

Doprinos električnih vozila održivom razvoju

Dokoza, Hrvoje

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:015931>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Specijalistički diplomski stručni studij
Strojarske konstrukcije

Hrvoje Dokoza

DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA ODRŽIVOM
RAZVOJU

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl.ing.

Student:

Hrvoje Dokoza

Karlovac, 2016.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio samostalno, uz pomoć korištenja stručne literature, internetskih stranica i savjeta mentora.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Ljubomiru Majdandžiću na savjetima i stručnoj pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada, kao i svim profesorima i predavačima na prenesenom znanju.

Na kraju najtoplije se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj potpori i strpljenju tijekom studiranja.

Hvala.

Zagreb, 20.2.2016.

Hrvoje Dokoza

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	5
POPIS TABLICA	6
POPIS OZNAKA	7
SAŽETAK	8
SUMMARY	8
1. UVOD.....	1
2. POVIJEST ELEKTRIČNOG VOZILA	2
2.1 Nastanak električnog vozila	2
2.2 Električna vozila danas	5
2.3 Električna vozila u Hrvatskoj.....	7
3. RAZVOJ ELEKTRIČNOG VOZILA	8
3.1 Što je električno vozilo.....	8
3.1.1 Nezavisna električna vozila	8
3.1.2 Zavisna električna vozila	9
3.2 Zašto koristiti električna vozila	9
3.3 Princip rada električnog vozila.....	11
3.4 Elementi električnog vozila.....	12
3.4.1 Elektromotor	13
3.4.2 Kontroler	20
3.4.3 Akumulatorska baterija.....	21
3.4.4 Diferencijal	23
3.4.5 Monitor nadzornog i upravljačkog sustava vozila.....	24
3.4.6 Punjač akumulatorskih baterija.....	25
3.4.7 Grijanje putničkog prostora	26
3.5 Vrste električnih vozila	26
3.5.1 Hibridna električna vozila	26
3.5.2 Plug-In električna vozila.....	28
3.5.3 Električna vozila s produljenim dometom.....	28
3.5.4 Električna vozila s akumulatorskom baterijom	29
4. UPORABA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA ELEKTRIČNIM VOZILIMA	30
4.1 Autoplin	30
4.2 Biodizel.....	32
4.3 Vodik.....	32
4.4 Tekući dušik.....	34
4.5 Dimetil Eter.....	35
4.6 Amonijak.....	35
4.7 Etanol	36
4.8 Sunčevo vozilo	37
4.8.1 Sunčev automobil	37

4.8.2 Sunčev vlak.....	39
4.8.3 Sunčeva letjelica	39
4.8.4 Sunčeva plovila.....	40
4.8.5 Sunčev bicikl	40
5. RAZVOJ NOVIH SASTAVNICA ELEKTRIČNIH VOZILA	41
5.1 Dizajn.....	41
5.2 Mreža za punjenje električnih vozila.....	43
6. UTJECAJ I DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA ZAŠTITI OKOLIŠA	45
7. POGLED UNAPRIJED	51
8. ZAKLJUČAK	52
9. LITERATURA	53

POPIS SLIKA

- Slika 2.1. Električni automobil, Robert Anderson.
- Slika 2.2. Akumulatorska lokomotiva, Thomas Davenport.
- Slika 2.3. Električni automobil, Ferdinand Porsche.
- Slika 2.4. Hibridni automobil, Woods Motor Vehicle Company of Chicago
- Slika 2.5. Akumulatorska baterija, Exide
- Slika 2.6. Concept One, Rimac automobili
- Slika 3.2. Blok shema elemenata električnog vozila
- Slika 3.3. Elektromotor, Concept One, Rimac automobili
- Slika 3.5. Istosmjerni motor, ovisnost brzine vrtnje (n) o struji opterećenja (I).
- Slika 3.6. Vanjske karakteristike različitih tipova elektromotora
- Slika 3.7. Shema rada kontrolera.
- Slika 3.8. Smještaj akumulatorskih baterija, Concept One, Rimac automobili
- Slika 4.1. Upotreba UNP a pogon automobila.
- Slika 3.12. Koncept punjenja električnog vozila.
- Slika 3.9. Pokretanje inovacijskog procesa za nove baterije za električna vozila
- Slika 3.10. Diferencijal i ektromotor u sklopu ovjesa kotača, Concept One, Rimac automobili
- Slika 3.12. Koncept punjenja električnog vozila.
- Slika 3.11. Prikaz nadzornog i upravljačkog sustava automobila
- Slika 3.13. Plug-In princip rada vozila.
- Slika 4.1. Upotreba UNP a pogon automobili
- Slika 4.2. Proces nastanka biodizela
- Slika 4.3. Shema sistema rada vozila na vodik
- Slika 4.4. Proizvodnja bioetanola
- Slika 4.6. Sunčev automobil Tokai Challenger, Pobjednik utrke WSC 2009, Australija, avg. brzina 100,5 km/h.
- Slika 4.7. Solarna letjelica, Solar Impulse
- Slika 4.8. MS Turanor Planet Solar
- Slika 5.1. Ispitivanje aerodinamičnosti automobila u zračnom tunelu
- Slika 6.1. Samostojeća punionica za električna vozila
- Slika 6.1. Sustav upravljanja podacima

POPIS TABLICA

Tablica 4.1. Operativni trošak za različita pogonska goriva (cijene derivata na dan 24.01.2015)

POPIS KRATICA

EU- Europska unija
IGBC- Insulated Gate Bipolar Transistors
ZEV- automobila -Zero Emission Vehicle
HE- Hidroelektrana
TE- Termoelektrana
NE- Nuklearna elektrana
KERS- Sustav punjenja baterije regenerativnim kočenjem
BLDC-
IGBC - Insulated Gate Bipolar Transistors
PHV-Plug in hibridno vozilo
VME - Vehicle Management System
DME- Dimetil eter
RPP- Regulator promjenjivog punjenja
UPP- Uklalupljeni prirodni plin
SPP- Stlačeni prirodni plin
UNP- Ukalupljeni naftni plin
TEN-T- Trans European Transport Network
CEF- Conecting Europe Facility
NASA- National Aernautics and Space Administration

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu objašnjeni su pojmovi utjecaja alternativnih goriva sa posebnim pogledom na električna vozila kao priliku za lakše ostvarenje cilju smanjenju emisija stakleničkih plinova i buke.

Dan je prikaz tehnologija te utjecaj na provedbu planova kroz trenutne EU direktive. Dodatno kroz pogled unaprijed prikazane su mjere za poboljšanje stanja.

SUMMARY

This thesis explains influence of alternative fuels with special view on electric vehicles as a opportunity for easier reaching the target for deacresing emissions of greenhouse gasses and noise.

It has been given the view on techologies and influnce on the implementation of the plans through current EU directives.

Additonaly through view into the future situation,, the measures for improvment has been presented.

1. UVOD

Električno vozilo pokreće se elektromotorom, koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru, ili nekim drugim uređajima za pohranu energije. Kroz bogatu povijest, razvoj električnog vozila bio je vrlo popularan između kasnih 1800-tih i ranih 1900-tih. Unatoč tome što su se prvi električni automobili pojavili još početkom prošlog stoljeća, napredak u njihovom razvoju zasjenjen je masovnom proizvodnjom i uporabom jeftinijeg vozila na benzin odnosno vozila s unutarnjim izgaranjem i ponajviše zbog naftnog lobija i onemogućivanja razvoja odgovarajućih baterija. Danas i unazad nekoliko godina, električna vozila se vraćaju u modu i ponovno se javlja ogroman interes za električnim vozilima. Tome su pogodovale energetske krize 1970 i 80-ih, kao i zabrinutost oko ubrzanog povećanja cijena nafte i potrebe za smanjenjem emisije stakleničkih plinova, a ujedno i zbog ogromnog napretka u samom razvoju i konstrukciji novih dijelova, dizajnu vozila i poboljšanoj učinkovitosti baterija. Mnoge su prednosti električnih vozila u odnosu na klasične sa unutrašnjim izgaranjem: nema emisije stakleničkih plinova, manja ovisnost o fosilnim gorivima, veća učinkovitost motora, manja razina buke itd. Unatoč tome, za daljnji razvoj i globalnu primjenu električnih automobila potrebno je riješiti još nekoliko značajnih prepreka od koji je najveća ograničen kapacitet baterija i ugradnja obnovljivih izvora energije. Napredak u razvoju baterija, energetske učinkovitosti, materijala za izradu vozila, sam dizajn i bolja aerodinamičnost sigurno dovode električna vozila u svakodnevnu primjenu, a samo je pitanje vremena kada će električna vozila u potpunosti biti konkurentna klasičnim vozilima sa unutarnjim izgaranjem.

2. POVIJEST ELEKTRIČNOG VOZILA

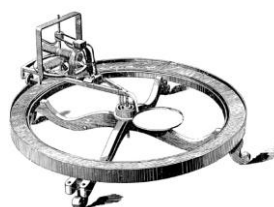
2.1 Nastanak električnog vozila

Električna vozila uživala su popularnosti između kasnih 1800-tih i ranih 1900-tih. Ovo razdoblje za električna vozila je bilo zlatno zbog toga što su električna vozila davala više komfora i jednostavnosti prilikom korištenja nego vozila pokretana fosilnim gorivima. Razvoj tehnologije uvelike je potaknut mogućnošću njene praktične primjene u svakodnevnom životu. Jedan od primjera je električni automobil koji se pojavio nedugo nakon konstrukcije prvog elektromotora. Prvi elektromotor s osnovnim dijelovima rotorom, statorom i komutatorom konstruiran je 1828. Daljnjim usavršavanjem elektromotora dolazi i do prvih komercijalnih primjena elektromotora u industriji pa tako nastaju i prva električna vozila [1].

Začetak primjene električnih vozila koje možemo pripisati Robert Andersonu bila je konstrukcija prvog električnog automobila (slika 2.1) između 1832. – 1839. godine, što je dvadeset godina prije konstrukcije prvog motora s unutarnjim izgaranjem (dvotaktni motor, 1860; četverotaktni motor 1867.). U narednim godinama 1834. Amerikanac Thomas Davenport konstruira prvi istosmjerni elektromotor i malu akumulatorsku lokomotivu (Slika 2.2) [3].



Slika 2.1. Električni automobil, Robert Anderson.



Slika 2.2. Akumulatorska lokomotiva, Thomas Davenport.

Amerikanac William H. Taylor zaslužan za daljnji razvoj elektromotora. Godine 1838. rusko njemački fizičar Moritz von Jakobi izrađuje električni motor za pogon broda na rijeci Nevi u Petrogradu. U razdoblju 1837. - 1842. u SAD-u su Thomas i Emily Davenport razvili napredniju konstrukciju Faradayevog istosmjernog elektromotora koji se koristio napajanjem iz jednokratnih baterija s primjenom u tiskarstvu i pogonu strojnih alata. Takvim načinom rada elektromotora nastajali su veliki troškovi baterijskih izvora

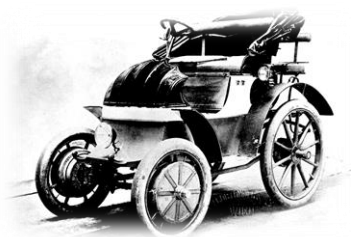
napajanja pa je potražnja za ovom vrstom motora bila zanemativa tj. premala komercijalna uporaba [3].

Godine 1842. Thomas Davenport i Robert Davidson neovisno konstruiraju bolji električni automobil koji je koristio cinkove baterije koje se nisu mogle puniti, nego su se svakim pražnjenjem morale mijenjati što je bilo vrlo skupo.

U drugoj polovici 19. st. podjednako su razvijana električna željeznička i cestovna vozila. Preteča današnjih akumulatora (olovo u kiselini), Gaston Plante u periodu 1859. – 1865. Istražuje i razvija punjive baterije. U tom periodu, 1860., konstruirao je i dinamo koji je nakon toga stekao široku primjenu, a bio je preteča današnjim generatorima. Prvu upotrebljivu električnu lokomotivu prikazao je W. Siemens na berlinskoj izložbi 1879., a već dvije godine poslije bila je elektrificirana kratka željeznička pruga u blizini Berlina. Godine 1881. Camille

Alphonse Faure (Francuska) konstruirao olovne baterije koje su bile bolje i većeg kapaciteta što je bio bitan preduvjet za daljnji razvoj električnih vozila. Godine 1886., Frank Julian Sprague konstruirao je istosmjerni motor koji je bio sposoban održati konstantnu brzinu pri promjenljivom teretu, a bio je i prvi elektromotor koji se prakticirao. Iste godine Peugeot osniva svoju prvu tvornicu automobila. Walter C. Bersey u Londonu proizvodi električne automobile za potrebe taksi prijevoza, a iste godine „Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia“ uvodi prvu flotu električnih taksija u New York-u. U to vrijeme kraj svih prednosti postojala su ograničenja električnih automobila kao što su radijus kretanja i prosječna brzina. U to doba veliki nedostatak vozila s unutarnjim izgaranjem bio je start motora jer se za pokretanje takvih motora morala koristiti vlastita snaga da bi se polugom pokrenuo motor.

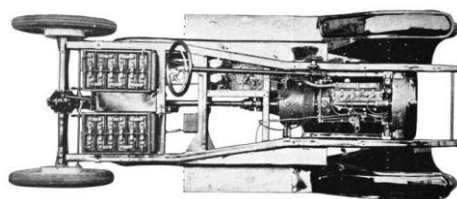
Iako danas vrlo popularan i na samom vrhu proizvođača sportskih i luksuznih automobila, malo je poznato da je prvi automobil koji je konstruirao Ferdinand Porsche bio pogonjen elektromotorom (Slika 2.3).



Slika 2.3. Električni automobil, Ferdinand Porsche.

Kasno 19. stoljeće smatra se zlatnim dobom za električne automobile. Među njima je bilo i vozila koja su obarala rekorde, npr. električni automobil belgijskog izumitelja Camillea Jenatzya koji je izgledao u obliku cigare električnog vozila, postao je 1899. prvi automobil koje je vozio brže od 100 km/h., točnije 105.3 km/h. Električni automobili komercijalno su se počeli rabiti krajem 19. stoljeća te su dominirali od tada na ulicama u Americi i Europi. Tako je bilo do 1920-ih, kada su ih istisnuli automobili s benzinskim motorom, bili su vrlo traženi[3].

Početak 20. stoljeća električna vozila u odnosu na vozila s unutrašnjim izgaranjem, imaju veći udio u ukupnom broju automobila u SAD. Kad su električni vlakovi u pitanju, šira elektrifikacija željezničkih pruga prvo je započela u Švicarskoj, a početkom 20. st. proširila se diljem svijeta, pa je električni pogon vlakova do danas ostao prevladavajući u željezničkom prometu. Godine 1912., Charles Kettering patentira električni pokretač za automobile s motorom s unutarnjim izgaranjem, nakon čega slijedi serijska proizvodnja automobila s motorima s unutarnjim izgaranjem koja dodatno smanjuje cijenu proizvodnje automobila. Prvi automobil pokretan električnim pokretačem bio je model - T (Henry Ford, 1908. - 1927.), koji je koristio etanol i benzin, a proizveden je u 15 milijuna primjeraka uz najveću brzinu vožnje od 30 km/h). Godine 1916. Woods Motor Vehicle Company of Chicago proizvodi hibridni automobil koji je bio pogonjen električnim motorom uz motor s unutrašnjim izgaranjem (Slika 2.4), a prije njih Lohner-Porsche je konstruirao prvi hibridni automobil.



Slika 2.4. Hibridni automobil, Woods Motor Vehicle Company of Chicago.

U početku 20. stoljeća električni automobili sa 38% čine većinu svih automobila u SAD, dok su vozila pogonjena parom bila nešto manje zastupljena, a ostatak su činila vozila s benzinskim motorima. Međutim nedugo nakon toga u razdoblju 1935 - 1960. dolazi do zastoja u razvoju električnih vozila. Do tog vremena je automobil temeljen na motoru s unutrašnjim izgaranjem bio vrlo neisplativ jer je cijena nafte bila vrlo visoka sve do velikog

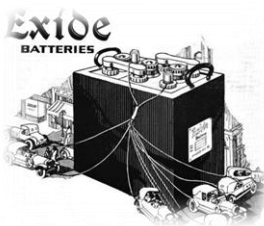
otkrića nafte u Texasu i ostalim područjima zemlje nakon čega cijena nafte strahovito pada.

Velika prednost automobila s motorom s unutrašnjim izgaranjem je bitno veća autonomija (udaljenost koju samostalno može prijeći bez punjenja rezervoara) što je važno kod međugradskih relacija odnosno kod većih udaljenosti.

