

Suvremene tehnologije na primjeru električnih vozila

Zubović, Toni

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:166621>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-12**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

TONI ZUBOVIĆ

**SUVREMENE TEHNOLOGIJE NA PRIMJERU
ELEKTRIČNIH VOZILA**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**SUVREMENE TEHNOLOGIJE NA PRIMJERU
ELEKTRIČNIH VOZILA
MODERN TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF
ELECTRIC VEHICLES**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Tehnološki procesi u prometu

Mentor: prof. dr.sc. Svjetlana Hess

Student: Toni Zubović

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120767210

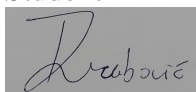
Rijeka, rujan 2023.

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom
Suvremene tehnologije na primjeru električnih vozila
izradio samostalno pod mentorstvom
prof. dr. sc. Svjetlane Hess.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



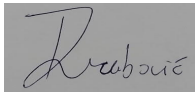
Toni Zubović

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Zubović".

Toni Zubović

SAŽETAK

Električna i hibridna vozila sve su češća tematika u novije vrijeme kada se fokus stavlja na pozitivno djelovanje na okoliš te njegovu zaštitu i očuvanje. Primaran cilj je da se putem sve zastupljenijeg korištenja električnih vozila smanje emisije štetnih plinova. Smatra se kako su električna vozila jednostavna po svojoj konstrukciji, nisu zagađivači, ne stvaraju buku i jednostavni su za uporabu. Pored navedenih prednosti, osnovni je nedostatak visoka cijena, skupa zamjenska baterija te zagađenost okoliša tijekom reciklaže baterije. Međutim, vjeruje se da će razvoj novih tehnologija donijeti napretke u području razvitka električnih vozila te da će električna i hibridna vozila biti sve više zastupljena.

Ključne riječi: električno vozilo, hibridno vozilo, suvremene tehnologije

SUMMARY

Electric and hybrid vehicles have recently become an increasingly common topic of discussion when it comes to the positive impact on the environment and its protection and preservation. The primary goal is to reduce the emission of harmful gases by increasing the use of electric vehicles. It is considered that electric vehicles are simple in design, do not cause pollution, do not make noise, and are easy to operate. In addition to the above advantages, the main disadvantage is the high price, expensive replacement battery, and environmental pollution during battery recycling. However, it is expected that the development of new technologies will bring progress in the field of electric vehicles and that electric and hybrid vehicles will be increasingly represented.

Keywords: electric vehicle, hybrid vehicle, modern technologies

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA	2
2. ELEKTRIČNI AUTOMOBILI	3
2.1. POVIJESNI RAZVOJ	3
2.2. SASTAVNICE ELEKTRIČNIH VOZILA	8
2.2.1. Električna pogonska baterija	9
2.2.2. Električni motor	12
2.2.3. Kontroler motora	14
2.2.4. Ostale sastavnice električnih vozila	14
3. VRSTE HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA	16
3.1. PLUG-IN HIBRIDNO ELEKTRIČNO VOZILO	16
3.2. HIBRIDNI AUTOMOBILI	18
3.3. SMART HIBRIDNO VOZILO	20
3.4. ELEKTRIČNI AUTOMOBIL	21
3.5. ELEKTRIČNI AUTOMOBIL KOJI IMA POGON NA GORIVE ĆELIJE	23
4. POSTUPAK PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA	29
4.1. NAČIN PUNJENJA I KONEKTORI	30
4.2. PUNIONICE	34
4.3. REGENERATIVNO KOČENJE	36
5. EFEKT HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA NA OKOLIŠ	40
5.1. RECIKLIRANJE BATERIJA	40
5.2. SMANJENJE RAZINE BUKE U URBANIZIRANIM ZONAMA	42
5.3. SMANJENJE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA	44
5.4. PREDNOSTI I NEDOSTATCI ELEKTRIČNIH VOZILA	45
6. ZAKLJUČAK	48

LITERATURA.....	50
KAZALO KRATICA.....	54
POPIS SLIKA.....	55
POPIS TABLICA.....	55

1. UVOD

Električna i hibridna vozila danas smatraju se jednim od rješenja za smanjenje razine zagađenja okoliša. Ipak, navedena se vozila i dalje smatraju novinom u svjetskim trendovima automobilske industrije pa zbog toga njihove tehnološke značajke i dalje proučavaju te konstantno razvijaju.

Od aktualnih prepreka kod uvođenja električnih automobila na pojedino tržište primarna je njihova cijena, a potom kapacitet baterije te trajanje ciklusa punjenja. Međutim, smatra se kako će se daljnjim razvojem tehnologija povećati mogućnosti da se doprinese porastu trenda kupnje i korištenja električnih vozila, a sve kako bi se doprinijelo zaštiti okoliša te smanjenju emisija štetnih plinova.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

Problem i predmet rada jest primjena suvremenih tehnologija na primjeru električnih vozila. Električni i hibridni automobili se u odnosu na uobičajene automobile odlikuju brojnim prednostima u pogledu manje razine zagađenja okoliša. Ova energetske efektivna vozila imaju i određene mane kao što je visoka cijena, nedovoljno razvijena infrastruktura punionica te nedovoljna ekonomičnost reciklaže baterija takvih vozila.

1.2. RADNA HIPOTEZA

U ovom radu osnovna radna hipoteza glasi:

"Suvremene tehnologije konstantno se implementiraju i pridonose razvoju električnih vozila."

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja jest prikazati primjenu suvremenih tehnologija na primjeru električnih vozila. Svrha rada jest analizirati komponente električnih vozila i njihov razvoj.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Prilikom izrade ovo diplomskog rada koristile su se znanstvene metoda i to: metoda analize i sinteze, metoda komparacije, metoda deskripcije, te metoda integriranja podataka.

1.5. STRUKTURA RADA

U prvom dijelu rada uvodno se definiraju problem, predmet i objekt istraživanja. Zatim se navodi radna hipoteza, cilj i svrha istraživanja te metode koje su korištene pri izradi rada.

U drugom dijelu rada opisuju se električni automobili, njihov povijesni razvoj i sastavnice. Unutar sastavnica opisane su značajke električne pogonske baterije, električnog motora, kontrolera motora te su navedene preostale sastavnice pojedinog električnog vozila.

Treće poglavlje rada temelji se na vrstama hibridnih i električnih vozila. Analiziraju se i opisuju plug-in hibridno vozilo, zatim hibridno vozilo, smart hibridno vozilo, 100% električni automobil te u konačnici električni automobil koji ima pogon na gorive ćelije.

Četvrto poglavlje rada istražuje postupke punjenja električnog vozila, načine punjenja, vrste konektora i komponente punionica. Nadalje navode se i osnovne značajke regenerativnog kočenja.

U petom dijelu rada analizira se efekt hibridnih i električnih vozila na okoliš. Unutar ovog poglavlja opisan je postupak recikliranja baterija, smanjenja razina buke u urbaniziranim zonama te smanjenja emisija ispušnih plinova. Na kraju se navode neke od najvažnijih prednosti i nedostataka električnih vozila.

U posljednjem dijelu rada navode se zaključne spoznaje.

2. ELEKTRIČNI AUTOMOBILI

Pod pojmom električnog automobila smatra se onaj automobil koji se pokreće od strane elektromotora, a koji se pokreće pomoću električne energije koja se nalazi pohranjena unutar akumulatora ili u nekom drugom uređaju koji služi za pohranjivanje energije. Električni automobili svoju popularnost bilježe koncem 19. stoljeća te na početku 20. stoljeća. Smatra se kako je 1939. godine napravljen prvi električni automobil. U 1900. godini izrađen je prvi hibridni automobil.

Međutim, poboljšanje značajki motora koji su imali unutarnje izgaranje, kao i povećana proizvodnja povoljnih automobila koji su imali benzinski pogon rezultiralo je smanjenjem upotrebe električnih vozila. Tijekom 1970-tih te 1980-tih godina došlo je do krize u energetici. Kao posljedica toga pojavio se interes za električnim vozilima, no nije zaživio. Tek se tijekom 2000-tih godina taj interes ponovno javio, a kao posljedica toga započela je proizvodnja električnih automobila. Primaran razlog proizvodnje električnih automobila jest briga u svezi fluktuacije cijene nafte kao i značajna potreba da se u što većoj mjeri smanji emisija stakleničkih plinova. [1]

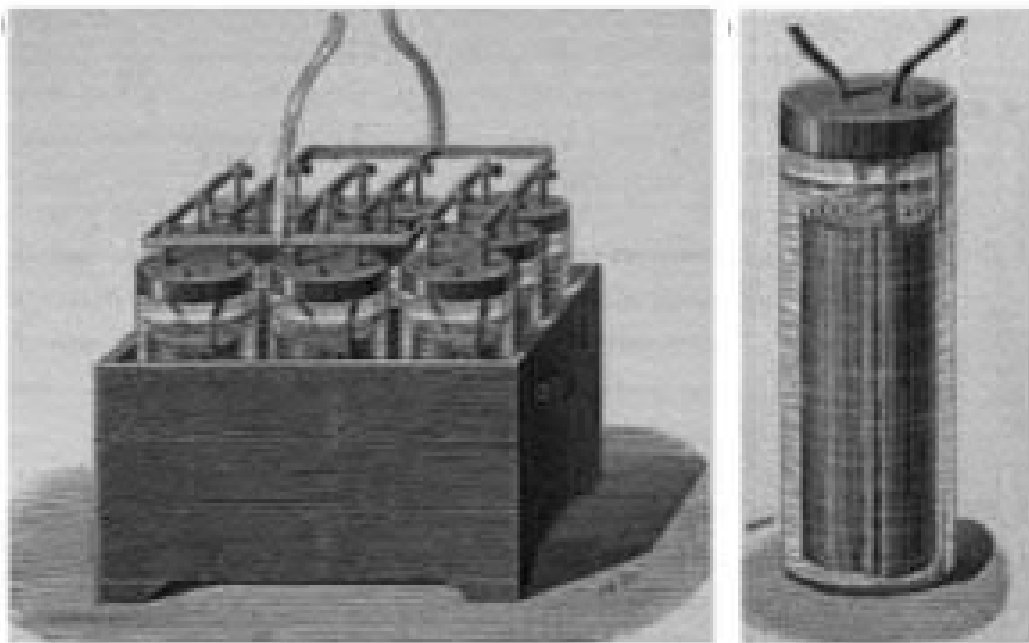
Osnovna razlika između vozila koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem i električnih vozila jest sam motor. Naime, uz pomoć elektromotora se pokreću električna vozila. Nadalje, vozila koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem na tržištu su povoljnija od električnih vozila. Razlika je također evidentna i u veličina motora. motori električnih vozila su manji i imaju manje snage. U konačnici, vozila koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem štetnija su za okoliš u odnosu na električna vozila.

2.1. POVIJESNI RAZVOJ

U pogledu povijesnog razvoja električnih vozila, njihova je pojava povezana s konstrukcijom elektromotora 1828. godine. S nadolazećim usavršavanjem u navedenom području elektromotor započinje svoju komercijalnu upotrebu te se stvaraju prva električna vozila. U periodu od 1832. do 1839. godine konstruiran je prvi električni automobil od strane Roberta Andersona. Zanimljivo je istaknuti kako električni automobil izgrađen gotovo

dvadeset godina prije nego li je izgrađen motor koji ima unutarnje izgaranje i pogon na benzin. U nadolazeće razdoblje zabilježen je razvoj električnih vozila. [2]

Tijekom 1834. godine konstruiran Thomas Davenport izradio je prvi istosmjerni elektromotor. U 1842. godini Robert Davidson i Thomas Davenport su izradili električni automobil koji je imao pogon na bateriju od cinka. Takvu bateriju nije bilo moguće puniti, već samo mijenjati. U 1881. godini konstruirane su olovne baterije od strane Camillea Alphonsea Faurea koje su imale veće kapacitete te su značajno utjecale na budući razvoj električnih vozila. Na Slici 1 prikazan je izgled olovne baterije Camillea Alphonsea Faurea.



Slika 1. Prikaz olovne baterije Camillea Alphonsea Faurea

Izvor: <http://blog.inciaku.com/en/the-birth-of-the-leadacid-battery/> (31.8.2023.)

Tijekom 1886. godine Frank Julian Sprague izrađuje prvi istosmjerni motor koji je imao mogućnost održavanja brzine tijekom promjenjivog tereta. Prvi elektromobil proizvede 1891. godine William Morrison. [2]



Slika 2. Elektromobil Williama Morrisona

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/William-Morrison-Electric-Wagon-1892-3_fig1_259391101

(01.08.2023.)

Kraj 19. stoljeća smatra se zlatnim vremenom električnih automobila. Tada su se u Londonu proizvodili električni automobili koji su trebali služiti kao taksi vozila. Takva vozila su istovremeno zabilježila početak upotrebe i u Sjedinjenim Američkim Državama, u New Yorku. Tada su već izumljeni automobili koji su imali motor s unutarnjim izgaranjem. Međutim, prednost električnih automobila bila je u manjoj buci, boljem efektu na okoliš te vožnjom koja nije zahtijevala promjenu stupnjeva. Smatra se kako je najveći nedostatak upravo bila činjenica ograničenog dometa takvih vozila te njihova brzina.

U 1899. godini dolazi do proizvodnje prvog hibridnog vozila. Proizveo ga je Lohner-Porsche. Početkom 20. stoljeća većina zastupljenih vozila u Sjedinjenim Američkim Država bilo je električna. U 1912. godini Charles Kettering patentira električni pokretač kod automobila koji imaju unutarnje izgaranje. Prvi hibridni automobil proizvede Wood Motor Vehicle Company of Chicago 1916. godine. [2]



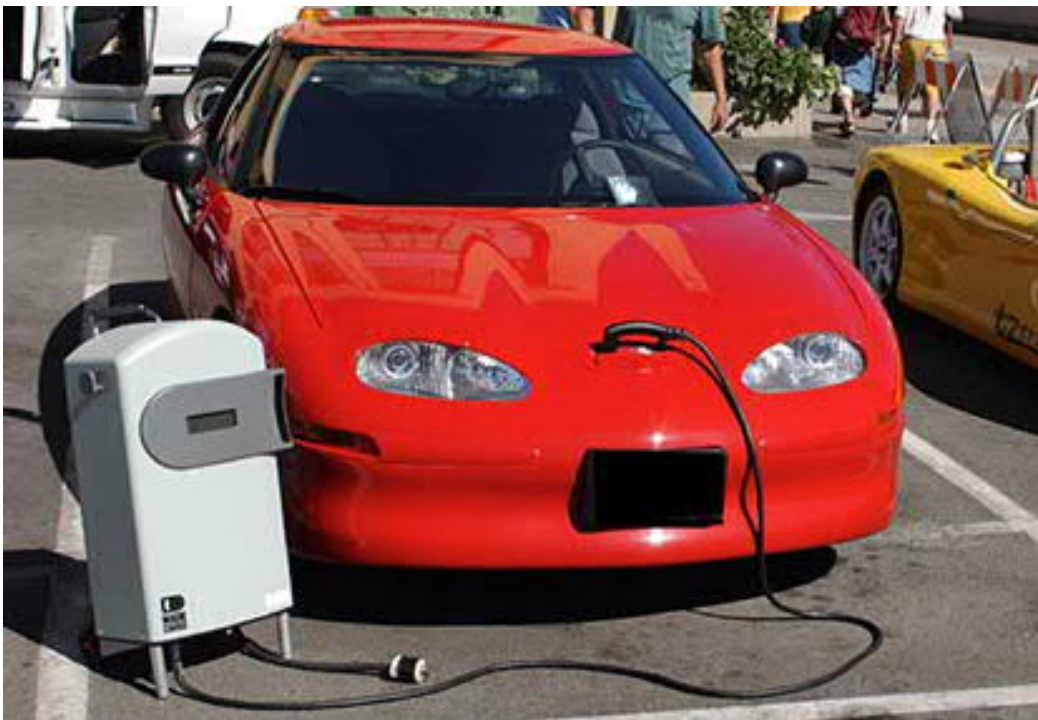
Slika 3. Hibridni automobil Wood Motor Vehicle Company of Chicago

Izvor: <https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/38276/#slide=gs-213972> (31.08.2023.)

