

Ekološki otisak automobila na električni pogon

Stančin, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:027533>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PETAR STANČIN

EKOLOŠKI OTISAK AUTOMOBILA NA ELEKTRIČNI POGON

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2022.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva
za 14. 07. 2022 u 9 sa
Obranu ovog rada kandidat će izvršiti i pred
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu
Varaždin, 30. 06. 2022.

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:

120. prof. dr. sc. Saufa Kovač

Članovi povjerenstva

- 1) Doc. dr. sc. Viktor Mir Preun
- 2) Prof. dr. sc. Aleksandra Amić Vekarić
- 3) Doc. dr. sc. Ivana Brčić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PETAR STANČIN

EKOLOŠKI OTISAK AUTOMOBILA NA ELEKTRIČNI POGON

DIPLOMSKI RAD

KANDIDAT:

PETAR STANČIN



MENTOR:

Doc.dr.sc.VITOMIR PREMUR

VARAŽDIN, 2022.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

EKOLOŠKI OTISAK AUTOMOBILA NA ELEKTRIČNI POGON

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom Doc.dr.sc. Vitomir Premur.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 28.lipnja.2022.

PETAR STANČIN
(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI DIPLOMSKOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA

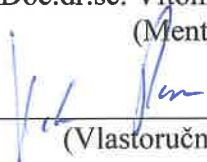
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

Ekološki otisak automobila na električni pogon

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog diplomskog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti diplomskog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 28. lipanj 2022 god.

Doc.dr.sc. Vitomir Premur
(Mentor)



(Vlastoručni potpis)

Sažetak

Ovaj diplomski rad bavi se ekološkim otiskom automobila na električni pogon. Električne automobile smatramo najboljom ekološkom alternativom zbog smanjenja ispušnih plinova i povoljnog utjecaja na okoliš. Za razliku od klasičnih automobila koji tijekom svoje vožnje ispuštaju emisije kroz auspuh, električni automobili ih ne ispuštaju.. Iako električna vozila ne ispuštaju emisije tijekom korištenja, postavlja se pitanje na koji se način dobiva električna energija za njihov pogon.. Isto tako, električni automobili koriste baterije koje sadrže opasne spojeve i elemente poput litija čije su količine ograničene.. Istodobno se pojavljuje problem utjecaja baterija na okoliš, njihovog skladištenje i recikliranja. Ovaj diplomski rad pokazuje jesu li električni automobili stvarno automobili s nultom emisijom zagađenja ili imaju emisije tijekom eksploatacije sirovina, njihove proizvodnje te kako njihovo zbrinjavanje utječe na okoliš.

Ključne riječi : Ekološki otisak, električni automobili, nulta emisija, baterije, električna energija

Abstract

This master thesis deals with the ecological footprint of electric cars. Electric cars are considered to be the best ecological alternative due to the reduction of exhaust gases and their favourable impact on the environment. In comparison to classic cars that cause emissions through their exhaust pipes, electric cars do not cause emissions. Although electric cars do not cause emissions the question arises as to how electricity is obtained to power them. Also, electric cars use batteries that contain dangerous compounds and elements like lithium whose resources are limited. At the same time, there is a problem concerning the impact of batteries on the environment, their storage and recycling. The thesis shows whether electric cars are really zero-emission cars or cause emissions during the exploitation of raw materials, their production and how the environment is affected by their disposal.

Keywords : Ecological footprint, electric cars, zero emission, batteries, electricity

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Utjecaj cestovnog prometa na okoliš.....	2
3. Emisije iz automobila	3
3.1. Emisije iz klasičnih automobila.....	4
3.1.1. Proizvodnja.....	4
3.1.2. Korištenje	5
3.1.3. Recikliranje klasičnog automobila	9
3.2. Električni automobili	10
3.2.1 Utjecaj električnih automobila na okoliš.....	12
3.2.2 Proizvodni proces	12
3.2.3. Baterije	13
3.2.4. Vrste baterija	14
3.2.5. Punjenje električnih automobila	15
3.2.6 Punionice u Hrvatskoj	17
4. Električna energija	19
4.1. Emisije iz energetskeg sektora.....	20
4.2. Utjecaj punjenja električnih automobila na energetske mrežu	22
5. Recikliranje električnih automobila.....	24
6. Usporedba klasičnih i električnih automobila	26
6.1. Energetska usporedba.....	27
6.2. Okolišna usporedba.....	27
7. Zaključak	31
8. Popis literature	32
9. Popis slika	35

1.Uvod

Automobilska industrija svoj procvat doživljava početkom 20. stoljeća. Najveća godišnja proizvodnja zabilježena je 1990. godine kada je ostvarena proizvodnja od 36,3 milijuna automobila [1]. Nakon ovog razdoblja analitičari su dali pretpostavku da će se broj automobila još rasti to za 25%. Danas svako kućanstvo ima barem jedan ili više automobila, te se taj broj povećava te sve više kućanstva ima više osobnih vozila. Kako sve više raste broj automobila za prijevoz putnika i robe, to svakako utječe i na sam okoliš. Također svjesni smo štetnog utjecaja izgaranja fosilnih goriva na naš okoliš. Odgovor na probleme pronalazimo u električnim vozilima. Gledajući užu sliku električnih vozila i njihovog utjecaja na okoliš vidimo samo prednosti. Kao prvo električna vozila tijekom korištenja ne proizvode emisije štetnih plinova, te nema stvaranja buke tijekom rada. Ovim načinom se smanjuje emisija štetnih plinova nastala u cestovnom prometu. Na ovaj način bi riješili probleme emisija iz cestovnog prometa, ali treba sagledati širu sliku. Električna vozila koriste električnu energiju za pokretanje, veliki dio električne energije se proizvodi u termoelektranama gdje se spaljuju fosilna goriva. Ako uzmemo u obzir da će se broj električnih automobila povećati, onda će se povećati i potražnja za električnom energijom. Isto tako električni automobili imaju manji dolet, te su potrebnije veći i sve češće punionice električnih automobila. U diplomskom radu razmotren je ekološki utisak električnih automobila [1].

2. Utjecaj cestovnog prometa na okoliš

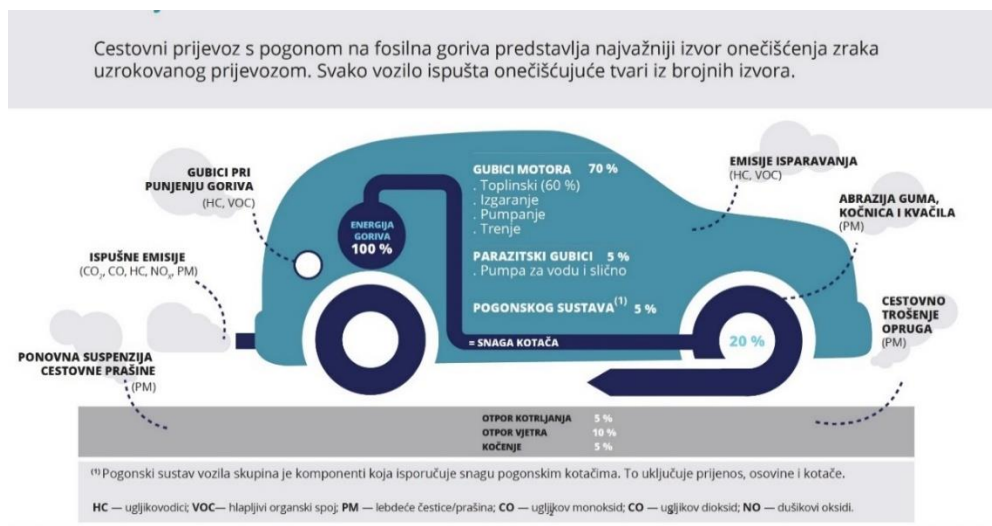
Cestovni promet je jedan od osnovnijih i najraširenijih načina transporta putnika i robe. Kako sve više raste broj automobila, tako je i sve veći njihov utjecaj na okoliš. Rast globalnih emisija ugljika iz ispušnih plinova je stalan, a pošto se svakog dana sve više automobila koristi dolazi do rasta emisija. Izgaranjem fosilnih goriva možemo smatrati da je odgovorno za povećanje od 25% emisija [1]. Također promet uzrokuje i emisije dušikovih oksida i hlapivih organskih spojeva koji su odgovorni za stvaranje ozona. Ozon je prisutan u ozonskom omotaču i ključan je za život na zemlji, ali je nepoželjan pri tlu. Utjecaj prometa na okoliš rezultira i onečišćenje tla, zraka, vode, te isto tako stvaranjem buke i vibracije isto djeluje negativno na okoliš. Razvojem automobilske industrije sve je više automobila na cesti te se prema istraživanjima procjenjuje da će svjetski broj automobila udvostručiti u slijedećih 20 godina, te će benzin i dizelsko gorivo i dalje biti najrašireniji izvor energije. Prema tome možemo zaključiti da će prometna infrastruktura sve više razvijati, a time rasti emisije CO₂ u atmosferu [1]. Na slici 1. je prikazana razvijenost cestovnog prometa.



Slika 1 Prikaz razvijenog cestovnog prometa [1].

3. Emisije iz automobila

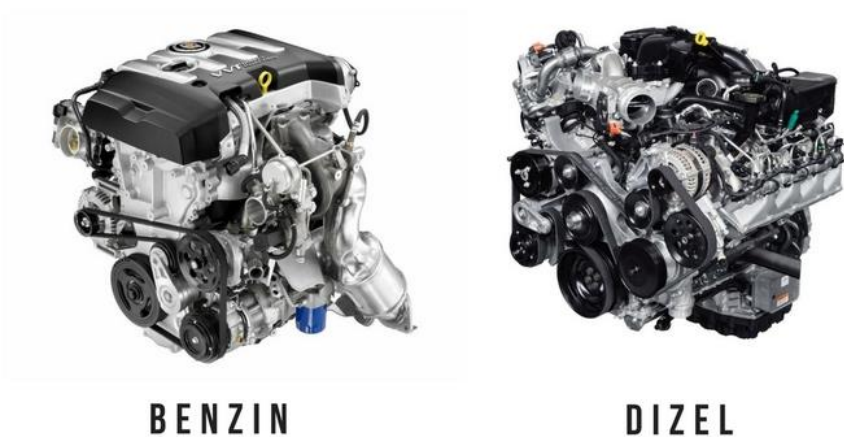
Danas je osobni automobil sastavni dio života, te je bez njega gotovo nemoguće funkcionirati. Pojavom prve industrijske revolucije i izumom motora na parni pogon, počele su emisije koje će utjecati na daljnji razvoj i stanje u okolišu.. Kako automobili koji koriste motor na fosilna goriva ispuštaju ispušne plinove te time sve više utječu na sam okoliš, bitno je znati podatke koji upućuju na to stanje. U sljedećim poglavljima diplomskog rada biti će opisani klasični i električni automobili[2.] Na ovaj način će se opisati emisije iz automobila tijekom proizvodnje korištenja i zbrinjavanja. Slika 2. prikazuje onečišćenja koja automobil na fosilno gorivo uzrokuje. Najznačajniji emisije su : CO₂, CO, HC, NO_x, krute čestice[2].