Dvadesetih godina 20. stoljeća dolazi do razvoja cesta i prometne infrastrukture te se uviđa najveći nedostatak električnih automobila koji postaje sve izraženiji. Baterije koje su se koristile za napajanje elektromotora nisu dovoljne za duže i intenzivnije vožnje električnim automobilom, a njihova zamjena i punjenje su zahtijevale mnogo više vremena u odnosu na automobile s motorima s unutrašnjim izgaranjem.

Otpribliže u isto vrijeme otkrivaju se i ogromna nalazišta nafte diljem svijeta (uglavnom SAD) te naftni derivati postaju najisplativiji izvor energije, a automobili s unutarnjim izgaranjem, zahvaljujući serijskoj proizvodnji, nameću se kao jeftinije i pouzdanije prijevozno sredstvo.

Razvoj tehnologije električnih vozila u to doba bilo je ograničeno razvojem akumulatorskih baterija kao najslabijom komponentom. U periodu 1910. - 1925. proizvođač akumulatorskih baterija „Exide“ su najviše tehnološki napredovali u razvoju akumulatorskih baterija npr.: kapacitet akumulatora povećan je za 35%, vijek trajanja za 300%, radijus kretanja vozila za 230%, troškovi održavanja akumulatora su smanjeni za 65%.



Slika 2.5. Akumulatorska baterija, Exide

2.2 Električna vozila danas

Danas je električni automobil ponovo postao vrlo zanimljiv jer je suvremeni održivi razvoj utemeljen na ekologiji i štednji energije. Visoke cijene goriva i loše nastala klima, dovelo je do povećanja svijesti potrošača, pa je tako električno vozilo opet pronašlo svoje mjesto s ciljem za daljnje razvijanje i uporabu[4].

To je svakako potaklo na intenzivnije istraživanje za punjenje i raspon napunjenosti akumulatorskih baterija. Jedno od misli za budućnost okoliša i sprječavanje ugljičnog dioksida, dušikovog oksida i štetnih čestica, kao i na nedostatak resursa, okreće razvoj vozila prema alternativnim načinima razvoja na prirodnim temeljima.

Energija za potrebe transporta iznosi 40-60% ukupne potrošnje fosilnih goriva. Električna vozila trebaju električnu energiju za pogon koja se dobiva iz elektrana. Tijekom noći elektroopskrbne tvrtke imaju problem s plasiranjem električne energije zbog njihovog načina rada (protočne HE, pogonski minimum TE, NE). Također, električna energija koja se dobiva iz TE (fosilna goriva) ima značajno bolji stupanj korisnog djelovanja nego je to slučaj u motorima s unutrašnjim izgaranjem. To ukazuje na mogućnost dobre sinergije između elektroopskrbnih tvrtki i potreba za električnom energijom za električna vozila, poglavito ako bi se punjenje obavljalo većinom u noćnom vremenu (jeftinija noćna tarifa obračuna električne energije). Do sada ipak elektroopskrbne tvrtke nisu prepoznale ovu zanimljivu poslovnu mogućnost.

U današnje vrijeme električna vozila su po radijusu kretanja i cijeni po km idealna za gradske potrebe kao što su gradska vožnja i slično. Danas otovo svi proizvođači automobila imaju rade na razvoju električnih vozila (npr. GM EV1, Ford Ranger EV, Ford e-Ka, Honda EV+, Toyota e-Com, Tesla Model S, BMW i3, VW Golf electric i drugi).

Također, u današnje vrijeme u razvoju električnih automobila pridružuju se nove tvrtke poput Siemens i drugih koji rade na razvoju nekih od komponenti ili dijelova električnog vozila. Početkom 1990-ih, nakon osviještenosti, SAD, Europa i ostale zemlje svijeta traže ekološki prihvatljive automobile, s ciljem smanjenja emisija ispušnih plinova i povećanom i potpomognutom proizvodnjom ZEV automobila (Zero Emission Vehicle). Tako se sve veće zemlje svijeta u cilju imale da se postigne broj automobila (0% emisija ispušnih plinova) od 10% od ukupnog broja automobila. Na to su proizvođači automobila reagirali razvijanjem i plasiranjem električnih automobila na tržište.

Godine 1996 General Motors izbacuje na tržište EV1 električni sportski automobil sa autonomijom od 120 km koji je postizao brzine do 130 km/h.

Određeni ekološki zakoni predstavljali su velike muke automobilskoj industriji na što se oni žale. Tako su svjetske administracije donijele nove ekološke zakone u korist etanola i biodiezela. Kasnije 2000-ih donešene su nove promjene zakonodavstva te si usmjerene na razvoj energetske učinkovitosti.

Tijekom cijelog 20. stoljeća, električni automobili su u potpunosti zasjenjeni vozilima s pogonskim motorom s unutarnjim izgaranjem, no od početka 2000-ih ponovo raste veliki

interes za energetska učinkovitija električnih vozila i na tom području su do danas napravljeni veliki koraci u tehnologiji izrade akumulatorskih baterija, elektronici i ostalim bitnim čimbenicima.

Električna vozila rade vrlo tiho i nemaju direktnu emisiju štetnih plinova na mjestu. Sve veći naglasak stoji na ekološkoj osviještenosti, ali i zbog osviještenosti da su naftne rezerve prema sadašnjim saznanjima ograničene, ponovo se stavlja električni automobili u fokus mogućih tehničkih rješenja u prometu, pa se nakon konceptnih automobila javljaju i prvi modeli u serijskoj proizvodnji (sportski model *Tesla Roadster* američke tvrtke Tesla motors proizvodi se od 2008) [3].

2.3 Električna vozila u Hrvatskoj

Električna vozila u Hrvatskoj uglavnom se primjenjuju u gradskom javnom te željezničkom prometu. Tramvaji pogonjeni istosmjernom strujom napona 660 V prometovali su u Rijeci od 1899., Zagrebu od 1910., a u Osijeku od 1926. Razvoj infrastrukture i elektrifikacija željeznice u Hrvatskoj započela je instaliranjem istosmjernoga sustava napona 3 kV na pruzi Rijeka–Šapjane na hrvatsko-slovenskoj granici, a tim je sustavom elektrificirana i pruga Rijeka–Ogulin. Ostale elektrificirane hrvatske pruge imaju izmjenični napon 25 kV i frekvenciju 50 Hz. Od ukupno 2700 km pruga u Hrvatskoj (u 2000. god.) elektrificirano je 915 km. Proizvodnja elektrovočnih sredstava (tramvaji, dizelsko-električne diodne i tiristorske lokomotive) ima u Hrvatskoj dugu tradiciju, a okosnicu proizvodnje čine tvrtke „Končar“ iz Zagreba, „Đuro Đaković“ iz Slavenskoga Broda i „TŽV Gredelj“ iz Zagreba. Posebno se ističe razvoj i izradba dizelsko-električnoga motornog vlaka (1962), koji je bio jedan od prvih primjera suvremenoga motornog vlaka, tiristorske lokomotive (1981), tada jedne od najmodernijih u svijetu, te najnovijega niskopodnoga tramvaja TMK 2200 (2005). U posljednje su se doba hrvatski inovatori i poduzetnici uključili u razvoj električnih automobila, pa su tako 2011. predstavljena dva konceptna modela tih vozila, gradski automobil (DOK-ING XD) istoimene tvrtke iz Zagreba te sportski automobil Concept One tvrtke Rimac automobili iz Svete Nedelje (Slika 2.6) [2].



2.6. Concept One, Rimac automobili

3. RAZVOJ ELEKTRIČNOG VOZILA

3.1 Što je električno vozilo

Električno vozilo je vozilo pokretano elektromotorom. Elektromotorni pogon takvih vozila naziva se i električnom vučom, pa se ponekad ta vozila nazivaju i elektrovučnim vozilima. Električna vozila uglavnom ne ispuštaju ispušne plinove ako se neradi o hibridnim vozilima, ne stvaraju buku, imaju bolji stupanj djelovanja i bolja vozna svojstva od vozila pogonjenih motorom s unutarnjim izgaranjem jednake snage, pa su njihove prednosti znatne. Ipak, zbog ograničene autonomnosti uzrokovane tehničkim poteškoćama vezanim uz dobavu električne energije i problem kapaciteta akumulatorskih baterija, ta su vozila široku primjenu zasad našla u javnom prometu (željeznica, tramvaj i dr.) te za slučajeve autonomnoga teretnoga i osobnoga prijevoza (za prijevoz manjih tereta unutar tvorničkih pogona, skladišta i sl., elektrotaksiji i druga laka električna vozila za prijevoz osoba i tereta, a za prijevoz gradskim četvrtima i osobni transporteri, električni bicikli, motocikli i sl.). U posljednje doba intenzivno se radi na razvoju i postupnom uvođenju električnih osobnih automobila, pa se vjeruje kako će oni u budućnosti preuzeti znatan dio automobilskega tržišta. Nekonvencionalna vozila, kao npr. pružna lebdeća vozila pogonjena linearnim elektromotorima, tek su u početnoj fazi primjene.

Prema načinu dobave električne energije razlikuju se nezavisna i zavisna električna vozila.

3.1.1 Nezavisna električna vozila

Nezavisna električna vozila crpe električnu energiju koja je potrebna za pogon elektromotora iz izvora ugrađenog u samom vozilu (akumulatorska baterija). Kod akumulatorskih vozila električna energija je pohranjena u akumulatoru (npr. kod električnog automobila), a kod nekih drugih nezavisnih vozila električna energija se dobiva izgaranjem goriva, što se ostvaruje radom električnoga generatora u kombinaciji sa

dizelskim ili benzinskim motorom, rjeđe plinskom turbinom (vozila s hibridnim pogonom). Izvor električne energije može biti i gorivi članak s izravnom pretvorbom kemijske u električnu energiju, ili sunčana baterija (kao kod sunčanog ili solarnog automobila).

3.1.2 Zavisna električna vozila

Zavisna električna vozila preuzimaju električnu energiju iz elektroenergetske mreže preko kontaktnoga voda i pantografa koji po njemu klizi (npr. električna lokomotiva, tramvaj) ili s pomoću posebne tračnice (podzemna željeznica). Tehničke i ekonomske prednosti električnoga pogona osobito su uočljive u željezničkom prometu. U odnosu na parni i dizelski pogon ističe se pouzdanošću, većom instaliranom snagom po osovini, prijevoznom i propusnom moći pruga, a manjim utroškom energije, troškovima iskorištavanja i štetnim utjecajem na okoliš. Zbog velikih investicijskih ulaganja u elektrifikaciju željeznica, navedene prednosti dolaze do izražaja kod većih gustoća prometa. Na elektrificiranim željezničkim prugama električna energija dovodi se do elektrovučnih podstanica, koje izravno napajaju kontaktne mreže pojedinih dionica pruge. U njima se izmjenična struja visokog napona pretvara u istosmjernu ili izmjeničnu struju onog napona i frekvencije koji odgovara vrsti sustava električnoga pogona. Istosmjerni sustavi napajanja nazivnih su napona 1,5 kV ili 3 kV dok su sustavi gradskoga prometa nazivnoga napona između 600 V i 750 V. Njihovi su nedostaci razmjerno masivan kontaktni vod te gusto raspoređene elektrovučne podstanice. Izmjenični sustavi napajanja u znatnoj mjeri otklanjaju nedostatke istosmjernih sustava. U upotrebi su sustavi napona 15 kV i frekvencije $16\frac{2}{3}$ Hz te noviji sustavi napona 25 kV i frekvencije 50 Hz, a njihovu je primjenu potaknuo razvoj poluvodičke energetske elektronike 1960-ih. Za električni pogon rabe se kolektorski istosmjerni ili jednofazni elektromotori te trofazni asinkroni elektromotori. Trofazni asinkroni motori se odlikuju znatno povoljnijim omjerom mase i nazivne snage, lakše se održavaju, a moguća je i fina regulacija vučne sile i brzine vožnje[2].

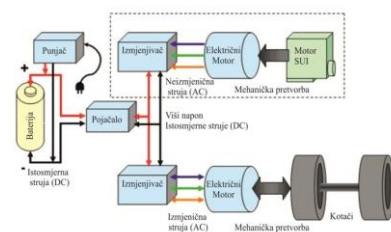
3.2 Zašto koristiti električna vozila

Električna vozila imaju nekoliko mogućih prednosti u odnosu na konvencionalna vozila s motorima s unutarnjim izgaranjem, koje uključuju značajnu razliku između cijene

električne energije u odnosu s cijenom naftnih derivata, smanjenje onečišćenja zraka u gradovima, jer oni ne ispuštaju onečišćenja tijekom rada, smanjene emisije stakleničkih plinova, ovisno o gorivu i tehnologiji koja se koristi za proizvodnju električne energije za punjenje akumulatora, manju ovisnost o nafti. Također smanjenje buke koja potiče iz prometa, kroz gotovo nečujan rad električnih vozila[5].

3.3 Princip rada električnog vozila

Električni sustav električnog vozila je zatvoren krug sa samostalnim izvorom napajanja odnosno sa akumulatorskom baterijom ili ako se radi o hibridnom vozilu izvor napajanja može biti kombiniran sa motorom s unutrašnjim izgaranjem koji mehaničku energiju pretvara u električnu koja se akumulira u bateriju. Također kod današnjih automobila električnu energiju možemo dobiti i regenerativnim kočenjem (KERS) kod kojeg se dio kinetičke energije koja bi bila izgubljena kao toplina, na principu zamašnjaka ili generatora sprema u neki drugi oblik energije



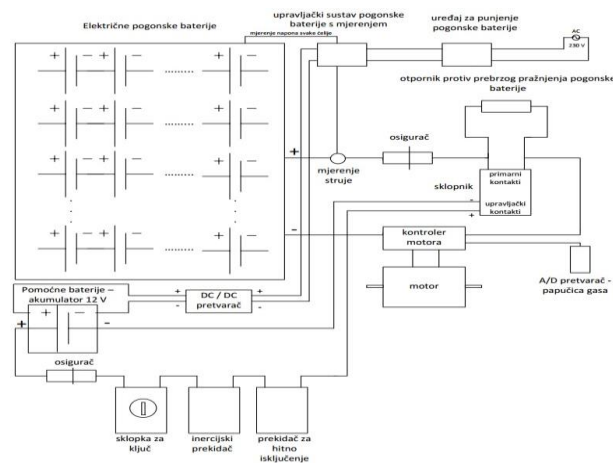
Slika 3.1. Shema rada električnog vozila.

Kod električnih vozila s baterijom, koji nemaju motor s unutrašnjim izgaranjem, krug rada samog vozila temelji se od akumulatorske baterije. Takav sistem mora se puniti putem priključka na elektroenergetsku mrežu. Za punjenje akumulatorske baterije koriste se punjači koji izmjenični napon mreže pretvaraju u istosmjerni napon baterije te se tim putem na kućnom priključku baterije mogu puniti u prosjeku od 6 do 8 sati. Suvremeni automobili imaju baterije napona od 12(V). Akumulatorska sposobnost se mjeri u (amp) pa tako npr. baterija od 56ah bi trebala biti u mogućnosti dostaviti struje od 1 amp za 56 sati, ili 2 pojačala za 28 sata. Ako napon akumulatora padne, manje su i struje, a na kraju vrijednosti napona i struje nisu dovoljne da bi komponente radile. Akumulatorska baterija je jedini izvor energije i ona šalje istosmjernu struju prema pojačalu koji dobivenu struju i napon povećava na veće iznose. Nakon pojačala struja koja se u izmjenjivaču pretvara u izmjeničnu struju odlazi u električne motore koji su najvažnije komponente svakog električnog vozila. Električnu energiju pretvaraju u mehaničku energiju koristeći princip elektromagnetske indukcije, a ta mehanička energija se putem transmisije prenosi na kotače. Kontroler je također bitan i zadužen je za upravljanje rada električnog motora i on je funkcionalna cjelina s elektromotorom[6].

3.4 Elementi električnog vozila

Osnovni elementi za pogon električnog vozla su električni motor, električne pogonske baterije te upravljač odnosno kontroler motora. Ostali dijelovi električnog automobila su: analogno-digitalni pretvarač signala papučice gasa koji daje ženjene informacije brzine, sklopnik, osigurač ili prekidač, istosmjerni pretvarač napona za pogon uobičajeno ugrađenih trošila vozila na naponskoj razini 12 V (svjetla, pokazivači smjera, brisači, zvučni signal, radio uređaj i slično), mjerni instrumenti za upravljanje vozila (pokazivač preostalog kapaciteta baterija, napon, struja, snaga, brzina), punjač baterija.

