

USPOREDBA ISPLATIVOSTI ELEKTRIČNOG I KONVENCIONALNOG AUTOMOBILA

Osoja, Igor

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:128:410302>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



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

Odjel Strojарstva

Stručni studij mehatronike

Igor Osoja

**USPOREDBA ISPLATIVOSTI
ELEKTRIČNOG I KONVENCIONALNOG
AUTOMOBILA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Professional study of Mechatronics

Igor Osoja

THE COST-EFFECTIVENESS OF AN ELECTRIC CAR COMPARING TO CONVENTIONAL ONES

FINAL PAPER

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Strojарstva

Stručni studij mehatronike

Igor Osoja

USPOREDBA ISPLATIVOSTI ELEKTRIČNOG I KONVENCIONALNOG AUTOMOBILA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić mag.ing.el.

Karlovac, 2020.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED
SCIENCE
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: MEHATRONIKA

Usmjerenje: Strojarski Odjel

Karlovac, 8.5.2020

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Igor Osoja
Matični broj: 0112614021

Naslov: Usporedba isplativosti električnog i konvencionalnog automobila

.....
.....
Opis zadatka: Rad obuhvaća usporedbu električnog i konvencionalnog automobila te njihove prednosti i nedostatke. Također je potrebno ispitati troškove električnog automobila i same električne energije, od proizvodnje pa sve punionice električnog automobila, odnosno potrošnje.

Rad sadržava proračun potrošnje električne energije za punjenje električnih automobila, te koliko emisiju stvaraju određene elektrane kod proizvodnje električne energije. Na kraju treba uvrstiti sve dobivene podatke u tablicu te napraviti analizu i zaključak.

Koristiti se stručnom literaturom, radnim materijalima, Zakonima i Pravilnicima, ostalom stručnom literaturom i konzultirati se s mentorom. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku VUKA.

Zadatak zadan:

18.12.2019.

Rok predaje rada:
obrane:

7.5.2020

Predviđeni datum:

8.5.2020

Mentor:

Filip Žugčić mag.ing.el.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

IZJAVA

Izjavljujem da sam svoj rad izradio samostalno pomoću stečenog znanja u Tehničkoj školi Karlovac i Veleučilišta u Karlovcu, stručne literature i interneta te naravno uz pomoć mentora Filipa Žugčića.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru, Filipu Žugčiću na predloženoj temi, te na pomoći i na strpljenju kod same izrade rada. Također se zahvaljujem svim ostalim profesorima na podršci u studiranju te mojim kolegama za dodatnu pomoć kada mi je bila potrebna.

Karlovac, 2020.

Igor Osoja

SAŽETAK

U ovom radu je uspoređen električni i konvencionalni automobil te njihove prednosti i nedostatci. Ispitani su troškovi električne energije i samog električnog automobila od same proizvodnje pa sve do punionica. Napravljen je proračun potrošnje električne energije za punjenje električnih automobila, te usporedba emisija određenih elektrana kod proizvodnje električne energije. Svi podatci su uspoređeni u tablici, te donesen zaključak na temelju svih rezultata.

SUMMARY

In this paper, electric and conventional cars and their advantages and disadvantages are compared. The costs of electricity and the electric car itself from the production itself to the charging plant were examined. A calculation of electricity consumption for electric car charging is made, and a comparison of emissions of certain power plants in electricity generation. All data were compared in the table and concluded based on all the results.

Popis slika

1. Slika 1. Rimac Concept_S električni automobil
2. Slika 2. Volkswagen e-UP električni automobil
3. Slika 3. ELEN solarna punionica
4. Slika 4. Primjer induktivnog punjenja električnog automobila
5. Slika 5. Benzova trokolica pogonjena benzinskim motorom,1886.
6. Slika 6. Audi Q7 generation 4M 3.0 TDI V6 quattro
7. Slika 7. Audi Q7 generation 4M 3.0 TFSI V6 quattro
8. Slika 8. Audi Q7 e-Tron TipTronic, hibrid
9. Slika 9. Audi e-tron 50 quattro Single Speed
10. Slika 10. Broj pojedinih elektrana u Hrvatskoj
11. Slika 11. Struktura udjela pojedinih izvora električne energije
12. Slika 12. Nissan Leaf
13. Slika 13. Volkswagen Golf VII

Popis tablica

1. Tablica 1. Tablica subvencije na kupovinu električnog vozila
2. Tablica 2. Proizvodnja i nabava električne energije
3. Tablica 3. Tablica pojedinih vrijednosti svakog modela

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1.Uvod | 1 |
| 1.1. Električni automobil | 1 |
| 1.2. Električne punionice | 2 |
| 2. Usporedba električnog i konvencionalnog automobila | 5 |
| 2.1. Povijest konvencionalnog automobila | 5 |
| 2.2. Specifikacije određenih modela za usporedbu | 6 |
| 2.2.1. Audi Q7 generation 4M 3.0 TDI V6 quattro (2015-2020) | 6 |
| 2.2.2. Audi Q7 generation 4M 3.0 TFSI V6 quattro (2015-2020) | 7 |
| 2.2.3. Audi Q7 e-Tron TipTronic, hibrid (2015-2020) | 8 |
| 2.2.4. Audi e-tron 50 quattro Single Speed (2020) | 9 |
| 2.3. Usporedba modela prema početnoj cijeni | 10 |
| 2.4. Usporedba modela prema potrošnji goriva na prijeđenih 100 km | 11 |
| 2.5. Usporedba modela prema emisiji CO₂ | 11 |
| 2.6. Usporedba dometa pojedinih modela | 14 |
| 2.7. Usporedba najprodavanijeg električnog i konvencionalnog automobila .. | 15 |
| 2.7.1. Nissan Leaf specifikacije [28] | 15 |
| 2.7.2. Volkswagen Golf specifikacije [30] [31]..... | 16 |
| 3. Analiza dobivenih rezultata | 18 |
| 3.1. Razmatranje dobivenih rezultata | 18 |
| 3.2. Isplativost | 19 |
| 4. Zaključak | 20 |
| Literatura | 21 |