Slika 2 Emisije uslijed korištenja automobila s pogonom pomoću motora s unutrašnjim sagorijevanjem [2].

3.1. Emisije iz klasičnih automobila

Klasični automobili su automobili koji koriste motore sa unutarnjim izgaranjem. Motore na sa unutarnjim izgaranjem djelo na dizel motore i na benzinske motore koji su prikazani na slici 3 [3].



Slika 3 Benzinski i dizelski motor [3].

3.1.1. Proizvodnja

Proizvodnja klasičnih automobila je svake godine sve veća jer potreba za osobnim automobila raste iz dana u dan. U 2019. godini proizvedeno je 70 milijuna osobnih automobila. Blagi pad osjetio se je sljedećih godina, tako je 2020. proizvedeno 15 milijuna automobila manje [4]. Pad proizvodnje je uzrokovala pojava korona virusa. Najbitnije sirovine za proizvodnju automobila su čelik, bakar, aluminij, staklo, guma, plastika. Kako je porasla proizvodnja automobila, tako je potražnja za navedenim sirovinama isto uvećana. Potražnja bakra, platine i drugih plemenitih metala porasla je za 70%. Što znači i veću potrošnju energije i poskupljenje sirovina. Za 1 kg bakra potrebno je 1500 kg rude bakra. Također potrebno je spomenuti kako je sam proces dobivanja bakra iz rude energetski zahtjevan [4].



Slika 4 Proizvodnja automobila marke Golf [4].

3.1.2. Korištenje

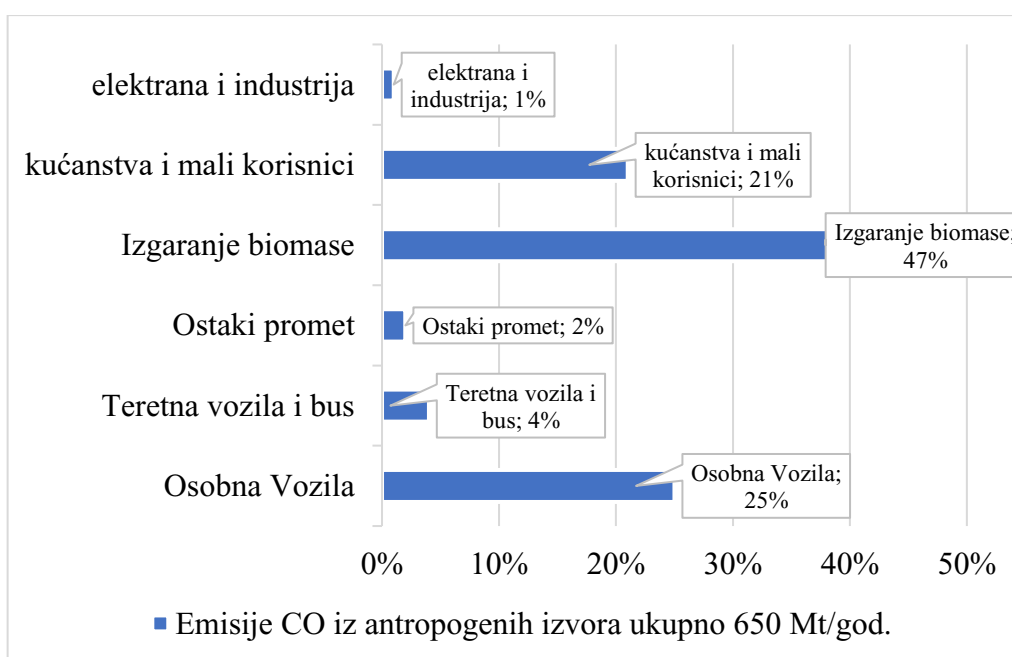
Tijekom svojeg transporta a kasnije i korištenja automobili imitiraju emisije u okolišu. Emisije koje se najčešće vežu za automobile su ispušni plinovi i buka koja nastaje tijekom njihovog korištenja [5]. Slikom 5 prikazano je korištenje automobila u prometu.



Slika 5 Korištenje automobila u prometu [5].

Plinovi koji nastaju tijekom korištenja automobila su CO, SO₂, NO_x, CO₂, HC i krute čestice.

Kao posljedica nepotpunog izgaranja goriva nastaje i ugljični monoksid (CO). To je otrovni plin bez boje okusa i mirisa i sudjeluje u stvaranju ozona u troposferi. Oko 40% CO nastaje prirodnim putem, dok su najvažniji antropogeni izvori motorna vozila. Jako je otrovan za ljude jer potiskuje kisik koji se veže za hemoglobine u krvi. Količina plina koja izlazi iz dimnih otvora ograničena je zakonskom regulativom, te ovisi o načinu izgaranja, vrsti goriva[6].



Slika 6 Emisije CO iz antropogenih izvora

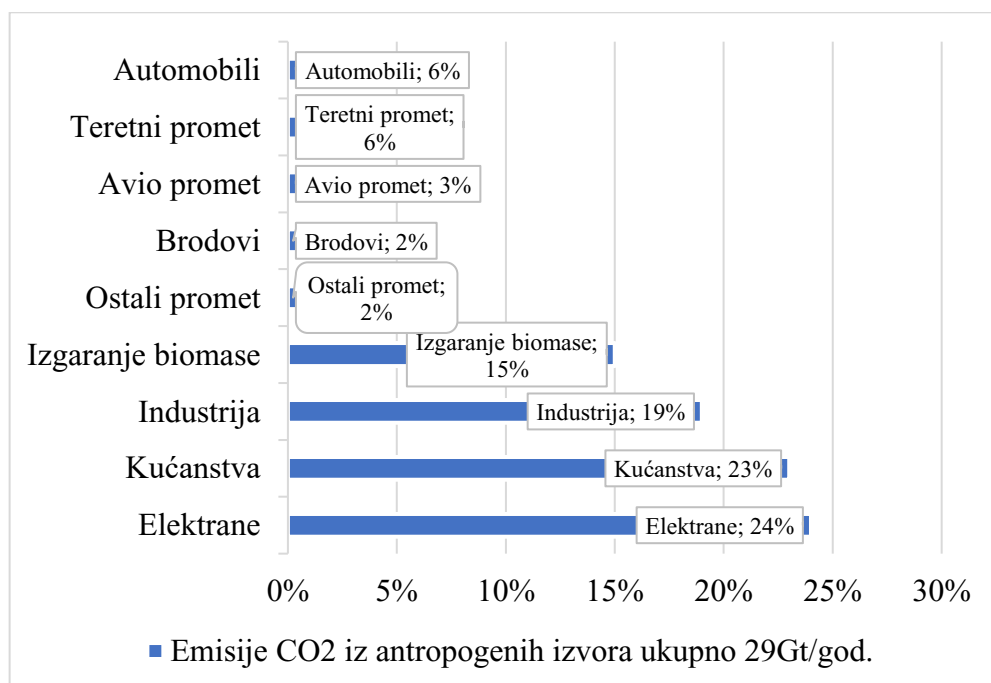
Sumporni dioksid (SO₂) je plin bez boje i oštrog mirisa, u atmosferu dolazi iz antropogenih i porodnih izvora. SO₂ se pojavljuje kao produkt sagorijevanja fosilnih goriva i to više od 90%. Imisije se izražavaju u mg/m³, pa preporučene vrijednosti od strane WHO za sumporni dioksid iznose 500 mg/m³ odnosno 50 mg/m³ za vrijeme 10 min odnosno 24 sata[6].

(dušikov oksid)(NO_x)je plin koji je lagano obojan plin koji nije topiv te ja važan jer se spaja sa kisikom u NO₂. Štetan je za ljude jer se kao i CO₂ veže za hemoglobin. „Dušik

nije goriva tvar, a dušični oksidi ne nastaju kao produkti izgaranja već kemijski endotermnom reakcijom pri temperaturama iznad 1000 K. NO_x nastaje izgaranjem svih vrsta fosilnih goriva [6].

Čestice predstavljaju mješavine anorganskih ili organskih tvari koji se nalaze u krutom ili tekućem stanju osim čiste vode. Najznačajniji antropogeni izvori lebdećih čestica u zrak su izgaranje fosilnih goriva, i industrijski procesi. Štetnost lebdećih čestica ovisi o kemijskom sastavu jer mogu sadržavati teške metale i o njihovoj veličini [6].

Korištenjem fosilnih goriva nastaje i ugljični dioksid (CO_2), nije otrovan, ali zbog doprinosa aktualnom problemu globalnog zagrijavanja njemu se u ovom diplomskom posvećuje posebna pažnja. Ugljični dioksid (CO_2) je plin bez boje okusa i mirisa i nešto teži od zraka. Nastaje kao produkt izgaranja fosilnih goriva, proizvodnja cementa. Veći dio CO_2 je antropogenog podrijetla, dok preostali dio otpada na šumske požare, erupcije vulkana, raspadanje biljne mase. Na dijagramu 2. je prikazan postotak emisija CO_2 iz antropogenih izvora [6].



Slika 7 Emisije CO_2 iz antropogenih izvora [6].

Kako bi izračunali prosječnu emisiju CO₂ iz automobila, uzeto je osobno vozilo marke BMW sa benzinskim motorom zapremine od 2000 cm³ i 125 ks. Na slici 8 je dan podatak o prosječnoj emisiji CO₂ po kilometru [6].