Ostali dijelovi koje vozilo na električni pogon mora sadržavati su: kabeli pogonskog napona, kabeli pomoćnog napona 12 V, baterije pomoćnog napona 12 V, kableske stopice te kabelski priključci. Baterija je komponenta koja određuje ukupne karakteristike električnog vozila te ona definira njegovu cijenu, autonomiju i njegovu raspoloživost. Dva su čimbenika koji određuju performanse baterije: energija (pređena udaljenost) i snaga (ubrzanje). Ostali dijelovi koje vozilo na električni pogon može sadržavati su: sklopka za ključ, prekidač hitnog isključenja, inercijski prekidač, otpornik protiv prebrzog pražnjenja električne pogonske baterije, upravljački sustav baterija, grijači za grijanje unutrašnjosti vozila, upravljački sustav električnog vozila, vakuumska pumpa (ukoliko postoji potreba u kočionom sustavu), električna pumpa za pogon servo-sustava upravljanja volanom, ako isti postoji a nije riješen hidrauličkom pumpom s remenskim prijenosom.



Slika 3.2. Blok shema elemenata električnog vozila.

3.4.1 Elektromotor

Sigurno najveća razlika između klasičnih i električnih automobila jest motor. Konvencionalni automobili koriste benzinske ili dizel motore, za razliku od električnog automobila kojeg pokreće elektromotor. Najvažnija komponenta svakog električnog automobila je električni motor. Električni motor je električni stroj koji električnu energiju pretvara u mehaničku koristeći princip elektromagnetske indukcije. Elektromotori su znatno jednostavnije konstrukcije od motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Moderni motori sa unutrašnjim sagorijevanjem se sastoje od oko tisuću sitnih dijelova, dok se elektromotor u pravilu sastoji od tri do pet pokretnih dijelova, što ih čini znatno pouzdanijim i trajnijim. Motori konstrukcijski imaju dva namota (stator i rotor) od kojih je jedan uzбудni a drugi radni ili armaturni namot. Postoje i konstrukcije gdje je uzбудni namot zamijenjen permanentnim magnetima. Ovakvi motori zahtijevaju jako malo ili praktički ništa održavanja zbog toga što nemaju potrošnih dijelova. Elektromotor u pravilu omogućuje linearno i besprekidno ubrzavanje vozila sa znatno većom karakteristikom vuče u odnosu na konvencionalna vozila. S druge strane, električni automobili ne posjeduju mjenjačke kutije. Eliminacija mjenjačke kutije znatno smanjuje masu automobila, što ujedno dovodi do znatno manje potrošnje goriva a sa mehaničke strane smanjuje cijenu vozila sa te strane.



Slika 3.3. Elektromotor, Concept One, Rimac automobili

Postoji više vrsta elektromotora koji se znatno razlikuju po svojoj konstrukciji i principu rada. S obzirom na vrstu struje i izvor koji koriste razlikujemo:

- istosmjerne motore,
- izmjenične motore,
- univerzalne motore

Motori koji za svoj rad koriste istosmjernu struju nazivamo istosmjerni motori (DC), dok motori kojima je za rad potrebna izmjenična struja nazivamo izmjeničnim motorima (AC).

Univerzalni motori su takvi motori koji za rad mogu koristiti i istosmjernu i izmjeničnu struju.

Svaka od ovih grupa se dalje dijeli na svoje podvrste s obzirom na konstrukciju. Tako razlikujemo istosmjerne i izmjenične motore:

- motore s trajnim magnetima (istosmjerni motori),
- motore sa paralelnom, serijskom ili kombiniranom vezom (istosmjerni motori),
- sinkrone i asinkrone motore (izmjenični motori).

Svi se oni razlikuju i po naponu potrebnom za rad, a kod izmjeničnih motora je također bitna i frekvencija struje. Za pogon električnih automobila koriste se sve vrste ovih motora.

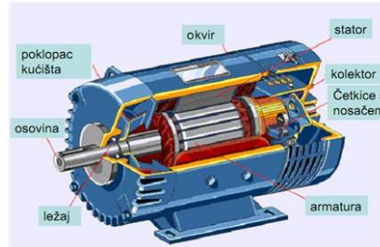
3.4.1.1 Istosmjerni motori

Istosmjerni motor je elektromehanički uređaj koji istosmjernu struju pretvara u rotacijsko gibanje. Ukoliko se rotor istosmjernog motora mehanički spoji s izvorom rotacijskog gibanja (motor s unutarnjim sagorijevanjem, turbina, i sl.) na izvodima će se inducirati napon, prema pravilu desne ruke, čime je realiziran istosmjerni generator.

Najjednostavniji istosmjerni motor je 1821. godine otkrio Michael Faraday. Taj se motor sastojao od slobodnog zavoja žice koji je slobodno plutao na sloju žive, a u čijem se središtu nalazio magnet. Kada se kroz zavoj žice propustila istosmjerna struja oko zavoja se stvorilo magnetsko polje uslijed čega se žica počela okretati oko magnetu (motor s trajnim magnetima).

Klasični istosmjerni motor se sastoji od rotirajuće armature koja je oblikovana u obliku elektromagneta s dva pola i od statora kojega čine dva permanentna magnetu (Slika 3.4). Krajevi namota armature spojeni su na rotacijski prekidač, komutator, koji prilikom svakog okretaja rotora dvaput mijenja smjer toka struje kroz armaturni namot stvarajući tako moment koji zakreće rotor. Protjecanjem istosmjerne struje kroz vodič koji se nalazi u magnetskom polju stvara se, prema pravilu lijeve ruke, sila koja zbog svog hvatišta, koje se nalazi izvan osi rotacije rotora, stvara moment koji zakreće rotor. Električna veza između rotora i izvora istosmjerne struje se ostvaruje tako da se izvor istosmjerne struje spoji na grafitne četkice koje kližu po komutatoru. Iskrenje četkica dovodi do polaganog uništavanja grafitnih četkica, ali i do oksidacije i trošenja komutatora, pa je to glavni nedostatak ove vrste motora.

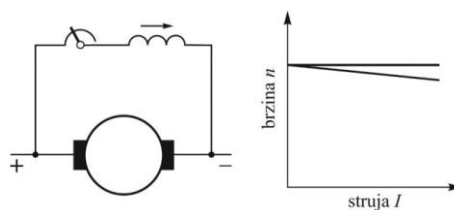
Iskrenje se pojačava ukoliko se povećava: brzina okretanja motora, napon, opterećenje, odnosno struja kao posljedica povećanja napona ili opterećenja. Iskrenje osim samog uništavanja komutatora i četkica za posljedicu ima i stvaranje čujnog i električnog šuma.



Slika 3.4. Presjek istosmjernog motora

Zbog nedostataka koje uzrokuje komutator u novije vrijeme razvijen je istosmjerni motor bez četkica koji na rotoru ima permanentni magnet, dok se kroz statorske namote propušta struja koja dovodi do zakretanja rotora. Strujom koja prolazi kroz statorske namote se upravlja elektroničkim sklopom, tzv. elektroničkim komutatorom ili inverterom, koji zamjenjuje klasični komutator. Da bi se moglo ispravno odrediti kroz koji namot će elektronički komutator poslati struju, i struju kojeg smjera, takav motor mora imati senzor položaja rotora na osnovu čega se upravlja radom samog komutatora.

Brzina okretanja istosmjernog motora ovisi o kombinaciji napona i struje koji teku kroz armaturu, te o opterećenju. Brzina motora proporcionalna je naponu, dok je moment proporcionalan struji. Upravo zbog ovih svojstava se istosmjerni motor vrlo često koristi u elektromotornim pogonima koji zahtijevaju upravljanje brzinom zahvaljujući razvoju energetske elektronike pojednostavilo se upravljanje brzinom i ostalih vrsta elektromotora[11].



Slika 3.5. Istosmjerni motor, ovisnost brzine vrtnje (n) o struji opterećenja (I).

Zbog mogućnosti kontinuirane promjene brzine okretanja istosmjerni se motor rabi u industriji te za pogon tračnih i nekih posebnih vozila (tramvaja, lokomotiva, elektromobila i dr.). Brzina se mijenja na razne načine, a u suvremenim se pogonima upravlja računalom. Zbog mogućnosti napajanja iz akumulatorskih baterija, istosmjerni se motor rabi i kao pokretač motora s unutarnjim izgaranjem (npr. u automobilima i dizelskim agregatima). Ipak, zbog izradbe komutatora i njegova održavanja te habanja četkica i popratnog iskrenja, istosmjerni se motor, s obzirom na nabavnu cijenu i pogonsku pouzdanost, manje koristi nego kavezni asinkroni motor [12].

3.4.1.2 Izmjenični motori

Izmjenični motor može biti asinkron i sinkron. Izmjenični asinkroni ili indukcijski motor na koji se električna energija prenosi beskontaktno (indukcijom) djelovanjem okretnog magnetskog polja koje stvara sustav višefaznih struja u statoru, najviše se rabi u industrijskim postrojenjima i električnim vozilima i dr.. Takav motor izveden za priključak na jednofaznu mrežu služi i u manjim uređajima, npr. u radioničkim, laboratorijskim i kućanskim uređajima (crpke, perilice rublja i posuđa, hladnjaci).

U asinkronom motoru okretno se magnetsko polje stvara prolaskom trofazne struje kroz trofazne namote smještene na statoru. Ono se može stvoriti i priključkom motora na jednofazni izvor, ako se dva fazna namota prostorno pomaknu za prikladan kut i ako se u jedan namot doda kondenzator, kojim se ostvari fazni pomak među strujama kojima se napajaju ta dva namota (kondenzatorski motor). Nastalo okretno statorsko magnetsko polje inducira u rotorskim vodičima napone i struje koje stvaraju svoje okretno magnetsko polje. Međudjelovanjem tih dvaju polja stvaraju se elektromagnetske sile i zakretni momenti uzrokuju vrtnju rotora. Te sile i momenti postoje samo dotle dok silnice okretnoga polja sijeku vodiče rotora, a nestale bi onoga časa kada bi se brzine rotora i okretnoga polja izjednačile (sinkrona brzina), tj. kada bi nestalo relativnoga gibanja vodiča rotora prema okretnome polju, pa prema tome i induciranih napona i struja u rotorskim vodičima. Za ispravan rad takva motora nužno je da brzina vrtnje rotora bude neznatno manja od sinkrone brzine (tzv. klizanje rotora), pa odatle naziv asinkroni motor.

Teorija rada asinkronog motora kaže ako se između dva suprotna magnetna pola stavi vodič, a kroz vodič pusti električna struja, tada će se vodič izmaknuti iz tog magnetnog polja. Na vodič djeluje sila, koja ga odmiče iz magnetnog polja. Sila je ovisna o

jakosti magnetske indukcije, o jakosti struje u vodiču i o dužini vodiča u magnetskom polju.

Iz toga proizlazi slijedeće:

$$F = B \times l \times I \quad (1-1)$$

gdje je:

F – sila [N]

B – magnetska indukcija [T]

l – dužina vodiča [m]

I – jakost struje [A]

Želi li se magnetsko polje približiti vodiču, vodič će uvijek odmicati od magnetskog polja. Smjer sila kojom magnetsko polje djeluje na vodič određuje se pravilom lijeve ruke. Ako se kroz vodič ne pusti struja, on će mirovati. Prikluči li se na krajeve tog vodiča vrlo osjetljivi voltmetar, vodič uhvati čvrsto nekim izolacijskim materijalom, a pomiču se magnetski polovi (dakle i magnetsko polje) u jednu stranu tako da silnice sijeku vodič, može se zapaziti kako se kazaljka voltmetra pomiče. Voltmetar tada registrira napon. Taj napon je veći što je magnetsko polje jače, što je brže njegovo kretanje i što je veća dužina vodiča zahvaćena homogenim magnetskim poljem.

Inducirani napon E_l razmjernan je gustoći magnetskog toka B , brzini njegova kretanja v i dužini vodiča u tom polju l :

$$E = B \times l \times v \quad (1-2)$$

gdje je:

v – brzina kretanja

Smjer induciranog napona određuje se pravilom desne ruke. U oba primjera; magnetsko polje je homogeno i kretanja su uvijek okomita[13].

Prednosti asinkronih elektromotora u odnosu na istosmjerne (po jedinici snage) su: manja masa, manje dimenzije, manji moment inercije, manja cijena, veća brzina vrtnje, veći stupanj korisnog djelovanja (0,95-0,97 u odnosu na 0,85-0,89), jednostavno i jeftino održavanje. Prednost istosmjernih elektromotora u odnosu na asinkrone je lakše i jeftinije upravljanje.

Kavezni motor je najčešće upotrebljavana vrsta asinkronoga motora nazvan prema rotorskom namotu koji se sastoji od neizoliranih, najčešće aluminijskih vodiča simetrično raspoređenih po obodu željezne jezgre rotora i kratko spojenih na oba kraja, što nalikuju kavezu ili krletki.

Sinkroni motor ne razlikuje se u izvedbi statora od asinkronoga, ali su na rotoru ugrađeni trajni permanentni magneti ili je rotorski namot napajan istosmjernom strujom iz posebnog izvora. Takav će se rotor vrtjeti sinkrono s okretnim poljem stvorenim višefaznim statorskim strujama. Brzina vrtnje sinkronoga motora proporcionalna je frekvenciji izvora na koju je motor priključen, a kako je ta frekvencija stalna, stalna je i brzina vrtnje bez obzira na opterećenost motora. Prednost je sinkronoga motora prema asinkronomu što ne opterećuje mrežu jalovim strujama za svoje magnetiziranje, čak može davati jalovu struju u mrežu.

Danas se u vozila ugrađuju BLCD motori koji su sinkroni strojevi. Takav motor ima visoku učinkovitost, veliki okretni moment, tih rad, kompaktan je, pouzdan, malih troškova održavanja.

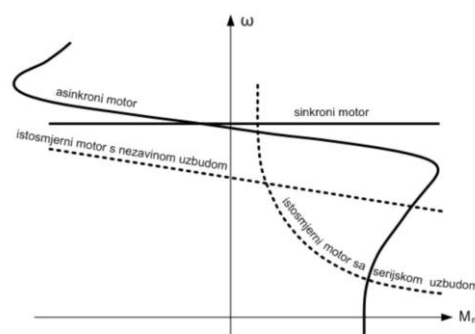
Trofazni BLDC motor radi na način da su dvije faze koje proizvode najveći okretni moment pod naponom, dok je treća faza isključena. Pozicija rotora uvjetuje koje dvije faze će biti uključene. Struja koja protječe kroz fazni namot L1 statora, stvara magnetsko polje koje će privući permanentni magnet rotora. Ovim procesom započinje okretanje rotora elektromotora. Ukoliko se u određenom trenutku napon s jedne faze prebaci na drugu fazu (s faze L1 na fazu L2), dolazi do pomicanja magnetskog polja statora u pozitivnom smjeru za 120° pa će se i rotor nastaviti kretati u istom smjeru. Kretanje rotora se nastavlja uslijed stvaranja rotacijskog elektromagnetskog polja koje nastaje kao posljedica prebacivanja struje iz jednog faznog namota u drugi fazni namot. U slučaju da se promjeni redosljed uključivanja faza, rotor će se početi okretati u suprotnom smjeru[3].

3.4.1.3 Univerzalni motori

Univerzalni motor sadrži komutator i zato može biti priključen na istosmjerni ili izmjenični izvor. Na istosmjernom naponu radi kao serijski istosmjerni motor, a na izmjeničnome naponu smjerovi magnetiziranja uzbudnog i armaturnog namota istodobno se mijenjaju u ritmu frekvencije izmjenične mreže, čime se ostvaruju uvjeti za motorski rad. Zbog svoje univerzalnosti prikladan je za primjenu u laboratorijskim, radioničkim i kućanskim aparatima

3.4.1.4 Vanjska karakteristika elektromotora i tereta

Moment elektromotora (i tereta) M je funkcija brzine vrtnje ω . Matematičku funkciju brzine elektromotora ovisne o momentu elektromotora $\omega = f_1(M_m)$ nazivamo vanjskom ili mehaničkom karakteristikom elektromotora. Matematičku funkciju brzine elektromotora ovisne o momentu tereta $\omega = f_2(M_t)$ nazivamo vanjskom ili mehaničkom karakteristikom pogona. Elektromotor treba osigurati najprikladniji rad sustava u stacionarnim i prelaznim režimima rada (zaletu, kočenju, promjeni opterećenja ili drugih utjecajnih veličina). Vanjska karakteristika motora služi kao osnovni kriterij pri izboru vrste motora za radni mehanizam, (Slika 3.6) [3].



Slika 3.6. Vanjske karakteristike različitih tipova elektromotora.