Od 1935. pa sve do 1960. godine bilježi se prekid u području razvijanja električnih vozila u Sjedinjenim Američkim Državama. Do tog perioda nije bilo isplativo imati vozilo koje ima motor s unutarnjim izgaranjem jer su cijene nafte bile visoke. Cijena nafte je pala nakon što se u Texasu otkrila nafta. Razvojem infrastrukture u pogledu cesta simultano se razvio i promet između gradova. Navedeno je imalo negativan učinak na proizvođače električnih vozila jer ona nisu imala dalek domet. Stoga, prednost je dana vozilima koja su imala motor s unutarnjim izgaranjem jer su mogli odraditi duža putovanja.

Istovremeno su diljem svijeta zabilježena nalazišta nafte, što je električna vozila još više uklonila iz upotrebe. Tijekom devedesetih godina 20. stoljeća u svrhu zaštite okoliša zakonodavac je u Sjedinjenim Američkim Državama donio odluku u kojoj je zatražio automobile koji su ekološki prihvatljivi, a sve kako bi se smanjila emisija ispušnih plinova. Upravo su zbog takve odluke na tržišta bila plasirana električna vozila. [3]

Tada je tvrtka General Motor na tržište plasirala električni automobil EV1 za najam. navedenu automobil imao je autonomiju 120 kilometara te je postizao brzinu do 130 km/h. Gotovo cijela američka industrija automobila izrazila je negodovanje zbog odluke zakonodavca na promicanje ekoloških ciljeva. Zbog toga je administrativan odjel predsjednika donio niz novih propisa koji su favorizirali korištenje biodizela i etanola. Slijedom navedenog, došlo je do razvoja vozila koja su imala pogon na gorivne ćelije. Stoga je General Motors prestao davati u najam svoja električna vozila te ih je reciklirao. [3]



Slika 4. Prikaz električnog automobila EV1 General Motorsa

Izvor: <https://www.westhillscollision.com/uperv.php?article=ev1> (31.08.2023.)

Tijekom 20.-og stoljeća električne su automobile u cijelosti zamijenila vozila koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem. Međutim, u novije vrijeme ponovno se pojavio interes za električna vozila. Ponovo se stavlja naglasak na ekologiju i svijest o zaštiti okoliša. Još jedan razlog jest ograničenost izvora nafte diljem svijeta. Slijedom toga, električni se automobil ponovno pojavio kao moguće rješenje. Ti su automobili vrlo tihi i nisu izravni proizvođači emisija štetnih plinova. Upravo se zbog navedenog očekuje kako će se električni automobili primjenjivati unutar zaštićenih područja, medicinskim ustanovama, metropolama i dr. [4]

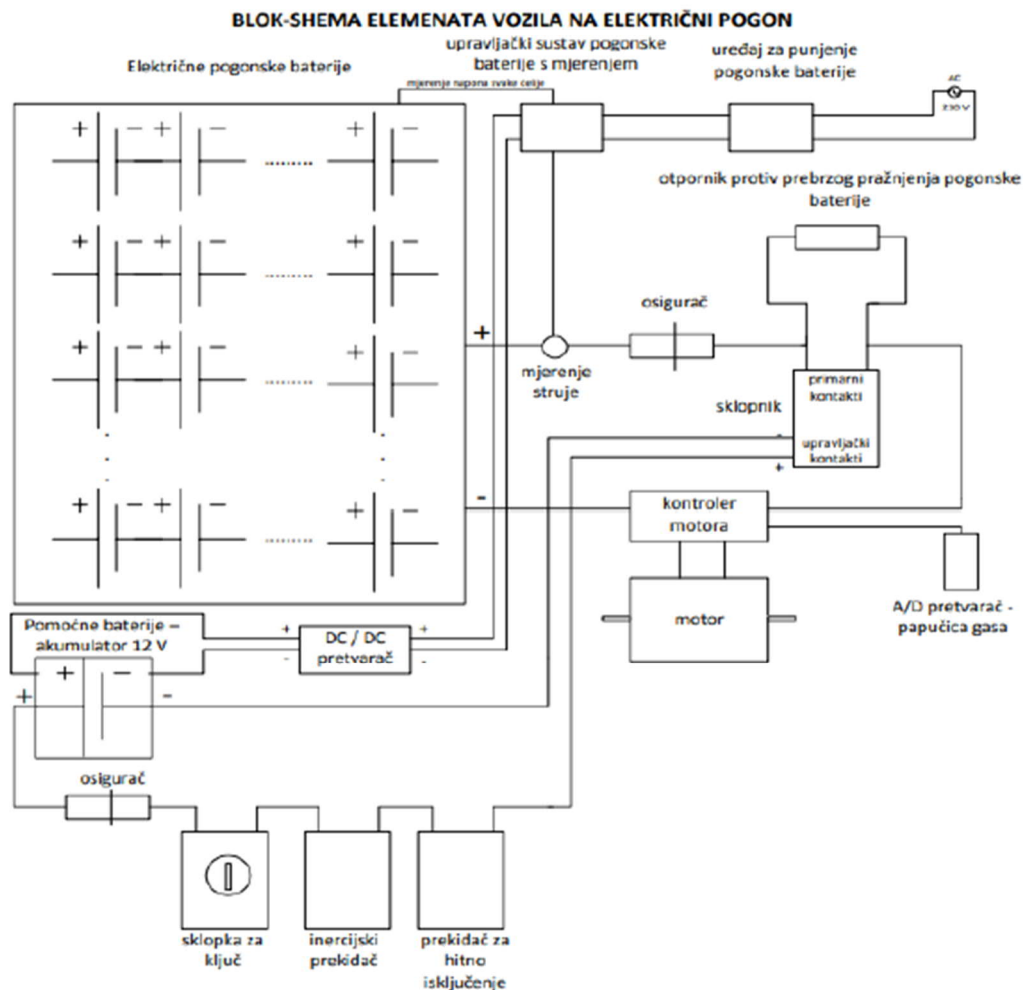
2.2. SASTAVNICE ELEKTRIČNIH VOZILA

Svako električno vozilo ima nekoliko osnovnih sastavnica, a koje su: [5]

- pogonska baterija,
- električni motor i
- kontroler motora.

Pored osnovnih sastavnica električnog vozila postoje i drugi sastavni dijelovi poput osigurača, sklopnika, punjača baterije, analogno digitalnog pretvarača signala od papučice za gas, istosmjerni pretvarač napona kako bi trošila vozila imala pogon (naponska razina 12 V za pokazivače smjera, brisače, auto radio, klimu i dr.), instrumenti koji služe za upravljanje vozilom (pokazivač napona, pokazivač brzine, prikaz stanja baterije pokazivač struje i dr.).

Osim navedenog, električno vozilo može sadržavati i kablove za pogonski napon, bateriju pomoćnog napona od 12 V te kablove za pomoćni napon od 12 V [2]. Na Slici 5 prikazana je blok shema elemenata gdje su razvidne sve sastavnice električnog vozila koje ono mora imati da bi bilo pokretno.



Slika 5. Prikaz blok sheme elemenata električnog vozila

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/267447865_Elektricni_automobil_-_povijest_razvoja_i_sastavni_dijelovi_Electric_Car_-_history_and_components (21.07.2023.)

2.2.1. Električna pogonska baterija

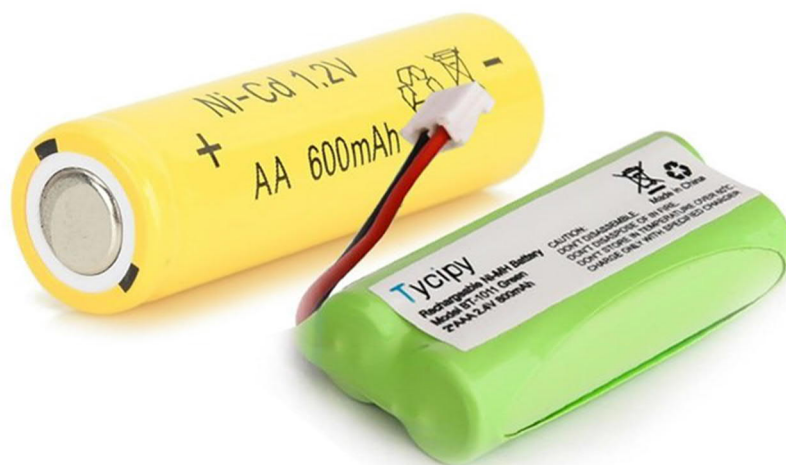
Električna pogonska materija je ona baterija koja se koristi kako bi se napajao elektromotor koji služi da električno vozilo bude u pogonu. Pod pojmom baterijskog sustava podrazumijevamo sistem kojeg čine ćelije koje su paralelno ili serijski spojene, a koje su svojevrsna zamjena za rezervoar za gorivo kojeg upotrebljavaju vozila koja imaju motor na unutarnje izgaranje. Prema navedenom principu upotrebljavaju se baterije koje imaju sekundarni karakter, tj. mogu se puniti jer imaju akumulator.

Postoji nekoliko tipova baterije, a to su: [6]

- Baterija Nikal kadmij (NiCd),

- Baterija od olova (Pb),
- Litij-ionska baterija (Li-ion) te
- Nikal-metalhidrid baterija (NiMH).

Baterija od Nikal kadmija (Slika 6) proizvodi električnu energiju uslijed reverzibilnih interakcija kadmija (Cd) sa nikel-okid-hidroksidom (NiOOH) te vodom. Slijedom navedenog, dolazi do stvaranja nikel hidroksida Ni(OH)_2 te kadmij hidroksida Cd(OH)_2 , a što dalje rezultira stvaranjem elektromotorne sile. Ove baterije imaju dugi rok trajanja [7]. Također, karakterizira ih visoka struja pražnjenja i temperature u ekstremima. U odnosu na druge baterije, smatraju je jednim od najviše izdržljivijih i njihovo je punjenje poprilično brzo. Smatra se kako je njihova najveća mana sama opasnost i otrov kojeg sadrži kadmij pa se zbog toga ne koristi često, a dio njih je bio povučen iz daljnje prodaje [6].



Slika 6. Prikaz Nikal-kadmij baterije

Izvor: <https://power.bigbadmole.com/hr/akkumulatory/batarei/ni-cd.html> (27.07.2023.)

Baterija od olova (Slika 7) smatra se najstarijim tipom baterije koja se može puniti. Odlikuju je ekonomičnost i robusnost. Međutim, nedostaci su joj niska razina energije te ograničen broj ciklusa pražnjenja i punjenja. Ukoliko se upotrebljavaju u područjima gdje ih velike struje prazne, njihov vijek trajanja značajno opada, kao i na niskim temperaturama. Ne smiju se puniti sa strujom koja je veća od 1/10 kapaciteta. Zbog toga, potrebno je izvjesno vrijeme da se napune. [6]



Slika 7. Olovni akumulator 6 V 7,2Ah

Izvor: <https://www.aerobaterije.hr/index.php/katalog/olovni-agm-akumulatori/fiamm/fiamm-6v-7-2ah-akumulator-detajli> (01.08.2023.)

Litij-ionska baterija (Li-ion), Slika 8, su baterije koje se mogu puniti. Tijekom postupka njihovog pražnjenja litijevi ioni koji se nalaze unutar njih pomiču se od negativne elektrode ka pozitivnoj elektrodi. Tijekom ciklusa punjenja baterije događa se obrnuti postupak. Odlikuju ih značajna gustoća u pogledu snage, dugi vijek trajanja te velik kapacitet. Nedostatak im je poprilično visoka cijena.



Slika 8. Prikaz Litij-ionske baterije

Izvor: <https://svebaterije.com.hr/kategorija-proizvoda/baterije/industrijske-baterije/> (01.08.2023.)

Nikal-metalhidrid baterija (NiMH) pripada kategoriji baterija koje se mogu puniti. One su na bazi nikla. Nikal-metalhidrid baterija koristi se kao supstitucija za Nikal kadmij bateriju i to zbog sadržavanja blago otrovnih metala. Smatra se kako ova baterija može osigurati specifičnu veću energiju. Njezin najveći nedostatak je kratak vijek trajanja, u pravilu od dvije do pet godina. [6]

2.2.2. Električni motor

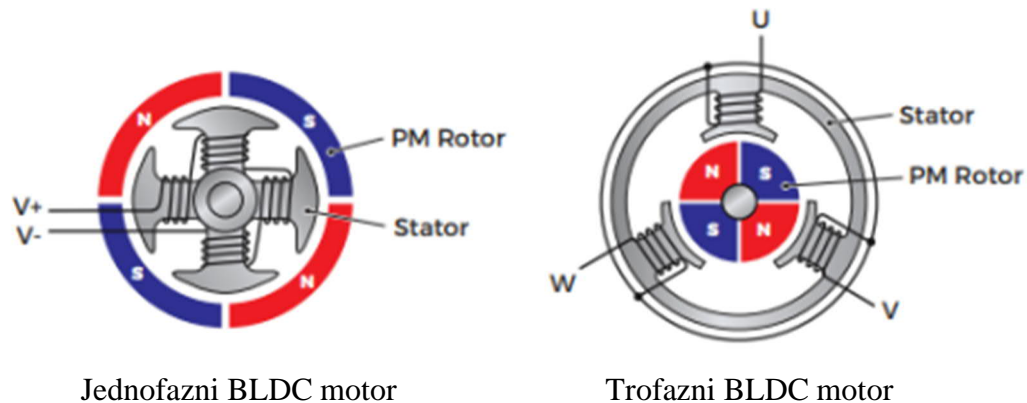
Električni motor smatra se najvažnijom sastavnicom električnog vozila. On se smatra strojem koji vrši pretvorbu električne energije u mehaničku energiju na bazi elektromagnetne indukcije. Motor po svojoj konstrukciji ima ukupno dva namota, a to su rotor i stator. Obzirom na izvor napajanja moguće je električne strojeve podijeliti na sljedeće: [8]

- koračni elektromotor,
- izmjenični motor (engl. Alternating current – AC) te
- istosmjerni motor (engl. Direct current – DC).

Slijedom navedenog, izmjenični motor (AC) ima nekoliko prednosti u odnosu na istosmjerni motor (DC), i to nisku cijenu, jednostavan način održavanja, veću razinu korisnosti djelovanja, manji moment inercije, bržu vrtnju, manju veličinu te manju masu. Ipak, istosmjerni motori (DC) su jeftiniji i jednostavniji za upravljanje.

BLDC (engl. Brushless DC electric motor) je motor koji se najčešće koristi kod pogona za električne automobile. On predstavlja sinkron stroj koji ima rotorski trajni magnet sa statorskim armaturnim namotom. Unutar statorskog armaturnog namota magnetno polje koje se stvara na rotoru te magnetno polje koje se stvara na statoru imaju iste frekvencije i zbog uzbudne struje motor ima konstantan moment. Zatim se struja dovodi na statorske namete te se rotor počinje gibati. Potom se sklopom za upravljanje manipulira pomoću struje koja je dovedena na statorske namote i to iz istosmjernog izvora napajanja putem izmjenjivača. Upravo zbog navedenog do statorskog namota je dovedena izmjenična struja. Dakle, radi se o elektroničkoj komutaciji. BLDC motor se smatra motorom koji ima znatnu efektivnost, tihi rad, niske troškove održavanja, veliki okretni moment te je pouzdan i kompaktan. [8]

Sam dio imena BLDC motora ima riječ "brushless", što znači bez četkica, a što podrazumijeva da tijekom komutacije ne dolazi do korištenja četkica jer je motor komutiran elektronički. Dakle, funkciju kolektora četkica vrši energetski pretvarač koji ima mjerni član položaja rotora. BLDC motor s tri faze radi na principu da su pod naponom dvije faze koje vrše proizvodnju najvećeg okretnog napona, dok je isključena treća faza (Slika 9). Pozicioniranje rotora predstavlja uvjet o tome koje će se dvije faze uključiti. [9]



Slika 9. Jednofazni i trofazni BLDC motor

Izvor: <https://www.diodes.com/assets/Uploads/AN1164-BLDC-Motors.pdf> (02.08.2023.)