3. Prijavljujem nastanak porezne obveze posebnog poreza na motorna vozila temeljem	
<input type="checkbox"/> unosa ili uvoza motornog vozila od strane trgovca rabljenim motornim vozilima <input checked="" type="checkbox"/> unosa ili uvoza motornog vozila za vlastite potrebe <input type="checkbox"/> prenamjene motornog vozila <input type="checkbox"/> uporabe motornog vozila na cestama u Republici Hrvatskoj u trajanju dužem od 15 dana	
4. Vrsta vozila	5. Vrsta goriva
<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3a <input type="checkbox"/> 3b <input type="checkbox"/> 4	
6. Marka vozila BMW	7. Trgovački naziv, razina opreme, mjenjač i boja 116 I, ADVANTAGE, RUČNI, METALIK
8. Godina proizvodnje 2 0 0 9	9. Datum prve registracije 1 7
10. VIN oznaka (broj šasije) vozila WB A U K 3 1 0 X 0	
11. Prosječna emisija CO ₂ (g/km) 139	12. Broj prijedjenih kilometara (km) 15000
13. Snaga motora (kW) 90	14. Radni obujam motora (cm ³) 1990
15. Razina emisij	16. Kamper <input type="checkbox"/>
17. "Plug-in" hibridno električno vozilo (km)	18. Vozilo s 8 ili
19. Tražim da se posebni porez utvrdi <input checked="" type="checkbox"/> prema Tablici 1 Pravilnika	
20. Napomena	
21. Datum 11.04.2022	22. Potpis MEGY d.o.o. zastupništvo i usluge KARLIVNICA
23. Prilozi	
<input checked="" type="checkbox"/> Druge isprave ili dokazi <input checked="" type="checkbox"/> Potvrda o sukladnosti vozila izdana od nadležnog tijela/ovlaštene pravne osobe <input checked="" type="checkbox"/> Preslika prometne dozvole <input checked="" type="checkbox"/> Punomoć <input checked="" type="checkbox"/> Račun ili druga komercijalna isprava, odnosno ugovor, odluka ili rješenje kojim je porezni obve	
Popunjava nadležni carinski ured Carinski ured <i>PG-20</i> Datum unosa <i>11.04.2022</i> Ime i prezime ovlaštenog carinskog službenika Potpis	

Slika 8 Prosječna emisija CO₂

Emisija navedenog vozila prosječno iznosi 139 g/km CO₂, pretpostavimo da je godišnji prosjek oko 15 000 km, a prosječni životni vijek na 15 godina.

$$Emisija CO_2 \text{ god.} = 139 \frac{g}{km} * 15\ 000 \text{ km} = 2.085.000 \frac{g}{km} = 2,085 \text{ t}$$

$$Emisija CO_2 \text{ 15 god} = 2,085 \text{ t} * 15 \text{ god} = 31,275 \text{ t CO}_2$$

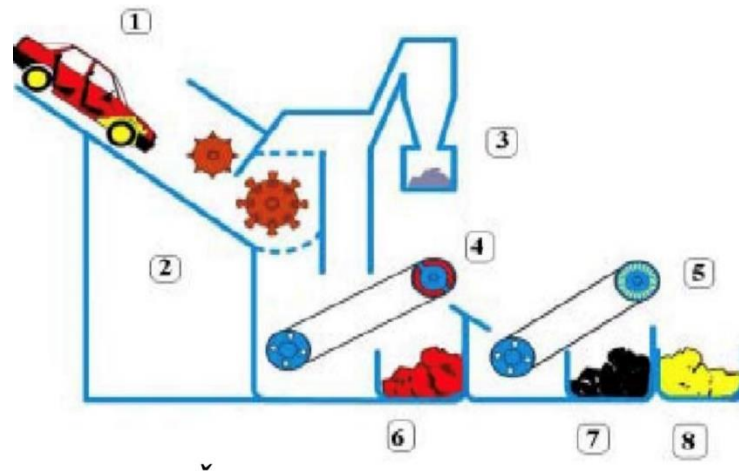
Iz slijedećeg izračuna dobiveno je da automobil godišnje ispusti 2,085 t CO₂, uz pretpostavku da je emisija 139 g/km i prijeđena kilometraža 15 000 km.

Kada bi dobiveni podatak pomnožili sa životnim vijekom dobili bi da autom tijekom svojeg prosječnog životnog vijeka ispusti 31,275 t CO₂.

3.1.3. Recikliranje klasičnog automobila

Recikliranje je proces obrade otpadnih materijala u svrhu dobivanja sirovina za ponovnu upotrebu. Sam proces uključuje skupljanje, izdvajanje, preradu te izradu novih proizvoda iz recikliranog materijala [7].

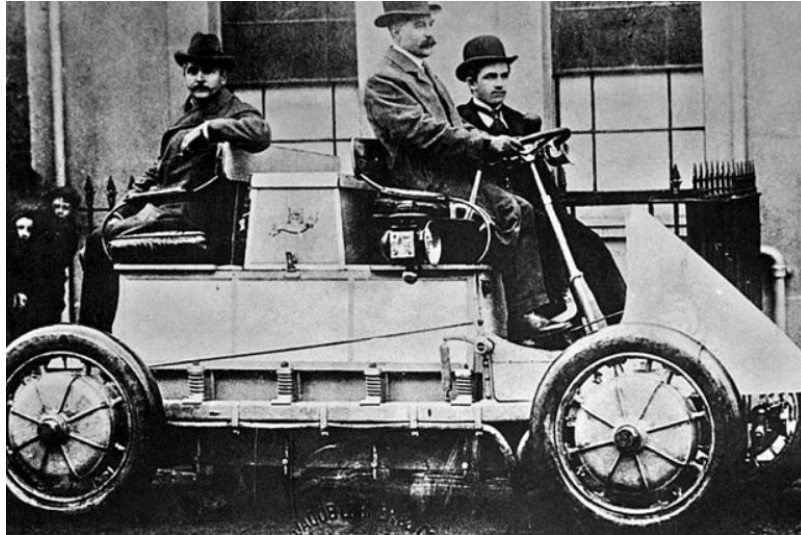
Automobil nakon svojeg životnog vijeka završava ili bi trebao završiti u reciklažom dvorištu. Tijekom recikliranja potrebno je sve dijelove automobila razdvojiti. Automobil sadrži plastične, gumene, metalne, otpadna motorna ulja, ulja iz kočnog sustava, otpadne tekućine iz rashladnog sustava automobila. Prosječan automobil sadržava oko 5 litara motornog ulja, rashladne tekućine oko 6 litara, te u kočnom sustavu se nalazi oko 2 litre ulja za kočenje[8]. Na slici 9 je prikazan postupak recikliranja automobila. Automobil se dopremi do mjesta u pogonu gdje se odvija pražnjenje spremnika, goriva, motornog ulja, ulja u kočnicama, uklanjanje akumulatora, skidanje guma, to je na slici označeno brojem 1. Nakon toga vozilo se doprema do drobilice gdje se odvija drobljenje cijelog automobila, na slici je označeno brojem 2. U drobilici postoji sistem za otprašivanje, označeno brojem 3. Izdrobljeni materijal dolazi do prvoga separatora (magnetnog) označenom brojem 4. Izdvojeni materijal odlazi u spremnik na slici označeno brojem 6. Ostali dio materijala dolazi na separator (na slici broj 5) gdje se odvija odvajanje električnog metala i nemetala te se tako sprema u spremnike pd brojem 7 i 8 na slici[8].



Slika 9 Recikliranje automobila [8].

3.2. Električni automobili

Trenutno imamo dojam da su električna vozila nedavno počela proizvoditi, njihove početak proizvodnje seže još u 19. stoljeće. Prvi model električnog vozila možemo smatrati iz 1839 godine kada je Robert Anderson iz Aberdeena u Škotskoj koji je napravio minijaturni električni automobil. Automobil je bio pokretna električnim motorom koji je on samostalno izumio. Nekoliko godina kasnije stvoren je model električnog automobila u Nizozemskoj , te u SAD-u kojeg je izumio Thomos Davenport. Njega smatramo tvorcem istosmjernog motora. Sljedeći značajni poduhvat možemo smatrati izradom prve električne lokomotive u Škotskoj koju je izradio kemičar Robert Davidson 1837 godine. U tome razdoblju nisu postojale punjive baterije, no sve ove primjere možemo smatrati inspiracijom za izgradnju električnih automobila [10] . Na slici 10 je prikazan jedan od prvih električnih automobila.



Slika 10 Prvi električni automobil [9].

Električni automobili imaju nekoliko prednosti u odnosu na automobile sa unutarnjim izgaranjem, osim što pridonose smanjenju zagađenja u gradovima, smanjuju rast stakleničkih plinova. Unatoč potencijalima koji doprinose okolišu imaju i svoje nedostatke, previsoka cijena vozila, ograničeni dometi, ograničeni uvjeti korištenja baterije.

Postoji više razloga za poticanje električnih vozila. Prvenstveno možemo reći da se to odnosi na kvalitetu zraka, zaštitu zdravlja, održivi transport i energetska sigurnost. Hrvatska je postigla cilj postavljen Kyoto protokolom, s trendom smanjenja emisija stakleničkih plinova. Smanjenje emisije CO₂ u cestovnom prometu pruža mogućnosti za daljnji napredak u razvoju prometnica i automobilske industrije. Daljnja motivacija za upotrebu vozila s niskim emisijama, to jest poboljšanje kvalitete zraka i rješavanje povezanih utjecaja na javno zdravlje. Postoje dokazi o značajnim štetnim učincima na zdravlje i okolišu uzrokovanim emisijama onečišćujućih tvari u zrak. Svjetska zdravstvena organizacija izvještava da je oko 7 milijuna [10] ljudi širom svijeta prerano umrlo od zagađenja zraka 2012. godine, što ga čini najvećim svjetskim zdravstvenim rizikom. Daljnji motivi za promicanje upotrebe električnih vozila su energetska sigurnost, jer se manje oslanja na uvoz benzina i dizel goriva, a ekonomske su mogućnosti za novu robu i usluge sa smanjenom emisijom CO₂ manje. Na primjer, Rimac Automobili i Dok-Ing imaju sjedište u Hrvatskoj, koji razvijaju i proizvode električna vozila visokih performansi, sustave za prijenos snage i sustave baterija [10].