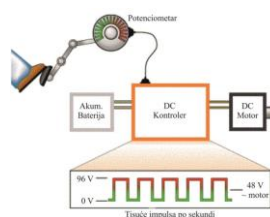
Uz vanjsku karakteristiku kod elektromotora značajno je odrediti i elektromehaničku karakteristiku, koja predstavlja ovisnost brzine vrtnje o jakosti struje $\omega = f(i)$.

Gledajući na same karakteristike elektromotora, u današnje vrijeme čak i obični DC elektromotori mogu nadmašiti bilo koji motor s unutarnjim izgaranjem u gotovo svim područjima. Učinkovitost, iznimno brz odaziv, širok raspon raspoložive snage, kompaktna veličina, regenerativno kočenje i visoki okretni moment samo su neke od prednosti elektromotora.

Primjer uspješnog koncepta primjene električnog pogona koji rabi sinkrone elektromotore kojima rotor sadrži stalne magnete je nazvan Concept One.

3.4.2 Kontroler

Jedan od najbitnijih dijelova kod električnog vozila jest kontroler koji upravlja radom električnog motora te sustavom vozila i služi da posredstvom računala, u kojem je programska potpora (software), istosmjerni napon baterija pretvara u izmjenični trofazni izvor za elektromotor. Računalo i njegova programska potpora su u prednjem dijelu automobila, ugrađeni u komandnu tablu, a za rukovanje s njim u današnje vrijeme služi monitor osjetljiv na dodir. Računalo vozila nadzire njegovo stanje, koordinira sve potrebne radnje i reagira na promjene vanjskih uvjeta vožnje izdavanjem odgovarajućih naloga energetske jedinici i ostalim ugrađenim sustavima koji omogućavaju veću stabilnost vožnje i sigurnost putnika. U usporedbi sa dijelovima klasičnih motora, kontroler možemo usporediti sa Bosh-pumpom kod dizel motora, ili sa rasplinjačem kod starijih benzinskih motora.



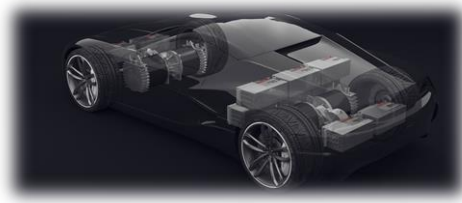
Slika 3.7. Shema rada kontrolera.

Najvažniji dio kontrolera je elektroničko prekidačko poluvodičko polje sastavljeno od prekidača. Svaki prekidač sastavljen je od bipolarnih tranzistora (IGBC - Insulated Gate Bipolar Transistors). Njihovim preklapanjem ostvaruje se trofazni izvor potreban za napajanje električnog motora. Preklapanje se vrši do 32'000 puta u sekundi koje nadzire upravljački sustav s dva procesora, primarnim-radnim koji nadzire okretno magnetsko polje i sekundarnim-sigurnosnim koji nadzire odnos pritiska na pedalu 'gasa' i vrtnje kotača i usklađuje ih.

Kontroler svojim procesorom kontrolira zbivanja kada je automobil u pogonu. Procesor prati papučicu gasa i koristi podatke za kontrolu struje motora. Kako bi osigurali da se generira moment koji je prikladan za stanje automobila, odnosno drugih komponenti u automobilu, koriste se i drugi procesori izvan modula. Na primjer, ako su navedeni procesor i procesor koji prati stanje baterija izračunali da je baterija puna, regenerativni moment se smanjuje, a ako je putem senzora procesor detektirao da je motor prešao idealnu temperaturu, struja motora se smanjuje.

3.4.3 Akumulatorska baterija

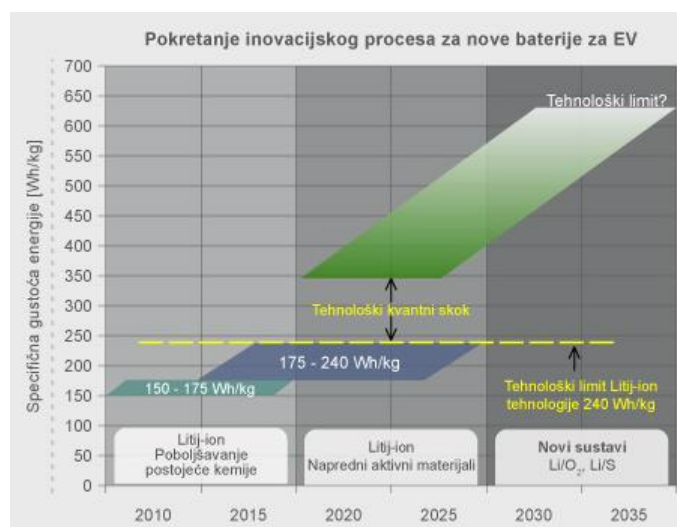
Baterije, odnosno skladištenje energije predstavlja glavni razlog sporog razvoja električnih automobila. Začetkom razvoja električnih automobila koristile su se olovne baterije ali su se zbog relativno loših karakteristika takvih baterija, na tržištu pojavile nove baterije zasnovane na litiju. To su zapravo litij-ionske baterije o čijem kapacitetu ovisi autonomnost kretanja električnog automobila. Litijske baterije su u pravilu tri puta lakše i manje od olovnih baterija za isti kapacitet. Neki tipovi ovakvih baterija podnose brza punjenja i uz uporabu dovoljno snažnog punjača mogu se napuniti i za dvadeset minuta. Trajnost i karakteristike baterije ovise o vrsti litijske tehnologije, primjerice LiFePO₄ baterije mogu podnijeti do tri tisuće ciklusa punjenja, sukladno garanciji proizvođača. Neki tipovi baterija podnose ultra brza punjenja te se mogu napuniti za 15 do 30 minuta. U današnje vrijeme kapaciteti baterija dovoljni su da mogu pokriti prosječne dnevne potrebe korištenja osobnog vozila. Ako govorimo o olovnim baterijama u pravilu za skladištenje jednog kWh električne energije potrebno je oko 60 kg baterija. Ako to prevedemo u domet za neki prosječni gradski auto, potrebno je oko 7 kg baterija za jedan prijeđeni kilometar, dakle za 100 kilometara dometa trebalo bi oko 700 kg baterija, što bi zauzimalo 300 litara prostora. Olovne baterije ne podnose brza punjenja (manje od dva sata). Vijek trajanja akumulatorskih baterija izražava se u broju ciklusa (punjenje-pražnjenje). Olovne baterije namijenjene za pogon elektro vozila u pravilu izdrže 500-1000 ciklusa odnosno pet kalendarskih godina.



Slika 3.8. Smještaj akumulatorskih baterija, Concept One, Rimac automobili.

Postojale su i druge vrste, najčešće Nikl-Kadmij (NiCd), no bile su znatno skuplje, a nisu nudile baš puno više, tako da su se danas svi proizvođači usmjerili na razvoj baterija zasnovane na litiju od kojih razlikujemo LiMnCo, LiFePO₄, LiPo, LiYFePO₄.

Svjetski proizvođači električnih baterija sve više ulažu u razvoj novih tehnologija te najavljuju intenzivno povećanje kapaciteta baterija što će dovesti do povećanja dometa vozila u skoroj budućnosti te se očekuje autonomnost kretanja do 350 km s jednim punjenjem baterija. Također se očekuje povećanje životnog vijeka baterija sa sadašnjih 4 i 7 na 10 godina ovisno o vrsti baterije. Nakon toga potrebna je zamjena, što može rezultirati odbačenim baterijama u prirodi. Iako postoje zakoni o odlaganju baterija, za taj problem rješenje su našli sami proizvođači vozila, ponudivši kupcima mogućnost iznajmljivanja baterija, što znači da kupac nije odgovoran za recikliranje baterija, već proizvođač. Studije su pokazale da baterija nije takav problem za okoliš koliko gorivo, u ovom slučaju struja, odnosno izvor nastanka struje [5, 7]



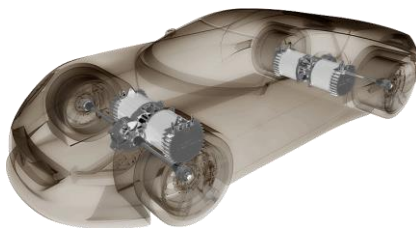
Slika 3.9. Pokretanje inovacijskog procesa za nove baterije za električna vozila.

U današnje vrijeme svakim danom se pojavljuju neke nove tehnike izrade akumulatorskih baterija. Iz (Slika 15) vidimo veliki pomak u razvoju baterija za električna vozila od 2010 godine do danas (150-175 Wh/kg), međutim i u skoroj budućnosti proizvođači baterija planiraju proizvoditi baterije većeg kapaciteta u odnosu na istu težinu baterije. Pa tako vidimo da bi od 2015 – 2020. godine kapacitet akumulatorske baterije trebao porasti od 175 – 240 Wh/kg. Kada je riječ o baterijama zasnovanim na litiju proizvođači baterija postavljaju tehnološki limit i nema puno mjesta za njihov razvoj. Ali može se i očekivati kvantni skok u razvojnom procesu baterija za električna vozila. Tome pridonosi sve veće zanimanje za razvojem baterija za električna vozila pa ih danas nalazimo u različitim oblicima sa još većim kapacitetima, sa još većom sigurnošću i brzinom punjena baterija, a tu su i noviji materijali i tehnike izrade akumulatorskih baterija za električna vozila.

3.4.4 Diferencijal

Električni motor je izravno povezan s jedno brzinskim mjenjačem, reduktorom i diferencijalom, a on se nalazi iznad stražnje osovine pogonskih kotača. Jednostavnost s jednim prijenosnim omjerom smanjuje težinu i eliminira potrebu za kompliciranim mehanizmom spojke. Elegantan motor ne treba kompliciranu opremu za vožnju unatrag, već se motor jednostavno vrti u suprotnom smjeru prema nalogu upućenom s komandne table.

Razvojem kontrolera, energetskog pretvarača i programske potpore dobivena je ravnomjerna snaga u širem rasponu te se je potreba za mjenjačem s više brzina pokazala suvišnom. Karoserije današnjih električnih vozila prave se od laganih ali čvrstih i tvrdih karbonskih panela s profiliranom šasijom od posebno obrađenog aluminija, kako bi se prvenstveno anulirala težina bloka baterija. Dakle, koncept upravljanja i prijenosa snage u odnosu na klasične automobile u osnovi se nije promijenio, osim što je motor drugačije prirode. Diferencijal i pogonske poluosovine glede prijenosa snage na stražnje kotače i dalje je nužda, mada se koriste sva moderna dostignuća glede postizavanja raznih kontrola. Tek mogućnost upravljanja zasebnim motorima za svaki kotač doprinijeti će jednostavnijoj mehanici i posve novom pristupu transfera energije na kotače (Concept One, Rimac automobili). U tom smislu razvijaju se verzije koje koriste pogonske poluosovine od elektromotora do kotača ili je elektromotor svakog kotača u sklopu njegovog ovjesa [7].



Slika 3.10. Diferencijal i elektromotor u sklopu ovjesa kotača, Concept One, Rimac automobili.

3.4.5 Monitor nadzornog i upravljačkog sustava vozila

Monitor nadzornog i upravljačkog sustava vozila (VME - Vehicle Management System) je sustav za upravljanje vozilom koristi se za tri osnovne svrhe:

- Nadzor uporabe automobila (pogonska elektronika, cjelovitost vozila, parkiranje, ABS ...)
- Nadzor stanja baterija (stanje pojedinih modula; zagrijavanje, ventiliranje i vanjski uvjeti - HVAC sustav)
- Povratne informacije vozaču (instrument tabla, monitor osjetljiv na dodir, pritisak u gumama ...)
- Jedna od najvećih prednosti automobila je napredna i inovativna programska potpora (software), koja u svakom momentu vrši fino podešavanje funkcionalnosti sustava automobila putem više procesorskog sustava. Više procesora koristi se u različite svrhe kao npr. za kontrolu aktivnosti vozača, nadzire se pogonski napon iz baterija, kontrolira rad motora, vrši dijagnostika, i prati interakcija s monitorom osjetljivim na dodir. Različiti operativni sustavi i programski jezici koriste se za optimizaciju izvršavanja i dovršetak izabrane funkcije. Rad svih procesora objedinjen je kako bi vršilo praćenje stanja svih komponenti tijekom korištenja vozila, razmjenjuju informacije za koordinaciju svojih aktivnosti glede učinkovite



reakcija na promjenu vanjskih uvjeta.

Slika 3.11. Prikaz nadzornog i upravljačkog sustava automobila.

Dodatna korist koju omogućava (software) je moguća dijagnostika vozila na daljinu. Ako korisnik osjeti da nešto ne ide kako treba s vozilom, daljinsko dijagnosticiranje omogućuje utvrđivanje problema i rješenje bez izravnog pristupa vozilu. Moguć je odabir servisnog sjedišta glede bežične komunikacije. Osim toga software se neprestano razvija i nadograđuje te ga je pri izlasku novije verzije moguće nadograditi u sustav vozila.

Sustav za upravljanje vozilom omogućava vozaču da bude svjestan većine zbivanja tijekom vožnje. Upravlja sigurnosnim sustavom, otvara vrata, prenosi upozorenja (npr. 'učvrstiti svoj sigurnosni pojas', 'vrata su pritisnuta' itd). Sakuplja i usklađuje podatke mnoštva procesa kako bi koordinirao potrebne aktivnosti za vožnju. Sustav upravljanja vozilom rabi tri osnovna načina rada; sportski, standardni, ili prošireni doseg, te surađuje sa procesom punjenja i pražnjenja baterija na način da izračunava idealne i stvarne raspone koristeći složeni programski algoritam koji uzima u obzir dob baterija, kapacitet, stil vožnje i način utroška energije[7].

3.4.6 Punjač akumulatorskih baterija

Punjač baterija jedan je od važnih dijelova električnog automobila. Koristi se za pretvorbu izmjeničnog napona mreže u istosmjerni napon baterije. Preko tog punjača vozilo spojeno na kućnu instalaciju ili neki drugi izvor električne energije. O njemu ovisi vrijeme punjenja baterija. Tako se punjači razlikuju po snazi. Slabiji punjači električni automobil mogu napuniti za oko 8-10 sati dok jači punjači to čine puno brže i elektro automobil napune čak i za 20-ak minuta. Punjač se može ugraditi u auto, ali i ne mora[14].



Slika 3.12. Koncept punjenja električnog vozila.

3.4.7 Grijanje putničkog prostora

Dizel i benzinski motori imaju korisnost do 30% što znači da se samo 30% energije pretvara u mehanički rad, a ostalih 70% odlazi na toplinu. Od tih 70% topline samo mali dio koristi se za grijanje putničkog prostora. Korisnost kod električnog automobila trostruko je veća od korisnosti kod dizelskog/benzinskog automobila, stoga 90% energije pretvara se u mehanički rad tj. gibanje, a 10% odlazi na toplinu što je nedovoljno za grijanje putničkog prostora. Zato se za izvor topline uzimaju električni grijači ili dizalice topline (klima uređaji) [14].

3.5 Vrste električnih vozila

Postoje četiri glavne vrste električnih vozila:

- Hibridna električna vozila
- Plug-in hibridna električna vozila
- Električna vozila s produljenim dometom
- Električna vozila s baterijom

3.5.1 Hibridna električna vozila

Hibridna vozila su ona koja za pokretanje koriste dva ili više izvora energije, umjesto jednog kao kod tradicionalnih automobila. Najčešća je kombinacija benzinskog ili dizelskog motora s elektromotorom, kao što je to slučaj kod Toyote Prius. Hibridni automobili su odnedavno postali vrlo popularni jer imaju znatno manju emisiju štetnih plinova koji onečišćuju zrak i uzrokuju kisele kiše (ugljikov dioksid i drugi). S obzirom na autonomnost električnoga pogona, hibridi se dijele na djelomične i potpune hibride. Potpuni hibrid je po definiciji onaj kojem je omogućena vožnja vozilom pogonjenog samo elektromotorom. U tom slučaju elektromotor ima u pravilu barem jednu trećinu snage motora s unutarnjim izgaranjem. Kod djelomičnog hibrida elektromotor služi samo kao pomoć motoru s unutarnjim izgaranjem. Stoga je djelomični hibrid i znatno jeftiniji, ali kako je dodatna snaga koju on razvija manja, i ušteda goriva je manja.

Hibridna električna vozila koriste malu električnu bateriju kako bi nadomjestiti klasičan motor sa unutarnjim sagorijevanjem i kako bi poboljšali učinkovitost goriva za otprilike 25

posto u odnosu na klasična vozila. Elektromotor minimizira prazan hod i pojačava sposobnost vozila da krene i ubrza, što je iznimno važno u gradskoj vožnji. Hibridna vozila kombiniraju i elektromotor i motor sa unutarnjim sagorijevanjem za vožnje. Elektromotor ubrzava vozilo na otprilike 40 km/h, a zatim motor sa unutarnjim sagorijevanjem preuzima. Baterija se puni preko benzinskog motora i regenerativnog kočenja. Regenerativnim kočenjem se kinetička energija koja bi inače bila izgubljena kao toplina, pretvara u električnu energiju koja potom puni bateriju.