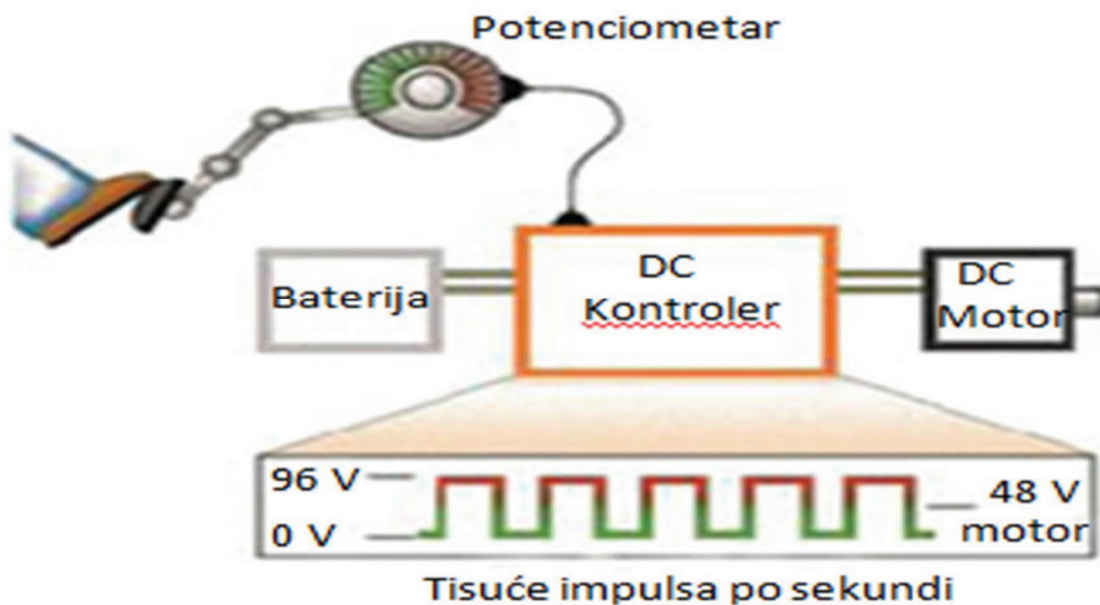
Motor s jednom fazom sadrži jedan namot statora. On je namotan u smjeru kojeg ima kazaljka na satu ali može biti namotan i u suprotnom smjeru uzduž svakog statorovog koraka kako bi se proizvela četiri magnetna polja. Motor BLDC s tri faze sadrži ukupno tri namota. Kako bi se rotor mogao okretati, svaka se faza uzastopno uključuje. [10]

Smatra se kako je sustav baterija jedna od najskupljih komponenti pojedinog električnog vozila upravo zbog činjenice kako materijali na tržištu imaju visoku cijenu. Takve visoke cijene predstavljaju prepreku za razvoj i širenje upotrebe električnih vozila diljem svijeta. Primjerice, prosječne cijene za zamjenske baterije na električnim vozilima su sljedeće: [11]

- zamjenska baterija za Nissan Leaf – 9.400,00 €
- zamjenska baterija za Teslu Model 3 – 14.600,00 €
- zamjenska baterija za Mercedes EQA – 13.700,00 €
- zamjenska baterija za Renault Zoe – 8.200,00 €

2.2.3. Kontroler motora

Kontroler motora, tj. njegov upravljač, smatra se iznimno slojevitim sklopom koji se može shvatiti kao funkcionalna cjelina zajedno sa elektromotorom. Čest je slučaj da je cjelokupan upravljač veći od elektromotora kojim on upravlja. Kontroler motora vrši upravljanje rada motora (Slika 10). Obzirom na njegovu funkciju, moguće ga je komparirati sa rasplinjačem koji se koristio kod starijih inačica motora na benzin ili kod dizelskih motora sa visokotlačnom pumpom. S obzirom na pritisak koji se daje na kočnicu ili papučicu gasa, upravljač osigurava da motor dobiva potrebnu struju ili se tijekom regenerativnog kočenja upotrebljava kao generator. U nastavku rada prikazan je način principa rada kontrolera motora unutar električnog automobila. [12]



Slika 10. Prikaz principa rada kontrolera motora unutar električnog automobila

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/216962> (02.08.2023.)

2.2.4. Ostale sastavnice električnih vozila

Preostali dijelovi pojedinog električnog vozila su sljedeći:

- sklopnik,
- analogno-digitalan pretvornik signala od papučice gasa,
- istosmjerni pretvarač napona,
- prekidač ili osigurač,
- punjač baterije te

- mjerni instrumenti koji služe za upravljanje vozilom.

Sklopnik vrši povezivanje, uključivanje te isključivanje struje unutar električnih krugova te uređajima prilikom uobičajenih uvjeta i tijekom električnih opterećenja. Analogno-digitalan pretvornik signala od papučice gasa smatra se sučeljem između digitalnih sustava i analognih sustava. On vrši pretvorbu analognog ulaznog signala u digitalan izlazni signal. Istosmjerni pretvarač napona koristi se za pogon ugradbenih trošila na električnom vozilu s naponskom razinom 12 V. Ovdje se ubrajaju brisači, zvučni signali, pokazivači smjera, svjetla i dr. Prekidač ili osigurač koristi se za napajanje električnih trošila unutar automobila. U situaciji kada nastane neka neispravnost ili preveliko opterećenje strujnog kruga dolazi do rastaljenja osigurača te otvaranja strujnog kruga kako nastavna opterećenja ne bi počinila štetu strujnom krugu te uzrokovala požar. Pod mjernim instrumentima koji služe za upravljanje vozilom ubrajamo pokazivače snage, napona, brzine, struje te vijeka baterije.

Osim navedenog, pojedino električno vozilo može imati i druge dijelove kao što su:

- kablovi za pogonski napon,
- kablovi za pomoćni napon 12 V,
- baterije za pomoćni napon 12 V,
- sklopku za ključ,
- kabelaške priključke,
- prekidač za inerciju,
- prekidač za hitno isključenje,
- upravljački sistem za bateriju,
- upravljački sistem za električno vozilo te
- otpornik uslijed previše brzog pražnjenja baterije za pogon.

3. VRSTE HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA

Sukladno njihovim obilježjima, hibridna i električna vozila mogu se podijeliti na:

- plug-in hibridne automobile,
- hibridne automobile,
- smart hibridno vozilo,
- električni automobil te
- električni automobil koji ima pogon na gorive ćelije.

3.1. PLUG-IN HIBRIDNO ELEKTRIČNO VOZILO

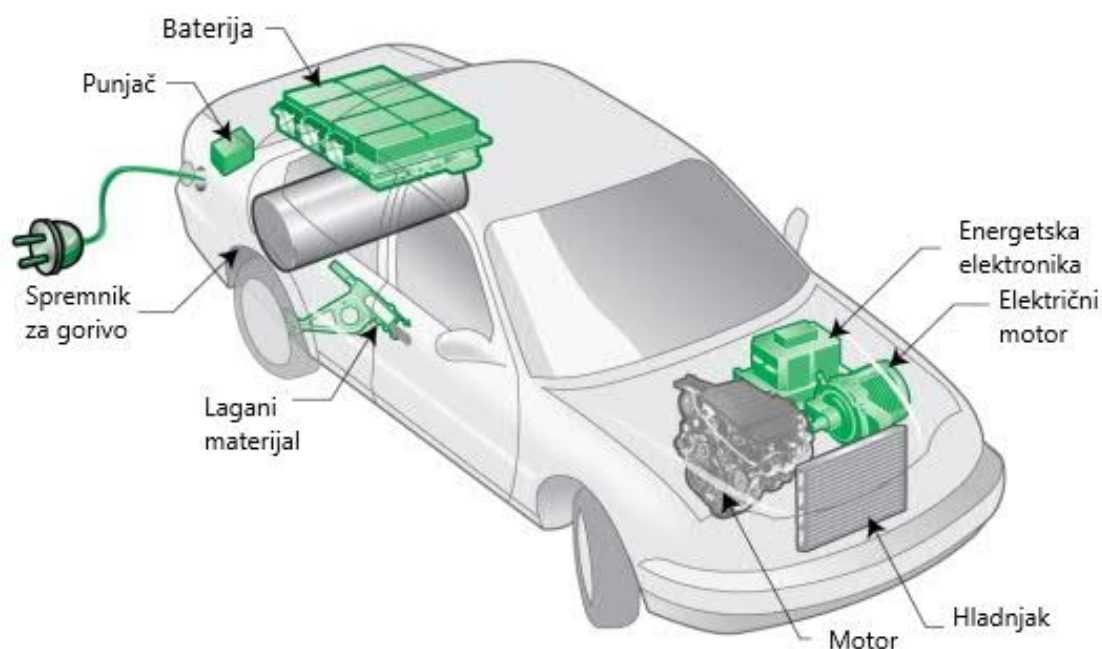
Plug-in hibridno električno vozilo (engl. Plug-in hybrid electric vehicle – PHEV) upotrebljava baterije kako bi napajao elektromotor, ali i neko drugo gorivo kao što je dizel ili benzin kako bi se napajao motor koji ima unutarnje izgaranje ili neki drugi izvor pogona. Ova vozila vlastite baterije pune uz pomoć opreme za punjenje i putem regenerativnog kočenja. Korištenjem električne energije cijelo vrijeme ili tijekom određenog vremena rezultira smanjenjem operativnih troškova te manjom potrošnjom goriva ukoliko se radi usporedba sa stereotipnim vozilom. Zanimljivo je istaknuti kako plug-in hibridna električna vozila proizvode niske razine emisija plinova, a koje je ovisno o izvoru električne energije i količini vremena u kojem vozilo radi u potpuno električnom modusu rada. [13]

Nadalje, plug-in hibridna električna vozila imaju motor koji ima unutarnje izgaranje te električni motor koji upotrebljava energiju koja je pohranjena u bateriji. Oni uobičajeno posjeduju veće pakete baterija u odnosu na hibridna električna vozila. Zbog toga imaju mogućnost vožnje na umjerenim udaljenostima korištenjem isključivo električne energije. Aktualni modeli imaju domet od 30 do 100+ kilometara. Navedeno je poznato pod nazivom „električni domet“.

Za vrijeme gradske vožnje, određena količina snage plug-in hibridnog električnog vozila dolazi iz električne energije koja je pohranjena. Primjerice, moguće je da pojedina osoba koja posjeduje plug-in hibridno električno vozilo na posao i s posla se vozi na električnu energiju, zatim tijekom noći vozilo priključi na napajanje te se puni, a da električni pogon bude pripremljen za putovanje na posao drugi dan. Motor koji ima unutarnje izgaranje vozilo

će pokrenuti onda kada mu je prazna baterija, kada naglo ubrzava ili za vrijeme jakih opterećenja ili rada klime. [13]

Baterije plug-in hibridnih električnih vozila moguće je puniti putem vanjskog izvora električne energije, putem regenerativnog kočenja ili putem motora koji ima unutarnje izgaranje. Za vrijeme kočenja elektromotor ima djelovanje generatora jer koristi tu energiju da bi napunio bateriju, čime dolazi do vraćanja izgubljene energije. Isto je i kod hibridnih električnih vozila. Količina potrošenog goriva kod plug-in hibridnog električnog vozila ovisna je o udaljenosti koja je prijeđena između punjenja. Primjerice, ukoliko se vozilo ne priključi zbog punjenja njegova potrošnja goriva biti će jednaka kao i kod hibridnih električnih vozila. Ukoliko se pojedino vozilo vozi na kraćoj udaljenosti od njegovog kompletnog električnog dometa te ne između dva putovanja priključi puni, velika je vjerojatnost da će za vožnju koristiti isključivo električnu energiju. Redovno punjenje vozila osigurava maksimum prednosti u električnom pogledu. Na Slici 11 prikazane su sastavnice plug-in hibridnog električnog vozila.



Slika 11. Prikaz sastavnica plug-in hibridnog električnog vozila

Izvor: <https://pluginhybridreviews.wordpress.com/plugin-hybrids/> (01.08.2023.)

Postoji niz načina, osim snage motora te pohranjivanja baterije, na koje je moguće kombinirati snagu iz motora koji ima unutarnje izgaranje i elektromotora. Slijedom

navedenog, postoje dvije osnovne konfiguracije, a to su paralelna konfiguracija i serijska konfiguracija. Pojedina plug-in hibridna električna vozila upotrebljavaju prijenose unutar kojih je moguće raditi u serijskim i paralelnim konfiguracijama, i to na način da se na bazi profila nečije vožnje vrši prebacivanje. [13]

Paralelan hibridan rad korišten je od strane motora koji ima unutarnje izgaranje te elektromotora kako bi se pomoću mehaničke spojke moglo upravljati sa kotačima. Motor koji ima unutarnje izgaranje te elektromotor pomoću izgaranja mogu na direktan način pokrenuti kotače vozila. [14]

Plug-in serijski hibridi za pogon kotača isključivo upotrebljavaju električni motor, dok se motor koji ima unutarnje izgaranje upotrebljava kako bi proizvela električna energija za elektromotor. Ovakva se vozila smatraju električnim vozilima koja imaju produžen domet. Cijelo vrijeme elektromotor pokreće kotače, no ipak se pojedino vozilo može premjestiti na rad kao paralelan hibrid tijekom vožnje autocestom jer se tada baterija znatno prazni.

Kada je riječ o punjenju plug-in hibridnog električnog vozila on se primarno putem konektora spaja na izvor električne energije. Zatim se ta električna energija sprema u bateriju dok se ona ne napuni do njezinog maksimuma kapaciteta. Dok se baterija ne isprazni, pojedino plug-in hibridno električno vozilo voziti će se koristeći električni izvor napajanja. [14]

3.2. HIBRIDNI AUTOMOBILI

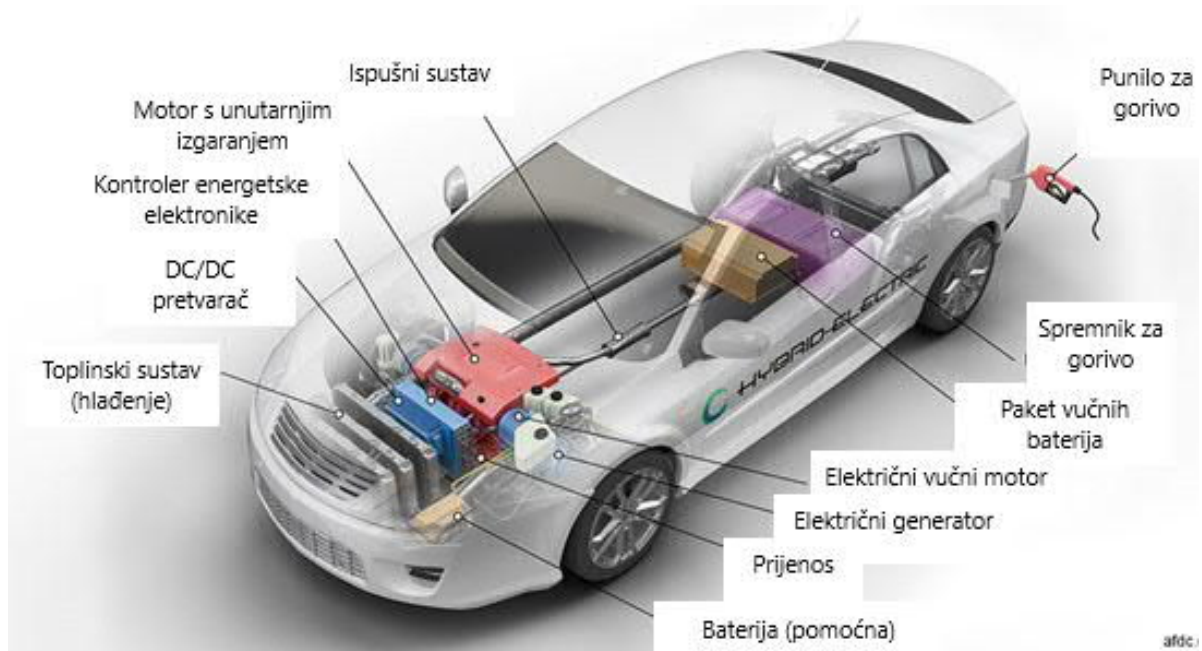
Hibridna električna vozila (engl. Hybrid Electric vehicle – HEV) pokreću motor koji ima unutarnje izgaranje kombinirajući ga sa više ili samo s jednim elektromotorom koji upotrebljava energiju koja se nalazi u baterijama. Za hibridna električna vozila karakteristično je znatna ušteda goriva te malena emisija štetnih plinova iz ispušnih cijevi vozila. Ipak, ova vozila posjeduju domet i snagu kao konvencionalna vozila.