3.2.1 Utjecaj električnih automobila na okoliš

Jedno od osnovnih pitanja koje se propisuje električnim automobilima je ekološka prihvatljivost. Tijekom upotrebe električnih vozila nema emisije štetnih plinova te se na taj način smanjuje negativni utjecaj na okoliš. Pošto su električna vozila bez emisije istodobno pridonose smanjenju rasta stakleničkih plinova. Posljednjih par godina počelo se je ispitivati da li su uistinu električni automobili isplativi, ustvari zeleni za okoliš [11]. ostalo je jasno kako primjena električnog automobila u prijevozu ne donosi nultu zagađenje. Postoje sami problemi u proizvodnji i korištenju rijetkih metala te njihovo zbrinjavanje nakon uporabe. Električna energija koju koristimo za punjenje, a kasnije i za pokretanje automobila dolazi iz više izvora te većina njih nema nultu emisiju u svojem proizvodnom procesu [12]. Pošto su sama vozila bez emisijska, možemo predstaviti par problema na koje nailazimo, a to su :

1. Proizvodni proces
2. Eksplantacija
3. Izvor električne energije i punjenje električnih automobila
4. Recikliranje[12]

3.2.2 Proizvodni proces

Prije nego li električna vozila stignu na tržište, predstavljaju problem jer se određeni dijelovi vozila slažu i više tvornica, pa to znači da se određene komponente vozila dopremaju sa više lokacija kako bi se sastavilo vozilo. Tijekom tok transporta troši se puno nečiste energije u obliku fosilnih goriva kakao bi veliki strojevi mogli funkcionirati. Tako da tijekom proizvodnje i transporta puno ispušnih plinova završava u atmosferi tijekom izgaranja fosilnih goriva. Analizom proizvodnje električnih automobila dolazi se do podataka koji ukazuju da proizvodnja električnog automobila zagađuje više okoliš nego proizvodnja automobila s motorom na unutarnje izgaranje [13]. Za sam električni automobil povećava se potrošnja bakra, platine, litija te ostalih plemenitih metalima.

Razlog tome je što svi manji mikročipovi koriste plemenite metale kako bi mogli funkcionirati [13].

3.2.3. Baterije

U prijašnjem odlomku spomenuto je kako prilikom proizvodnje električnog vozila se emitira više štetnih tvari u okoliš nego proizvodnjom automobila s motorom na unutarnjim izgaranjem. Osim transporta u proizvodnji drugi ključni faktor koji utječe na okoliš je proizvodnja baterija. Eksploatacija sirovine koja se koristi za proizvodnju baterije (litij, kobalt...) smatramo jednom od većih emisija stakleničkih plinova [14]. Tijekom proizvodnje Litijskih baterija, uz litij potrebne su velike količine rude kobalta i bakra. To će uveliko utjecati na promjenu okoliša kao i na emisije CO₂ tijekom rudarenja i prerade ruda [14]. Slika 11 prikazuje Li-ion baterije koje se ugrađuju u električne automobile.



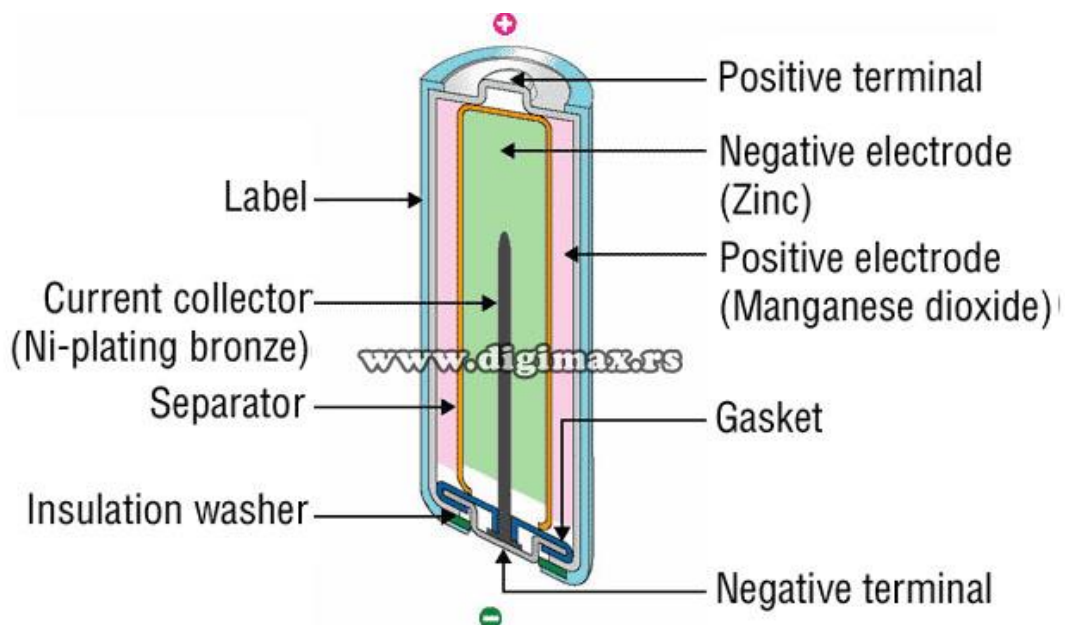
Slika 11 Litijske baterije [14]

Slijedeći problem koji se javlja sa baterija je vezano za njihov relativno kratak vijek trajanja. Prosječni vijek trajanja električnih baterija iznosi između 7 do 10 godina. Ovaj podatak ovisi koliko često se vozilo koristi. Nakon što performanse baterije padnu ispod

određenog postotka, one se odlažu te time onečišćuju okoliš sljedećih 70 do 80 godina [14].

3.2.4. Vrste baterija

Baterije možemo razlikovati po njihovom sastavu, obliku, veličini, da li su punive. Najčešće ih dijelimo na primarne ili nepunive, te sekundarne ili punive baterije. Nepunive baterije i danas imaju široku upotrebu makar imaju negativan utjecaj na okoliš. Danas se koriste iz razloga što omogućuju pristup električnoj energiji kad je punjenje baterija nemoguće ili ne praktično. Takve primjere nalazimo od kućanstva do vojne industrije, ali isto tako i u medicini. Također primarne baterije imaju još neke prednosti poput laganog korištenja, visoka specifična energija, dugi rok trajanja. Također imaju i svoje nedostatke poput toga što imaju visoki unutarnji otpor, tako da se mogu zagrijavati pod visokim opterećenjem što dovodi do naglog povećanja temperature i padu napona čak i potpunom gubitku.[15] Slikom 12 prikazani su sastavni dijelovi litijske baterije.



Slika 12 Dijelovi litijske baterije [15].

Punjive ili sekundarne baterije čine našu svakodnevnicu. Danas ovim baterijama funkcioniraju skoro svi električni uređaji, budući da se mogu ponovno koristiti to jest napuniti. Takve baterije danas koriste električni automobili [15].

Električni automobili i skoro svi novi električni uređaji danas koriste litij ionske baterije. Prednosti ove baterije su da ima visoki specifični energije, životni vijek je oko 1000 ciklusa punjenja i samog pražnjenja, vrlo male mase. Maloj masi pridonosi mala gustoća litija, također ovaj tip baterije je prihvatljiv za okoliš, a može se puniti bilo kada bez obzira na periodičko pražnjenje. Baterije su jako osjetljive na pretjerano pražnjenje i prepunjavanja, no da se to ne bi dešavalo na svaku bateriju je ugrađena elektrona koja te parametre kontrolira [15].

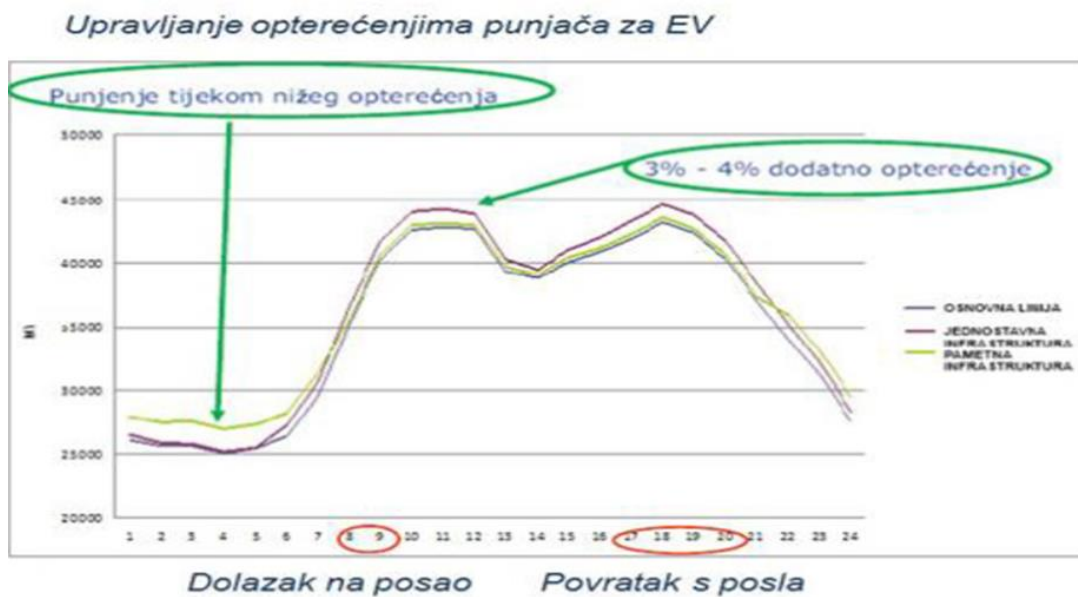
Kao manu li-ion baterije možemo izdvojiti to što ograničene naponom i radnom temperaturom. Tijekom tih prekoračenja dolazi do brzog slabljenja i sigurnosti baterije [15].

Svim svojim prednostima, a nedostacima ove baterije možemo smatrati jednim od najvećih postignuća u evoluciji pamnijih baterija. Svojim prednostima ove baterije spadaju u najraširenije baterije, a to se potvrđuje time što vodeći svjetski proizvođači električnih automobila koriste ovaj tip baterije. Neke od poznatijih tvrtki su Tesla i hrvatske tvrtke Rimac automobili d.o.o. [15].