S obzirom na vezu mehaničkog i električnog dijela hibridni pogonski sustavi se mogu podijeliti u tri skupine: serijski, paralelni i serijsko-paralelni hibridi[5, 8].

Kod serijskog hibrida pogonske kotača uvijek pogoni elektromotor, bez ikakve mehaničke veze s motorom s unutarnjim izgaranjem. Kako bi se povećao domet serijskog hibrida, motor s unutarnjim izgaranjem se uključuje po potrebi i preko generatora proizvodi električnu energiju kojom puni baterije. Na taj način motoru s unutarnjim izgaranjem je omogućen rad u optimalnom radnom području s najmanjom potrošnjom goriva. Poboljšanje energetske učinkovitosti postiže se i time što se iskorištava energija kočenja, tako što elektromotor postaje generatorom kojega tjeraju kotači. Učinkovitost takvog pogona je ipak dijelom smanjena zbog gubitaka u pretvaranju mehaničke energije u električnu, te naknadnog pretvaranja električne energije iz baterija ponovno u mehaničku.

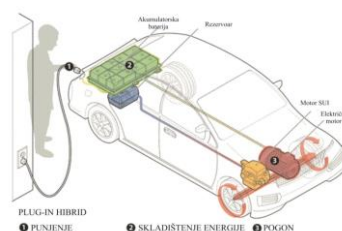
Kod paralelnog hibrida postoji mogućnost pogona vozila motorom s unutarnjim izgaranjem i elektromotora istovremeno. Također postoji mogućnost pogona samo motorom s unutarnjim izgaranjem ili čistog električnog pogona. Najčešće su kod takvih hibrida motori i mjenjač brzina povezani automatskim spojka. Treba ipak imati na umu da su vozne mogućnosti vrlo ograničene kapacitetom baterije.

Kod serijsko-paralelnih hibrida raspodjela snage na pogonske kotača dijeli se između električnog motora i motora s unutarnjim izgaranjem pomoću posebnog diferencijala. Omjer razdiobe snage može biti od 0-100% u korist ili elektromotora ili motora s unutarnjim izgaranjem. Motor s unutarnjim izgaranjem se također može koristiti i za punjenje baterija. Na otvorenoj cesti primarni motor je motor s unutarnjim izgaranjem, dok elektromotor služi kao dodatna snaga (npr. kod pretjecanja) [8].

3.5.2 Plug-In električna vozila

Plug-In hibridno vozilo (PHV) je potpuno hibridno vozilo opremljeno baterijom koja se može ponovno puniti spajanjem utičnice u izvor električne energije. PHV radi na principu električnog vozila bez emisije štetnih plinova na kraće udaljenosti, te kao klasično hibridno vozilo na duže udaljenosti. Njegova je prednost ta što kada se baterija isprazni ne morate se brinuti o traženju utičnice za ponovno punjenje već će se vozilo automatski prebaciti u hibridni način rada, baš poput klasičnog hibridnog vozila.

Plug-in hibridno vozilo može biti izvedeno sa serijskim i sa paralelnim pogonskim sustavom. Sadrži baterije povećanog kapaciteta (od običnih hibrida) kako bi vozilu bilo omogućen veći domet vožnje samo na električnu energiju. Koncept plug-in hibrida zanimljiv je onima koji svakodnevno putuju manjim udaljenostima te na taj način mogu potpuno ili djelomično izbjeći korištenje motora s unutarnjim izgaranjem. Na taj se način također smanjuje emisija štetnih plinova ako električna energija kojom se vozilo puni dolazi iz čistih izvora energije[5, 8].



Slika 3.13. Plug-In princip rada vozila.

3.5.3 Električna vozila s produljenim dometom

Za razliku od hibridnih i plug-in hibridnih automobila, ovaj tip automobila se pokreće isključivo elektromotorom. U ovom slučaju motor s unutarnjim izgaranjem samo puni baterije. Zavisno o vremenskim prilikama, uključenim električnim uređajima te načinom na koji vozite, možete preći čak i 65 kilometara na struju pohranjenu u vašoj bateriji – bez korištenja benzina i bez emisije štetnih plinova. Nakon toga, vozilo se automatski prebacuje na benzinski generator koji nastavlja proizvoditi struju i produžuje domet. Tako vozilo može prijeći nekoliko stotina kilometara dok ga ponovno ne uključite u struju ili napunite gorivom. Naprimjer Chevrolet Volt električno vozilo ima električni motor

111kW/150KS okretnog momenta 370Nm, maksimalne brzine 160 km/h; te sa punim spremnikom goriva može doseći i do 482 km. Električna vozila s produljenim dometom su većinom kombinirana sa manjim benzinskim generatorima koji omogućuju punjenje baterije[9].

3.5.4 Električna vozila s akumulatorskom baterijom

U ovaj tip vozila spadaju sva vozila koja su u potpunosti električna. Nemaju motora sa unutarnjim izgaranjem, te da bi se napunila moraju biti priključena na elektroenergetsku mrežu. Za prelazak oko 100 km s jednim punjenjem potrebne su baterije sa znatno većim kapacitetom od ostalih vrsta električnih automobila, od 18 pa čak do 35 kw-sati.

Električni automobili su znatno skuplji od konvencionalnih vozila s unutarnjim izgaranjem i hibridnih električnih vozila zbog dodatnog troška njihovih litij-ionskih akumulatora, međutim zbog masovne proizvodnje akumulatorskih baterija pada i cijena akumulatora.

Druge prepreke za opće korištenje električnih automobila su nedostatak javne i privatne infrastrukture za punjenje i strah vozača od nestanka energije prije dostizanja svog odredišta zbog ograničenog dosega postojećih električnih automobila i njihovih akumulatorskih baterija. Nekoliko vlada je ponudilo političke i gospodarske poticaje za prevladavanje postojećih zapreka, promoviranje prodaje električnih automobila i za financiranje daljnjeg razvoja električnih vozila, isplativijih izvedbi akumulatora i njihovih komponenti.

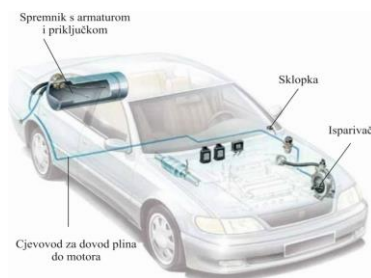
Nekoliko nacionalnih i lokalnih vlasti su uspostavile porezne olakšice, subvencije i druge poticaje kako bi se smanjila neto nabavna cijena električnih automobila i drugih dodataka. Poticanjem odnosno sufinanciranjem nabave električnih vozila u Hrvatskoj, planirano je postupno ali direktno utjecanje na smanjenje emisija štetnih plinova u prometu. S obzirom da su emisije iz prometa najznačajniji izvori onečišćenja zraka i emisija stakleničkih plinova, postizanjem ovih ciljeva utjecat ćemo na povećanje kvalitete zraka te smanjenje ukupne emisije stakleničkih plinova na razini države.

4. UPORABA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA ELEKTRIČNIM VOZILIMA

Vozilo koje se pogoni obnovljivim izvorima je ono vozilo koje radi na sve izvore energije osim onih "tradicionalnih" naftnih goriva (benzin ili dizel) i odnosi se na bilo koju tehnologiju napajanja motora koja ne uključuje samo nafta (npr: električnog automobila, hibridnih električnih vozila, solarni pogon, zračni pogon, biomase). Zbog kombinacije faktora, kao što su briga za okoliš, visoke cijene nafte i sve manjih rezervi nafte, razvoj čišćih alternativnih goriva i naprednih elektroenergetskih sustava za vozila postaje sve veći prioritet za mnoge vlade i proizvođače vozila diljem svijeta.

4.1 Autoplin

Iako je dvojbeno možemo li plinski pogon, zvati alternativnim i obnovljivim zbog njegova fosilnog porijekla, on je zanimljiv s više aspekata. U prvom redu treba spomenuti da se ukapljenim plinom uz tek sitne preinake može pogoniti gotovo svaki konvencionalni benzinski motor. Plin koji se koristi je smjesa propana i butana, odnosno ukapljeni naftni plin (UNP), čije izgaranje u daleko manjoj mjeri zagađuje okoliš nego izgaranje benzina. Osim UNP-a koristi se i SPP – stlačeni prirodni plin odnosno smjesa metana i etana, no u daleko manjoj mjeri od UNP-a, zbog manje kalorijske vrijednosti. Plin je spremljen u boce, koje mogu stati u svaki automobilski prtljažnik (Slika 4.1) [15].



Slika 4.1. Upotreba UNP a pogon automobila.

Sam autoplin uređaj funkcionira tako da umjesto ubrizgavanja benzina u komoru za sagorijevanje 'ubacuje' propan-butan smjesu. Prilikom paljenja, vozilo se pokreće na benzin a zatim automatski sustav u autoplin uređaju nakon vrlo kratkog vremena prebacuje

režim vožnje s benzina na plin nakon što motor postigne određenu radnu temperaturu (35-40°C). U samoj vožnji ovisno o vrsti plinske instalacije vozač uopće ne zna kada se vozilo prebacuje s benzinskog na plinski pogon osim ako dobije zvučnu signalizaciju. Vozač to može vidjeti na indikatoru na kojem po želji i ručno može promijeniti vrstu pogonskog goriva.

Atraktivnosti ovog pogona doprinosi i činjenica da nudi veliku uštedu u cijeni goriva, uz zanemariv gubitak snage motora. Treba spomenuti da već postoji infrastruktura opskrbe ovim energentom na dovoljnom broju crpki, te ga ima daleko više nego nafte. To ga čini u ovom trenutku najdostupnijim oblikom alternativnog goriva za vozila. Njegove loše strane su još uvijek mala efikasnost u iskorištenju goriva te što pri izgaranju, iako manje nego benzin ili dizel, ipak stvara stakleničke plinove.

Osnovne prednosti autoplina u odnosu na alternativne pogone ogleda se u većoj ekonomičnosti, ne samo zbog cijene nego i zbog dokazanih pozitivnih efekata. To su:

- produžen vijek trajanja motora
- tiši rad motora
- veći broj prijeđenih kilometara (u prosjeku oko 30%)
- niži troškovi održavanja vozila
- potpuno izgaranje smjese u cilindrima goriva bez gubitka goriva u ispušnim plinovima
- duži vremenski period izmjene svjećica i ulja
- produžena trajnost katalizatora

Već nakon prijeđenih 20.000 km uz prosječnu potrošnju od 8 litara na 100 km ostvaruje se povrat uloženog novca u autoplin uređaj (ova se brojka mijenja ovisno o stvarnoj potrošnji i vrsti ugrađenog uređaja) [15, 16].

Gorivo	Cijena (kn/h)	Trošak na 10.000 km
Eurosuper	8,52	6,816kn (8 L/100km)
Eurodizel	8,02	4.330kn (5,4 L/100km)
Ukapljeni plin	3,50	3.150kn (9 L/100km)

Tablica 4.1. Operativni trošak za različita pohonska goriva (cijene derivata na dan 24.01.2015)

4.2 Biodizel

Biodizel je obnovljivo gorivo koje se tvornički proizvodi od algi, biljnog ulja, životinjskih masnoća ili iz recikliranih restoranskih i drugih masnoća. To je jedna od njegovih prednosti pred fosilnim gorivom, čija je proizvodnja ograničena fosilnim rezervama.



Slika 4.2. Proces nastanka biodizela.

Biodizel se proizvodi kemijskim procesom nazvanim transesterifikacija u kojoj se glicerol odvaja od masti i biljnog ulja. Procesom se dobiju dva proizvoda - metilni esteri (kemijsko ime za biodizel) i glicerol. Glicerol je vrijedan nusprodukt koji se koristi za proizvodnju sapuna i sličnih proizvoda.

Biodizel se može koristiti u uobičajenim dizelskim motorima bez preinaka. Prepreka pri korištenju mogu biti jedino temperature ispod $-10^{\circ}C$, kada se ovo gorivo počinje zgušnjavati. Zato bi vozila pogonjena biodizelom morala u budućnosti imati grijače rezervoara. Biodizel je potpuno neškodljiv i vrlo lako razgradiv. Udio sumpora u biodizelu je gotovo zanemariv ($< 0,001\%$). Zbog toga ne predstavlja opasnost u vidu onečišćenja tla i podzemnih voda u slučaju nezgode. Budući da se proizvodi iz biljaka koje troše ugljikov dioksid za rast (najčešće kukuruz), njegova uporaba smanjuje emisiju tog plina za oko 60% u odnosu na klasično dizelsko gorivo. Energetska vrijednost biodizela je oko 90% energetske vrijednosti običnog dizela [15].

4.3 Vodik

Vodikom pogonjeni automobil koristi vodik kao svoj izvor energije za pokretanje. Ovi automobili uglavnom koriste vodik u jednom od dva načina (izgaranje, goriva ćelija). U izgaranju, vodik se zapaljuje u motorima na isti način kao i kod tradicionalnih benzinskih automobila. U pretvorbi gorive ćelije, vodik se pretvara u električnu energiju putem gorive

ćelije koja tada pokreće elektromotor (Slika 4.3). U obje metode jedini nusprodukt koji nastaje trošenjem vodika je voda.

U 2012 godini na „World Hydrogen Energy“ konferenciji usklađen dogovor između proizvođača, (Conference http://en.wikipedia.org/wiki/World_Hydrogen_Energy_Conference), Daimler AG, Honda, Hyundai i Toyota su potvrdili planove za proizvodnju vodikovih vozila na gorive ćelije, te ih najavili za prodaju do 2015. godine, a neki tipovi takvih vozila su već predstavljani 2013. Godine.

Mali broj prototipa vodikovih automobila trenutno postoje, ali su značajnija trenutna istraživanja u tijeku kako bi tehnologija ostala više održiva. Najučinkovitiji način korištenja vodika uključuje upotrebu gorivih ćelija i elektromotora umjesto tradicionalnih motora.



Slika 4.3. Shema sistema rada vozila na vodik.

Vodik reagira s kisikom unutar gorive ćelije, koja proizvodi električnu energiju za napajanje motora. Jedno od primarnih područja istraživanja vodika je skladištenje vodika i povećati raspon vodikovih vozila smanjenjem težine, potrošnje energije i same složenost sustava. Neki smatraju da automobil na vodik nikada neće biti ekonomski održiv i da naglasak na ove tehnologije smanjuje razvoj i popularizaciju učinkovitijih hibridnih automobila i drugih alternativnih tehnologija.

Studija The Carbon Trust za Odjel energije i klimatskih promjena sugerira da vodikova tehnologija ima potencijal za pružanje prijevoza sa gotovo nula emisija, što smanjenje ovisnosti o uvozu nafte i smanjivanje energije iz obnovljivih izvora. Međutim, vodikova tehnologija se susreće sa teškim izazovima u smislu troškova razvoja i performansi.

Autobusi, vlakovi, bicikli, plovila, motocikli, avioni, podmornice i rakete se već pokreću na vodik, u raznim oblicima. NASA koristi vodik za pokretanje Space Shuttlea u svemir. BMW Clean Energy automobil kod kojeg vodik izgara u motoru s unutarnjim

izgaranjem ima više snage i brži je nego spoj gorivih ćelija i elektromotora. Mazda je razvila Wankel motore u kojima je izgarao vodik umjesto benzina. Wankel koristi rotacijski princip rada, tako da vodik gori u drugom dijelu motora od usisa. Time se smanjuje problem pre-detonacije što je problem s vodikom pogonjenih klipnim motorima. Ostali automobilske tvrtke kao što su Daimler Chrysler, Honda, Toyota, Ford i General Motors, ulažu ponajviše u gorive ćelije i elektromotore. VW, Nissan i Hyundai imaju prototipove ovakvih vozila na cesti. Osim toga, prijevoznike agencije diljem svijeta koriste prototipove autobusa, vozila na gorive ćelije i ostala vozila koji mogu prijeći i do 110km sa jednim kilogramom vodika[16].

4.4 Tekući dušik

Dušikovo vozilo je vozilo pogonjeno tekućim dušikom koji se skladišti u spremniku za dušik. Motori pogonjeni tekućim dušikom rade na principu zagrijavanja dušika u izmjenjivaču topline, te izdvajanjem topline i okolnog zraka i pomoću stlačenog plina dobivenog u izmjenjivaču topline pogonimo klipove rotacijskog motora. Vozila na tekući dušik nisu uvelike zaživjela u komercijalne svrhe, već su većinom demonstrativno prikazivana.