U novije vrijeme veliki broj proizvođača automobila proizvodi svakojake inačice hibridnih vozila. Unatoč činjenici kako su hibridna vozila u pravilu skuplja od uobičajenih vozila, takvi se troškovi nadoknađuju štednjom goriva ili korištenjem poticaja koje daje država za kupnju hibridnog vozila. [15]

Hibridno električno vozilo nije moguće priključiti na vanjski izvor električne energije kako bi se napunila baterija. Naime, one se puni putem regenerativnog kočenja i putem motora koji ima unutarnje izgaranje. Dakle, vozilo će dohvatiti onu energiju koja bi se inače izgubila u postupku kočenja na način da upotrebljava elektromotor i generator kako bi energiju koju je uhvatio pohranio u bateriju. [16]

Razlikuju se potpuni hibridi i blagi hibridi. Za potpune hibride karakteristična je veća baterija te jači elektromotor. Oni pokreću pojedino vozilo na manjim udaljenostima i malenim brzinama. U odnosu na blage hibride, njihova je cijena veća, no oni u pogledu potrošnje goriva ekonomičniji.

Blagi hibridi poznati su i pod nazivom mikrohibridi. Ova vozila upotrebljavaju električni motor kako bi vozilo napajalo. Također, oni imaju mogućnost da se vozilo ugasi jednom kada se zaustavi, primjerice u sporom tijeku prometa gdje se stalno zaustavlja ili na semaforu. Ovakva vrsta hibrida ima u pravilu manju cijenu od potpunog hibrida te su manje ekonomični u pogledu potrošnje goriva.



Slika 12. Prikaz komponenti hibridnog električnog vozila

Izvor: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> (02.08.2023.)

Na Slici 12 prikazane su komponente hibridnog električnog vozila. Vidljivo je kako se na prednjem dijelu automobila nalaze komponente koje se koriste kako se vozilo pokrenulo.

Također, ondje se nalaze i sva električna trošila vozila. Na stražnjoj strani automobila nalazi se njegov spremnik za gorivo te baterija.

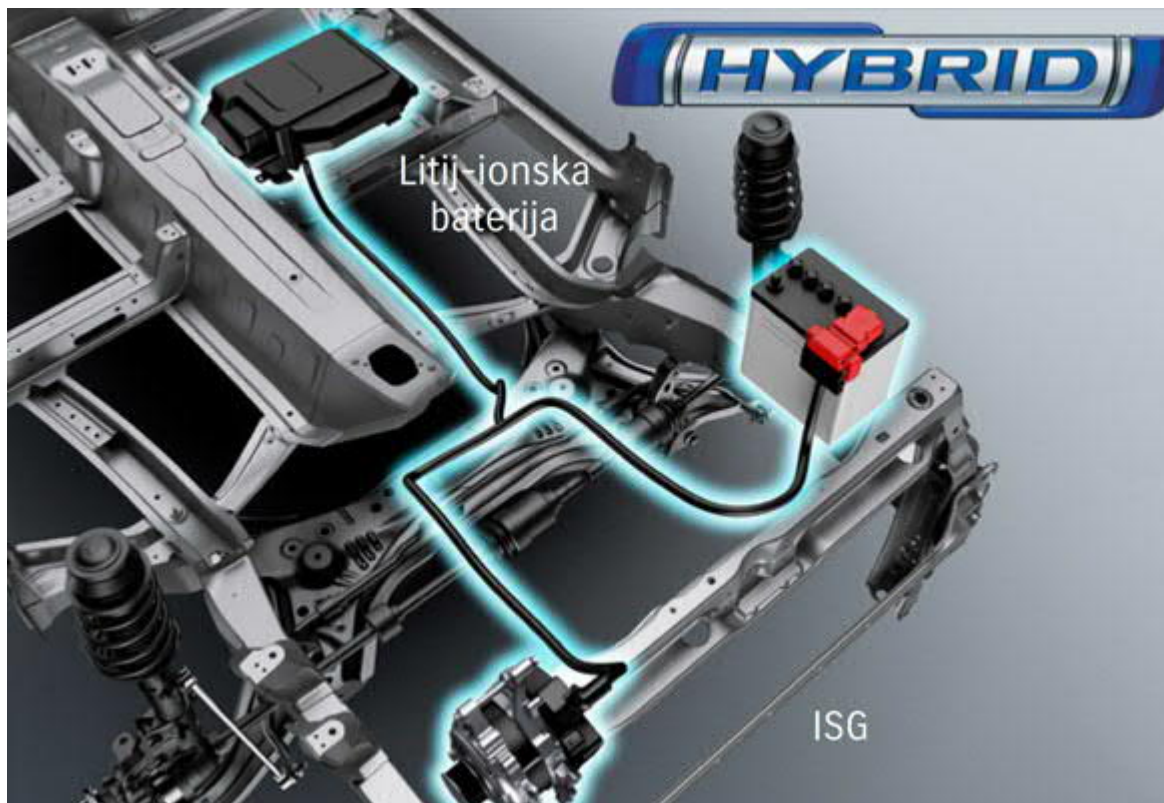
3.3. SMART HIBRIDNO VOZILO

Tvrtka Suzuki je proizvela smart hibridno vozilo (engl. Smart Hybrid Vehicle by Suzuki – SHVS). Ovaj korak u tehnologiji električnih vozila sada je implementiran u gotovo sve Suzuki modele. Tijekom 2016. godini Suzuki Baleno prvi je demonstrirao ovu tehnologiju. Riječ je o blagom hibridnom sustavu koji pomno prati potrošnju goriva pojedinog automobila te koristi snagu. Suzuki smart hibridno vozilo odlikuje boljom kilometražom te dodatnom snagom u trenucima kada je ona potrebna a da se motor ne opterećuje. Dakle, ovi modeli vozila smatraju su isplativim i učinkovitim glede potrošnje goriva. [17]

Navedeni sustav predstavlja inovaciju jer radi na bazi pretvorbe kinetičke energije koja nastaje tijekom usporavanja ili kočenja vozila u električnu energiju. Takva energija se potom sprema u specijalnu bateriju koja se upotrebljava kako bi se poboljšala cjelokupna efektivnost Suzuki smart hibridnih vozila. Spomenuta baterija je litij-ionske vrste, a smještena je ispod sjedala vozača. Ukoliko je kompaktne veličina odlikuje izvrsnim performansama. [18]

Potom se energija koja je skupljena upotrebljava na ukupno dva načina, a sve kako bi se ostvario boljitak u pogledu učinkovitosti Suzuki smart hibridnog vozila. Primarno je to putem predaje energije integriranom starter generatoru (engl. Integrated Starter Generator – ISG). Integrirani starter generator zauzeo je mjesto uobičajenog alternatora te se smatra generatorom koji ima funkciju motora. Smatra se kako je efektivnost njegovog generiranja veća u odnosu na efektivnost alternatora. Integrirani starter generator daje dodatni oblik potpore motoru tijekom ubrzavanja na uzbrdicama. Hibridni sistem će uz pomoću pojačanog ubrzanja uključiti funkciju start/stop. Funkcija start/stop kada vozilo miruje isključuje motor. Time dolazi do smanjenja potrošnje goriva te smanjenja emisija ispušnih plinova kada je gust promet. Ponovno pokretanje motora uz integriran starter generator je mnogo tiše u odnosu na konvencionalne start/stop sisteme. Suzuki smart hibridno vozilo pomaže start/stop sistemu na način da električni asistira motor na benzin tijekom početnog ubrzavanja slijedom čega se smanjuje preopterećenje motora te se poboljšava cjelokupna efektivnost motora.

Slika 13 prikazuje SHVS sustav. Njegov princip rada naglašava kako baterija uz pomoć njezine pohranjene električne energije pomaže motoru u momentu kada on ubrzava. Time dolazi do povećanja razine ekonomičnosti glede trošenja goriva te se cjelokupan rad motora poboljšava.



Slika 13. Prikaz SHVS sustava

Izvor: <https://www.suzuki.hr/automobili/s-cross/blagi-hibridni-sustav-shvs/> (31.08.2023.)

3.4. ELEKTRIČNI AUTOMOBIL

Električni automobili (engl. Electric Vehicle – EV), su 100%-ni električni automobili koji se također nazivaju baterijskim električni vozilima (engl. Battery Electric Vehicle – BEV). Ova vozila koriste se baterijom kako bi pohranili električnu energiju koja zatim pokreće motor vozila. Spajanjem vozila na vanjski izvor električne energije vrši se punjenje baterije. Unatoč činjenici što tijekom proizvodnje električne energije dolazi do zagađenja zraka, Agencija za zaštitu okoliša Sjedinjenih Američkih Država (engl. United States Environmental Protection Agency – EPA) navodi kako su električna vozila ona koja imaju nultu emisiju plinova jer kao takvi nisu izravni proizvođači ispušnih plinova. [19]

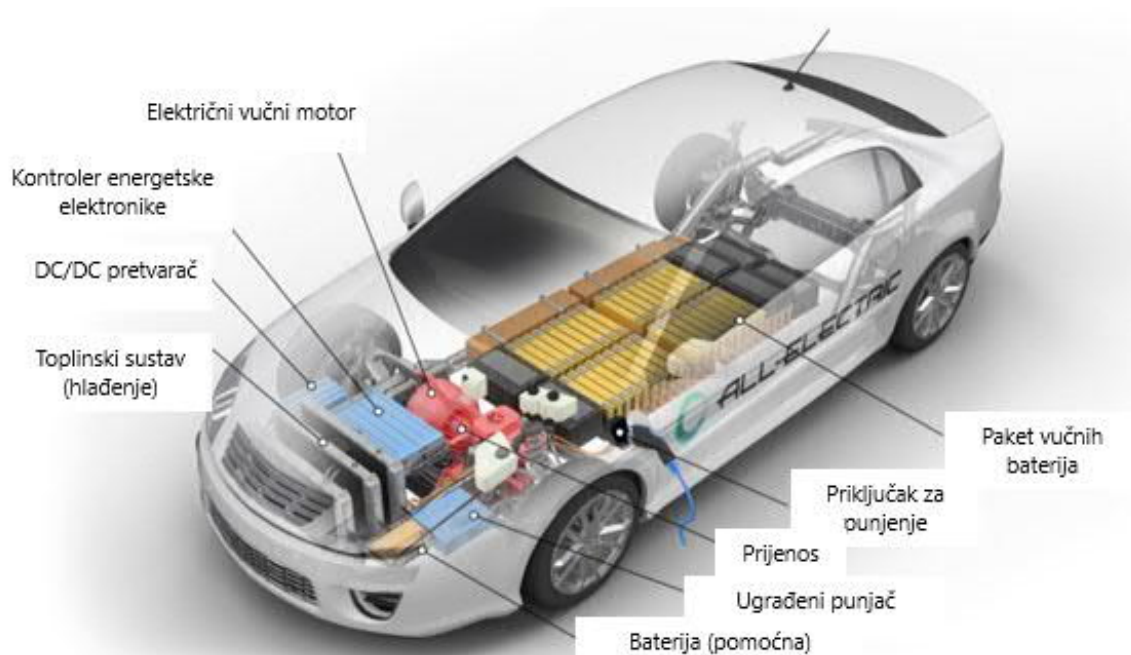
Za komercijalnu upotrebu postoje teška električna vozila i laka električna vozila. Smatra se kako su u pravilu baterijska električna vozila skuplja u odnosu na hibridna vozila ili komercijalna vozila. Ipak, putem uštede goriva, manjih davanja na tehničkim pregledima te državnih poticaja smanjuju se troškovi.

Moderni 100%-ni električni automobili imaju kratak domet jednog punjenja u odnosu na vozila koja pokreće pogon na plin. Ipak, sve više modela električnih automobila se proizvodi, dok se oprema za punjenje značajno razvija. Stoga, navedeni jaz se postepeno smanjuje. Ovisno o uvjetima vožnje razlikuje se domet i efektivnost baterijskih električnih vozila.

Domet će smanjiti ekstremne vanjske temperature jer je potrebno utrošiti više energije kako bi se hladila ili grijala kabina vozila. Nadalje, smatra se kako su električni automobili efektivniji u vožnji gradom nego u vožnji autocestom. Naime, tijekom gradske vožnje česta su zaustavljanja a što ide u prilog regenerativnom kočenju. Suprotno tome, tijekom vožnje autocestom potrebna je veća količina električne energije kako bi se prevagnuo povećani otpor tijekom velikih brzina. Usporedno sa postepenim načinom ubrzavanja, brzi način ubrzavanja će smanjiti domet. Vožnja uzbrdicama ili vuča nekog tereta također smanjuju domet. [19]

Tesla Motors iz Kalifornije je tijekom 2004. godine započeo proizvodnju električnih automobila izradivši Teslu Roadstera. Prva isporuka kupcima bila je 2008. godine. Tesla Roadster smatra se prvim električnim automobilom serijske proizvodnje za autoceste. Sadržavao je litij-ionsku bateriju. Prvi je to električni automobil koji je s jednim punjenjem prešao više od 320 kilometara. U periodu od 2008. do konca 2012. godine ukupno 2450 primjeraka Tesla Roadstera je prodano u više od 30 država. [20]

Velika većina električnih automobila imaju litij-ionske punjive baterije za pokretače. Takve baterije su kompaktne i imaju nisku gustoću energije. Njih je moguće puniti koristeći vanjski izvor električne energije poput standardne utičnice koja ima 120 V. Tijekom punjenja punjač će preuzeti izmjeničnu struju koja dolazi te ju pretvoriti u istosmjernu struju da bi se glavna baterija mogla napuniti. Isporučenu snagu će električni vučni motor kako bi pokrenuo kotače. Ovakav postupak podrazumijeva niz sofisticiranih elektroničkih komponenti. Na Slici 14 prikazane su osnovne sastavnice 100%-og električnog vozila.



Slika 14. Prikaz sastavnica 100%-og električnog automobila

Izvor: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work> (02.08.2023.)

Postoji nekoliko važnih komponenti pojedinog električnog automobila, a to su: [20]

- ugrađeni punjač u automobilu,
- električni motor,
- priključak koji služi za punjenje i
- baterija.

Ugrađeni punjač u automobilu vrši pretvorbu izmjenične struje (engl. Alternating voltage – AC) u istosmjernu struju (engl. Direct current – DC) u cilju da se baterija napuni. Unutar električnog motora napajanje se vrši putem baterije koja tijekom cijele vožnje pokreće motor. Putem priključka koji služi za punjenje automobil se spaja na vanjski izvor napajanja. Baterija se u pravilu nalazi ispod sjedala u cilju što boljeg rasporeda težine te se ona koristi za napajanje električnog motora.

3.5. ELEKTRIČNI AUTOMOBIL KOJI IMA POGON NA GORIVE ĆELIJE

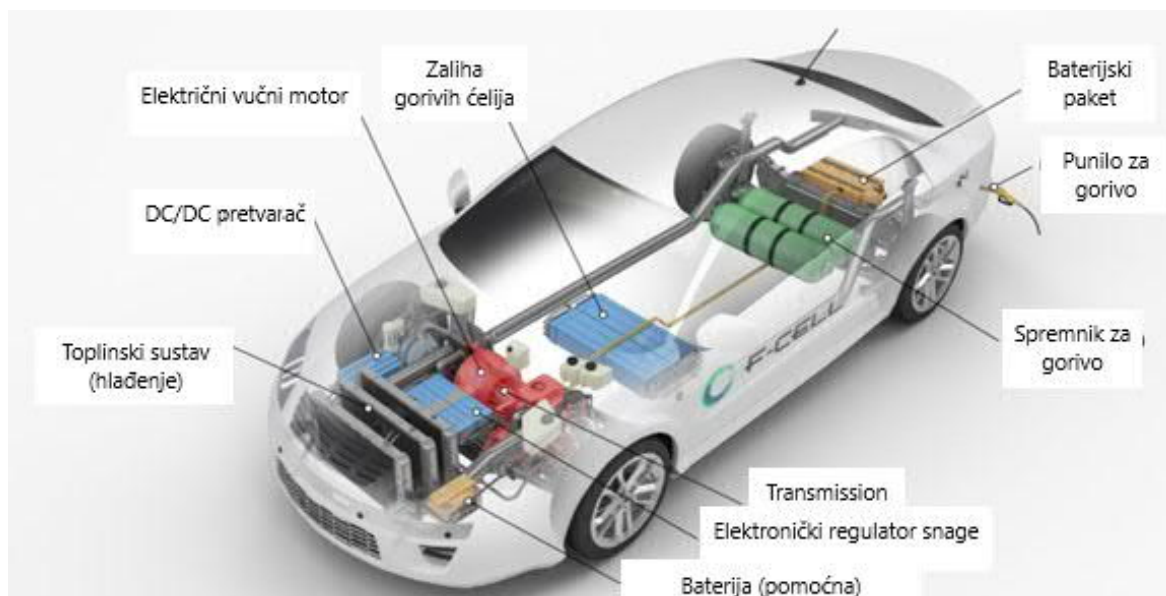
Električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije (engl. Fuel Cell Electric Vehicles – FCEV) pokreću se korištenjem vodika. Smatraju se efektivnijim od klasičnih vozila koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem te ne stvaraju ispušne plinove. Ova vozila ispuštaju

topli zrak te vodenu paru. Međutim, infrastruktura vodika i električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije i dalje su u poprilično ranoj fazi njihovog implementiranja.