3.2.5. Punjenje električnih automobila

U odnosu na automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem koji na svakoj benzinskoj postaji možemo napuniti kroz minutu-dvije, proces punjenja električnih vozila je značajno duži no prednost električnog vozila je ta što se mogu puniti na kućnoj utičnici. Tako se električni automobil može napuniti tijekom noći kada je cijena električne energije najjeftinija pa vlasnici električnih automobila neće imati čestu potrebu za stajanje na punionicama [19]. Jedan od glavnih nedostataka je premali broj punionica, te njihova slaba raspoređenost po prometnicama. Većina država ponudilo je plan razvijanja električne mreže za punionice električnih automobila, te sufinanciranje prilikom kupnje novih električnih vozila. Proizvodnja elektrovočnih vozila poput tramvaja i električnih automobila u Hrvatskoj ima dugu tradiciju a najprepoznatljivije tvrtke su Končar iz Zagreba, Đuro Đaković iz Slavenskog Broda, te Rimac automobili iz Svete Nedelje. U

Hrvatskoj se u 21. stoljeću javljaju novi poduzetnici koji se uključuju u razvoj električnih automobila pa su tako 2011. godine predstavljena dva koncepta vozila. Koncept One iz tvrtke Rimac automobili, te gradski automobil DOG-ING XD.[10].Slikom 13 prikazano je kada se najviše automobila puni. Na javnim punionicama se mogu puniti sva vozila koja imaju mogućnost identifikacije za tu punionicu putem kartice *smart phone*-a i slično. U ovom slučaju nije bitno tko je opskrbljivač električne energije. Postoje i privatne punionice koje možemo pronaći u određenim hotelima ali ono je dopušteno samo za goste hotela [16].



Slika 13 Opterećenje energetske mreže tijekom punjenja električnih vozila [16].

Punionice možemo razlikovati o brzini punjenja i njihovoj snazi. Sama brzina punjenja se može podijeliti na tri načina punjenja a to su spora, brza, i super brza. Spora punjenja se odvijaju preko utičnice od 8-15 sati punjenja, brza punjenja se odvijaju sa izmjenično strujom i to traje od 2,5-4 sata. Kod super brzih punjenja radi se o istosmjernoj struji gdje se električno vozilo unutar 30 minuta napuni od 30-80%. Bitno je naglasiti da svako električno vozilo radi na principu istosmjerne struje a razlika između punionica na istosmjernu i izmjeničnu struju je ta što punionica na izmjeničnu struju ne može puniti električno vozilo punom snagom kao što može punionica na istosmjernu struju. Da bi bilo moguće električno vozilo puniti punionicom izmjenične struje potrebno je izmjeničnu struju preko ispravljača ispraviti u istosmjernu. Ispravljači se nalaze smješteni u automobilu smješteni na samom ulazu kod glavne utičnice. U ovome slučaju dolazi do

gubitka snage punionice. *Charge the move* (pokretni punjač) prikazan na slici 15, je jedan od najpoznatijih vanjskih punjača koji omogućuje brzo punjenje električnog vozila [16].



Slika 14 Pokretni punjač [16].

3.2.6 Punionice u Hrvatskoj

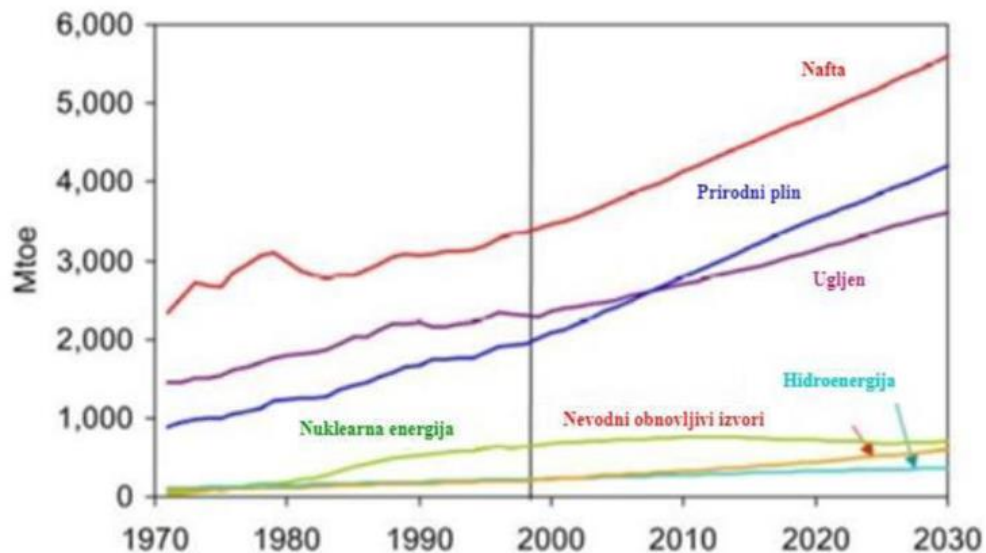
U Republici Hrvatskoj (kasnije u tekstu RH) je postavljeno najviše javnih punionica, ukupno 46 kojima je vlasnik HEP (Hrvatska elektro privreda), a uglavnom se radi o AC (izmjenična struja) punionicama čija maksimalna snaga iznosi 22 kW [16]. Na slici 14 prikazano je punjenje automobila na električnoj punionici. U planu je navedeno da će se brze punionice postavljati uz autocestu kako bi se osigurala potrebna povezanost između udaljenijih hrvatskih gradova. Pokrivenost sa javno dostupnim punionicama u RH se odvija na način da se prati broj porasta električnih vozila te u skladu sa prosjekom zemalja zapada i sjevera EU (Europska unija). Kao nedostatak možemo spomenuti da nedostaje ukupna povezanost mrežnih punionica kako bi korisnici električnih vozila mogli jednostavnije i pouzdanije pristupati samim punionicama [16].



Slika 15 Punjenje električnog automobila [16].

4. Električna energija

Proizvodnja električne energije bitna je za osnovne ljudske potrebe u životu. Gledajući povijest, razvoj energenata odvijao se vrlo sporo jer je dosta dugo vremena glavni izvor energije bio ljudska snaga. U 18. stoljeću glavni izvor energije je bilo drvo, no zbog manjih dostupnih količina sve se više okretalo njegovom zamjenom, odnosno ugljenom. Korištenje motora koji je bio opremljen sa vanjskim sustavom izgaranja pojavljuje se novi izvor energije – para. Izumom elektrogeneratora (Faradej 1832.) koji pretvara mehaničku električnu energiju, promijenila se potpuna upotreba energije. U zadnjih 50 godina njena potrošnja porasla je 13 puta. Razvoj energije temeljio se na fosilnim gorivima što je prouzročilo prave ekološke promjene. Najveći dio primarne energije dobiva se iz fosilnih goriva i to 88% [17] a ostali dio otpada na ostale izvore. Najveći udio u proizvodnji otpada na naftu i to sa 38% pa slijedi ugljen sa 28% [17]i zadnji je prirodni plin sa 23% [16] Potrošnja fosilnih goriva zbog sve većih potreba za energijom svakodnevno raste iako se povećala i proizvodnja izvora energije no taj porast u usporedbi sa fosilnim gorivima je zanemariv [17].



Slika 16 Pokazatelj proizvodnje energije po vrsti nastanka [17]

Većina termoelektrana za pogon koristi fosilna goriva tj. sami ugljen. Ugljen je zapaljiva sedimentna stijena organskog podrijetla čiji su glavni sastojci: kisik, vodik i ugljik. Gledajući kroz povijest to je najduže korišten izvor fosilnog goriva te ga ima u najvećim

zalihama. U razdoblju od 2000.-2070. godine predviđa se da će se njegova potražnja udvostručiti i da će premašiti 8 milijardi tona te će time sudjelovati u proizvodnji primarne energije sa približnim 31%. Gledajući ekološki i zdravstveno on je najštetniji izvor energije jer u sebi ima zarobljene nečistoće, primjese dušika i sumpora. Njegovim korištenjem tj. sagorijevanjem navedene nečistoće i spojevi odlaze u atmosferu gdje se miješaju sa parom te se vraćaju na tlo u obliku kisele kiše. Također unutar ugljena se nalazi još sitnih čestica i minerala koje ne sagorijevaju nego stvaraju pepeo koji zajedno sa česticama i parom stvara dim koji izlazi i elektrana na ugljen. Izgaranjem ugljena ugljik će reagirati sa kisikom koji se nalazi u zraku te će na taj način nastati ugljikov dioksid. Ugljikov dioksid je staklenički plin koji nema miris i boju. U posljednjih nekoliko godina ulažu se veliki naponi kako bi se tijekom korištenja ugljena smanjio njegovo štetno djelovanje na okoliš i ljudsko zdravlje. Tako je izumljena tehnologija za hvatanje i skladištenje ugljikovog dioksida kako bi došlo do ekonomskog razvoja i održivosti okoliša. Sam taj proces odvija se na način efikasnijeg sagorijevanja ugljena te bi se na tom principu smanjila emisija ugljikovog dioksida u okolišu[17].

4.1. Emisije iz energetskeg sektora

Potaknuti sve većom potražnjom energije u 2018. godini, globalna emisija CO₂ povezane za proizvodnju energije porasle su za 1,7% te su dostigle povijesni maksimum od 33,1 Gt CO₂. Kako su se emisije iz fosilnih goriva povećale, bitno je naglasiti da upravo dvije trećine emisija čini energetske sektor. Ugljen koji se koristi za proizvodnju električne energije premašio je potrošnju od 10 Gt CO₂. Taj podatak se odnosi na zemlje Azije, Kine, Indije i Sjedinjene Američke Države (SAD). Kod ovih država povećanje emisija je za 85% dok su države poput Njemačke, Japana, Francuske i Ujedinjenog Kraljevstva (UK) smanjile emisije [18].

Emisija CO₂ su stagnerale između 2014. i 2016. godine iako se globalna ekonomija nastavljala širiti. To možemo zahvaliti razvoju tehnologije gdje se je tijekom proizvodnje nastalo jako malo količina CO₂, te samim time i pada potražnje za ugljenom. No kako se je sve više širio gospodarski rast tražilo se je sve više energije te opcija proizvodnje s niskom udjelom ugljika nisu se dovoljno brzo povećale da bi zadovoljile porast potražnje za električnom energijom. To možemo promatrati 2018. godine kada je došlo do naglog

gospodarskog razvitka u polju električnih automobila, transportnih vozila, povećanje korištenja klima uređaja u kućanstvima. Istraživanjima je utvrđeno da CO₂ koji nastaje izgaranjem ugljena u termoelektranama odgovoran za povećanje temperature i to u prosjeku od 0,3 C do 1 C . Po ovim podacima možemo zaključiti da je ugljen jedan od najvećih pojedinačnih izvora kriv za globalno povećanje temperature [18].