Pogon na tekući dušik također može biti korišten u hibridnim sustavima, na način da pretvaramo tekući dušik u električnu energiju te njome punimo akumulatorsku bateriju. Ovaj sistem je nazvan hibridni dušično-električni pogon, a uz njega možemo koristiti i regenerativno kočenje.

Tekući dušik se distribuira i pohranjuje u izolirane posude. Izolacija smanjuje toplinsko djelovanje na spremnike dušika. Izolacija je neophodna jer toplina iz okoline isparava tekućinu koja zatim prelazi u plinovito stanje. Smanjenje djelovanja topline smanjuje gubitak pri isparavanju tekućeg dušika u spremnicima. S obzirom na uvijete u kojima se tekući dušik mora nalaziti transport cjevovodima bi bio preskup s obzirom na potrebnu izolaciju. Spremnici tekućeg dušika moraju biti konstruirani od čvrstih materijala poput čelika, aluminija, karbona ili kevlar [16, 17].

4.5 Dimetil Eter

Dimetil Eter (DME, CH_3OCH_3) je obećavajuće gorivo za dizelske i benzinske motore (30% DME / 70% LPG), te plinske turbine zbog velikog cetanskog broja koji iznosi 55, u odnosu na dizel 40-53. Taj broj nam pokazuje brzinu izgaranja dizel goriva u usporedbi sa oktanimi koji se gledaju kod benzinskih derivata. Da bi se DME mogao koristiti u dizelskim motorima, odnosno da bi mogao izgarati, potrebne su umjerene modifikacije na motoru. Jednostavnost ovog spoja ugljikovog lanca tijekom njegovog izgaranja donosi vrlo niske emisije čestica, NO_x , CO. Iz čega proizlazi da je gotovo bez sumpora, te time DME zadovoljava čak najstrože emisijske propise u Europi (Euro5).

DME se razvija kao druga generacija sintetičkih biogoriva (BioDME), koji se mogu izraditi od biomasa. Trenutno EU razmatra BioDME kao potencijalnoj mješavini biogoriva u 2030. godini[16].

4.6 Amonijak

Amonijak je s kemijske strane spoj dušika i vodika (NH_3). To je bezbojan plin karakterističnog mirisa, te je lakši od zraka, a ima ga i u tekućem stanju. Nalazi se u tragovima u atmosferi, a proizvodi se od truljenja životinjskih i biljnih tvari. Prilikom miješanja sa kisikom dolazi do izgaranja amonijaka te nastaje blijedi žućkasto-zeleni plamen.

Zbog svojstva izgaranja amonijak je predložen kao alternativa fosilnim gorivima za motore s unutarnjim izgaranjem. Kalorična vrijednost amonijaka je 22,5 MJ/kg; što je upola manje nego kod dizela. Kod normalnih motora, u kojima se vodena para ne kondenzira, ogrjevna vrijednost amonijaka će biti oko 21% manja. Amonijak se može koristiti u postojećim motorima s manjim izmjenama rasplinjača, / brizgaljkama.

Motori na amonijak su se eksperimentalno počeli koristiti u 19. stoljeću od strane Goldsworthy Gurney u Velikoj Britaniji i tramvaji u New Orleansu. Godine 1981. kanadska tvrtka pretvara automobile Chevrolet Impala da koriste amonijak kao gorivo.

Amonijak i Green NH_3 se koristi s uspjehom od strane razvojnih agencija u Kanadi, jer može koristiti kod dizelskih motora s manjim izmjenama, ujedno je i jedino zeleno gorivo za mlazne motore i unatoč svojoj toksičnosti nije bio ništa više opasniji od benzina ili UNP. Amonijak može biti izrađen od obnovljivih izvora, a ima pola manju gustoću od

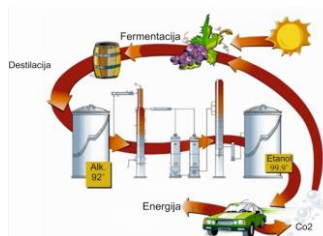
benzina ili dizela, te se može lako provesti u dovoljnim količinama u vozilima. Prilikom izgaranja amonijaka nema drugih štetnih misija osim dušika i vodene pare[16].

4.7 Etanol

Etilno gorivo ili etilni alkohol, je isti onaj tip alkohola koji nalazimo u alkoholnim pićima. On se danas najčešće koristi kao pogonsko gorivo, odnosno kao bio aditiv za benzin koji se najčešće koristi za pogon automobila i drugih vozila kao poljoprivredni strojevi, plovila i zrakoplovi. Svjetska proizvodnja etanola se utrostručila između 2000. i 2007. Godine, sa 17 milijardi na više od 52 milijarde litara za korištenje kao bio aditiva za vozila. Od 2007. do 2008. godine, udio etanola u globalnom tipa benzina povećao se s 3,7% na 5,4%. U 2011. godini u svijetu, etanol je dosegao proizvodnju od 84.6 milijardi litara. SAD je na vrhu kao najveći proizvođač 52,6 milijardi litara, što čini 62,2% globalne proizvodnje. Energetska vrijednost etanola u odnosu na benzin je nešto manja, pa tako vidimo da 1 litra. etanola proizvodi energiju jednaku 0.66 litara benzina što daje skoro 50% veću potrošnju.

Danas većina automobila na cesti u SAD-u može voziti na mješavini goriva do 10% etanola. Od 1976. Brazilska vlada je uvela norme da se etanol mora obavezno miješati s benzinom, a od 2007. godine zakonska je obveza na crpkama mješavina 25% etanola i 75% benzina. Do prosinca 2011 Brazil imali flotu od 14,8 milijuna automobila flex-fuel i lakih kamiona i 1,5 milijuna flex-fuel motocikala koji redovito koriste etilno gorivo.

Bioetanol je oblik obnovljivih izvora energije koji se može proizvesti iz poljoprivrednih sirovina. Može biti izrađen od vrlo čestih usjeva kao što su šećerna trska, krumpir, kukuruz.



Slika 4.4. Proizvodnja bioetanola.

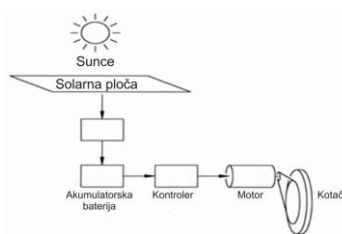
Ovim izvorom energije, proizvođač automobila Ford, izvještava da se korištenjem bioetanola u odnosu na benzin smanjuje oko 70% CO₂ emisija štetnih plinova kod Flex-fuel vozila[16, 22].

4.8 Sunčevo vozilo

Sunčevo vozilo je vrsta električnog vozila, koja u cijelosti ili značajno koristi sunčevu energiju za pogon elektromotora. Uobičajeno je da sunčevo vozilo koristi fotonaponske ploče za pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju. Za sada su takva vozila uglavnom u razdoblju ispitivanja i nisu iskoristila svoj najveći potencijal ali će bitno utjecati na razvoj prometa u budućnosti. Trenutno postoji nekoliko vrsta sunčevih vozila koje možemo podijeliti na cestovne, željezničke, pomorske, zračne i svemirske, kao što su automobil, bicikl, autobus, plovila, vlak, letjelice[10].

4.8.1 Sunčev automobil

Sunčev automobil je vrsta sunčevog vozila koja koristi sunčevu energiju za rad fotonaponskih ploča, koje rade u dva režima rada: faza punjenja (vozilo miruje) i faza pražnjenja (vozilo se kreće). Osvjetljenjem sunčane ćelije, odnosno apsorbiranjem Sunčeva zračenja, fotonaponskim se efektom na njezinim krajevima javlja elektromotorna sila (napon) te sunčana ćelija postaje izvorom električne energije. Više sunčanih ćelija povezano je u modul radi većeg napona. Napon dolazi do regulatora punjenja i pražnjenja (RPP). RPP regulira promjenjivi istosmjerni napon te puni akumulatorsku bateriju. Akumulatorska baterija je preko upravljačkog sklopa povezana s elektromotorom. Kada je akumulatorska baterija puna, elektromotor se može pokretati.



Slika 4.5. Princip rada sunčeva vozila.

Sunčevi automobili se ne koriste još uvijek za promet, već uglavnom za utrke sunčevih automobila. Utrke sunčevih vozila ciljane su utrke kojima se promiče korištenje „zelene energije“.

Na njima sudjeluju svi konkurentni modeli koji zadovoljavaju određene kriterije ovisno o vrsti utrke. Na ovakve izazove najčešće se prijavljuju sveučilišta koja žele poboljšati inženjerske i tehničke vještine svojih studenata. Neke od poznatih utrka automobila u svijetu jesu:

World Solar Challenge utrka najpoznatije je natjecanje sunčevih automobila na svijetu, preko cijele Australije. Prvi WSC održan je 1987. a tadašnja vozila kretala su se brzinom do 67 km/h. Početna točka je u Darwinu (Northern Territory) dok je krajnja u Adelaideu u Južnoj Australiji. Vozila sveukupno pređu 3021 km te 7 kontrolnih stanica. Na kontrolnim stanicama obavljaju se provjere vozila da bi se osiguralo pošteno natjecanje u skladu s propisima. Ekipe mogu obavljati samo nužne i najosnovnije provjere kao što su



servisiranje tlaka u gumama te skidanje strugotina nakupljenih u vožnji[18].

Slika 4.6. Sunčev automobil Tokai Challenger, Pobjednik utrke WSC 2009, Australija, avg. brzina 100,5 km/h.

Utrka North American Solar Challenge, duž SAD i Kanade. Utrka se održava svake 2 godine diljem SAD-a i Kanade, a započela je 1990. godine. U utrci sudjeluju timovi fakulteta i sveučilišta diljem Sjeverne Amerike s ciljem inovativnosti i očuvanjem prirode. Prva utrka duga 2900 km održana je 1990. godine s početnom točkom Disney World (Orlando, Florida). Pobjednik je imao prosječnu brzinu kretanja od 39.8 km/h. Dosad se ova utrka održala 11 puta (zadnji je bio 2012.) . Mjesto utrke, za razliku od WSC-a, mijenja se svaki put.

South African Solar Challenge utrka je sunčevih vozila Južnom Afrikom. Prva utrka održana je 2008. te se planira održavati svake dvije godine. Odvija se javnim cestama, te je neophodno da se timovi ponašaju u skladu s prometnim pravilima i uvjetima nametnutim od strane prometnih vlasti. Utrka započinje u Pretoriji i traje 8 dana. Završava u Cape Townu. Glavni put obuhvaća približno 2000 km (prosječno 260 km dnevno). Timovima se omogućuje i da sami prave dulje petlje te se iz tog razloga očekuje da će najuspješniji preći i do 6000 km (prosječno 700 km dnevno) [21].

4.8.2 Sunčev vlak

Sunčev vlak, prvi vlak u Europi na sunčevu energiju, prošao je put od Antwerpena do granice s Nizozemskom, u lipnju 2011. Vlak koji povezuje Pariz i Amsterdam bit će prvi na Starom kontinentu koji će na jednom dijelu upotrebljavati kao pogonsko gorivo struju iz fotonaponskih ploča, koje su postavljene iznad tunela kojim prolazi pruga. Taj tunel u Antwerpenu, na sjeveru Belgije, dug je 3,6 kilometara, a ima 16 000 fotonaponskih ploča ukupne površine 50 000 četvornih metara. Fotonaponske ćelije proizvest će toliko električne struje da ona neće samo služiti vlaku, nego će biti isporučivana i gradu Antwerpenu. U godini će se proizvesti struje koliko bi zadovoljilo potrebe gotovo tisuću obitelji. Fotonaponske ploče istodobno će u dvadeset godina “uštedjeti” atmosferi 47 milijuna kilograma ugljikovog dioksida. Sličnih rješenja ima i u drugim državama Europske Unije [10].

4.8.3 Sunčeva letjelica

Sunčeva letjelica je vrsta električne letjelice, koju pokreće elektromotor, umjesto motora s unutrašnjim izgaranjem, a električna struja dolazi uglavnom od fotonaponskih ploča i od akumulatorskih baterija gdje se energija uskladišti. Sunčeve letjelice su uglavnom još uvijek u razdoblju ispitivanja, uključivši bespilotne letjelice i letjelice s ljudskom posadom. Istraživanja su krenula još 1970-tih. Najviše zanimanja i nadmetanja pokazali su Britanci i Amerikanci. Solar Impulse zacijelo je najambiciozniji projekt takvog tipa (Slika 4.7).



Slika 4.7. Solarna letjelica, Solar Impulse.

Premda ima veliki raspon krila (21,85m), sunčev avion Solar Impulse težak je kao prosječan osobni automobil srednje klase. Premda slovi kao budućnost komercijalnog leta, Solar Impulse je tek prototip. I dalje su ograničavajuće baterije te premala snaga koja se dobije iz fotonaponskih ćelija za pokretanje aviona kakve danas koristimo u komercijalnom promet[20].

4.8.4 Sunčeva plovila

Sunčeva plovila su bila do sada se uglavnom koristila za rijeke i kanale, ali su se počela ispitivati plovila na sunčev pogon i za veće udaljenosti pa tako danas sve češće vidamo fotonaponske modula na plovilima raznih veličina. Glavna zadaća fotonaponskih modula u sektoru nautike je održati stanje napunjenosti akumulatora. Iz sigurnosnih razloga, spajanje na izvore električne energije tijekom zime strogo je zabranjeno. Za razliku od zime, po ljeti je dopušteno punjenje na dokovima[10, 23].

Ugradnjom fotonaponskog sustava u nautici dobivamo:

- ušteda goriva
- smanjenje emisije CO₂ i manje onečišćenje okoliša
- nepotrebno stalno uključivanje motora radi punjenja akumulatora
- financijski povoljnije rješenje



Slika 4.8. MS Turanor Planet Solar.

4.8.5 Sunčev bicikl

Sunčev bicikl ili električni bicikl je sunčevo vozilo koje osim fotonaponskih ploča koristi i mehaničku energiju vozača za pogon. Takvo lagano i jeftino vozilo je moguće voziti bez korištenja fosilnih goriva. U Japanu i drugim razvijenim zemljama počinju se graditi sustav punjenja baterija u parkovima koji će biti povezani s akumulatorom za skladištenje

energije iz sunčeva izvora i korisnici će moći baterije za svoje bicikle puniti i noću i za kišovitih dana[10].

5. RAZVOJ NOVIH SASTAVNICA ELEKTRIČNIH VOZILA

5.1 Dizajn

Dizajn kao vizualni izgled vozila uz željene izgled dizajnera uvelike ovisi o aerodinamici. Glavni ciljevi dizajnera su smanjenje buke nastale udaranjem vjetra od tijelo vozila, te povećanje aerodinamičnosti vozila, kako bi vozilo imalo što manji otpor prilikom kretanja. Ujedno s time se sprječava neželjeno dizanje snage motora koja donosi povećanu potrošnju i druge aerodinamičke uzroke koji donose nestabilnosti vozila pri velikim brzinama. Vozilo aerodinamičnog izgleda ima presudni utjecaj na potrošnju goriva kroz smanjenje otpora vjetra na vanjski oblik vozila i smanjenje gubitaka povezanih sa zahtjevima za protok zraka i hlađenje motora. Za neke klase automobila, to također može biti vrlo važno za što bolju akceleraciju, te držanje i sposobnosti u zavojima jer sila trenja odnosno otpor značajno raste s porastom brzine vozila.. Aerodinamični dizajn počinje s konceptima vozila na temelju svog oblika i proporcijama gledajući na krajnji izgled, namjenu i potrebni prostor u unutrašnjosti. Kad je vanjski oblik definiran, aerodinamična učinkovitost se zatim parametrira, kao što su kutovi, radijusi kutova i dimenzija. Parametriranjem se mogu postići zamjetna poboljšanja aerodinamičnosti s minimalnim utjecajem na vanjsku estetiku vozila [24].



Slika 5.1. Ispitivanje aerodinamičnosti automobila u zračnom tunelu.

Kako dizajn vozila napreduje dalje, aerodinamični paneli, spojleri, deflektori kotača i podvozja pokrivaju većinu dijelova vozila koji su u direktnom dodiru sa udarima vjetra, odnosno smještene su tako kako bi se izvukla najbolja aerodinamična sposobnost. Izazov s kojima se suočavaju proizvođači vozila u svakoj fazi projektiranja je hitna potreba za informacijama o tome kako poboljšati dizajn.

Aerodinamičke informacije mogu biti skupe i nepristupne, a zahtijevaju izgradnju detaljnog modela ili prototipa vozila za testiranje u zračnom tunelu. Promjene dizajna u ovom kasnom stadiju razvoja modela su dugotrajne i skupe, jer je teško napraviti znatne izmjene na modelu, ili promijeniti bilo koju površinu tijekom ispitivanja u zračnom tunelu.