Ministarstva u Sjedinjenim Američkim Državama provode različita istraživanja i analize ne bi li učinila vozila koja imaju pogon na vodik što više dostupnima, prihvatljiva u ekološkom kontekstu te sigurna u pogledu prijevoza. Zakon o energetskej politici iz 1992. godine vodik svrstava u alternativna goriva. Kao takav, u pogledu vozila na alternativna goriva u Sjedinjenim Američkim Državama vodik su klasificirali kao poreznu olakšicu.

Električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije upotrebljavaju sistem koji je po svojim obilježjima sličan sistemu kojeg koriste električna vozila. Slijedom navedenog, energija koja se pohranjuje kao vodik se zatim pretvara pomoću gorivih ćelija u električnu energiju. U odnosu na klasičan motor koji ima unutarnje izgaranje ova vrsta vozila ne stvara štetne emisije plinova iz svojih ispuha. Od drugih prednosti može se navesti povećanje državne energetske otpornosti putem različitosti te jačanje sfere gospodarstva. [21]

Ove automobile pokreće čisto vodikov plin koji je pohranjen unutar spremnika koji se nalazi u vozilu. Gorivo se može napuniti u manje od četiri minute te je njegov domet 500 kilometara i više. Ovdje se očituje sličnost sa vozilima koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem. Električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije sadrže niz naprednih tehnologija koje služe za povećanje efektivnosti. Jedna od tih tehnologija je svakako sistem regenerativnog kočenja unutar kojeg se zaprima energija koja se gubi tijekom postupka kočenja te se ona pohranjuje u bateriju vozila. Na različitim tržištima se nalazi u ponudi ograničen broj električnih automobila s pogonom na gorive ćelije. Ono je ovisno o dostupnosti razvojne infrastrukture. Na Slici 15 prikazane su sastavnice električnih automobila koji imaju pogon na gorive ćelije. [22]

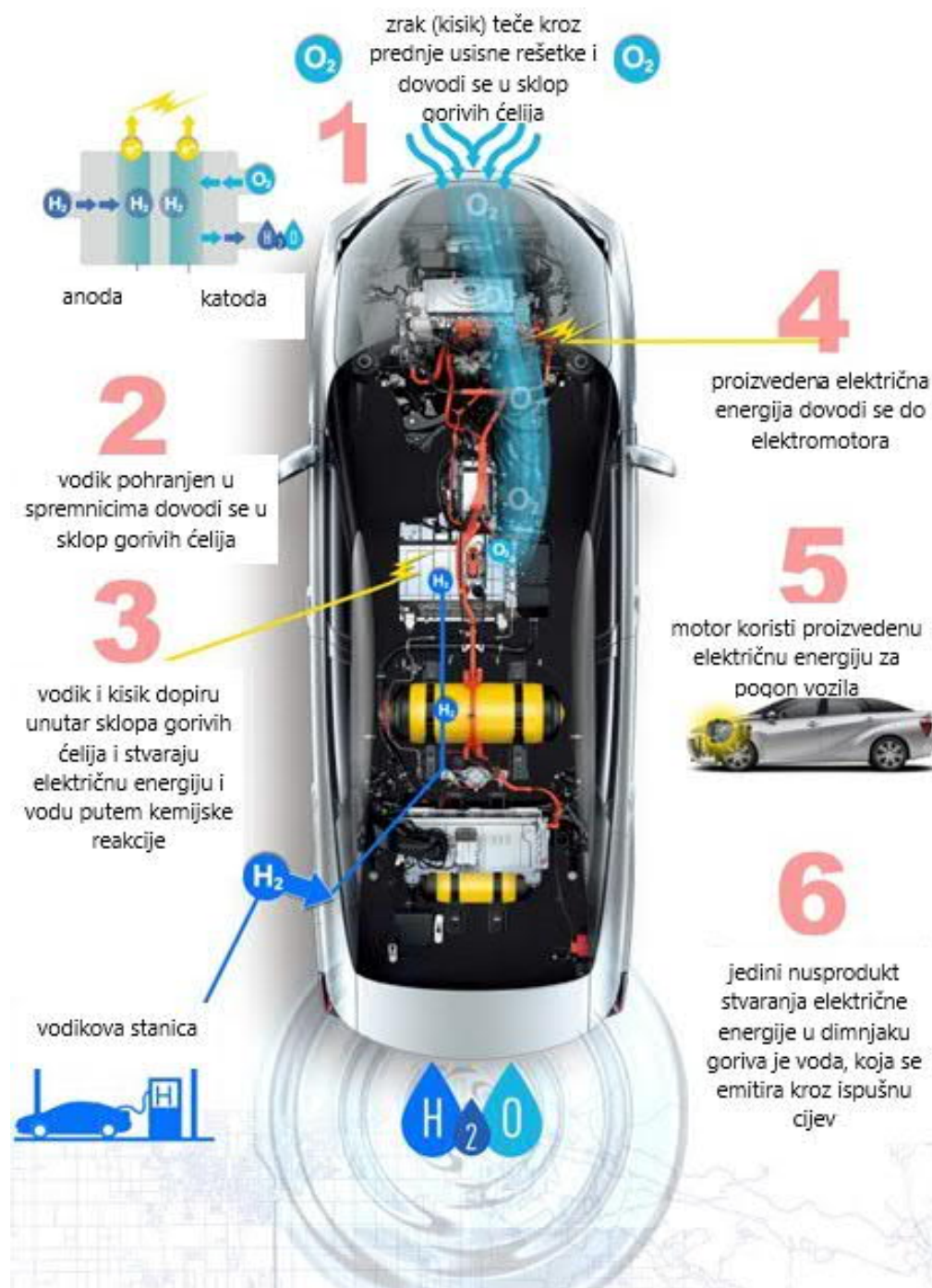


Slika 15. Sastavnice električnih automobila koji imaju pogon na gorive ćelije

Izvor: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work> (01.08.2023.)

Na slici 15 vidljivo je kako se baterija ovog vozila nalazi između ukupno dva spremnika vodika te se povezuje putem spremišta gorivih ćelija sa elektromotorom. Sistem električnog automobila koji ima pogon na gorive ćelije generirati će električnu energiju putem kemijske reakcije u kojoj se zrak i vodik spajaju u vodu. [23]

Smatra se kako je najčešće zastupljen tip gorivih ćelija unutar ovih vozila ćelija koja ima polimernu elektrolitsku membranu – PEM (engl. polymer electrolyte membrane) i PEMFC (engl. Proton exchange membrane fuel cell). Unutar takve ćelije elektrolitska membrana se nalazi stisnuta između negativne elektrode (anode) i pozitivne elektrode (katode). Na negativnu elektrodu će se dovesti vodik, a na pozitivnu elektrodu kisik. Potom će se molekule vodika raspasti na elektrone i protone uslijed elektrokemijske reakcije unutar katalizatora gorive ćelije. Zatim će se protoni putovati kroz membranu sve do katode. Potrebno je navesti kako su elektroni prisiljeni da putuju vanjskim krugom da izvrše rad, a pod radom se podrazumijeva davanje snage električnom vozilu. Potom se s protonima ponovno kombinira na strani katode kamo se molekule kisika, elektroni te protoni spajaju u vodu. Slika 16 prikazuje prethodno navedeno.



Slika 16. Prikaz kako vodikova goriva ćelija proizvodi električnu energiju

Izvor: <https://mag.toyota.co.uk/how-does-toyotas-fuel-cell-vehicle-work/> (30.07.2023.)

Na Slici 17 prikazana je 2021 Toyota Mirai, Toyotino prvo masovno proizvedeno vozilo s gorivim ćelijama, najbliže ultimativnom eko-automobilu te vitalan korak u rješavanju energetskega zahtjeva i problema s emisijama koji dolaze s tradicionalnim vozilima na benzin i dizel. [24]



Slika 17. 2021 Toyota Mirai

Izvor: <https://www.toyota.co.nz/electrification/fuel-cell-electric-vehicles/> (30.07.2023.)

Utjecaj električnih automobila koji imaju pogon na gorive ćelije prvenstveno je ovisan o energiji koja proizvodi vodik. Naime, električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije biti će benigni ukoliko se proizvodnja vodika vrši putem obnovljivih izvora energije. Tada će oni biti efektivniji od konvencionalnih vozila.

Ipak, električnih automobila koji imaju pogon na gorive ćelije manje su efektivni u odnosu na električna vozila na bateriju jer takva vozila u lancu pretvorbe troše manje energije. Smatra se kako električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije troše oko 2.4 puta više energije nego što to čini električni automobil na baterije. Naime, skladištenje vodika i elektroliza su daleko manje efektivne od upotrebe električne energije za izravan način punjenja baterije. [25]

Tijekom 2021. godine ukupno 67,2% nafte u Sjedinjenim Američkim Državama potrošeno je od strane motornih vozila. Navedena vozila su također proizvela više od 60% ugljičnog monoksida te su odgovorna za stvaranje više od 20% emisija stakleničkih plinova. Ipak, na proizvodnju vodika koji bi se koristio za proizvodnju benzina u Sjedinjenim Američkim Državama potpada oko 10% emisije stakleničkih plinova. Slijedom navedenog, iznosi se

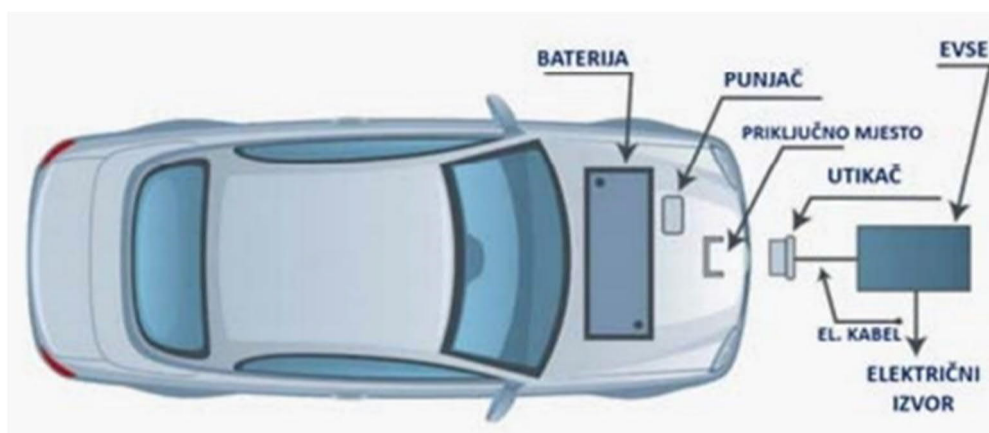
zaključak kako vozilo koje ima pogon na čist vodik nije izravan zagađivač okoliša jer on proizvodi toplinu i vodu. Ipak, valja napomenuti kako će se pozitivni efekt na okoliš ostvariti jedinu u slučaju kada se proizvodnja vodika odvija iz izvora energije koji su obnovljivi. [25]

4. POSTUPAK PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA

Električna vozila upotrebljavaju pogon na električnu energiju. Obzirom na činjenicu da baterija unutar pojedinog vozila odlikuje ograničenim kapacitetom pohrane energije, potrebno je povremeno vozilu puniti koristeći se vanjskim izvorom električne energija. Sastavnice sistema za napajanje električnog automobila su sljedeće: [26]

- priključak za vozilo,
- električni izvor,
- baterije,
- punjač i
- mjesto za priključak.

Priključak za vozilo ima svrhu da automobil spoji sa opremom koja vrši napajanje. U današnje vrijeme ne postoji standardan priključak jer proizvođači automobila koriste vlastite priključke. Električni izvor putem kojeg će se dobiti električna energija može biti kućni ili javni izvor. Baterije imaju funkciju osiguranja i pohranjivanja energije koja je potrebna da se električni automobil pokrene. Punjač je uređaj koji će pretvoriti izmjeničnu struju (AC) u istosmjernu struju (DC). Kada se istosmjerna struja izravno prenosi u bateriju tada punjač nije potreban. Međutim, tada on ima zadatak da prati postupak punjenja. Mjesto za priključak je dio električnog vozila gdje se spaja priključak. Većina električnih vozila ima lokaciju priključnog spremnika ondje gdje se na običnom automobilu nalazi spremnik za gorivo. Slika 18 prikazuje sustav punjenja električnog automobila.



Slika 18. Prikaz sistema punjenja električnog automobila

Izvor: Ćurković, T., Fabijanić, T. et. al., 2017., Elektromobilnost – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta „Learning E-Mobility“, Škola za cestovni promet, Zagreb

4.1. NAČIN PUNJENJA I KONEKTORI

Postoje ukupni tri različita načina na koje se mogu puniti električni automobili, a koju su sljedeći:

- Level 1 punjenje,
- Level 2 punjenje i
- DC brzi način punjenja.

Level 1 punjenje predstavlja metodu punjenja koja je najsporija. Ipak, ona se smatra dovoljno brzom za one vozače koji svoje vozilo pune tijekom noći i dnevno putuju između 40 do 60 kilometara. Svaki električni automobil ima takav kabel. Njega je moguće priključiti u zidnu utičnicu te nije potrebna ugradnja dodatne opreme. Level 1 punjenje moguće je provoditi kod kuće ili na bilo kojoj lokaciji koja ima utičnicu te ukoliko vozač ima dovoljno vremena da napuni svoje vozilo.

Smatra se kako je ovakav način punjenja idealan za plug-in hibridna vozila zbog njihovih manjih baterija. Ipak, ono također može biti dovoljno i za kompletne električne automobile iako ovisi o raspoloživom vremenu i dometu. Procjenjuje se da jedan sat punjenja na Level 1 punjaču dodaje oko 5 do 10 kilometara dometa automobilu [27]. Slika 19 prikazuje Level 1 punjač.

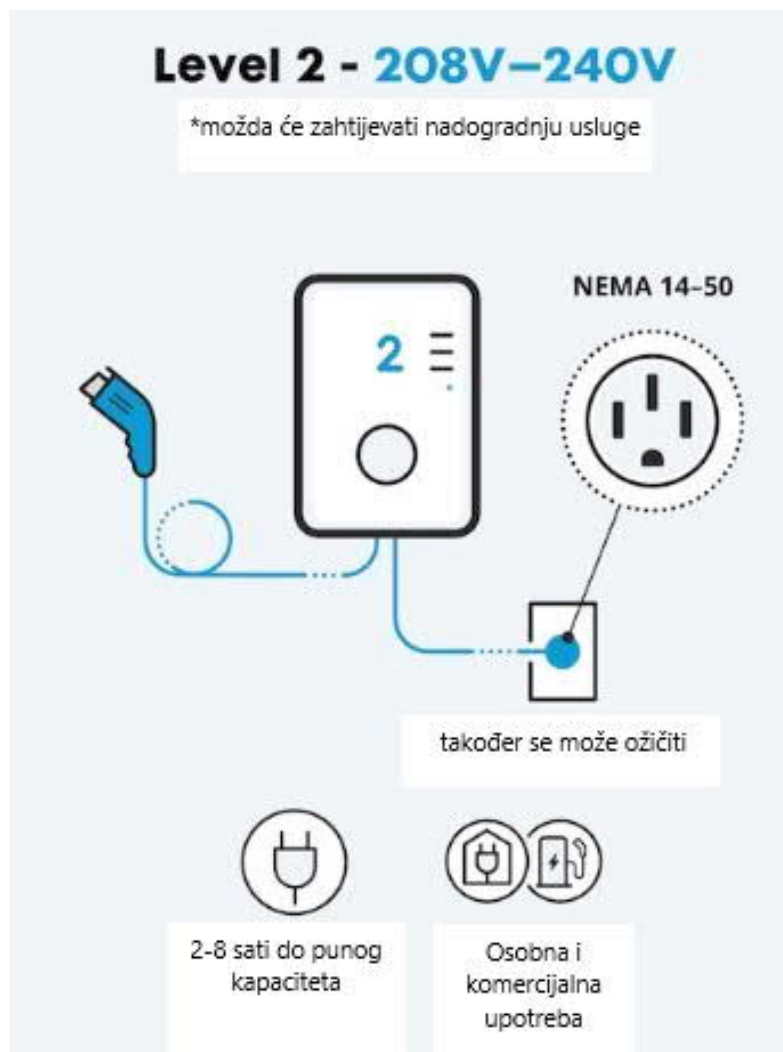


Slika 19. Prikaz Level 1 punjača

Izvor: <https://pennaelectric.com/level-1-vs-level-2-ev-charger/> (01.08.2023.)