U svijetu prosječna godišnja koncentracija CO₂ u atmosferi iznosila je u prosjeku 407,4 ppm u 2018., što je u odnosu na 2017. povećanje za 2,4 ppm. Ovo povećanje je veliko u odnosu na predindustrijsko razdoblje gdje su se razine kretale između 180 i 280 ppm. Možemo reći da su elektrane na ugljen dale najveći doprinos rastu emisija u 2018. godini s povećanjem od 2,9% u usporedbi sa 2017. godinom. Kao rezultat toga, proizvodnja električne energije iz ugljena činila je 30% globalne emisije CO₂. Unatoč rastu potražnje za ugljena, 2018. godine došlo je do prebacivanja goriva sa ugljena na plina. Prelaskom s ugljena na plin izbjeglo se je gotovo 60 Mt potražnje za ugljenom, te je isto tako prelaskom na prirodni plin s manje ugljika uspjelo smanjiti za 95 Mt emisija CO₂. Da nije došlo do ovoga prebacivanja s ugljena na plin povećanje emisija bilo bi više od 15%. Ova promjena najznačajnija je u Kini i SAD-u gdje su se emisije smanjile za 45 Mt, odnosno 40 Mt [18]. Povećana upotreba obnovljivih izvora energije u 2018. godini imala je još veći utjecaj na emisije CO₂, te se je time izbjeglo emitiranje 215 Mt emisija. Ovaj prelazak se je najviše vidio u energetsom sektoru tijekom prelaska na obnovljive izvore energije. Najviše su ovaj proces provodile Kina i Europa, koje su zajedno pridonosile dvije trećine globalnom smanjenju emisija. Također povećanje proizvodnje iz nuklearnih elektrana također je smanjilo emisije, spriječivši gotovo 60 Mt emisija CO₂. Sveukupno gledajući bez prelaska na nisko ugljične izvore energije u 2018. godini rast emisija bio bi veći od 50%. Energetska učinkovitost bila je najveća kočnica rastu emisija u 2018. no njezin je doprinos bilo oko 40% manji nego u 2017. godini, uglavnom zbog kontinuiranog usporavanja provedbe politike energetske učinkovitosti. Po prvi put se je u 2018. godini pojavilo planiranje za razvoj velikih postrojenja za hvatanje i skladištenje ugljika. Do kraja godine broj projekata koji rade, u izgradnji ili se ozbiljno razmatraju povećao se na 43. Kina je izgradila novo postrojenje za hvatanje CO₂ iz prerade prirodnog plina za korištenje u poboljšanju obnove nafte, a u Europi se razvija pet novih projekata. Nova postrojenja imaju potencijala za uhvatiti do 13 Mt CO₂ godišnje, 15% povećanja potencijalnog hvatanja CO₂ u cijelom globalnom projektu [18].

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije porasla je za više od 7% u 2018. godini, te je doprinijelo sa dodatnih 450 TWh u globalne električne mreže. Povećanje proizvodnje iz nuklearne energije pridonijelo je još 90 TWh s niskom proizvodnjom ugljika. Ipak, ovo povećanje nije bilo dovoljno brzo da bi se održao korak s brzim rastom potražnje za električnom energijom, što je zahtijevalo dodatnu proizvodnju preko 1000 TWh. Posljedično povećanje proizvodnje iz elektrana na fosilna goriva dovelo je do toga da je energetska sektor odgovoran za gotovo dvije trećine povećanja ukupnih emisija [18]. Unatoč rastu emisija, energetska sektor posljednjih je godina doživio značajnu transformaciju. Danas je prosječni intenzitet ugljika proizveden električnom energijom 475 G CO₂/kWh, što je 10% poboljšanje u odnosu na intenzitet iz 2010. godine. Bez toga, globalne emisije CO₂ bile bi 1,5 Gt veće, ili 11% trenutnih emisija u energetska sektoru. Također bilo bi potrebno dodatno poboljšanje intenziteta od 10% kako bi se izbjeglo povećanje emisija iz proizvodnje električne energije [18].

Električni automobili tijekom vožnje ne stvaraju emisije štetnih plinova, no pitanje je od kuda dolazi struja kojom su pogonjeni električni automobili. Električnu energiju je potrebno proizvesti na drugim mjestima, to jest na drugim izvorima. U nekim razvijenim zemljama električnu energiju moguće je proizvesti na zeleni to jest na ekološki način. Takvu energiju možemo dobiti solarnim putem, energijom morskih valova, geotermalnim izvorima, energijom vjetra. Takav način proizvodnje električne energije nema negativni utjecaj na okoliš i ljude. Međutim većina zemlja električnu energiju dobiva izgaranjem neobnovljivih izvora energije, a jedne od njih su termoelektrane. Trenutno se termoelektrane smatraju jednim od najvećih zagađivača u okolišu. Razlog je taj što ispuštaju veliku količinu štetnih plinova i čestica u atmosferu, te imaju dosta štetnih proizvoda koji nastaju izgaranjem, poput zagađene vode, šljake, ekološki problem ugljena koji nastaje tijekom njegovog vađenja [19].

4.2. Utjecaj punjenja električnih automobila na energetska mrežu

Elektroenergetski sklop se sastoji od proizvodnje, transmisije, distribucije i potrošnje odnosno potrošača. Električna energija koja se proizvede u elektranama se putem električnih vodova prenosi potrošačima. Nakon toga se u transformatorskoj stanici električna energija se razdvaja na druge vode te omogućuje primjenu pogodnu za određenog korisnika. Električna vozila imaju značajan učinak distribucijska mrežu.

Postojeće mreže potrebno je osuvremeniti i unaprijediti kako bi mogle uspješno ispunjavati nove zahvate nastale izgradnjom punionica za električna vozila, te naravno gradnje bržih i snažnijih punionica. Trenutno je teško dati procjenu za količinu energije koja će biti potrebna električnim automobilima. Kako se tržište sve više razvija, tako se razvijaju i baterije u automobilima. Zbog same želje da se poveća domet električnih automobila, raste i kapacitet baterije, a samim time raste utjecaj na razvoj distribucijske mreže i proizvodnju električne energije. Baterije u automobilima možemo puniti na nekoliko načina. Jedno od načina punjenja je s minimalnim troškovima koje dogovara korisnicima koji posjeduju dvotarifna brojlila. Korisnici pune svoje automobile tijekom noći radi jeftinije tarife struje. Ovaj način najviše odgovara elektroenergetskom sustavu koji koristi energiju vjetra, budući da pomoću obnovljivih izvora uspijeva proizvesti višak energije. Sljedeći način je napajanje u vremenskim intervalima reduciranog opterećenja mreže. Za ovaj način potrebna je modernizacija električne mreže i zaključivanja ugovora s korisnicima električnih automobila. Nakon što dođe do smanjenja opterećenja sustava, vozila koja su spojena na mrežu započinju svoje punjenje odgovarajućom snagom u sustavu. Takav način bi osigurao stabilnost sustava u električnoj mreži. Nekontroliranim punjenjem možemo smatrati svako punjenje u kojem se u obzir ne uzima niti cijena niti opterećenje mreže. Ovakav način punjenja je financijski nepovoljan za vlasnika vozila ali i za distributivnu mrežu. Na ovaj način moguće je preopterećenje lokalne distribucijske mreže. Također, postoje i vršna opterećenja. Ona se događaju samo nekoliko sati u godini a stopa iskoristivosti same mreže se smanjuje. Sukladno samoj poziciji i postavkama mreže tijekom porasta opterećenja moguće je izlaganje mreže povećanom vršnom opterećenju na pojedinom području. Tijekom takvih postupaka može doći do velikih opterećenja koja dovode do pada napona te na sami način daju lošu kvalitetu električne mreže potrošačima. Trenutno u Republici Hrvatskoj nije potrebno provoditi značajne modifikacije dok broj električnih vozila ne poraste. Tek kada broj električnih vozila u RH bude između 100 000 i 300 000 mogući su problemi u radu energetske sustava [20].

5. Recikliranje električnih automobila

Oporaba ili recikliranje opisujemo kao proces različitih obrada otpadnih materijala, te njihovo iskorištavanje kako bi dobili sirovine i energiju za ponovno korištenje. Za glavne ciljeve recikliranja možemo izdvojiti smanjenje količine otpada, manja upotreba prirodnih resursa te zaštita okoliša [21].

Iskorištene baterije ili dotrajale koje su potrošili svoje cikluse punjenja i pražnjenja potrebno je reciklirati iz nekoliko razloga. Baterije sadrže jako puno materijala i komponenti, neke od tih komponenti su litiji, kadmij, bakar, te imaju negativan utjecaj na okoliš i ljude. Kod nepravilnog odlaganja baterije postaju otpada to jest vrlo opasan otpad, jer može doći do istjecanja opasnih tvari u vode i tlo. Na taj način se može ozbiljno onečistiti priroda, može doći do izazivanja požara, ugrožavanja života ljudi i životinja. Procesom recikliranja se također smanjuje količina otpada na odlagalištima. Upravo se samim procesom recikliranja smanjuje potreba za novim sirovinama, jer se recikliranjem starih dobiva sekundarna sirovina za izradu novih. Pošto proizvodnja novih baterija iziskuje velike količine sirovina u budućnosti bi moglo doći do nestašice sirovina a nakon toga i do rasta cijena baterija. Osim što će proces recikliranja dobro utjecati na okoliš, recikliranje baterija također ima i ekonomsku važnost. Kako se tehnologija sve više razvija tako se i efikasnost recikliranja sve više povećava, potrebno je uložiti manje energije, time i novaca u recikliranje starih baterija. No trenutna situacija još nije takva, te se još jako puno novih sirovina koristi za proizvodnju baterija.[21]

Postupak recikliranja baterija

Postupak recikliranja baterija provodi se u nekoliko faza:

1. Prikupljanje odbačenih ili dotrajalih baterija na predviđenim mjestima
2. Rastavljanje od električnih uređaja, ako je potrebno
3. Siguran način transporta do reciklažnog pogona
4. Sortiranje različitih vrsti baterija
5. Sitnjenje baterija strojevima
6. Separacija [22]

Svaki korisnik je dužan otpadnu bateriju ili akumulator odložiti u posebne spremnike za prikupljanje i skladištenje takve vrste otpada. Svaki prodavač je dužan postaviti takve spremnike za odvojeno skupljanje u svojem poslovnom prostoru, te je dužan skupiti tu vrstu otpada bezobzira na proizvođač. Nakon što se spremnici napune dužan ih je predati ovlaštenom sakupljaču ili izravno oporabitelju bez naknade. Trenutno se oko 70% litija koji se koristi za baterije, te se procjenjuje da bi se zaliha litija mogle potrošiti do 2040. godine. Trenutno postoji 12 procesa recikliranja litija iz baterija, ali ekonomski su samo tri procesa isplativa[22].] Tri isplative metode su:

1. hidrometalurški proces
2. pirometalurški proces
3. protustrujne metode

Litij koji se dobiva recikliranjem je čak 5 puta skuplji od proizvodnje novog materijala jer se proces recikliranja litija iz litijskih baterija je puno zahtjevniji od recikliranja drugih vrsta baterija. Litiji-ionske baterije sačinjene su od više vrsta materijala u odnosu na druge vrste baterija [22].