1.Uvod

1.1. Električni automobil

Električni automobil je vozilo koje se pokreće elektromotorom koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru ili drugim uređajima za pohranu električne energije. Popularnost električnih automobila je bila krajem 19. i početkom 20. stoljeća sve do unaprjeđenja motora s unutarnjim izgaranjem i masovne proizvodnje jeftinijih vozila na benzin. Sredinom 2000. godine obnovio se interes u proizvodnji električnih automobila uglavnom zbog ubrzanog povećanja cijene nafte i potrebe za smanjivanjem emisije štetnih plinova.

Električni automobil ima nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalni automobil:

- značajno smanjenje onečišćenja zraka
- njihova iskoristivost je oko 80% dok je konvencionalnog oko 36%
- ne koristeći naftu smanjuje se ovisnost o nafti stranih zemalja
- ne stvara buku, gotovo su bešumni
- mnogo lakši za popravak i sastavljanje
- mali broj pokretnih dijelova što rezultira manjom mogućnosti kvara
- mogu se dobiti poticaji i porezne olakšice kod kupnje električnog auta
- električna struja je sveprisutna i lako pristupačna



Slika 1. Rimac Concept_S električni automobil

Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/2016-03-01_Geneva_Motor_Show_1167.JPG

Uz prednosti tu su i neki nedostaci:

- cijena električnog automobila u proizvodnji je puno veća
- imaju puno manji domet od konvencionalnog automobila
- punjenje baterija je znatno sporije od točenja goriva
- snaga i ubrzanje je puno manje u srednjoj klasi
- mreže punionica nisu instalirane u svim zemljama



Slika 2. Volkswagen e-UP električni automobil

Izvor: https://bs.m.wikipedia.org/wiki/Datoteka:VW_e-up!_at_Hannover_Messe.jpg

1.2. Električne punionice

Jedna od najbitnijih stvari kako bi se povećala zastupljenost električnih automobila u svijetu je gradnja mreže električnih punionica. Punjenje električnih automobila je jako sporo pa je potrebno što više punionica kako se ne bi stvarale gužve i redovi čekanja. Važnost je i u tome što električni automobili nemaju velik domet pa ih je na veće relacije potrebno puniti više puta prije dolaska na odredište. Iz toga proizlazi da razmak između punionica ne bi trebao biti veći od 40-50 km. Bitna stvar kod izgradnje je i blizina izvora električne energije za punionice.

Električne punionice dolaze u 4 konteksta: [3]

1. Kućne stanice za punjenje

- vlasnik vozila preko noći napuni vozilo
 - bez mjerenja je i može zahtijevati dodatno ožičenje strujne mreže
2. Punjenje parkiranog vozila
- stanice za punjenje na parkirnim mjestima
3. Brzo punjenje >40kW
- 10 do 30 minuta punjenja za vožnju do 100 km
 - ovi punjači nalaze se na odmorištima uz cestu za omogućavanje putovanja između udaljenih destinacija
 - njima se mogu koristiti i građani metropola za punjenje dok su parkirani
4. Promjena baterije ili punjenje manje od 15 minuta
- povećanje dometa za 200 milja (321 km) za manje od 15 minuta
 - punjenjem nije bilo moguće, ali zamjenom baterija bi se to omogućilo



Slika 3. ELEN solarna punionica

Izvor: https://www.fpz.unizg.hr/prom/wp-content/uploads/2016/07/P_20160717_120336.jpg

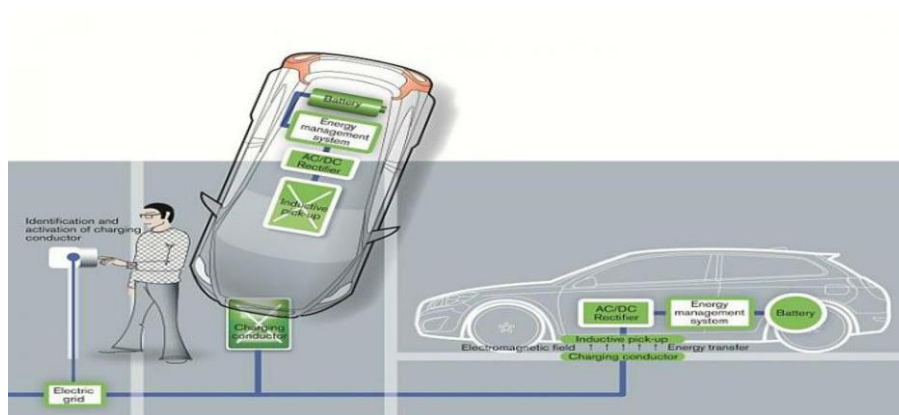
Svrha punionica je osigurati brzo i sigurno punjenje uz potrebne mjere sigurnosti kako bi se izbjegle nezgode. Postoje mnogi portali na internetu kao i aplikacije koje na kartama država gradova čak i kontinenta prikazuju lokacije i dostupnost javnih punionica (npr. ChargeMap, Plugshare). Uz lokaciju dostupne su i ostale informacije kao što je način punjenja, broj parkirnih mjesta, vrsta konektora i slično.