Level 2 punjenje je daleko brži modus za punjenje električnog vozila. Međutim, ono podrazumijeva ugrađivanje stanice za punjenje vozila. Takva stanica naziva se EVSE (engl. Electric Vehicle Supply Equipment). Za ugrađivanje električne stanice za punjenje vozila potreban je električni krug od 206 volti ili 240 volti. Postoji niz Level 2 javnih punionica na kojima se može vršiti punjenje električnog vozila.

Valja napomenuti da se kao i kod Level 2 punjenja upotrebljava standardan priključak. Navedeno podrazumijeva da svako električno vozilo ima mogućnost priključka na Level 2 punjenje. Procjenjuje se da jedan sat punjenja na Level 2 punjaču dodaje oko 20 do 50 kilometara dometu automobilu, iako ono ovisi o konfiguraciji punjača, tipu baterije te kapacitetu kruga [28]. Slika 20 prikazuje Level 2 punjač.



Slika 20. Prikaz Level 2 punjača

Izvor: <https://pennaelectric.com/level-1-vs-level-2-ev-charger/> (01.08.2023.)

Istosmjerno brzo punjenje (DC) smatra se aktualnim najbržim dostupnim načinom za punjenje električnih automobila. Za takav način punjenja treba imati priključak od ukupno 480 volti. Takav priključak nije adekvatan za upotrebu kod kuće. Također, samo pojedini modeli električnih vozila imaju opremu za ovakav oblik punjenja. U pravilu se ovakve vrste stanica za punjenje nalaze u sklopu trgovačkih centara i na glavnim prometnicama. Na taj način vozači električnih vozila mogu brzo napuniti svoje vozilo za dulji put. Procjenjuje se da po minuti punjenja na DC punjaču dodaje se oko 15 kilometara dometa vozila [29]. Na Slici 21 prikazano je istosmjerno brzo punjenje.



Slika 21. Prikaz stanice istosmjernog brzog punjenja (DC Charging)

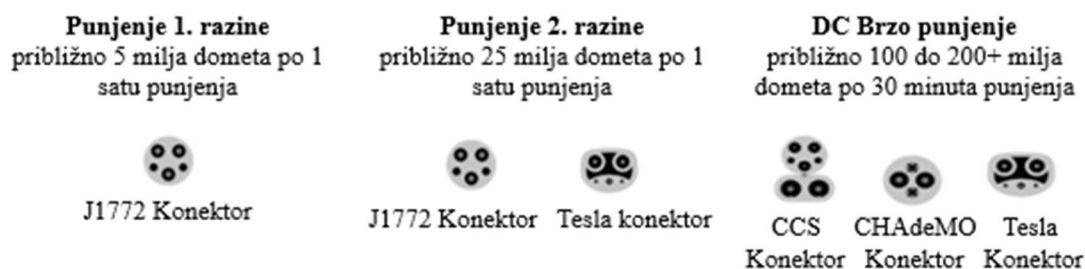
Izvor: <https://www.chargepoint.com/blog/7-considerations-successful-ev-charging-site-design-fuel-and-convenience-retail-locations> (29.07.2023.)

Ovisno o načinu punjenja, postoje različiti konektori. Oprema za Level 1 punjenje jest konektor J1772. Dio konektora se uključuje u J1772 priključak koji služi za punjenje vozila, dok se drugi kraj konektora uključuje u konvencionalnu dvofaznu utičnicu ili trofaznu utičnicu. Ipak, automobili marke Tesla imaju vlastiti konektor. Svaki model Tesla vozila dolazi sa adapterom za J1772. Navedeno daje mogućnost da se koristi ona oprema koja nije od samog proizvođača Tesla.

Kada je riječ o opremi koja se koristi za punjenje Level 2, prije svega valja napomenuti kako se koristi isti konektor J1772 koji se upotrebljava kod Level 1. svako dostupno električno vozilo za komercijalnu upotrebu u Europi i Sjedinjenim Američkim Državama ima mogućnost da koristi opremu za punjenje Level 1 i Level 2. Ovdje također valja napomenuti da proizvođač Tesla ima vlastiti konektor koji radi za sve solucije punjenja, kao i Level 2 punjači za upotrebu kod kuće. [30]

Razlikuju se ukupno tri vrste DC sistema za brzo punjenje (Slika 22). Oni se međusobno razlikuju po vrsti priključka, a mogu biti sljedeće: [30]

- CHAdeMO,
- CCS (engl. Combined Charging System) te
- Tesla.



Slika 22. Prikaz konektora ovisno o razini punjenja

Izvor: https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html (27.07.2023.)

CHAdeMO je vrsta EV konektora koji nudi brzo punjenje i popularan je na stanicama za brzo punjenje. On se smatra uobičajenom vrstom DC konektora. CCS konektor je poseban jer vozač električnog automobila ima mogućnost korištenja istoga priključka za punjenje tijekom punjenja sa opremom koja služi za brzo punjenje naizmjenične struje Levela 1, Levela 2 ili DC-a. ipak, postoji razlika kod DC priključka koji na dnu ima dodatna dva pina. Smatra se kako velika većina električnih automobila današnjice ima mogućnost punjenja uz pomoć CCS priključka. Teslina solucija za brzo punjenje sadrži konektor pod nazivom Supercharger. Modeli Tesla vozila ne posjeduju priključak za punjenje CHAdeMO niti takav adapter, Tesla adapter prodaje. [30]

4.2. PUNIONICE

Punionice se smatraju lokacijama u kojima se pojedino električno vozilo zaustavlja kada se želi puniti. Razlikuju se javne punionice i kućne punionice. Ovisno o kojem je nivou punjenja riječ punionicu je moguće izraditi i unutar vlastitog doma. Ako pojedinac odluči izgraditi Level 2 punionicu unutar svojeg doma, cijena instalacije biti će ovisna o izabranom sustavu, naknadama koje će trebati podmiriti za ugradnju takve punionice, lokaciji gdje pojedina osoba živi te konfiguraciji doma. U pojedinim država daju se poticaju za izgradnju vlastitih (kućnih) punionica.

Trošak punjenja biti će ovisan o samoj veličini baterije te cijeni koju električna energija ima na pojedinom području gdje osoba živi. Brojne elektroprivrede nude specijalne stope ukoliko se električna energija koristi za punjenje električnog vozila. Unatoč činjenici što bi se kućni

račun za potrošnju struje povećao, vidljive su uštede glede potrošnje goriva za kojim prestaje potreba.

Električna vozila moguće je na javnim punionicama puniti. Navedene punionice mogu naplaćivati uslugu po punjenju, biti besplatne ili biti bazirane na pretplatama. Vlasnici takvih punionica samostalno određuju uvjete prodaje električne energije. Javne punionice također mogu biti dio javne mreže koja u tom slučaju također uređuje vlastite uvjete za punjenje. Tesla, Nissan i Hyundai nude besplatna javna punjenja na određenim lokacijama. Važno je istaknuti kako se industrija fokusirala na strukturiranju naknada na bazi potrošenih kWh struje. Dakle, nisu fokusirani na vrijeme koje je potrebno da se vozilo napuni. [29]

Trenutno se na prostoru Europske unije nalazi više od 307 000 punionica. Međutim, unatoč velikoj brojci, većina je punionica locirana u zapadnom dijelu Europe. Najveći broj punionica imaju Nizozemska (90 284 punionice) i Njemačka (59 410 punionice). Zemljopisna površina te dvije zemlje manja je od 10% cjelokupne površine Europskog kontinenta. Dakle, smatra se kako punionice za električne automobile nisu na pravilan način raspoređene te da ih na prostoru Europe nema u dovoljnoj količini. [31]

Unutar Republike Hrvatske vlasnik električnog vozila ima mogućnost da svoje vozilo napuni na jednom od ukupno 1233 priključka za punjenje na ukupno 556 utvrđenih lokacija. Od ukupnog broja priključka, njih 278 su brzi DC punjači, oko 800 punjača su spori AC punjače te njih 151 su CHAdeMO punjači. Naplata punjenja uvedena je na većini javnih punionica. Uvođenjem naplate veliki dio vlasnika vozila odlučio je za varijantu punjenja kod kuće, unatoč činjenici što je to sporiji način punjenja, ipak je tarifa niža. Postoji niz operatera koji vrše naplatu punjenja na punionicama i to: [32]

- ELEN – ovisno o vrsti priključka i njegovoj lokaciji, cijena za kWh je od 0,24 € do 0,66 €
- Mol Plugee (Tifon) – ovisno o vrsti priključka i načinu plaćanja (u trgovini ili putem aplikacije), cijena za kWh je od 0,24 € do 0,66 €
- Petrol – ovisno o vrsti priključka, cijena za kWh je od 0,30 € do 0,80 €
- Hrvatski telekom – ovisno o vrsti priključka, cijena za kWh je od 0,21 € do 0,80 €
- Ionomy – ovisno o lokaciji, uobičajena cijena je oko 0,74 €/kWh.
- Tesla Supercharger – ovisno o lokaciji, uobičajena cijena je oko 0,5 €/kWh.

U Republici Hrvatskoj nalazi se do 600 punionica za električna vozila. Međutim, sa novom regulacijom za infrastrukturu alternativnih goriva Europske unije (engl. Alternative fuel infrastructure regulation – AFIR) postavljeni su nacionalno obvezujući ciljevi unutar kojih svaka članica Europske unije ima obvezu postavljanja punionica ovisno o broju vozila pojedine države. Obzirom da Republika Hrvatska ima manje od 1% udjela električnih vozila u njezinoj floti, do 2025. godine trebaju postaviti punjače snage 3 kW po svakom električnom vozilu te punjače 2 kW po svakom plug-in hibridnom automobilu. Dakle, Republika Hrvatska prema tome ima do 2025. godine obvezu postavljanja od 100 do 200 komada brzih punionica vozila sa snagom od 50 do 70 kW. [33]

4.3. REGENERATIVNO KOČENJE

Pod regenerativnim kočenjem smatra se svaki oblik kočenja prilikom čega će se jedan dio kinetičke energije pretvoriti u drugačiji oblik energije. Energija se kod hibridnih i električnih vozila pohranjuje unutar baterije. Sistem regenerativnog kočenja najviše je zastupljen u industriji automobila kod hibridnih i električnih automobila.

Zanimljivo je istaknuti kako je prvi puta tehnika regenerativnog kočenja upotrijebljena na trolejbusu. Funkcionalnost regenerativnog kočenja uočena je i od strane proizvođača dijelova za Formulu 1 te proizvođača bicikla na struju.

U tradicionalnim sistemu kočenja pločice diska će s disk kočnicom stvoriti trenje kako bi se vozilo usporilo ili zaustavilo. Do naknadnog trenja dolazi između usporavanja kotača te površina kojom se kreće vozilo. Spomenuto trenje kinetičku energiju će pretvoriti u toplinu. Pritiskom papučice kočnice unutar električnog automobila, električni motor će dobiti signal slijedom čega će započeti kretanje u kontra smjeru te će kotači automobila usporiti. simultano motor ima funkciju električnog generatora koji proizvodi električnu energiju koja se potom pohranjuje u baterije. [34]

Ovakva vrsta kočnica je najefektivnija u određenoj brzini, a najviše učinka ima tijekom start/stop vožnje. Međutim, niz hibridnih i električnih automobila ima i konvencionalne kočnice koje se upotrebljavaju kada sistem regenerativnog kočenja nije u mogućnosti osigurati dovoljnu snagu da se automobil zaustavi [35]. Na Slici 23 prikazan je princip rada regenerativnog sustava kočenja.



Slika 23. Prikaz principa rada regenerativnog kočenja

Izvor: <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (31.08.2023.)

Sofisticiran električni krug donosi odluku kada će biti potrebno da motor okrene smjer pa će električne krugove preusmjeriti da električnu energiju koju su proizveli pohrane u baterije. U pojedinim situacijama, energija koju će kočnice proizvesti pohranit će se u kondenzatorima pa će se kasnije upotrijebiti. Obzirom na činjenicu da električna vozila posjeduju i konvencionalan sistem kočnica, potrebno je da elektronika unutar vozila donese odluku kada će pojedini sistem biti adekvatan za primjenu. [34]

Nadalje, vozač hibridnog ili električnog automobila ima mogućnost da izabere preliminarne postavke sukladno kojima će vozilo u pojedinim situacija na zadan način reagirati. U pojedinim električnim vozilima vozač ima mogućnost izbora hoće li, nakon što podigne nogu s papučice gasa, sistem regenerativnog kočenja raditi sve do trena potpunog zaustavljanja vozila ili prestati djelovati nekoliko momenata prije samog zaustavljanja, dok se automobil pomalo kreće.

Regenerativni kontroler kočenja jest uređaj koji ima mogućnost da na daljinu upravlja kočnicama, ima mogućnost donošenja odluke kada će započeti kočenje te kada će ono završiti, kao i brzinu kojom će se primjenjivati kočnice. Regenerativan način kočenja se provodi simultano sa anti-lock kočionim sistemom (engl. Anti Break System – ABS) i radi toga je vođenje regenerativnog načina kočenja veoma slično kontroleru anti-lock kočionog sistema. Vozila koja koriste ovakvu vrstu kočnica imaju osobinu da njihov upravljač za

kočnice ne vrši nadzor samo nad brzinom kojom se kotači rotiraju već vrši izračun količine zakretnog momenta koji je dostupan za proizvesti električnu energiju koja bi se potom pohranila u bateriju. Za vrijeme kočenja električnu energiju koju motor proizvodi kontroler šalje u baterije. On omogućuje da baterija zaprimi dovoljnu količinu energije te jamči da obim novonastale energije nije veći od najvećeg kapaciteta baterije. Smatra se kako je najvažnija funkcija kod kočenja odluka koju donosi upravljači sklop kočnice o tome je li pojedini motor kompetentan da u datom trenu podnese silu koja je potrebna kako bi se automobil zaustavio te ukoliko nije, tada će upravljački sklop prebaciti zaustavljanje na konvencionalan sistem kočenja koji radi na bazi trenja te izbjeći eventualni nastanak prometne nezgode. [34]

Trenutno se razvija alternativan regenerativan sistem kočenja poznat pod nazivom hidraulični asistent snage (engl. Hydraulic Power Assist – HPA). Ukoliko pojedini vozač tijekom vožnje želi zakočiti, uz pomoć hidrauličnog asistenta snage kinetička energija vozila upotrijebit će se kako bi se napajala reverzibilna pumpa koja će potom usmjeriti hidrauličnu tekućinu koja se nalazi u akumulatoru sa niskim tlakom u akumulator koji ima visoki tlak. Dušikovim plinom koji se nalazi u akumulatoru dobiva se pritisak koje će biti komprimiran tijekom ulaska tekućine u prostor u kojem se prethodno nalazio plin. Takva će radnja pomoći automobilu da uspori te da se zaustavi. Tekućina će se u akumulatoru nalaziti pod tlakom sve dok se akcelerator ponovno ne pokrene. Tada dolazi do okretanja pumpe te se tekućina pod tlakom upotrebljava kako bi se vozilo ubrzalo. Dolazi do prevođenja energije iz kinetičke u mehaničku koja će vozilo ubrzati i pomoći mu da povрати prethodnu brzinu vožnje. [36]

Postoje nagađanja da bi se unaprjeđivanjem takvog sustava moglo 80% aktualnih gubitaka automobila tijekom usporavanja pohraniti kako bi vozilo moglo ponovno akcelerirati. Hidraulični asistent snage do sada se koristio u projektima demonstracije i u konceptima. Faza produkcije još nije aktualna. Kao nedostatak navodi se mogućnost curenja te stvaranje buke. [37]

U novije vrijeme tržište je okrenuto ka korištenjem alternativnih izvora energije, korištenjem električnih baterija te pogona na gorive ćelije. Smatra se kako je regenerativan sistem kočenja bitan korak naprijed ka stjecanja neovisnosti automobila o fosilnom gorivu. Navedene kočnice omogućuju dulji vijek trajanja baterije bez punjenja vanjskim izvorom

električne energije. Pozitivna konotacija regenerativnog sistema kočenja jest kraće vrijeme koje se provodi na benzinskoj postaji jer hibridan automobil koji ima električni motor te regenerativne kočnice može nastaviti put bez korištenja punionice.