6. Usporedba klasičnih i električnih automobila

U sljedećem djelu diplomskog napravljena je usporedba klasičnog i električnog automobila. Kako se posljednjih godina sve više govori o klimatskim promjenama, zagađenju okoliša iz prometa tako sve više okrećemo zelenijem pristupu. Ono što je rađeno u ovome diplomskom radu je dan odgovor na ekološki otisak električnih automobila. Potrebno je shvatiti da električni automobili nisu u potpunosti zeleni i čisti za okoliš. Slikom 1 prikazana je usporedba klasičnih i električnih vozila.



Slika 17 Usporedba klasičnih i električnih automobila [20].

Usporedba dva automobila napravljena je sa stajališta da se vozila nalaze u Hrvatskoj. Korišteni su podaci iz 2019. godine. Usporedba je napravljena na klasičnom automobilu marke Golf VII TDI 1.6 Blue Motion i električnoj izvedbi istog modela e-Golf VII. Golf VII 1.6 TDI pokreće turbodizelski motor snage 60kW dok je E-Golf pokretan elektromotorom podjednake snage.[23]

6.1. Energetska usporedba

Usporedba potrošnje samih automobila važna je kako bi mogli usporediti energije koje se koriste. Dizelski golf snage 60 kW koristi za svoje pokretanje fosilno gorivo to jest naftu. E- Golf koristi za svoje pokretanje električnu energiju. Dizelski Golf će na 100 km trošiti prosječno oko 3,5 litara nafte. Potrošnja od 3,5 litara nafte bi otprilike iznosilo 130 MJ. Električni Golf troši oko 13 kilovat sati ili preračunato u 46,8 MJ. Kada usporedimo te podatke , električni Golf troši jednu trećinu energije dizelskog motora. Pa prema ovim podacima zaključujemo da je elektromotor efikasniji od dizelskog motora [23]. Podaci koji su korišteni za izračun su slijedeći:

- Kilogram dizela ima cca 42,71 MJ
- Gustoća dizela je 0,87 kg/l

$$E = 42,71MJ * 0,87 Kg/l = 37,16MJ$$

$$E = 37,16MJ * 3,5l = 130,06MJ$$

Uz gubitke koji se događaju u rafinerijama i tijekom transporta goriva od ukupno 10% za dizelski Golf treba preraditi 161 MJ sirove nafte za 100 km vožnje [23]. S druge strane efikasnost punjenja akumulatora od 80 posto i prosječna efikasnost hrvatskih elektrana od približno 60% ima potrošnju od 46 MJ. Prema ovim podacima električni Golf troši 109 MJ na 100km. Potrebno je napomenuti da Hrvatska ima visoki udio hidroenergije i uvoza električne energije. Gotovo svaki treći kilovat je uvezen iz drugih država. Prema podacima o potrošnji, e-Golf troši dvije trećine primarne energije prema usporedbi sa dizelskim golfom. Što je bitno manje energetske dobitaka od onoga što se ističe i čeka. [23]

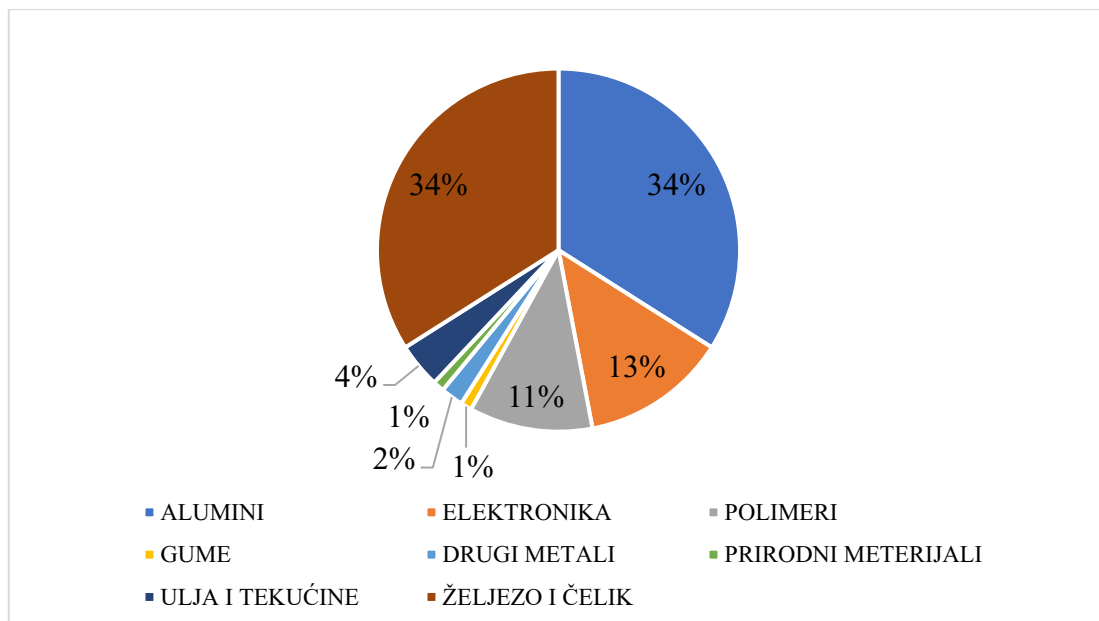
6.2. Okolišna usporedba

Deklarirana emisija dizelskog golfa za CO₂ iznosi 85 g/km uz prethodno navedenu potrošnju od 3,5 l/100 km. U ovu emisiju potrebno je dodati emisiju iz rafinerije nafte koja kod prerade iznosi oko 11% pa prosječna emisija za jednu tonu nafte izlazi da je to

emisija od 14 g/km. Kada se zbroje emisije iz automobila i rafinerije dolazimo do podatka od 99 g/km [23] .

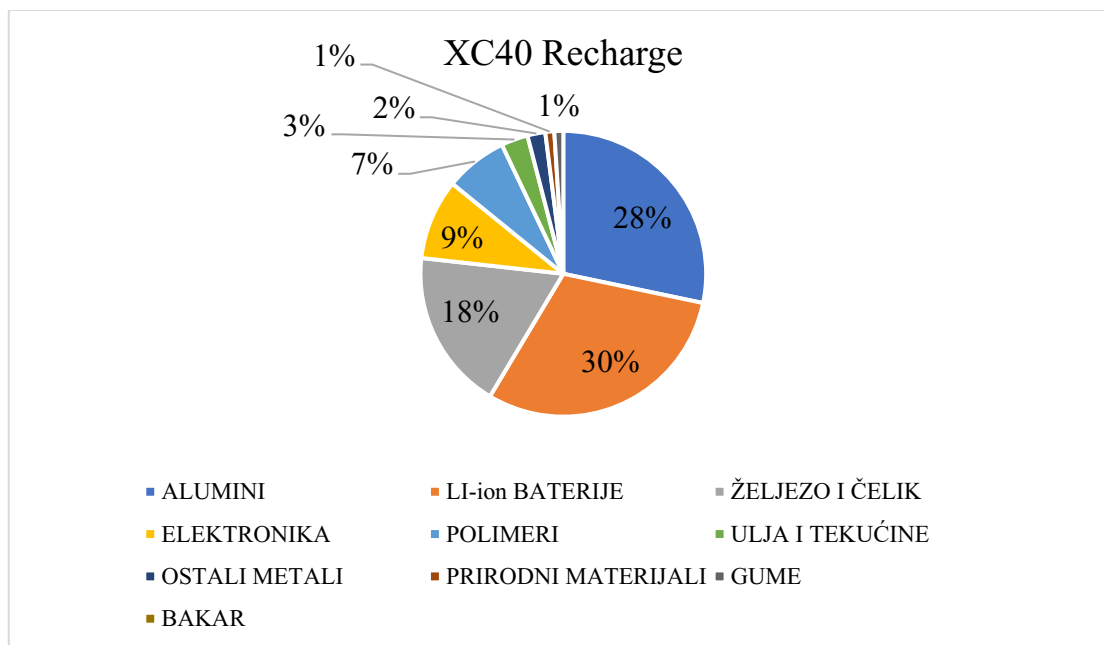
E-Golf troši prosječno 13 kWh na 100 kilometra, te iz utičnice treba uzeti 16 kWh radi gubitka na akumulatoru. Elektroenergetski sektor u Hrvatskoj godišnje emitira 182 grama CO₂ za svaki potrošeni kilovat. Emisija je dosta manja u odnosu na ostatak svijeta, jer Hrvatska ima veliki udio hidroenergije i veliki dio energije se uvozi te se za uvoženu energiju emisija ne stvara u Hrvatskoj nego izvan nje. Za usporedbu sa Njemačkom koja sad ima više od trostruke emisije, više od 573 g/kWh [23]. Stoga za prostor Hrvatske dolazimo do podatka da bi emisija iz elektro automobila 29 do 30 g/km. Što je gotovo trećina onoga što ispusti dizelski Golf, ali nije nula kako se zagovara [23] .

Drugi proizvođač automobila Volvo vjeruju da prema njihovoj statistici proizvodnja električnog automobila generira 70% više emisija od proizvodnje automobila na fosilna goriva. Do ovih podataka dolaze na temelju proizvodnje svojih dva modela električnog C40 Recharge i XC40. najveći udio se odnosi na proizvodnju baterija gdje su emisije 30% [26] .



Slika 18 Udio materijala korištenih u proizvodnji električnog automobila Volvo XC40 [26].

Na tortastom grafikonu prikazani su udjeli pojedinih materijala koji se koriste u proizvodnji modela XC40.



Slika 19 Udio materijala korištenih u proizvodnji električnog automobila Volvo XC40 Recharge [26].