Punionice možemo podijeliti:

1. S obzirom na to postoji li fizički kontakt automobila i punionice, mogu biti s induktivnim ili konduktivnim punjenjem
2. S obzirom na brzinu punjenja. Punionice mogu biti brze i spore. Spore punionice su najčešće samo priključak izmjeničnog napona na automobil sa svojim vlastitim punjačem. Brze punionice podrazumijevaju punionice s velikom istosmjernom strujom i naponom za punjenje kod kojih je punjač u samoj stanici.
3. S obzirom na snagu punjenja postoji više nivoa (eng. charging levels)
4. S obzirom na sigurnosni komunikacijski protokol između stanice za punjenje i vozila postoji više modova punjenja (eng. charging modes)

Konduktivno punjenje najčešći je oblik punjenja koji podrazumijeva spajanje automobila sa punionicom preko kabela, utikača i utičnica.

Induktivno punjenje za prijenos energije koristi elektromagnetsko polje između odašiljača na punionici i prijemnika na automobilu. Ovakav način punjenja nema metalnih kontakata pa je siguran zbog ne doticanja dijelova pod naponom i može se koristiti u vlažnoj atmosferi. Mana ovog načina je sporije punjenje s obzirom na konduktivno. Punjenje se vrši samo parkiranjem vozila jer sustav se sastoji od dvije zavojnice od kojih je primarna smještena na podu u posebnom kućištu, dok se sekundarna nalazi s donje strane automobila. Za potrebe punjenja potrebno je parkirati automobil iznad primarne zavojnice.



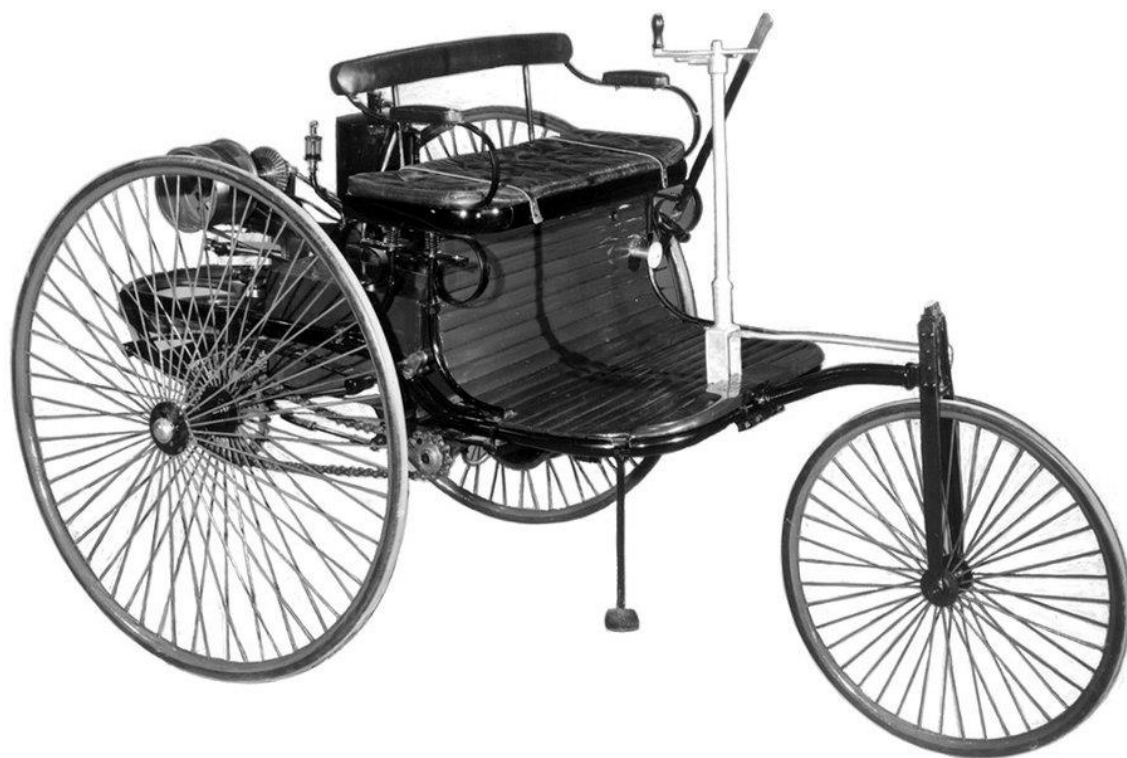
Slika 4. Primjer induktivnog punjenja električnog automobila

Izvor: <https://autostart.24sata.hr/media/dg/12/59/01aefa4272f1d27bcea7.jpeg>

2. Usporedba električnog i konvencionalnog automobila

2.1. Povijest konvencionalnog automobila

Povijest razvoja samog automobila počela je potrebom o prijevoznom sredstvu bez upotrebe životinjske ili ljudske snage. Razvoj započinje konstrukcijom prvih motora s unutarnjim izgaranjem. Godine 1886. Karl Friedrich Benz konstruirao je trokolicu s benzinskim motorom snage 0.55 kW te od tada započeo nagli razvoj automobila. J. B. Dunlop je izumio gumene zračnice za kotače, Maybach je uveo paljenje pomoću užarene cijevi, a Bosch pomoću električne svijeće.



Slika 5. Benzova trokolica pogonjena benzinskim motorom, 1886.