Efektivnost kod kočenja u regenerativnom sistemu kočenja opasti će kod malih brzina. Ipak, ono ima još nekoliko nedostataka poput: [34]

- nemogućnost pružanja dovoljne količine energija za kočenje u hitnim situacijama,
- regenerativni sistem kočenja radi samo na kotačima koji su pogonski te
- sistem regenerativnog kočenja radi isključivo na hibridnim ili električnim vozilima.

5. EFEKT HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA NA OKOLIŠ

U odnosu na konvencionalna vozila, električni automobili imaju smanjen utjecaj na okoliš u odnosu na automobile koji imaju motor s unutarnjim izgaranjem. Međutim, dok pojedini aspekti tijekom proizvodnje električnih vozila mogu rezultirati nekim utjecajima na okoliš, sami električni automobili ne proizvode štetne emisije ili ih proizvode u vrlo maloj količini. Time dolazi do smanjenja ovisnosti o benzinu, nafti te se smanjuje emisija stakleničkih plinova.

5.1. RECIKLIRANJE BATERIJA

Baterija koje su se potrošile u pojedinom električnom vozilu treba reciklirati. reciklažom baterija pridonosi se zaštiti okoliša. Baterija sadrži različite materijale i sastavnice od kojih su pojedine štetne za okoliš i ljude. Ukoliko se ovakva vrsta ne zbrine na propisani način postoji mogućnost da tvar isteče u okoliš što se smatra opasnim za živi svijet. Reciklažom se također smanjuje i količina otpada na odlagalištima.

Za proizvodnju pojedine baterije potrebna je velika količina materijala. Stoga, njezinim recikliranjem otvara se mogućnost da pojedini dijelove baterije budu dostupni proizvođačima za ponovnu upotrebu. Iako prema trenutnoj situaciji reciklaža dijelova baterija nije pretjerano ekonomična, već sa isključivo proizvode u cijelosti nove baterije, pretpostavka je da će se daljnjim razvojem tehnologija reciklaže povećati ekonomičnost recikliranja.

Bateriju iz električnog automobila moguće je iznova koristiti za neku drugu svrhu. Tvrtka Nissan ponovno je upotrijebila korištene baterije te ih u Japanu ugradila u sustav napajanja javne rasvjete. Navedeni projekt nosio je naziv „The Reborn Light“. Tim projektom težilo se ka omogućavanju da se diljem Japana omogući javna rasvjeta. Projekt je proveden u sklopu raznih pothvata i akcija koje su uslijedila nakon tsunamija i potresa koji je pogodio Japan 2011. godine[40]. Prikaz "The Reborn Light" projekta dan je na Slici 24.

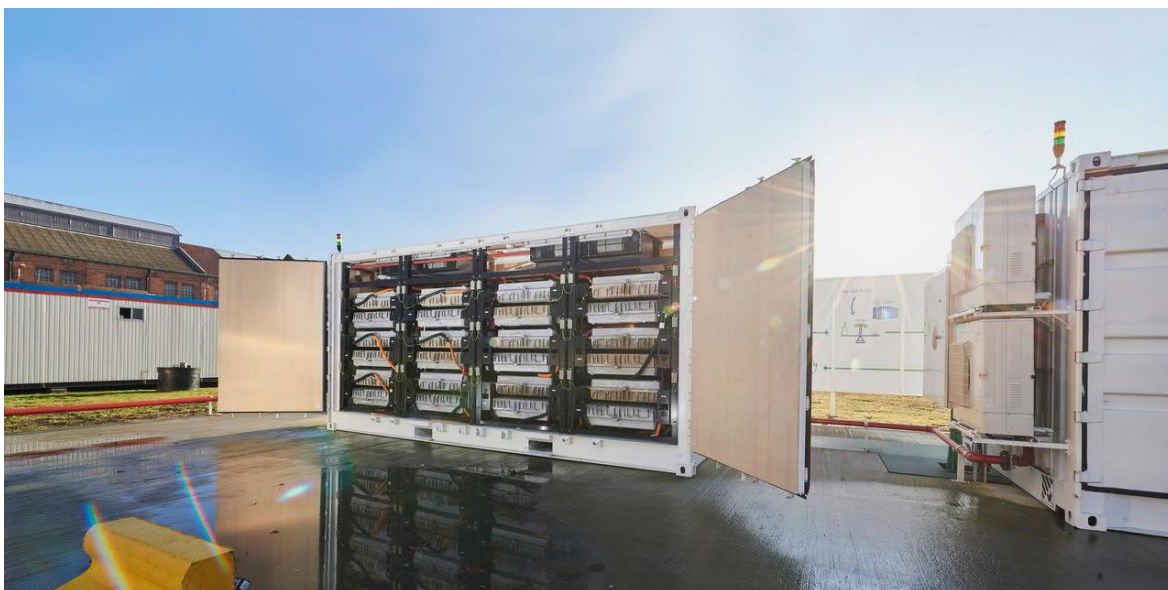


Slika 24. Prikaz "The Reborn Light" projekta

Izvor: <https://www.tbwahakuhodo.co.jp/en/work/nissan-the-reborn-light/> (04.08.2023.)

Navedeni tip rasvjete svoje djelovanje ima izvan elektroenergetske mreže grada te ne zahtjeva utičnice niti kablove. Naime, baterije su pune uz pomoć solarnih panela koje su postavljene na rasvjeti. Politika Nissana je da se diljem svijeta u budućim razdobljima iskorištene baterije upotrebljavaju za napajanje javne rasvjete.

U Portugalu je tvrtka Renault razvija "Smart Island" projekt. Svrha navedenog projekta je pružiti podršku otoku Proto Santo tijekom postupka prelaženja na vjetrovite, solarne i obnovljive izvore energije. Osnovni je cilj da se postigne da 80% energije ne bude na bazi ugljika. Unutar projekta razvijena je pametna solucija putem stacionarnog skladišta "Second life" te punionice. Kada se pojedina baterija istroši, njezin životni vijek ne prestaje jer ona gotovo sigurno i dalje sadrži 75% kapaciteta. Dakle, putem njezine prenamjene takvu bateriju je moguće još 10 godina koristiti primjerice unutar stacionarnih skladišta energije [41]. Prikaz "Second life" nalazi se na Slici 25.



Slika 25. Prikaz "Second life" projekta

Izvor: <https://www.wsj.com/articles/old-electric-vehicle-batteries-are-getting-a-second-life-11655114401>

(09.08.2023.)

Baterije koje su iskorištene mogu se ponovno upotrebljavati u kućanstvima gdje se mogu koristiti kao izvor za napajanje. Primjerice, ukoliko je potrošnja pojedinog kućanstva 12,5kWh energija na bazi jednog dana, iskorištena baterija sa svojim 50% utvrđenim preostalim kapacitetom i početnim 30 kWh može u situaciji da nestane struje takvo kućanstvo napajati duže od jednog dana.

5.2. SMANJENJE RAZINE BUKE U URBANIZIRANIM ZONAMA

Električni automobili smatraju se jedinim sredstvom za prijevoz koji gotovo nikakvu vrstu buke ne proizvodi tijekom njegovog korištenja. Sve se češće uvode električni automobili u urbane sredine kako bi se smanjile emisije buke. Ipak, nedostatak manjak buke kod električnih automobila predstavlja umanjeno sigurnosti za osobe koje slabo vide ili su slijepe. [26]

Tijekom 2019. godine od strane Europske unije donesena je odredba koja navodi kako električni automobil ukoliko nije dovoljno bučan neće moći proći homologaciju za prostor Europske unije. Ukoliko vozilo tijekom vožnje na maloj brzini ne stvara dovoljno buke biti će potrebna ugradnja zvučnog sistema koji će emitirati upozorenje. Takav se sistem zove AVAS (engl. Acoustic Vehicle Alerting System). Akustični sustav za uzbunjivanje vozila

će proizvoditi zvuk dok se vozilo kreće do 20 km/h te prilikom vožnje unatrag. Ovaj sistem proizvodi zvuk bez prekida kako bi pješake i druge sudionika u prometu informirao o kretanju pojedinog vozila. Dakle, takav zvuk ukazuje na ponašanje pojedinog vozila i tendencija je da zvukovi koji se proizvode budu što više slični onima koje vozilo koje ima motor s unutarnjim izgaranjem proizvodi. [42]

Buka se u urbanim područjima može smanjiti na način da se pomno upravlja pojedinim prostor te se vrši detaljno planiranje. Kao primjer toga jest osiguranje suficitne udaljenosti stambene zone od poslovne zone, obzirom da se unutar poslovnih zona stvara buka slijedom redovnog poslovanja. Dakle, intencija je da se sadržaji koji ne podliježu utjecaju buke (npr. parkiralište) postave između mjesta koje je izvor buke te stambene zone, a sve kako bi se smanjio utjecaj buke i kako bi se uklonila mogućnost nastanka povišenih razina buke.

Kao primjer takvih rješenja, u cilju smanjenja širenja buke u urbanim sredinama, izvan pothodnika, podvožnjaka ili tunela zidove je potrebno obložiti sa panelima koji su apsorbirajući. Ovakvo je rješenje prikladno radi povećanih razina buke koje se stvaraju prilikom izlaska iz takvih mjesta jer vozila na usponu ubrzavaju te se stvara buka. [43] Slika 26 prikazuje zidove ispred ulaska u podvožnjak, a koji su obloženi sa panelima koji su apsorbirajući.



Slika 26. Ulazak u tunel s apsorbirajućim panelima

Izvor: <https://www.fabrique3d.com/portfolio/Infrastructure/noise-absorbing-tunnel-lining/> (02.08.2023.)

5.3. SMANJENJE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA

Elektromotor se smatra više efektivnim od motora koji ima unutarnje izgaranje. Zbog toga, za rad električnog vozila treba manja količina energije. Prilikom proizvodnje baterija za hibridna vozila i električna vozila uključuju se i dodatni resursi koji vrše određeni utjecaj na okoliš tijekom proizvodne faze. U pravilu su električna vozila teža od konvencionalnih vozila. Smatra se kako zbog povećane težine svojim gumama, podizanjem prašine te kočnicama proizvode veće onečišćenje zraka. Međutim, sustav regenerativnog kočenja pridonosi smanjenju onečišćenja. U pogledu mehaničkog koncepta, elektroničko vozilo je jednostavnije od konvencionalnog vozila pa se rjeđe mijenja i odlaže ulje za motor. [44]

Proizvodnjom baterija za hibridno ili električno vozilo vrši se bitan utjecaj na okoliš, obzirom da uključuje korištenje aluminija i bakra za katodu i anodu. Obzirom na činjenicu da baterije imaju popriličnu težinu, proizvođači električnih i hibridnih vozila teže ka tome da preostali dio vozila ima što manju težinu. Kao rezultanta, većina sastavnica vozila je izrađena od laganih materijala, a proizvodnja takvih materijala iziskuje mnogo energije tijekom obrade i proizvodnje. Primjer toga su polimeri koji su pojačani sa vlaknima od karbona.

Električna vozila mogu upotrebljavati ukupno dvije vrste motora, a to su indukcijski motori, kao što se nalazi u Tesli model 3 ili motore koji imaju trajne magnete, kao što se nalazi u Mercedesu model EQA. Zanimljivo je istaknuti kako indukcijski motor ne upotrebljava magnete, no motori s trajnim magnetima ih upotrebljavaju. Navedeni magneti koji su smješteni u motornom prostoru u sebi sadrže iznimno rijetke metale i to radi povećane izlazne snage motora. [45]

Obrada metala i rudarenje bakra, nikala i litija traže znatnu količinu energije te u okoliš mogu ispustiti štetne spojeve plinova. Navedeni štetni spojevi mogu izvršiti značajan utjecaj na okoliš i okolno stanovništvo i to kroz kontaminiranje zraka ili zagađenjem podzemnih voda uslijed istjecanja spojeva.

Različita istraživanja ukazuju na proizvodnja plug-in hibrida, električnih vozila te hibridnih vozila će generirat povećanu emisiju ugljika nego što će to učiniti proizvodnja uobičajenih

vozila. Međutim, kod proizvodnje plug-in hibrida, električnih vozila te hibridnih vozila postoji cjelokupno manji otisak ugljika tijekom ciklusa života pojedinog automobila. Inicijalan štetan efekt i generiranje ugljika javlja se kao posljedica procesa proizvodnje baterije za vozilo. [46]

5.4. PREDNOSTI I NEDOSTATCI ELEKTRIČNIH VOZILA

Električno vozilo postaje sve prisutnije diljem svijeta. Popularnost električnih vozila vjerojatno će naglo porasti, s obzirom na brzi razvoj automobilske industrije. Zanimljivo je da današnji električni automobili postižu najveću učinkovitost, što znači da su znatno brži od sličnih benzinskih ili dizelskih vozila, posebice kada je u pitanju ubrzanje. Ipak, električna vozila imaju niz prednosti i nedostataka.

Kao prednosti električnih vozila navode se: [38]

- ekološki prihvatljivi,
- obnovljivi izvor energije,
- manje buke i glatko kretanje,
- isplativost,
- jednostavno održavanje te
- podrška vlade.

Budući da električna vozila ne koriste gorivo za izgaranje, nema emisija niti ispušnih plinova. Vozila koja rade na fosilna goriva značajno doprinose opasnom nakupljanju plinova u okolišu, stoga vožnja električnim automobilom može doprinijeti čistijem okolišu. Električna vozila koriste obnovljivu energiju, dok konvencionalni automobili rade na izgaranju fosilnih goriva, što smanjuje svjetske zalihe fosilnih goriva. Vožnja električnog automobila znatno je mirnija. Budući da nemaju elemente koji se brzo kreću, tiši su i proizvode manje buke. Nadalje, električna energija je daleko jeftinija od goriva kao što su benzin i dizel, čija cijena redovito poskupljuje. Kada se solarna električna energija koristi kod kuće, punjenje baterije je isplativo. Obzirom da električni automobili imaju manje pokretnih komponenti, trošenje je smanjeno u usporedbi s tradicionalnim auto-dijelovima. Popravci su također jednostavniji i jeftiniji od motora s unutarnjim izgaranjem. Vlade diljem

svijeta odobrile su porezne olakšice kako bi potaknule ljude da voze električna vozila kao dio zelenog programa.

S druge strane, kao nedostatici električnih vozila navode se: [39]

- visoki početni trošak,
- ograničenja stanica za punjenje,
- za punjenje je potrebno vrijeme,
- ograničene mogućnosti te
- manji domet vožnje.

Električna vozila i dalje su prilično skupa, a mnogi kupci vjeruju da nisu tako jeftina kao tradicionalni automobili. Ljudi koji moraju putovati na velike udaljenosti zabrinuti su oko pronalaženja odgovarajućih stanica za punjenje usred putovanja, koje nisu uvijek dostupne. Za razliku od konvencionalnih automobila, kojima je potrebno samo nekoliko minuta da napune spremnike goriva, punjenje električnog vozila traje mnogo sati. Trenutno nema mnogo modela električnih automobila koje možete odabrati u smislu izgleda, stila ili prilagođenih varijacija. Domet vožnje u električnom vozilu odnosi se na udaljenost koju vozilo može prijeći s jednim punjenjem baterije. U usporedbi s konvencionalnim automobilima, električna vozila imaju kraći domet vožnje.

U tablici 1 navedene su neke od prednosti i nedostataka električnih vozila.

Tablica 1. Prednosti i nedostaci električnih vozila

Električna vozila	
Prednosti	Nedostaci
Električni automobili napajaju se baterijama, stoga ne ispuštaju štetne plinove, što pomaže u održavanju zagađenja okoliša pod kontrolom.	Električna vozila imaju visoku početnu cijenu kupnje, a mnogi potrošači ih ne mogu priuštiti u svojim proračunima, stoga oklijevaju prijeći s običnih vozila na električna vozila.
Iako se električni automobili oslanjaju na obnovljivu energiju, oni pomažu u zaštiti zaliha neobnovljive energije, koje se brzo troše zbog široke upotrebe.	Zbog nedostatka modela električnih automobila dostupnih tržištu, kupci imaju malo alternativa u pogledu dizajna, izgleda ili prilagođenih varijanti.