Prototip koji sudjeluje u parametriranju aerodinamike je glavni čimbenik za nastale troškove razvoja vozila i vremena potrebnog za dizajn vozila.

Softverska aerodinamička simulacija mijenja proces razvoja vozila, smanjujući troškove razvoja i vremena potrebnog za dizajniranje. Zbog svoje brzine ima prednost nad fizičkim metodama ispitivanja, jer simulacija može donijeti puno više povratnih informacija o dizajnu u svakoj fazi razvoja, te donosi poboljšanja dizajnerima za inovacije u balansiranju dizajna estetike i aerodinamike. Simulacija je točnija od fizičkog testiranja zbog svoje sposobnosti da hvata i male detalje koji nisu mogli biti prisutni na fizičkom modelu u ranoj fazi projektiranja, a njegova sposobnost je da može simulirati stvarne uvjete na cesti. Fizička ispitivanja mogu dovesti do skupih pogrešaka i kašnjenja zbog problema točnosti. Računalna simulacija može smanjiti troškove konačnog vozila otkrivajući poboljšanja dizajna ranijim fazama projektiranja koje ne zahtijevaju dodatne troškove u proizvodnji novih dijelova za nova ispitivanja vozila.

Potreba za točnost i dizajna postavlja visoke zahtjeve na kvalitetu aerodinamičke simulacije. Simulacija mora prikazati mnoge parametre, geometriju vozila, reproducirati realan test u uvjetima kao što su na cesti, rotirajuće kotače i protok zraka kod njihove rotacije, te parametre kao što su turbulencije vjetra. Na aerodinamiku utječu svi elementi vozila kao što su brisači, krovni nosač, zavjesice, spojleri, retrovizori, radio antena i dr.

Koeficijent otpora zraka (C_d) je uobičajena mjera u konstrukciji vozila koja se odnosi na aerodinamiku vozila. Otpor je sila koja djeluje paralelno i u istom smjeru kao i protok zraka. Kad automobilske tvrtke dizajniraju novo vozilo moraju uzeti u obzir koeficijent otpora uz ostale karakteristike. Smanjenje koeficijent otpora u automobilu poboljšava performanse vozila jer se odnosi na brzinu i učinkovitost goriva[24].

U razvoju električnih vozila od velike je važnosti aerodinamika vozila. Zbog njihovih karakteristika, dometa i trošenja energije, uvelike se radi na poboljšanju dizajna i aerodinamičnosti vozila jer to je ključno za njihov razvoj. Trošenje baterija u električnim vozilima dolazi zbog otpora u aerodinamici i kotrljanju vozila, te materijala kojima se izrađuju vozila. Smanjenjem otpora zraka dolazimo i do smanjenja rada motora, pa time vozilo brže i lakše postiže brzinu što bitno utječe na potrošnju energije.. Gotovo svaki

proizvođač vozila pokušava povećati učinkovitost vozila kroz aerodinamiku i korištenje novih materijala. U usporedbi s većinom današnjih vozila na cesti, u budućnosti će ta vozila vjerojatno biti aerodinamična čuda. Mnoge od značajki dizajna se danas razvijaju kako bi se povećala učinkovitost.

5.2 Mreža za punjenje električnih vozila



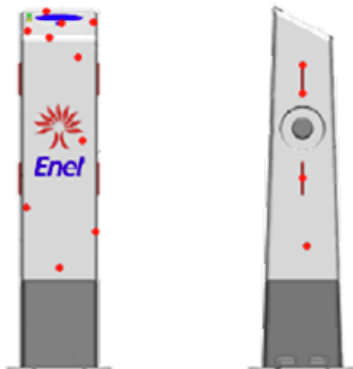
Slika 6.1. Samostojeća punionica za električna vozila

Sučelje korisnika

- prepoznavanje korisnika s chipkarticom
- LCD display i multifunkcionalna tipkovnica

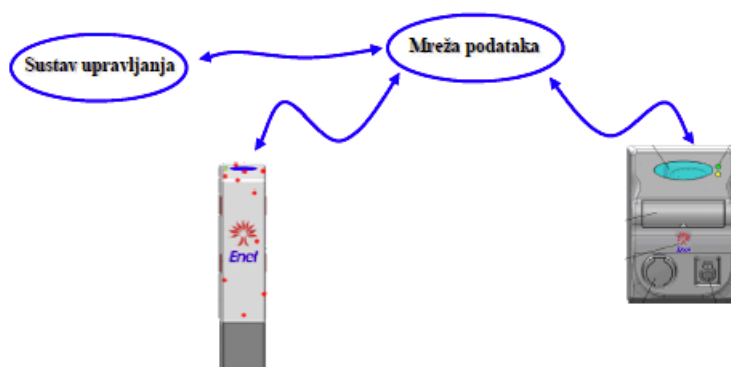
Sučelje vozila

- Povezanost s vozilom putem normaliziranih utikača
- Prepoznavanje vozila i odobrenje za punjenje
- Sustav blokade kabla za sprečavanje neželjenog prekidanja punjenja



Sučelje operatera sustava upravljanja

- Dijagnoza i centralizirano servisiranje punjača
- Identifikacija korisnika putem chipkartice
- Plaćanje locirane potrošnje električne energije (u trenutku punjenja vozila putem chipkartice) ili terećenjem računa za električnu energiju



Slika 6.1. Sustav upravljanja podacima

6. UTJECAJ I DOPRINOS ELEKTRIČNIH VOZILA ZAŠTITI OKOLIŠA

Električna vozila priznata su od EU komisije te postavljena prilikom posljednjeg izvješća EU Agencije za zaštitu okoliša kao bitan element smanjenja emisija štetnih plinova, pa je i uvođenje istih postavljeno kroz primjenu EU direktiva.

Potiču se i subvencioniraju vozila u cijeloj EU kako kroz financijske programe koji se baziraju na principu „onečišćivač plaća” tako i kroz programe EU fondova koji prate ciljeve država članice koji su postavljeni kroz EU direktive.

Ključni propisi koji doprinose razvoju alternativnih ekoloških vozila su:

Direktiva o pomicanju i poticanju nabave ekološki učinkovitih vozila, koja obvezuje države članice da prilikom svake nabave moraju bodovati kao ključan parametar ekološki utjecaj vozila a ne najpovoljniju ponudu.

Poznato je da su ekološka vozila i skuplja od konvencionalnih pa upravo kroz primjenu pravila te obveznu primjenu „zelene javne nabave” povećao se značajno i broj električnih vozila.

Navedena direktiva je prenesena u RH zakonodavstvo te je za istu izrađen pravilnik za provedbu javne nabave kojeg je izradilo Ministarstvo Gospodarstva.

Upravo kako bi jače potakla razvoj električnih vozila EU komisija 22 listopada 2014 donosi direktivu 2014/94 EU VIJEĆA I EU PARLAMENTA o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva.

Cilj ove direktive je postaviti obvezne ciljeve državama članicama za postizanje ciljeva uspostave mreže punionica koje su nužne za uspostavu infrastrukture za električna vozila, tekući vodik te vozila na stlačeni prirodni plin.

Ovom Direktivom utvrđuje se zajednički okvir mjera za postavljanje infrastrukture za alternativna goriva u Uniji kako bi se na najmanju moguću mjeru smanjila ovisnost o nafti i ublažio negativni utjecaj prometa na okoliš. Ovom se Direktivom utvrđuju se minimalni zahtjevi za izgradnju infrastrukture za alternativna goriva, uključujući mjesta za punjenje električnih vozila i mjesta za opskrbu prirodnim plinom (UPP i SPP) i vodikom, koji se provode putem nacionalnih okvira politika država članica, kao i zajedničke tehničke specifikacije za takva mjesta za punjenje i opskrbu te zahtjeve.

„Alternativna goriva” predstavljaju goriva ili izvore energije koji služe, barem djelomično, kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom i koji imaju

potencijal doprinijeti dekarbonizaciji prometnog sustava te poboljšati okolišnu učinkovitost prometnog sektora. Između ostalog uključuju: električnu energiju, vodik, biogoriva.

Prema Direktivi 2009/28/EZ, — sintetička i parafinska goriva, — prirodni plin, uključujući bioplina, u plinovitom (stlačeni prirodni plin – SPP) i ukapljenom obliku (ukapljeni prirodni plin – UPP) te — ukapljeni naftni plin (UNP) [26,27,28,29,30,31].

„Električno vozilo” znači motorno vozilo opremljeno sustavom za prijenos snage koje sadrži barem jedan neperiferni električni uređaj kao pretvornik energije s električnim sustavom za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja, koji je moguće puniti eksterno.

1. Mjesto za punjenje” znači sučelje putem kojeg je u danom trenutku moguće puniti jedno električno vozilo ili zamijeniti bateriju jednog električnog vozila.
2. „Mjesto za punjenje male snage” znači mjesto za punjenje koja omogućuje transfer električne energije na električno vozilo snage jednake ili manje od 22 kW, osim uređaja snage manje ili jednake 3,7 kW koji su instalirani u privatnim kućanstvima ili čija primarna namjena nije punjenje električnih vozila te koji nisu dostupni javnosti.
3. „Mjesto za punjenje visoke snage” znači mjesto za punjenje koje omogućuje transfer električne energije na električno vozilo snage veće od 22 kW.
4. „Opskrba električnom energijom s kopna” znači opskrba električnom energijom s kopna, putem standardiziranog sučelja, morskog plovila ili plovila na unutarnjim vodnim putovima koje se nalazi na privezu.
5. „Javno dostupno mjesto za punjenje ili opskrbu” znači mjesto za punjenje ili opskrbu na kojoj se pruža opskrba alternativnim gorivom i koja korisnicima širom Unije omogućuje nediskriminirajući pristup. Nediskriminirajući pristup može uključivati različite mogućnosti autentifikacije, uporabe i plaćanja.
6. Mjesto za opskrbu” znači objekt za opskrbu bilo kojim gorivom, uz iznimku UPP-a, putem fiksne ili mobilne instalacije; „Mjesto za opskrbu UPP-om” znači objekt za opskrbu UPP-om koji se sastoji bilo od fiksnog ili mobilnog objekta, objekta na moru ili drugih sustava.
7. Sva javno dostupna mjesta za punjenje korisnicima električnih vozila također pružaju mogućnost punjenja na ad hoc osnovi bez sklapanja ugovora s dotičnim opskrbljivačem električnom energijom ili operatorom.

8. Države članice osiguravaju da su cijene koje naplaćuju operatori javno dostupnih mjesta za punjenje opravdane, lako i jasno usporedive, pregledne i nediskriminirajuće.
9. Države članice osiguravaju da operatori distribucijskog sustava na nediskriminirajućoj osnovi surađuju sa svakom osobom koja postavlja ili upravlja javno dostupnim mjestima za punjenje.
10. Države članice EU osiguravaju da je pravnim okvirom dopušteno da opskrba električnom energijom mjesta za punjenje bude predmetom ugovora s opskrbljivačem koji ne mora biti subjekt koji električnom energijom opskrbljuje kućanstvo ili građevinu u kojem je smješteno takvo mjesto za punjenje.
11. Ne dovodeći u pitanje Uredbu (EU) br. 1025/2012, Unija poduzima potrebne radnje kako bi odgovarajuće organizacije za normizaciju razvijale europske norme s detaljnim tehničkim specifikacijama za mjesta za bežično punjenje i zamjenu baterija za motorna vozila te za mjesta za punjenje motornih vozila kategorije L i električnih autobusa.
12. Komisija je ovlaštena donositi delegirane akte kako bi zahtijevala usklađenost infrastrukture, koju treba postaviti ili obnoviti, s tehničkim specifikacijama sadržanima u europskim normama koje treba razviti na temelju preporuka i izbjeći samo jedno tehničko rješenje. Posebno je važno da Europska komisija slijedi svoju uobičajenu praksu i prije donošenja navedenih delegiranih akata provede savjetovanja sa stručnjacima, uključujući stručnjake država članica. Navedenim se delegiranim aktima osiguravaju prijelazna razdoblja od najmanje 24 mjeseca prije nego što u njima sadržane tehničke specifikacije ili izmjene tih specifikacija postanu obvezujuće za infrastrukturu koju treba postaviti ili obnoviti[26,27,28,29,30,31]..

U svojoj Komunikaciji od 3. ožujka 2010. pod nazivom „Europa 2020.: Strategija za pametan, održiv i uključiv rast”, Komisija ima za cilj jačanje konkurentnosti i sigurnosti opskrbe energijom putem učinkovitije uporabe resursa i energije[26,27,28,29,30,31].

U bijeloj knjizi Komisije od 28. ožujka 2011. pod naslovom „Plan za jedinstveni europski prometni prostor – ususret konkurentnom prometnom sustavu u kojem se učinkovito gospodari resursima” poziva se na smanjivanje ovisnosti prometnog sustava o nafti. To treba ostvariti pomoću niza političkih inicijativa, uključujući razvoj održive strategije za alternativna goriva, kao i razvojem pripadajuće infrastrukture. U bijeloj knjizi Komisije

također se predlaže smanjenje emisija stakleničkih plinova u prometu za 60 % do 2050., u usporedbi s razinama iz 1990. Direktivom 2009/28/EZ Europskog parlamenta i Vijeća postavlja se kao cilj 10-postotni tržišni udio energije.

Na temelju savjetovanja s dionicima i nacionalnim stručnjacima te na podlozi stručnog znanja koje je odraženo u Komunikaciji Komisije od 24. siječnja 2013. pod nazivom „Čista energija za promet: europska strategija za alternativna goriva” kao trenutačno najvažnija alternativna goriva s potencijalom za dugoročno nadomještanje nafte utvrđeni su električna energija, vodik, biogoriva, prirodni plin i ukapljeni naftni plin (UNP), također s obzirom na mogućnost njihove istovremene i kombinirane uporabe, primjerice, pomoću sustava tehnologije dvojnog goriva[26,27,28,29,30,31]..

Izvori energije znače sve alternativne izvore energije za promet, kao što su električna energija i vodik koji se ne moraju oslobađati izgaranjem ili oksidacijom bez izgaranja.

Ne dovodeći u pitanje definiciju alternativnih goriva iz posljednje Direktive, trebalo bi uzeti u obzir postojanje dodatnih vrsta čistih goriva koja mogu predstavljati potencijalnu alternativu fosilnim gorivima. Pri odabiru novih vrsta alternativnih goriva u obzir bi trebalo uzeti obećavajuće rezultate istraživanja i razvoja. Norme i zakonodavstvo trebalo bi formulirati bez davanja prednosti bilo kojoj određenoj vrsti tehnologije kako se ne bi ometao daljnji razvoj u smjeru alternativnih goriva i nositelja energije[26,27,28,29,30,31]..

U izvješću skupine na visokoj razini CARS 21 od 6. lipnja 2012. navedeno je da nepostojanje usklađene infrastrukture za alternativna goriva širom Unije ometa uvođenje vozila na alternativna goriva na tržište i odgađa koristi koje bi ta vozila imala za okoliš.

U svojoj Komunikaciji od 8. studenoga 2012. pod naslovom „Akcijski plan CARS 2020 za kompetitivnu i održivu automobilsku industriju u Europi” Komisija je preuzela glavne preporuke iz izvješća skupine na visokoj razini CARS 21 te je predstavila akcijski plan koji se na njima zasniva[26,27,28,29,30,31]..

Ova je Direktiva jedno od ključnih djelovanja u pogledu infrastrukture za alternativna goriva koja je najavila Komisija[26,27,28,29,30,31]..

Trebalo bi izbjeći rascjepkavanje unutarnjeg tržišta uzrokovano neusklađenim uvođenjem alternativnih goriva na tržište. Usklađeni okviri politike svih država članica trebali bi stoga omogućiti dugoročnu sigurnost potrebnu za privatna i javna ulaganja u tehnologiju vozila i goriva te izgradnju infrastrukture radi ostvarivanja dvostrukog cilja: smanjenja ovisnosti o nafti i ublažavanja utjecaja prometa na okoliš.

Države članice trebale bi stoga uspostaviti nacionalne okvire politike unutar kojih se u glavnim crtama navode nacionalni pojedinačni i skupni ciljevi te djelovanja potpore za razvoj tržišta u pogledu alternativnih goriva, uključujući postavljanje potrebne infrastrukture koju treba izgraditi, u bliskoj suradnji s regionalnim i lokalnim tijelima vlastima te industrijom na koju se to odnosi, istovremeno uzimajući u obzir potrebe malih i srednjih poduzeća[26,27,28,29,30,31]..