Izvor: https://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE1_1558.jpg

Danas najvažnija podjela konvencionalnih automobila je prema gorivu za pokretanje: benzin i dizel. Postoji opcija ugradnje zemnog plina (alternativno ili tvornički) uz postojeći dizel odnosno benzin. U tom slučaju se dizel/benzin koristi samo za paljenje motora te rad do određene temperature. Nakon toga se automatski prebacuje na trošenje plina.

2.2. Specifikacije određenih modela za usporedbu

Za ovu usporedbu uzet će se četiri modela automobila marke Audi s različitim motorima (benzin/dizel/hibrid/električni).

2.2.1. Audi Q7 generation 4M 3.0 TDI V6 quattro (2015-2020)



Slika 6. Audi Q7 generation 4M 3.0 TDI V6 quattro
Izvor: https://s.car.info/image_files/960/front-side-1-812826.jpg

Specifikacije: [10]

- gorivo: dizel
- radni obujam: 2967 cm^3
- nominalna snaga: 200 kW (272 ks)
- okretni moment: 600 Nm
- prosječna potrošnja goriva: od 5.4 do 6.2 litara na 100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 6.3 sekundi
- najveća brzina: 234 km/h
- emisija CO_2 : 149 g/km
- kapacitet spremnika: 75 litara
- cijena osnovnog modela: 432 057 kn

2.2.2. Audi Q7 generation 4M 3.0 TFSI V6 quattro (2015-2020)



Slika 7. Audi Q7 generation 4M 3.0 TFSI V6 quattro

Izvor: https://s.car.info/image_files/1920/audi-q7-front-side-warsawa-motorshow-2018-1-686812.jpg

Specifikacije: [11]

- gorivo: benzin
- radni obujam: 2995 cm^3
- nominalna snaga: 245 kW (333 ks)
- okretni moment: 440 Nm
- prosječna potrošnja goriva: od 6.8 do 9.4 litara na 100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 6.1 sekundi
- najveća brzina: 250 km/h
- emisija CO_2 : 179 g/km
- kapacitet spremnika: 85 litara
- cijena osnovnog modela: 447 327 kn

2.2.3. Audi Q7 e-Tron TipTronic, hibrid (2015-2020)



Slika 8. Audi Q7 e-Tron TipTronic, hibrid

Izvor: https://s.car.info/image_files/1920/audi-q7-side-geneva-motor-show-2017-4-340787.jpg

Specifikacije: [12]

- gorivo: dizel/električni
- radni obujam: 2967 cm^3
- nominalna snaga: 275-283 kW (373-385 ks)
- okretni moment: 700 Nm
- potrošnja goriva: od 1.8 litara dizela i 18.1 do 19 kWh električne energije na 100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 6.2 sekundi
- najveća brzina: 230 km/h
- emisija CO_2 : 48 g/km
- kapacitet spremnika: 75 litara i 17.3 kWh baterija
- cijena osnovnog modela: 580 533 kn

2.2.4. Audi e-tron 50 quattro Single Speed (2020)



Slika 9. Audi e-tron 50 quattro Single Speed

Izvor: <https://static.carsdn.co/cldstatic/wp-content/uploads/01-audi-e-tron-2019-angle--blue--exterior--front--trees.jpg>

Specifikacije: [13]

- gorivo: električni
- nominalna snaga: 230 kW (313 ks)
- okretni moment: 540 Nm
- prosječna potrošnja goriva: 21.9 kWh/100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 6.8 sekundi
- najveća brzina: 190 km/h
- emisija CO_2 : 0 g/km
- spremnik: 71 kWh
- cijena osnovnog modela: 628 383 kn

Kako bismo utvrdili koji od ovih automobila je najisplativiji potrebno je napraviti izračun i usporedbu po njihovim specifikacijama. Specifikacije koje ćemo uzeti u obzir su **početna cijena, potrošnja goriva, emisija CO₂ te domet automobila.**

2.3. Usporedba modela prema početnoj cijeni

Ako usporedimo početnu cijenu svih modela možemo vidjeti kako je dizel model najjeftiniji, a električni najskuplji. Ipak postoji odredba koja će smanjiti ovu razliku. Naime Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost je u Narodnim novinama (NN 38/2018) objavio javni poziv za sufinanciranje kupnje električnih vozila građanima. Ukupno raspoloživa sredstva po pozivu iznose **17 milijuna kuna**. Dodjeljivat će se do **40%** bespovratnih sredstava za kupnju isključivo jednog novog vozila, koje u trenutku unosa, uvoza ili prodaje u Republici Hrvatskoj ili ranije, nije bilo registrirano, odnosno u slučaju električnog bicikla, nije ranije bilo korišteno. Vozilo može biti kupljeno u Hrvatskoj, Europi ili svijetu, međutim treba biti registrirano u Hrvatskoj. [17]

IZNOS POTICAJA – do 40%

| VRSTA VOZILA | POGONSKA TEHNOLOGIJA | MAKSIMALNI IZNOS |
|--|---|-------------------|
| električni bicikl | Električni pogon | do 5.000,00 kuna |
| električno vozilo L1, L2, L3, L4, L5, L6 i L7 kategorije | Električni pogon | do 20.000,00 kuna |
| Vozilo M1 kategorije: <ul style="list-style-type: none"> osobna vozila niže i srednje kategorije (gradska i kompaktna vozila), odnosno prema europskoj kategorizaciji tzv. A (mini), B (mali) i C (srednji) segment vozila vozila tipa SUV (engl. <i>Sport utility vehicle</i>) i MPV (engl. <i>Multi-purpose vehicle</i>) s odgovarajućim podtipovima u okviru A,B,C segmenata | „Plug-in“ hibridni pogon (emisija onečišćujuće tvari CO ₂ do najviše 50 g/km) | do 40.000,00 kuna |
| | Električni pogon (emisija onečišćujućih tvari CO ₂ iznosa 0 g/km) | do 80.000,00 kuna |

