bmw-stop-making-hydrogen-7-model/>
- Nicola, S. (2020). German car production drops to 23-year low on weak exports. Automotive News Europe. Pridobljeno 9.1.2020 na <https://europe.autonews.com/automakers/german-car-production-drops-23-year-low-weak-exports>
- Pavšič, G. (2019). Eksplozija: Blizu Osla razneslo polnilno postajo. SiolNet. Avtomoto. Novice. Pridobljeno 28.1. 2020 na <https://siol.net/avtomoto/novice/eksplozija-blizu-osla-razneslo-polnilno-postajo-foto-499996>
- Peters, J.F., Baumann, M., Zimmermann, B., Braun, J. in Weil, M. (2017). The environmental impact of Li-ion batteries and the role of key parameters – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 67, str. 491-506.
- Pravilnik o minimalnih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati nekatere naprave in oprema vozil v cestnem prometu (2003). Uradni list Republike Slovenije 123/03
- Primorske novice (2019). Hidria bo zaposlila več kot 150 novih sodelavcev. Promorske novice, 25.11.2019. Pridobljeno 7.1.2020 na <http://www.primorske.si/slovenija/hidria-bo-zaposlila-vec-kot-150-novih-sodelavcev>
- Proctor, C.L. in Van Horn Armstrong, L. (2008). Diesel engine. Encyclopaedia Britannica. Pridobljeno 25.2. 2020 na <https://www.britannica.com/technology/diesel-engine>
- Rauwald, C., Welch, D. Kotoky, A. (2019). Automakers are cutting 80.000 jobs globally as EV shift upends industry. Automotive News, December 04, 2019. Pridobljeno 10.1.2020 na <https://europe.autonews.com/automakers/automakers-are-cutting-80000-jobs-globally-ev-shift-upends-industry>
- Road Show (2019). Pridobljeno 20.12. 2019 na <https://www.cnet.com/roadshow/finder/automobiles/fuel-cell-cars/>
- Rolander, N., Starn, J. Behrmann, E. (2018). Lithium Batteries' Dirty Secret: Manufacturing Them Leaves Massive Carbon Footprint. Industry Week, Blomberg, Oct. 16, 2018. Pridobljeno 7.1.2020 na <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22026518/lithium-batteries-dirty-secret-manufacturing-them-leaves-massive-carbon-footprint>
- Romare, M. in Dahlöf, L. (2017). The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries. © IVL Swedish Environmental Research 2017. Pridobljeno 22.1.2020 na <https://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>
- Shepardson, S. (2018). U.S. finalizes long-delayed »quiet cars« rule , extending deadline. February, 26, 2018. Reuters. Pridobljeno 28.1. 2020 na <https://www.reuters.com/article/us-autos-regulations-sounds/u-s-finalizes-long-delayed-quiet-cars-rule-extending-deadline-idUSKCN1GA2GV>



- U.S. Department of Energy (n.d.). Fuel cell electric vehicles. Alternative fuels data center. Pridobljeno 3.1. 2020 na [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html)
- Verhelst, S., Wallner, T., Eichlseder, H., Naganuma, K., Gerbig, F., Boyer, B., Tanno, S. (2011). Electricity Powering Combustion: Hydrogen Engines. *Proceedings of the IEEE*, 100(2), str. 427-439.
- Wire Reports (2019). Daimler to ax 10.000 jobs in latest industry cuts. *Automotive News*, November 29, 2019. Pridobljeno 10.1.2020 na <https://www.autonews.com/executives/daimler-ax-10000-jobs-latest-industry-cuts>
- Wolfram, P. in Wiedmann, T. (2017). Electrifying Australian transport: Hybrid life cycle analysis of a transition to electric light-duty vehicles and renewable electricity. *Applied Energy*, 206, str. 531-540.
- Zemeljski plin (2014). Zemeljski plin in utekočinjeni naftni plin, dva različna energenta. Pridobljeno 3.1. 2020 na <https://www.zemeljski-plin.si/novice/zemeljski-plin-in-utekocinjeni-naftni-plin-dva-razlicna-energenta>.