Države članice trebale bi, prema potrebi, surađivati sa susjednim državama članicama na regionalnoj ili makroregionalnoj razini putem savjetovanja ili zajedničkih okvira politike, posebno kada je potrebna neprekinuta prekogranična pokrivenost infrastrukturom za alternativna goriva ili kada je potrebno izgraditi novu infrastrukturu u blizini nacionalnih granica, uključujući različite mogućnosti osiguravanja nediskriminirajućeg pristupa mjestima za punjenje i opskrbu. Države članice bi međusobnom suradnjom, a Komisija procjenama i izvješćivanjem trebale podupirati koordinaciju navedenih nacionalnih okvira politike i njihovu međusobnu usklađenost na razini Unije.

Potreban je usklađen pristup kako bi se zadovoljile dugoročne potrebe za energijom u svim vrstama prometa.

Politike bi se posebno trebale temeljiti na uporabi alternativnih goriva, s naglaskom na posebnim potrebama svake vrste prometa.

Pri izradi nacionalnih okvira politike trebalo bi uzimati u obzir potrebe različitih vrsta prometa koje postoje na državnom području država članica, uključujući one za koje su dostupne ograničene alternative fosilnim gorivima.

U skladu s Uredbom (EU) br. 1316/2013 Europskog parlamenta i Vijeća (1), razvoj novih tehnologija i inovacija, posebno u vezi s dekarbonizacijom prometa, prihvatljiv je za financiranje Unije. Tom se Uredbom također predviđa odobravanje dodatnog financiranja za djelovanja kojima se iskorištavaju sinergije između barem dva sektora obuhvaćena njome (odnosno promet, energetika i telekomunikacije). Naposljetku, Koordinacijski odbor za Instrument za povezivanje Europe (CEF) pomaže Komisiji pri usklađivanju programâ rada s ciljem omogućavanja višesektorskih poziva na podnošenje prijedloga, u nastojanju da se u cijelosti iskoriste moguće sinergije među tim sektorima. CEF bi stoga trebao doprinijeti postavljanju infrastrukture za alternativna goriva.

Okvirnim programom Obzor 2020., koji je osnovan Uredbom (EU) br. 1291/2013 Europskog parlamenta i Vijeća (2) također će se osigurati potpora istraživanjima i inovacijama koja se odnose na vozila na alternativna goriva i povezanu infrastrukturu, posebno u okviru društvenog izazova „Pametna, ekološki i integrirani promet”. Taj

posebni izvor financiranja također bi trebao doprinijeti razvoju infrastrukture za alternativna goriva te bi ga u cijelosti trebalo smatrati dodatnom prigodom za osiguravanje održivog tržišta mobilnosti u cijeloj Uniji[26,27,28,29,30,31]..

Kako bi se pokrenula ulaganja u održivi promet i poduprlo postavljanje neprekinute mreže infrastrukture za alternativna goriva u Uniji, Komisija i države članice trebale bi podupirati nacionalne i regionalne razvojne mjere u tom području. Trebale bi poticati razmjene najbolje prakse u vezi s postavljanjem infrastrukture za alternativna goriva i upravljanje njome između lokalnih i regionalnih razvojnih inicijativa te bi u tu svrhu trebale promicati uporabu sredstava iz europskih strukturnih i investicijskih fondova, a posebno Europskog fonda za regionalni razvoj i Kohezijskog fonda.

Smjernicama za transeuropsku prometnu mrežu (TEN-T) ukazuje se na to da alternativna goriva, barem djelomično, služe kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom, doprinose njihovoj dekarbonizaciji i poboljšavaju okolišnu učinkovitost prometnog sektora. U smjernicama TEN-T-a je u vezi s novim tehnologijama i inovacijama utvrđeno da TEN-T treba omogućiti dekarbonizaciju svih oblika prometa poticanjem energetske učinkovitosti kao i uvođenjem alternativnih pogonskih sustava i osiguravanjem odgovarajuće infrastrukture[26,27,28,29,30,31].. U smjernicama TEN-T-a također je utvrđeno da se raspoloživost alternativnih goriva mora osigurati u lukama unutarnjih voda i morskim i zračnim lukama te na cestama osnovne mreže uspostavljene Uredbom (EU) br. 1315/2013 Europskog parlamenta i Vijeća, financiranje TEN-T-a, omogućena je dodjela bespovratnih sredstva za postavljanje navedenih novih tehnologija i inovacija u okviru osnovne mreže, uključujući za infrastrukturu za alternativna čista goriva. Osim toga, za postavljanje infrastrukture za alternativna čista goriva u široj cjelovitoj mreži moći će se primati financijska pomoć iz CEF-a u obliku javne nabave i financijskih instrumenata, kao što su projektne obveznice. a („osnovna mreža TEN-T”). U okviru CEF-a[27, 29].

Nepostojanje usklađenog razvoja infrastrukture za alternativna goriva širom Unije sprečava razvoj ekonomijâ obujma na strani ponude i mobilnosti na strani potražnje širom Unije. Potrebno je izgraditi nove infrastrukturne mreže, poput onih za električnu energiju, prirodni plin, ukapljeni prirodni plin (UPP) i stlačeni prirodni plin (SPP) i, prema potrebi, vodik. Važno je uzeti u obzir različite stupnjeve razvoja tehnologije i s njom povezane infrastrukture za svako gorivo, uključujući pripremljenost poslovnih modela za privatne ulagače te raspoloživost i prihvatljivost alternativnih goriva za korisnike. Trebalo bi osigurati tehnološku neutralnost, a nacionalni okviri politike trebali bi na odgovarajući

način uzeti u obzir zahtjev za potporu komercijalnom razvoju alternativnih goriva. Osim toga, pri izradi nacionalnih okvira politike trebalo bi uzeti u obzir gustoću stanovništva i zemljopisna obilježja[26,27,28,29,30,31]..

Električna energija i vodik su izvori energije posebno pogodni za uvođenje električnih vozila/vozila na gorivne članke i vozila kategorije L u gradskim/prigradskim aglomeracijama i drugim gusto naseljenim područjima, koji mogu doprinijeti poboljšanju kvalitete zraka i smanjenju buke. Elektromobilnost je važan doprinos ispunjavanju ambicioznih klimatskih i energetske ciljeve Unije za 2020. Direktiva 2009/28/EZ, koju su države članice prenijele u nacionalna zakonodavstva do 5. prosinca 2010., postavlja obvezujuće ciljeve za sve države članice u odnosu na udio energije iz obnovljivih izvora s ciljem postizanja do 2020. cilja Unije od najmanje 20 % udjela energije iz obnovljivih izvora i cilja da se 10 % udjela energije iz obnovljivih izvora upotrebljava posebno u prometnom sektoru.

Elektroenergetska infrastruktura na kopnu može služiti kao izvor čiste energije za pomorski promet i promet na unutarnjim vodnim putovima, a posebno u morskim lukama i lukama unutarnjih voda u kojima je kvaliteta zraka niska ili razina buke visoka. Električna energija s kopna može doprinijeti smanjenju utjecaja morskih brodova i plovila na unutarnjim vodnim putovima na okoliš[26]..

Opskrbom električnom energijom aviona u mirovanju u zračnim lukama može se smanjiti potrošnja goriva i buka, poboljšati kvalitetu zraka i smanjiti utjecaj na promjenu klime. Države članice stoga bi trebale osigurati da se u njihovim nacionalnim okvirima politike razmotri potreba za instaliranjem priključaka za opskrbu električnom energijom u zračnim lukama[26,27,28,29,30,31].

7. POGLED UNAPRIJED

Električna energija mogla bi povećati energetske učinkovitost cestovnih vozila i doprinijeti smanjenju CO₂ u prometu. Ona je izvor energije koji je neophodan za uvođenje električnih vozila, uključujući vozila kategorije L, kako je navedeno u Direktivi 2007/46/EZ Europskog parlamenta i Vijeća i Uredbi (EU) br. 168/2013 Europskog parlamenta i Vijeća, koja mogu doprinijeti poboljšanju kvalitete zraka i smanjenju buke u gradskim/prigradskim aglomeracijama te drugim gusto naseljenim područjima[26].

Države članice, a time Hrvatska kao punopravna članica, trebale bi osigurati da se izgradnjom javno dostupnih mjesta za punjenje osigura odgovarajuća pokrivenost kako bi se omogućilo da električna vozila prometuju barem u gradskim/prigradskim aglomeracijama i drugim gusto naseljenim područjima te, prema potrebi, u okviru mreža koje odrede države članice.

Broj takvih mjesta za punjenje trebalo bi odrediti uzimajući u obzir procjenu broja do kraja 2020. registriranih električnih vozila u svakoj državi članici.

Okvirno bi primjereni prosječni broj mjesta za punjenje trebao odgovarati najmanje jednom mjestu za punjenje na 10 automobila, također uzimajući u obzir tip automobilâ, tehnologiju punjenja i raspoloživost privatnih mjesta za punjenje.

Trebalo bi instalirati primjeren broj javno dostupnih mjesta za punjenje, posebno na postajama javnog prijevoza kao što su putnički terminali u lukama, zračnim lukama ili željezničkim kolodvorima.

Privatni vlasnici električnih vozila uvelike ovise o pristupu mjestima za punjenje na zajedničkim parkiralištima, primjerice parkiralištima stambenih blokova, ureda i poslovnih prostora.

Tijela javne vlasti trebala bi poduzeti mjere za pomoć korisnicima takvih vozila time što bi se pobrinula da investitori gradnje i upravitelji osiguraju odgovarajuću infrastrukturu s dostatnim brojem mjesta za punjenje električnih vozila.

8. ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da je elektromobilnost je područje koje se razvija velikom brzinom.

Kod postojećih tehnologija sučelja za punjenje upotrebljavaju se kabelski priključci, no treba razmotriti i buduće tehnologije sučelja kao što su bežično punjenje ili zamjena baterija.

Postojeću Direktivu bi stoga trebalo ažurirati kako bi se na primjeren način uzele u obzir buduće norme za tehnologije kao što su bežično punjenje i zamjena baterija.

Javno dostupno mjesto za punjenje ili opskrbu može, primjerice, uključivati mjesta ili uređaje za punjenje ili opskrbu u privatnom vlasništvu ili uređaje dostupne javnosti putem registracijskih kartica ili naknada, mjesta za punjenje ili opskrbu za sheme dijeljenja automobila koje korisnicima koji su treće osobe omogućuju pristup putem pretplate ili mjesta za punjenje ili opskrbu na javnim parkiralištima.

Mjesta za punjenje ili opskrbu koje privatnim korisnicima omogućuju fizički pristup uz autorizaciju ili pretplatu trebalo bi smatrati javno dostupnim mjestima za punjenje ili opskrbu.

Elektromobilnost je za Republiku Hrvatsku od velike važnosti zbog velikog broja gradova sa zaštićenom spomeničkom baštinom kod koje važno voditi računa o razini emisija u prometu.

Dostavna vozila nužno je preorijentirati na električni pogon i tako smanjiti nivo emisija i buke .

Vrlo je važno integrirati električna vozila u poljoprivredu kroz ekološku poljoprivredu kao nisko ugljičnu proizvodnju čime se ostvaruje dodana vrijednost proizvoda.

Također električna vozila će poslužiti kao spremnici električne energije čime će se osigurati samoodrživost malih obiteljskih sustava kojima bi se omogućilo da pohrane energiju proizvedenu iz vlastitih obnovljivih izvora energije te istu koriste kada izvori nemaju napajanje.

Svakako će razvoj i povećanje broja električnih vozila doprinijeti i povećanju broja samostalnih obiteljskih sustava za proizvodnju električne energije te osigurati pohranu energije na mjestima gdje nije moguće istu vratiti u mrežu.

9. LITERATURA

- [1] ELECTASOL, <http://www.electasol.hr/povijest/index.html>;
- [2] HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=67917>;
- [3] ELEKTRIČNI AUTOMOBIL-povijest razvoja i sastavni dijelovi, M.Stojkov, D. Gašparović, D.Pelin, H. Glavaš, K. Hornung, N. Mikulandra [.pdf];
- [4] ELEKTROAUTOR, www.elektroautor.com/hr/geschichte-des-elektroautos/ ;
- [5] ELEKTRIČNI AUTOMOBILI I ODRŽIVI RAZVOJ, Ivana Alajbeg, Split, Veljača 2014.;
- [6] HOW A CAR WORKS, www.howacarworks.com/basics/how-a-car-electrical-systems-work ;
- [7] INFORMATIČKA ABECEDA, <http://www.informatika.buzdo.com/s949-elektricni-automobil-tesla-motors.htm>;
- [8] HIBRIDNI AUTOMOBILI, Wikipedija, http://hr.wikipedia.org/wiki/Hibridni_automobil;
- [9] CROENERGO, <http://www.croenergo.eu/chevrolet-volt-%E2%80%93-93-elektricni-automobil-s-produzenim-dosegom-1902.aspx>;

- [10] SUNČEVO VOZILO, Wikipedija, http://hr.wikipedia.org/wiki/Sunčevo_vozilo;
- [11] ELEKTRIČNI STROJEVI, Wikipedija, http://hr.wikipedia.org/wiki/Električni_strojevi;
- [12] HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, Električni motor, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17584>;
- [13] INDUKCIJSKI MOTOR, Wikipedija, http://hr.wikipedia.org/wiki/Indukcijski_motor;
- [14] AUTO NA STRUJU, www.autonastruju.com/elauto.php;
- [15] UVOĐENJE ALTERNATIVNIH POGONA U CESTOVNOM PROMETU, Seminarski rad, I. Jakovac, M. Kučica, D. Marčelja
- [16] ALTERNATIVE FUEL VEHICLE, Wikipedija, http://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_fuel_vehicle;
- [17] LIQUID NITROGEN VEHICLE, Wikipedija, http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_nitrogen_vehicle;
- [18] WORLD SOLAR CHALLENGE, <http://www.worldsolarchallenge.org>;
- [19] AMERICAN SOLAR CHALLENGE, <http://www.americansolarchallenge.org>;
- [20] SOLAR IMPULSE, <http://www.solarimpulse.com>;
- [21] SOUTH AFRICAN SOLAR CHALLENGE, http://en.wikipedia.org/wiki/South_African_Solar_Challenge;
- [22] ETANOL, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Etanol>;
- [23] TURANOR PLANET SOLAR, http://hr.wikipedia.org/wiki/Turanor_PlanetSolar;
- [24] AERODYNAMIC EFFICIENCY, http://www.exa.com/aerodynamic_efficiency.html;
- [25] FUEL ECONOMY IS THE FOCUS OF AERODYNAMICS, <http://www.edmunds.com/fuel-economy/fuel-economy-is-the-focus-of-aerodynamics.html>;
- Wikipedia [<http://en.wikipedia.org>];
- [26] DIREKTIVA 2014/94 EU PARLAMENTA I VIJEĆA O USPOSTAVI INFRASTRUKTURE ZA ALTERNATIVNA GORIVA OD 22. listopada 2014
- [27] UREDBA (EU) br. 1025/2012 Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2012. o europskoj normizaciji, o izmjeni direktiva Vijeća 89/686/EEZ i 93/15/EEZ i direktiva 94/9/EZ, 94/25/EZ, 95/16/EZ, 97/23/EZ, 98/34/EZ, 2004/22/EZ, 2007/23/EZ, 2009/23/EZ i 2009/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća te o stavljanju izvan snage Odluke Vijeća 87/95/EEZ i Odluke br. 1673/2006/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (SL L 316, 14.11.2012., str. 12.).
- [28] DIREKTIVA 2008/68/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 24. rujna 2008. o kopnenom prijevozu opasnih tvari
- [29] DIREKTIVA 2006/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 12. prosinca 2006. o utvrđivanju tehničkih pravila za plovila unutarnje plovidbe i stavljanju izvan snage [28] [30] Direktive Vijeća 82/714/EEZ (SL L 389, 30.12.2006) Uredba (EZ) br. 595/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 18. lipnja 2009. o homologaciji motornih vozila i motora s obzirom na emisije iz teških vozila (Euro VI) i o pristupu informacijama za popravak i održavanje vozila i izmjenama Uredbe (EZ) br. 715/2007
- [30] DIREKTIVA 2007/46/EZ i stavljanju izvan snage direktiva 80/1269/EEZ, 2005/55/EZ i 2005/78/EZ
- [31] DIREKTIV 2009/30/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o izmjeni Direktive 98/70/EZ u pogledu specifikacije benzina, dizelskoga goriva i plinskog ulja i uvođenju mehanizma praćenja i smanjivanja emisija stakleničkih plinova, o izmjeni Direktive Vijeća 1999/32/EZ u pogledu specifikacije

goriva koje se koristi na plovilima na unutarnjim plovnim putovima i stavljanju izvan snage Direktive 93/12/EEZ