Tablica 1. Tablica subvencije na kupovinu električnog vozila

Izvor: <http://www.fzoeu.hr/docs/v13.png>

Nakon izračuna vidimo :

1. Dizel model – **432 057 kn**
2. Benzin model – **447 327 kn**
3. Hibrid model – **540 533 kn** (580 533 uz 40 000 kn subvenciju)
4. Električni model – **548 383 kn** (628 383 uz 80 000 kn subvenciju)

2.4. Usporedba modela prema potrošnji goriva na prijeđenih 100 km

Potrošnja goriva je sljedeći čimbenik kod odabira vozila. U nastavku je izračunato koliko goriva automobil potroši nakon prijeđenih 100 km, što je zatim cjenovno izraženo.

1. Dizel model ima potrošnju od 5.4 do 6.2 litre na 100 km. Uzmemo li prosjek on iznosi 5.8 L/100km. Cijena litre dizela je 9.61 kn što znači da dizel model potroši **56 kn** na 100 km ($9.61 \text{ kn} * 5.8 \text{ L}$).
2. Benzin model ima potrošnju od 6.8 do 9.4 L na 100 km. Prosječna potrošnja iznosi 8.1 L. Cijena litre benzina je 9.81 kn što bi značilo da benzinski model na 100 km troši **79 kn**. ($8.1 \text{ L} * 9.81 \text{ kn}$).
3. Hibrid model ima potrošnju 1.8 litara dizela te 18.5 kWh na 100 km. To je tvornički propisana potrošnja. Ako izračunamo trošak ovog automobila on će iznositi **30 kn** ($1.8 \text{ L} * 9.61 \text{ kn} + 18.5 \text{ kWh} * 0.70 \text{ kn}$).
4. Električni model troši 21.9 kWh na 100 km. Cijena jednog kWh iznosi 0.70 kn. Prema tome izračunamo da električni model troši **15 kn** na 100 km ($21.9 \text{ kWh} * 0.70 \text{ kn}$).

Poredak gledajući na potrošnju je znatno različit s obzirom na početnu cijenu. Ovdje vidimo kako električni i hibrid model uzimaju prednost:

1. Električni model – **15 kn** na 100 km
2. Hibrid model – **30 kn** na 100 km
3. Dizel model – **56 kn** na 100 km
4. Benzin model – **79 kn** na 100 km

2.5. Usporedba modela prema emisiji CO₂

Sljedeće treba uzeti u obzir emisiju CO₂, što je danas vrlo bitno zbog zagađenja okoliša i ekološke osviještenosti svakog pojedinca. Električni automobili direktno ne ispuštaju CO₂, ali koriste električnu energiju koja je nastala s emisijom plinova u elektranama.



Slika 10. Broj pojedinih elektrana u Hrvatskoj

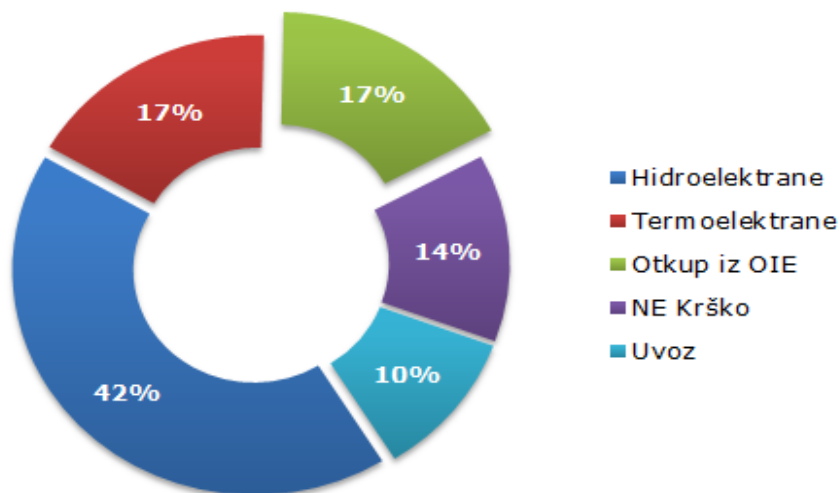
Izvor: https://www.hep.hr/opskrba/UserdocsImages/flash/termo_hidroelektrane.jpg

| Proizvodnja i nabava električne energije | GWh |
|--|---------------|
| Hidroelektrane | 6.916 |
| Termoelektrane | 2.777 |
| Nuklearna elektrana Krško | 2.745 |
| Otkup iz OIE | 2.209 |
| Uvoz | 1.715 |
| UKUPNO RASPOLOŽIVO | 16.362 |

Tablica 2. Proizvodnja i nabava električne energije

Izvor: <https://www.hep.hr/opskrba/trziste-elektricne-energije/trziste/izvori-energije/1385>

U 2018. HEP grupa raspolagala je sa **16,36 TWh** proizvedene i kupljene električne energije, a HEP Opskrba prodala je svojim kupcima u Hrvatskoj **8,32 TWh** električne energije. [22]



Slika 11. Struktura udjela pojedinih izvora električne energije

Izvor: http://www.hep.hr/opskrba/UserDocs/Images/opskrba%20-%20slike/izvori_el_energije_2019_hr.png

Tijekom 2018. iz HEP-ovih termoelektrana i termoelektrana toplana u procesu proizvodnje električne energije ispušteno je 1.890.889 tona CO₂.