Grafikon prikazuje udio pojedinih materijala u električnom automobilu XC40 Recharge. Analitičari iz Volva govore da će pokrenuti proizvodnja električnih automobila sve više i masivnije, ali je potrebno sagledati tri moguća scenarija. Kod globalne prosječne potrošnje električni Volvo trebao bi proći 146 000 km da bi se izjednačio sa benzinskim, a životni vijek od 200 000 km će završiti sa 10% manje emisije. Ako se koristi kombinacija dvaju izvora energije obnovljivi i neobnovljivi električni Volvo mora prijeći 84 000 km kako bi se izjednačio sa benzinskim i na kaju svojeg puta imao bi 22% manje emisije. Kada bi se koristila energija iz obnovljivih izvora ugljični otisak bi se izjednačio već na 47 000 km, a na kraju životnog vijeka bio bi 50% manji. Vidljivo je kako su električni automobili ograničeni emisijama prije nego što prođu svoj prvi metar [26].



Slika 20 Volvo XC40 Recharge [26].

Kada sve zbroji i sagleda benzinski model Volva XC40 tijekom svog životnog vijeka emitira 58 tona CO₂ dok kod električnog modela XC40 Recharge se kreće od 27 do 54 tone CO₂ ovisno o tome kako je električna energija proizvedena [26].

7. Zaključak

Gledajući užu sliku samog ekološkog utiska električnih automobila na okoliš možemo reći da električni automobili ne štete okolišu tijekom svojeg korištenja. No nakon istraživanja i pojašnjenja u ovome radu trebalo bi nam biti jasnije, ustvari trebali bi sagledati širu sliku električnih automobila. Pozitivne strane su što automobili ne proizvode emisije štetnih plinova, nema buke tijekom korištenja. Kao nedostatke možemo nabrojiti premali domet električnih automobila, nedovoljan broj punionica, probleme sa recikliranjem baterija, također zalihe litija su ograničene. Ako gledamo električnu energiju smo morali proizvesti, trenutno se još uvijek najviše energije dobiva iz neobnovljivih izvora energije u svijetu. Jako mali broj se dobiva obnovljivim izvorima energije. Tako da sa sigurnošću možemo reći da električni automobili imaju utjecaj na okoliš, trenutno ih nema puno u svijetu te nismo sami svjesni što će se desiti ako prebacimo sve na električni pogon. Od sve više potrebe za električnom energijom, tu ćemo morati ili raditi nova postrojenja sa obnovljivim izvorima energije. Na taj način ćemo sigurno utjecati na okoliš jer ćemo promijeniti njegovo stanje i izgled tijekom gradnje, biti će narušena flora i fauna. Također potrebno je cijelu električnu mrežu promijeniti i modernizirati kako bi mogla normalno funkcionirati kada se svi električni automobili krenu puniti, samim time biti će potrebna veća eksploatacija željeznih ruda. Termoelektrane će još više raditi kako bi proizvele sve više električne energije, što znači još veće spaljivanje fosilnih goriva i više emisija štetnih plinova. Kada sagledamo sve te činjenice, dolazimo do zaključka da električni automobili nisu tako zeleni kako se to u javnosti percipira te svakako imaju svoju emisiju u okolišu.

8. Popis literature

- [1] Ekologija, dostupno na: <https://www.ekologija.com.hr/utjecaj-prometa-na-okolis/> datum pristupa: 23.04.2022.
- [2] Moto integrator, dostupno na: <https://motointegrator.com/hr/hr/upute/tehnicki-savjeti/katalizator-cemu-sluzi-i-s-kojim-se-problemima-mozete-susresti>, datum pristupa: 23.04.2022.
- [3] Nabava.net, dostupno na: <https://www.nabava.net/clanci/savjeti/benzin-ili-dizel-prednosti-i-mane-579t6> ,datum pristupa: 24.04.2022.
- [4] Glas Istre, dostupno na: <https://www.glasistre.hr/automoto/u-svijetu-ce-se-2020-proizvesti-15-milijuna-automobila-manje-nego-2019-634111> datum pristupa: 24.04.2022.
- [5] Auto entuzijasta Hrvatska, dostupno na: <http://vozac.tesear.com/voznja-auta-instrukcije/> datum pristupa: 25.04.2022.
- [6] Dr.sc. Vitomir Premur, Emisije i imisije u okolšu 2018, Geotehnički fakultet u Varaždinu, datum pristupa: 27.04.2022.
- [7] Škole.hr, dostupno na <https://www.skole.hr/sto-je-recikliranje/> ;datum pristupa: 28.04.2022.
- [8] Dr. Sc. Zlatko Milanović, Tehnoeko; dostupno na <https://www.tehnoeko.com.hr/7182/Hidrometalursko-recikliranje-autokatalizatora> datum pristupa: 28.04.2022.
- [9] Bannon, E. (2019.), Electric car hatchet job debunked, Transport and environment, dostupno na: <https://www.transportenvironment.org/news/electric-car-%E2%80%98hatchet-job%E2%80%99-debunked> , datum pristupa 30.04.2022.
- [10] Buck, M. (2018.), EU: Više energije iz OIE nego iz ugljena, Međimurska energetska agencija, dostupno na: <http://www.menea.hr/eu-vise-energije-iz-oie-nego-iz-ugljena/> atum pristupa: 01.05.2022.
- [11] Ministarstvo zaštite okoliša (2017.), Četvrti nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti za razdoblje 2017.-2019. dostupno na:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/hr_necap_2017_hr.pdf, datum pristupa: 01.05.2022.

[12] Hadrović, J. (2014.), O električnim automobilima i preradi klasičnog automobila u električni u okviru projekta „Europe electric car“, Škola za cestovni promet(2014.).Program za cjeloživotno učenje. dostupno na: http://www.scp.hr/file/Ecar_HR_tisak.pdf ;datum pristupa: 02.05.2022.

[13] PEJOVIĆ, M., 2018. Koliko su 'zeleni' električni automobili? Al Jazeera Balkans. dostupno na: [Koliko su 'zeleni' električni automobili? | Autoindustrija Vijesti | Al Jazeera](#) datum pristupa: 04.05.2022.

[14] Pcchip, dostupno na: <https://pcchip.hr/elektricna-vozila/baterije-za-elektricne-automobile/> ; datum pristupa : 06.05.2022.

[15] AVTOTACHKI, dostupno na: <https://avtotachki.com/hr/akkumulyatory-dlya-gibridnyh-avtomobiley-i-elektromobiley-avtorubik/> datum pristupa: 06.05.2022.

[16]] Hadrović, J. (2014.), O električnim automobilima i preradi klasičnog automobila u električni u okviru projekta „Europe electric car“, Škola za cestovni promet (2014.). Program za cjeloživotno učenje. dostupno na: http://www.scp.hr/file/Ecar_HR_tisak.pdf datum pristupa: 13.05.2022.

[17] Hrvatska elektroprivreda(2018.) U trajni rad puštena prva ELEN punionica za električna vozila u Gospiću. dostupno na : <https://www.hep.hr/u-trajni-rad-pustena-prva-e-len-punionica-za-elektricna-vozila-u-gospicu/3317> , datum pristupa: 10.05.2022.

[18] Energetske transformacije, dostupno na http://enerpedia.net/index.php/ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE#Proizvodnja_elektri.C4.8Dne_energije ; datum pristupa: 11.05.2022. IEA, dostupno na <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions> ; datum pristupa 12.05.2022.

[19] IEA, dostupno na <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions> ; datum pristupa 12.05.2022.

[20] Milanović, Z. (2019.), Električni automobili-Jesu li stvarno prijateljski za okoliš, Tehnoeko, dostupno na: <https://www.tehnoeko.com.hr/2759/Elektricni-automobili-Jesu-li-stvarno-prijateljski-za-okolis> , datum pristupa: 14.05.2022.

- [21] LOZINA, D., 2017. Recikliranje baterija. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, datum pristupa: 18.05.2022.
- [22] NOVOSEL, M., 2016. Izbor baterija kod solarnih, hibridnih i električnih vozila. Završni rad. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, Strojarski odjel, datum pristupa: 22.05.2022.
- [23] Jutarnji hr, dostupno na: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/velika-usporedna-analiza-jutarnjeg-sto-se-vise-isplati-klasicni-ili-auto-na-struju-4483262> ; datum pristupa: 23.05.2022.
- [24] Njuškalo, dostupno na: <https://www.njuskalo.hr/auti/volkswagen-golf-vii-1.6-tdi-oglas-25201829> ,datum pristupa: 24.05.2022.
- [25] Automotosvijet; dostupno na: [Isplati li se električni Golf \(e-Golf\) \(automotosvijet.com\)](https://www.automotosvijet.com/isplati-li-se-elektricni-golf-e-golf) ; datum pristupa: 26.05.2022.
- [26] Indeks auto; dostupno na: <https://www.index.hr/auto/clanak/volvo-proizvodnja-elektricnog-auta-stvara-70-vece-emisije-ali/2317915.aspx> , datum pristupa: 28.05.2022.

9. Popis slika

Slika 1 Prikaz razvijenog cestovnog prometa [1].	2
Slika 2 Emisije uslijed korištenja automobila s pogonom pomoću motora s unutrašnjim sagorijevanjem [2].	3
Slika 3 Benzinski i dizelski motor [3].	4
Slika 4 Proizvodnja automobila marke Golf [4].	5
Slika 5 Korištenje automobila u prometu [5].	5
Slika 6 Emisije CO iz antropogenih izvora	6
Slika 7 Emisije CO ₂ iz antropogenih izvora [6].	7
Slika 8 Prosječna emisija CO ₂	8
Slika 9 Recikliranje automobila [8].	10
Slika 10 Prvi električni automobil [9].	11
Slika 11 Litijske baterije [14]	13
Slika 12 Dijelovi litijske baterije [15].	14
Slika 13 Opterećenje energetske mreže tijekom punjenja električnih vozila [16].	16
Slika 14 Pokretni punjač [16].	17
Slika 15 Punjenje električnog automobila [16].	18
Slika 16 Pokazatelj proizvodnje energije po vrsti nastanka [17].	19
Slika 17 Usporedba klasičnih i električnih automobila [20].	26
Slika 18 Udio materijala korištenih u proizvodnji električnog automobila Volvo XC40 [26].	28
Slika 19 Udio materijala korištenih u proizvodnji električnog automobila Volvo XC40 Recharge [26].	29
Slika 20 Volvo XC40 Recharge [26].	30