<p>Pokretnih komponenti u električnim vozilima manje je nego onih u tradicionalnim automobilima, što znači da traju dulje. Popravak električnih vozila također je jeftiniji od običnih automobila.</p>	<p>Ljudi koji putuju na velike udaljenosti zabrinuti su da će zapeti jer je manje dostupnih utičnica za punjenje.</p>
<p>Vožnja električnim automobilom znatno je mirnija i tiša budući da nema klipova koji se brzo kreću.</p>	<p>Vrijeme punjenja električnog automobila je oko četiri do šest sati.</p>
<p>Vlade diljem svijeta osigurale su porezne olakšice kako bi potaknule ljude na kupnju električnih vozila.</p>	<p>Električno vozilo ima manju kilometražu od vozila na benzinski pogon i prikladno je samo za kratka putovanja.</p>

Izvor: obrada autora

6. ZAKLJUČAK

U novije vrijeme sve više raste svijest o klimatskim promjenama i opasnostima koje prijete okolišu. Smatra se da vozila koja su energetske učinkovita mogu dati značajan doprinos zaštiti okoliša te brojni zakonodavci to nastoje implementirati. Niz odredbi različitih zakonodavstava nastoji ukazati na pozitivne konotacije električnih vozila i hibridnih vozila te se putem nuđenja poticaja nastoji potaknuti njihova kupnja. Time se nastoji održati trend porasta energetske efektivnih vozila na tržištu.

Baterijska električna vozila ili potpuno električna vozila u potpunosti se oslanjaju na električnu energiju pohranjenu u baterijskom paketu za pogon kotača, za razliku od automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem koji rade na fosilna goriva. Kada vozilo na konvencionalni pogon ostane bez goriva, vlasnik mora stati na benzinsku crpku kako bi napunio spremnik, dok vlasnik električnog vozila svoje vozilo mora puniti.

Električna vozila nude brojne prednosti u odnosu na tradicionalne automobile na plin. Općenito su učinkovitiji i emitiraju manje emisija, manje koštaju održavanje, imaju niže troškove goriva i mogu biti prihvatljivi za državne poticaje. Međutim, može im biti potrebno dulje vrijeme punjenja od punjenja na benzinskoj postaji, a njihov domet ponekad može biti ograničen ovisno o tehnologiji baterije.

Treba uzeti u obzir prednosti i mane električnih automobila kada se razmatra prelazak s plinskog ili hibridnog pogona. Čimbenike poput vozačkih navika i osobnih preferencija treba pažljivo odvagati prije ulaganja u električno vozilo. U konačnici, prednosti i mane električnih automobila ovisit će o individualnim potrebama i ciljevima.

Tržište električnih automobila u Europskoj uniji posljednjih je godina u porastu, potaknuto sve većom potražnjom za održivijim i ekološki prihvatljivijim vozilima. Europska unija je postavila ambiciozne ciljeve za smanjenje emisija iz sektora prometa i prelazak na obnovljive izvore energije. Kako bi postigla te ciljeve, Europska unija je provela nekoliko mjera, uključujući financijske poticaje za kupce električnih automobila, postavljanje infrastrukture za punjenje i propise za povećanje udjela električnih vozila na tržištu.

Također, nekoliko država članica Europske unije postavilo je ciljeve za promicanje uvođenja električnih automobila, poput Norveške i Nizozemske. Europska unija također radi na usklađivanju propisa i standarda u cijeloj regiji kako bi osigurao besprijekorno prekogranično putovanje za vlasnike električnih vozila. Općenito, očekuje se da će tržište električnih automobila u Europskoj uniji nastaviti s rastom u nadolazećim godinama, potaknuto padom cijena, poboljšanom tehnologijom i povećanom svijješću o prednostima električne mobilnosti.

LITERATURA

- [1] Višić, A., Brkić, M., Ćucić, R., Model povećanja dostupnosti električnih vozila krajnjim korisnicima, 7. (13) savjetovanje, SO6-23, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED, Šibenik, 2021.
- [2] Stojkov, M., Gašparović, D., Pelin, D., Glavaš, H., Hornung, K., Mikulandra, N., Električni automobil – povijest razvoja i sastavni dijelovi, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom brodu, Slavonski brod, 2014.
- [3] Matulka, R., The History of the Electric Car, U.S. Department of Energy, 2014., online: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> (22.07.2023.)
- [4] Glavaš, H., Antonović, M., Keser, T., Cestovna vozila na električni pogon, Automatizacija u prometu – 26. skup o prometnim ustavima s međunarodnim djelovanjem, Zagreb, 2006.
- [5] Hadrović, J. (ur.) et. al., O električnim automobilima i preradi klasičnog automobila u električni u okviru projekta "Europe electric car", Škola za cestovni promet, Zagreb, 2014, online: https://www.scp.hr/file/Ecar_HR_tisak.pdf (17.07.2023.)
- [6] Kos, K., Baterije, Električna vozila u Hrvatskoj, 2011, online: http://www.elektricna-vozila.com.hr/clanak_baterije (23.07.2023.)
- [7] Power.com, Nikal-kadmijeve baterije, 2019., online: <https://power.bigbadmole.com/hr/akkumulyatory/batarei/ni-cd.html> (18.07.2023.)
- [8] Vodovozov, V., Electric Drive Dimensioning and Tuning, BookBoon, 2012., online: <http://155.0.32.9:8080/jspui/bitstream/123456789/610/1/Electric%20Drive%20Dimensioning%20and%20Tuning.pdf> (01.08.2023.)
- [9] Yedamale, P., Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, Microchip Technology Inc., 2003., online: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00885a.pdf> (27.07.2023.)
- [10] Toro, D., Introduction to Brushless DC Motors, Diodes Incorporated, 2021., online: <https://www.diodes.com/assets/Uploads/AN1164-BLDC-Motors.pdf> (28.07.2023.)
- [11] Pech, J., Baterije za električne automobile: Koliko košta njihova zamjena?, HAK Revija, 2022., online: <https://revijahak.hr/2022/02/22/baterije-za-elektricne-automobile-koliko-kosta-njihova-zamjena/> (01.08.2023.)

- [12] Šipuš, M., Gašenje požara električnih automobila, Vatrogastvo i upravljanje požarima, Vol. VIII, No. 1-2., 2018., online: <https://hrcak.srce.hr/216962> (03.08.2023.)
- [13] U.S. Department of Energy, Plug-In Hybrid Electric Vehicles, 2023., online: https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html (01.08.2023.)
- [14] Plug in Hybrids, 2021., online: <https://pluginhybridreviews.wordpress.com/plugin-hybrids/> (02.08.2023.)
- [15] Leon, R. et. al., Hybrid Electric Vehicles: A Review of Existing Configurations and Thermodynamic Cycles, Thermo 2021., vol. 1(2), 2021., p. 134-150, online: <https://www.mdpi.com/2673-7264/1/2/10> (03.08.2023.)
- [16] U.S. Department of Energy, Hybrid Electric Vehicles, 2023., online: https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html (01.08.2023.)
- [17] Kapoor, R., Suzuki develops new 48V Self Charging Hybrid engines: How they help improve fuel efficiency and emissions, Drives Express, 2019., online: <https://www.financialexpress.com/auto/car-news/suzuki-develops-new-48v-self-charging-hybrid-engines-how-they-help-improve-fuel-efficiency-and-emissions/1795246/> (01.08.2023.)
- [18] Thurling, R., Smart Hybrid Vehicle by Suzuki (SHVS), TW White and Sons, 2016., online: <https://www.twwhiteandsons.co.uk/technology/smart-hybrid-vehicles-suzuki-shvs/> (02.08.2023.)
- [19] U.S. Department of Energy, All-Electric Vehicles, 2023., online: https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html (01.08.2023.)
- [20] Shahan, Z., Electric Car Evolution, Clean Technica, 2015., online: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/> (02.08.2023.)
- [21] U.S. Department of Energy, Fuel Cell Electric Vehicles, 2023., online: https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html (04.08.2023.)
- [22] U.S. Department of Energy, How Do Fuel Cell Electric Vehicles Work Using Hydrogen?, 2023., online: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work> (01.08.2023.)
- [23] Infographic, The Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV), 2022., online: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/07/f24/fcto_fcev_infographic_0.pdf (30.07.2023.)
- [24] Toyota, Toyota Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV), 2023., online: <https://www.toyota.co.nz/electrification/fuel-cell-electric-vehicles/> (30.07.2023.)

- [25] U.S. Energy Information Administration, Oil and petroleum products explained, 2022., online: <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php> (27.07.2023.)
- [26] Ćurković, T., Fabijanić, T. et. al., Elektromobilnost – Učenje o elektromobilnosti u okviru projekta "Learning E-Mobility", Škola za cestovni promet, Zagreb, 2017.
- [27] Charge Lab, What is a Level 1 charger for electric vehicles?, 2023., online: <https://chargelab.co/blog/what-is-a-level-1-charger> (04.08.2023.)
- [28] Penna Electric, EV charger options: Level 1 VS. Level 2 EV charger, 2019., online: <https://pennaelectric.com/level-1-vs-level-2-ev-charger/> (02.08.2023.)
- [29] California Air Resources Board, Electric Car Charging Overview, 2022., online: <https://driveclean.ca.gov/electric-car-charging> (29.07.2023.)
- [30] U.S. Department of Energy, Developing Infrastructure to Charge Electric Vehicles, 2023., online: https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html (26.07.2023.)
- [31] Andrić, D., Skromna mreža: Polovina svih punionica za električne automobile u EU nalazi se u samo dvije zemlje!, HAK Revija, 2022., online: <https://revijahak.hr/2022/06/23/skromna-mreza-u-velikom-dijelu-europe-pola-svih-punionica-za-elektricne-automobile-u-eu-nalazi-se-u-samo-dvije-zemlje/> (04.08.2023.)
- [32] Cvetković, I., Pregled cijena punionica električnih automobila u Hrvatskoj 2023., Autonet.hr, 2023., online: <https://www.autonet.hr/aktualno/pregled-cijena-punionica-elektricnih-automobila-u-hrvatskoj-2023/> (04.08.2023.)
- [33] Čizmić, M., Nova europska regulacija prisilit će Hrvatsku da poveća broj punjača za električna vozila, ZIMO, 2022., online: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/nova-europska-regulacija-prisilit-ce-hrvatsku-da-poveca-broj-punjaca-za-elektricna-vozila---749778.html> (05.08.2023.)
- [34] Korak.com, Regenerativno kočenje, 2019., online: <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (07.08.2023.)
- [35] Sjöholm, M., Benefits of regenerative braking and eco driving for high-speed trains, Master of Science Thesis, Royal Institute of Technology (KTH), 2011., online: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A405993&dswid=-2432> (06.08.2023.)
- [36] Kepner, R.P., Hydraulic Power Assist – A Demonstration of Hydraulic Hybrid Vehicle Regenerative Braking in a Road Vehicle Application, Journal of Commercial

- Vehicles, vol. 111., br. 2., 2002., p. 826,-833., online: <https://www.jstor.org/stable/44718608> (03.08.2023.)
- [37] Popely, R., What Is Regenerative Braking?, 2020., online: <https://www.cars.com/articles/what-is-regenerative-braking-426442/> (04.08.2023.)
- [38] MET Group Countries, 10 advantages and disadvantages of electric vehicles, 2022., online: <https://group.met.com/en/mind-the-fyouture/mindthefyouture/advantages-and-disadvantages-of-electric-cars> (06.08.2023.)
- [39] Java Point, Advantages and Disadvantages of Electric Vehicles, 2022., online: <https://www.javatpoint.com/advantages-and-disadvantages-of-electric-vehicles> (04.08.2023.)
- [40] Nissan, The Reborn Light, 2023., online: <https://www.nissan.co.jp/THEREBORNLIGHT/EN/> (07.08.2023.)
- [41] Renault Group, A second life for batteries: from energy usage to industrial storage, 2020., online: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/a-second-life-for-batteries-from-energy-usage-to-industrial-storage/> (07.08.2023.)
- [42] Vrbanus, S., Od danas novi tipovi električnih vozila u EU moraju proizvoditi buku, BUG, 2019., online: <https://www.bug.hr/propisi/od-danas-novi-tipovi-elektricnih-vozila-u-eu-moraju-proizvoditi-buku-10246> (07.08.2023.)
- [43] Fabrique Invent, Noise absorbing tunnel lining, 2022., online: <https://www.fabrique3d.com/portfolio/Infrastructure/noise-absorbing-tunnel-lining/> (01.08.2023.)
- [44] U.S. Department of Energy, All-Electric Vehicles, 2023., online: <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml> (04.08.2023.)
- [45] Hanejko, F., Induction vs. Permanent magnet motor efficiency I, Horizon Technology, 2022., online: <https://www.horizontechnology.biz/blog/induction-vs-permanent-magnet-motor-efficiency-auto-electrification> (07.08.2023.)
- [46] Buekers, J., Van Holderbeke, M., Bierkens, J., Int Panis, L., Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries, Transportation Research Part D Transport and Environment, vol. 33, 2014., p. 26-38., online: https://www.researchgate.net/publication/266450977_Health_and_environmental_benefits_related_to_electric_vehicle_introduction_in_EU_countries (02.08.2023.)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
ABS	Anti Break System	Anti-lock kočioni sistem
AC	Alternating current	Izmjenični motor
AFIR	Alternative fuel infrastructure regulation	Regulacija za infrastrukturu alternativnih goriva
AVAS	Acoustic Vehicle Alerting System	Akustični sustav za uzbuđivanje vozila
BEV	Battery Electric Vehicle	Baterijsko električno vozilo
BLDC	Brushless DC electric motor	DC elektromotor bez četkica
CCS	Combined charging system	Kombinirani sustav punjenja
DC	Direct current	Istosmjerni motor
EPA	United States Environmental Protection Agency	Agencija za zaštitu okoliša Sjedinjenih Američkih Država
EV	Electric vehicle	Električno vozilo
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicles	Električni automobili koji imaju pogon na gorive ćelije
HEV	Hybrid Electric vehicle	Hibridna električna vozila
HPA	Hydraulic Power Assist	Hidraulični asistent snage
ISG	Integrated Starter Generator	Integrirani starter generator
Li-ion		Litij-ionska baterija
NiCd		Baterija Nikal kadmij
NiMH		Nikal-metalhidrid baterija
NiOOH		Nikl-okid-hidroksohidom
Pb		Olovo
PEM	Polymer electrolyte membrane	Polimerna elektrolitska membrana
PEMFC	Proton exchange membrane fuel cell	Goriva ćelija s membranom za izmjenu protona
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle	Plug-in hibridno električno vozilo
SHVS	Smart Hybrid Vehicle by Suzuki	Suzuki smart hibridno vozilo

POPIS SLIKA

Slika 1.	Prikaz olovne baterije Camillea Alphonesa Faurea	4
Slika 2.	Elektromobil Williama Morrisona	5
Slika 3.	Hibridni automobil Wood Motor Vehicle Company of Chicago	6
Slika 4.	Prikaz električnog automobila EV1 General Motorsa	7
Slika 5.	Prikaz blok sheme elemenata električnog vozila	9
Slika 6.	Prikaz Nikal-kadmij baterije	10
Slika 7.	Olovni akumulator 6 V 7,2Ah	11
Slika 8.	Prikaz Litij-ionske baterije	11
Slika 9.	Jednofazni i trofazni BLDC motor	13
Slika 10.	Prikaz principa rada kontrolera motora unutar električnog automobila	14
Slika 11.	Prikaz sastavnica plug-in hibridnog električnog vozila	17
Slika 12.	Prikaz komponenti hibridnog električnog vozila	19
Slika 13.	Prikaz SHVS sustava	21
Slika 14.	Prikaz sastavnica 100%-og električnog automobila	23
Slika 15.	Sastavnice električnih automobila koji imaju pogon na gorive ćelije	25
Slika 16.	Prikaz kako vodikova goriva ćelija proizvodi električnu energiju	26
Slika 17.	2021 Toyota Mirai	27
Slika 18.	Prikaz sistema punjenja električnog automobila	29
Slika 19.	Prikaz Level 1 punjača	31
Slika 20.	Prikaz Level 2 punjača	32
Slika 21.	Prikaz stanice istosmjernog brzog punjenja (DC Charging),	33
Slika 22.	Prikaz konektora ovisno o razini punjenja	34
Slika 23.	Prikaz principa rada regenerativnog kočenja	37
Slika 24.	Prikaz "The Reborn Light" projekta	41
Slika 25.	Prikaz "Second life" projekta	42
Slika 26.	Ulazak u tunel s apsorbirajućim panelima	43

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Prednosti i nedostaci električnih vozila	46
------------	------------------------------------------	----