Intenzitet emisija CO₂ za proizvedenu električnu energiju iz HEP-ovih termoelektrana i termoelektrana toplana za 2018. je 587 g CO₂/kWh.

Iz ovih podataka vidimo da 17% ukupne proizvodnje električne energije proizlazi iz termoelektrana. One imaju najveću emisiju CO₂ koja iznosi 587 g/kWh. Dosad je registrirano 459 električnih vozila i 3 717 hibridnih vozila. U odnosu na prethodnu godinu, broj električnih vozila povećao se za 182, a hibridnih za 1085 komada. [23]

Zbog lakšeg izračuna uzeti će se prosjek potrošnje električnih i hibridnih vozila. Potrošnja se kreće od 10 do 25 kWh/ 100 km. Prosjek potrošnje je 17.5 kWh/100 km. Ako ovaj broj pomnožimo sa emisijom termoelektrane dobijemo 10 272 gCO₂ na svakih 100 km. Podijelimo sa 100 i rezultat je **102. 72** gCO₂/km. To bi bilo ispravno kad bi se sva električna energija proizvela iz termoelektrane, te bi ta emisija predstavljala maksimalnu emisiju CO₂ koja se stvara neposredno uslijed proizvodnje električne energije. Ako bismo uzeli drugi slučaj da je sva energija proizvedena iz obnovljivih izvora energije (vjetar, sunce, voda) kod kojih se stvara emisija do 8 gCO₂/ kWh dobili bismo podatak da na svakih 100 km električni automobil emitira 140 gCO₂. Nakon što to podijelimo sa 100 dobivamo rezultat

od **1.4 gCO₂/km** što je 1.36% emisije u odnosu na to da je električna energija proizvedena samo iz termoelektrana. [32]

Usporedba s ostalim modelima

1. Dizel model ima emisiju CO₂ jednaku **149 gCO₂/km**. Što znači godišnje je to **2.2 tone** CO₂ (za 15 000 km godišnje)
2. Benzin model ima emisiju CO₂ koja iznosi **179 gCO₂/km**. Godišnje ispada **2.6 tona** CO₂ (za 15 000 km godišnje)
3. Hibrid model stvara emisiju CO₂ od **48 gCO₂/km**. Kroz godinu emisija je jednaka **0.72 tone** CO₂ (za 15 000 km godišnje)
4. Električni model ima emisiju od **102,72 gCO₂/km** u najgorem slučaju što bi značilo da kroz godinu stvara **1.54 tone** CO₂, odnosno ima emisiju od **1,4 gCO₂/km** što je najbolji slučaj pa stvara **0,02 tone** CO₂.

2.6. Usporedba dometa pojedinih modela

Nakon usporedbe možemo vidjeti kako su električni i hibridni modeli na višoj ekološkoj razini, ali treba uzeti u obzir i domet pojedinog modela.

1. Dizel model ima spremnik od 75 litara i potrošnju od 5.8 litara na 100 km. Iz toga proizlazi da dizel model s jednim spremnikom može prijeći 1293 km ($75 \text{ L} / 5.8 \text{ L} * 100 \text{ km}$)
2. Benzin model ima spremnik od 85 litara i potrošnju od 8.1 litru. Domet ovog modela iznosi 1049 km ($85 \text{ L} / 8.1 \text{ L} * 100 \text{ km}$)
3. Hibrid model ima 2 spremnika 75 L za dizel i 17.3 kWh bateriju za električnu energiju. Potrošnja dizela je 1.8 L (kombinirano), a struje je 18.5 kWh (kombinirano). Domet ovog automobila je 1293 km na dizel ($75 \text{ L} / 5.8 \text{ L} * 100 \text{ km}$) i 64 km na struju ($17.3 \text{ kWh} / 25 \text{ kWh} * 100 \text{ km}$). Spoj struje i dizela stvara ukupni domet od 1400 km.
4. Električni model ima bateriju od 71 kWh i potrošnju od 21.9 kWh na 100 km. Domet ovog modela iznosi 324 km ($71 \text{ kWh} / 21.9 \text{ kWh} * 100 \text{ km}$)

Kod usporedbe dometa vidimo kako su konvencionalni automobili u prednosti, ali hibrid pokazuje kako je spoj struje i dizela pun pogodak što se tiče dometa.

1. Hibrid model – 1400 km
2. Dizel model – 1293 km
3. Benzin model – 1049 km
4. Električni model – 324 km

2.7. Usporedba najprodavanijeg električnog i konvencionalnog automobila

Nakon usporedbe Audi modela skrenuo bi pažnju na financijski prihvatljivije automobile. **Nissan Leaf** je najprodavaniji električni model u 2018. god u Europi s **40.699** prodanih primjeraka, a **Volkswagen Golf** je najprodavaniji konvencionalni automobil 2018. u Europi s prodanih **445.754** primjeraka.[27], [29]

2.7.1. Nissan Leaf specifikacije [28]



Slika 12. Nissan Leaf

Izvor: https://ev-database.org/img/auto/Nissan_Leaf_2018/Nissan_Leaf_2018-01.jpg

- gorivo: električni
- nominalna snaga: 110 kW (150 ks)
- okretni moment: 320 Nm
- prosječna potrošnja goriva: 16,4 kWh/100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 7,9 sekundi

- najveća brzina: 144 km/h
- emisija CO_2 : 0 g/km
- spremnik: 36 kWh
- cijena osnovnog modela: 274 160 kn

2.7.2. Volkswagen Golf specifikacije [30] [31]



Slika 13. Volkswagen Golf VII

Izvor:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/2013_Volkswagen_Golf_SE_BlueMotion_Technology_1.4_Front.jpg

- gorivo: dizel
- nominalna snaga: 85 kW (116 ks)
- okretni moment: 250 Nm
- prosječna potrošnja goriva: 4,1 L/100 km
- ubrzanje od 0-100 km/h: 10,2 sekundi
- najveća brzina: 198 km/h
- emisija CO_2 : 106 g/km
- spremnik: 50 L
- cijena osnovnog modela: 214 411 kn

Možemo vidjeti kako su ova dva automobila vrlo slična po specifikacijama, a i cjenovno su prihvatljiviji. Razlika u početnoj cijeni je oko 60 000 kn što je znatno manje nego kod Audi modela. Domet Nissan Leafa je 220 km dok je Golfa 1200 km i to je najveća prednost konvencionalnih automobila danas. Golf godišnje (15000 km) potroši 6033 kn ($4.1 \text{ L}/100 \text{ km} * 15 \text{ 000 km} * 9.81 \text{ kn}$) dok Nissan potroši 1722 kn ($16,4 \text{ kWh}/100 \text{ km} * 15000 \text{ km} * 0.7 \text{ kn}$) nakon 15000 km. Razlika u potrošnji je 4311 kn što bi značilo ako uzmemo u obzir 60 000 kn razliku početne cijene da električni model bi isplatili nakon 13,9 godina ($60 \text{ 000 kn} / 4311 \text{ kn}$). Uzmemo li u obzir javni poziv u Narodnim novinama (NN 38/2018) kojeg izdaje Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost za sufinanciranje kupnje novih električnih vozila možemo vidjeti da za automobile subvencija iznosi do 80 000 kn. Kada to oduzmemo od početne cijene dobivamo 20 000 kn povoljniju kupnju električnog automobila.

U ovoj usporedbi vidimo da se električni automobil dovoljno približio konvencionalnom što se tiče cijene, ali opet ako preračunamo to u godine dobivamo veliki vremenski period do izjednačavanja vrijednosti. Ukoliko ostvarite pravo na subvenciju onda imate 20 000 kn povoljniju kupnju električnog automobila od konvencionalnog što je pokazatelj da električni automobil ima sve veću prednost i u ovom slučaju zbog subvencije je električni automobil financijski i ekološki isplativiji izbor.

3. Analiza dobivenih rezultata

3.1. Razmatranje dobivenih rezultata

| Automobil | Audi Q7 3.0 TDI | Audi Q7 3.0 TFSI | Audi Q7 e-Tron hibrid | Audi e-tron 50 | Razlike Električni-Dizel |
|--|-----------------|------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|
| Početna cijena [kn] | 432057 | 447327 | 580533 | 628383 | 196326 |
| Subvencija kod kupnje [kn] | 0 | 0 | 40000 | 80000 | 80000 |
| Gorivo | Dizel | Benzin | Dizel + struja | Struja | |
| Potrošnja goriva [L/100 km] | 5,8 | 8,1 | 1,8 | 0 | |
| Cijena goriva [kn] | 9,61 | 9,81 | 9,61 | 0 | |
| Potrošnja struje [kn/kWh/100 km] | 0 | 0 | 18,5 | 21,9 | |
| Cijena struje [kn/kWh] | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | |
| Potrošnja na 100 km [kn] | 55,74 | 79,46 | 30,43 | 15,55 | -40,19 |
| Emisija CO2 [g/km] | 149 | 179 | 48 | 102,7 | -46,3 |
| Emisija CO2 (15000 km) [kg] | 2235 | 2685 | 720 | 1540,5 | -694,5 |
| Kapacitet spremnika [L] | 75 | 85 | 75 | 0 | |
| Kapacitet baterije [kWh] | 0 | 0 | 17,3 | 71 | |
| Dometa automobila [km] | 1294,10 | 1050,38 | 1386,62 | 324,20 | -969,90 |
| Ukupni trošak godišnje (15000 km) [kn] | 8360,7 | 11919,15 | 4564,95 | 2332,35 | -6028,35 |
| Ukupni trošak godišnje + početna cijena [kn] | 440417,7 | 459246,15 | 545097,95 | 550715,35 | 110297,65 |

Tablica 3. Tablica pojedinih vrijednosti svakog modela

U ovom radu napravljena je usporedba sličnih modela automobila s različitim pogonskim gorivom. Usporedba je izvršena prema karakteristikama svakog modela. U obzir su uzete najbitnije čimbenici, a to su početna cijena, potrošnja goriva i domet, te zbog ekološke osviještenosti, emisija CO₂. Svaki model ima svoje prednosti u pojedinim kategorijama. Dizel model ima relativno malu potrošnju goriva, veliki spremnik te veći domet. Benzin model ima veću potrošnju i manji domet od dizela. Hibridni model pokazuje da spoj dizela i struje jamči najveći domet, ali i veliku početnu cijenu u usporedbi s dizelskim i benzinskim modelom. Na kraju električni model ima najmanju potrošnju i najmanju emisiju CO₂, ali i najmanji domet te najveću početnu cijenu.

3.2. Isplativost

Što se tiče isplativosti pojedinih modela možemo reći da su benzinski i dizel model slični po specifikacijama i cijeni kao i hibridni i električni. Uspoređeni su dizel i električni model jer su od ovih 4 modela većinom najčešći izbor. Naime bitna usporedba je godišnja potrošnja tj. koja je razlika između ta dva modela. Razlika iznosi 6028 kn u prednost električnom. Dizel model ima i skuplje održavanje zbog većeg broja mehaničkih dijelova stoga je ta razlika malo i veća. Električni model direktno ne zagađuje okoliš i ima besplatno punjenje za sada na punionicama. Početna cijena je veliki faktor u gledanju na isplativost. Razlika u početnoj cijeni električnog i dizel modela iznosi 116 326 kn uz subvenciju EU od 80 000 kn. Velika je to razlika, a kako bi dočarao stvarnu sliku podijelit ću tu razliku sa godišnjom razlikom potrošnje kod dizel modela i tako dobiti nakon koliko godina bi se isplatio električni model. Nakon dijeljenja dobivamo 19 godina. Možemo zaključiti da ako gledamo samo na cijenu i potrošnju nije isplativo, ali sigurno bismo smanjili zagađenje okoliša.

4. Zaključak

Na temelju napisanog rada može se zaključiti da električni automobili nisu baš tako isplativi s obzirom na njihove karakteristike. U radu su opisane karakteristike konvencionalnih automobila te usporedba s električnim. Napravljen je proračun i usporedba prema bitnim čimbenicima svakog modela. Usporedbom i proračunom je pokazano kolika je zapravo razlika konvencionalnog i električnog modela prema određenim karakteristikama. Isplativost električnog modela trenutno nije dobra zbog velike početne cijene i malenog dometa. Njihov udio u zaštiti okoliša je jako velik i bitno je to uzeti u obzir jer svaki čovjek bi trebao biti ekološki osviješten i težiti napredovanju na ekološkoj razini u cilju spašavanja planeta Zemlje. Nakon izgradnje mreže punionica, razvojem tehnologije i povećanjem kapaciteta baterija isplativost će postati sve veća. Ljudi žele sigurnost i što manje brige kod putovanja, a to električni modeli još ne mogu pružiti u potpunosti. Usavršavanjem u budućnosti električni automobili će biti daleko više zastupljeni, a do tad na cestama ćemo većinom gledati konvencionalne automobile.

Literatura

1. https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_automobil
2. https://bs.m.wikipedia.org/wiki/Datoteka:VW_e-up!_at_Hannover_Messe.jpg
3. https://hr.wikipedia.org/wiki/Punionica_za_elektri%C4%8Dne_automobile
4. <https://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=4641>
5. <https://elvonet.com/elektricni-automobili/prednosti-nedostaci-elektricnih-automobila/>
6. <https://korak.com.hr/e-automobili-prednosti-i-nedostaci/>
7. <https://autostart.24sata.hr/media/dg/12/59/01aefa4272f1d27bcea7.jpeg>
8. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4751>
9. <https://www.carmagazine.co.uk/car-reviews/audi/audi-q7-30-tdi-se-2017-review/>
10. <https://www.car.info/en-se/audi/q7/q7-30-tdi-v6-quattro-7171425/specs>
11. <https://www.car.info/en-se/audi/q7/q7-30-tfsi-v6-quattro-6840128/specs>
12. <https://www.car.info/en-se/audi/q7/q7-e-tron-6849701/specs>
13. <https://www.car.info/en-se/audi/e-tron/e-tron-s-2020-19043504/specs>
14. https://s.car.info/image_files/960/front-side-1-812826.jpg
15. <https://www.car.info/en-se/image/audi-q7-front-side-warsawa-motorshow-2018-1-686812>
16. <https://static.carsdn.co/cldstatic/wp-content/uploads/01-audi-e-tron-2019-angle--blue--exterior--front--trees.jpg>
17. http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/poticanje_energetske_ucinkovitosti_u_prometu/sufinanciranje_nabave_energetski_ucinkovitijih_vozila/
18. <http://cijenegoriva.info/CijeneGoriva.aspx>
19. <https://proauto.ba/audi-q7-e-tron-3-0-tdi-quattro-dostupan-na-trzistu-od-pocetka-marta-video/>
20. <http://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547>
21. <https://www.hep.hr/opskrba/trziste-elektricne-energije/trziste/izvori-energije/1385>
22. <http://www.hep.hr/projekti/obnovljivi-izvori-energije/3406>
23. <https://lider.media/aktualno/cvh-dosad-je-u-rh-registrirano-459-elektricnih-i-3-717-hibridnih-vozila-27197>
24. <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/test/koliko-trose-elektricni-automobili-8984>
25. https://automania.hr/audi_q7_etron_3-0_tdi_quattro_najbolje_od_dva_svijeta/
26. <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/audi-je-prosirio-svoju-obitelj-elektricnih-vozila-upoznajte-e-tron-50-foto-20190802>

27. http://www.novilist.hr/Zivot-i-stil/Auto-moto/NISSAN-LEAF-NAJPRODAVANIJI-ELEKTRICNI-AUTOMOBIL-U-EUROPI-U-Hrvatskojih-je-prodano-dvadesetak?meta_refresh=true
28. <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>
29. <https://radiosarajevo.ba/auto-moto/testovi/zavrсни-racun-koji-su-najprodavaniji-automobili-u-europi-u-2018/327069>
30. <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Volkswagen/108295/Volkswagen-Golf-2017-16-TDI-115HP.html>
31. <https://www.cars-data.com/en/volkswagen-golf-1.6-tdi-115hp-comfortline-specs/79444>
32. <https://www.scribd.com/doc/220465763/Konkurentnost-Obnovljivih-Izvora-Energije-Nuklearnoj-Energiji-u-Hrvatskoj>