

Tehno-ekonomska analiza mjera za poticanje elektrifikacije cestovnog prometa u strateškim dokumentima na regionalnoj razini

Dujmić, Borna

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:636628>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-11**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Borna Dujmić

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Pukšec, dipl. ing.

Student:

Borna Dujmić

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Tomislavu Pukšecu i g. Antunu Pfeiferu na uloženom vremenu i trudu tokom pisanja ovog rada. Posebne zahvale mojim roditeljima i obitelji na neizmjernej pomoći u svakom obliku. Bez njih ne bih bio danas tu gdje jesam. Također moram spomenuti sve ostale osobe koji su mi u bilo kojem obliku pomogle u rješavanju fakultetski obaveza. Najiskrenije hvala svima.

Borna Dujmić



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Borna Dujmić**

JMBAG: 0035227182

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Tehno-ekonomska analiza mjera za poticanje elektrifikacije cestovnog prometa u strateškim dokumentima na regionalnoj razini**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Techno-economic analysis of the road transport electrification support measures in the strategic documents on the regional level**

Opis zadatka:

Elektrifikacija cestovnog prometa važan je dio Europskog zelenog plana. Kroz elektrifikaciju je, u sinergiji s povećanjem udjela električne energije generirane iz obnovljivih izvora, moguće smanjiti emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa. U tom smislu, na lokalnoj i regionalnoj razini, donose se akcijski planovi koji sve više uključuju mjere koje na razne načine potiču razvoj infrastrukture za elektrifikaciju cestovnog prometa. Poboljšanje troškovne učinkovitosti takvih mjera cilj je raznih međunarodnih projekata, koji izrađuju alate i upute za jedinice lokalne samouprave, kako bi mjere u strateškim dokumentima bile što efikasnije. U okviru ovog zadatka, potrebno je:

1. Napraviti pregled postojećih mjera za poticanje elektrifikacije cestovnog prometa na primjeru Karlovačke županije.
2. Napraviti pregled postojećih punionica za električna vozila u Karlovačkoj županiji i zapisati lokacije postojećih punionica u alat izraden u Alpe-Adria Clean Transport Alliance (AaCTA) projektu.
3. Napraviti pregled potencijalnih lokacija za punionice električnih vozila i upisati potencijalne lokacije u AaCTA alat te u alatu iterativnim postupkom doći do maksimalnog broja vozila koji se može napajati u Karlovačkoj županiji.
4. Korištenjem AaCTA alata, za Karlovačku županiju napraviti tehno-ekonomsku analizu sustava poticanja razvoja elektromobilnosti.
5. Predložiti mjere za plan razvoja mobilnosti Karlovačke županije, koje bi poticale izgradnju dodatnih punionica u skladu s rezultatima skupa alata razvijenih u AaCTA projektu te tehno-ekonomskom analizom ulaganja potaknutih mjerama.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predvideni datumi obrane:

30. 11. 2022.

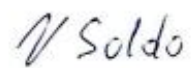
1. rok: 20. 2. 2023.
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
3. rok: 18. 9. 2023.

1. rok: 27. 2. - 3. 3. 2023.
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
3. rok: 25. 9. - 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:


Doc. dr. sc. Tomislav Pukšec


Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

Sadržaj

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
SAŽETAK	IV
SUMMARY	V
1. UVOD	1
2. PREGLED POSTOJEĆIH MJERA ZA POTICANJE ELEKTRIFIKACIJE U KARLOVAČKOJ ŽUPANIJI	3
3. PROMETNO GEOGRAFSKI POLOŽAJ ŽUPANIJE.....	5
4. KARTOGRAFIRANJE PUNIONICA ELEKTRIČNIH VOZILA	6
4.1. Postojeće lokacije punionica	6
4.2. Potencijalne lokacije punionica	11
5. ODABIR SNAGE PUNIONICE	16
6. ANALIZA POMOĆU AACTA ALATA	21
6.1. Opis AaCTA alata	21
6.2. Način korištenja alata.....	24
6.3. Rezultati AaCTA alata.....	26
7. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ULAGANJA POTAKNUTIH MJERAMA.....	27
8.1. Metodologija analize	28
8.2. Rezultati	35
8. PLAN MJERA ZA RAZVOJ ELEKTROMOBILNOSTI.....	42
9. ZAKLJUČAK.....	44

POPIS SLIKA

Slika 1. Stavovi potrošača o električnim automobilima [1]	1
Slika 2. Stvarna prosječna cijena baterije (EUR/kWh) [6].....	2
Slika 3. Prometno geografski položaj županije	5
Slika 4. Primjer lokacije koja je izostavljena iz popisa	10
Slika 5. Škoda Enyaq iV	18
Slika 6. Volkswagen ID.4.....	18
Slika 7. Tesla Model 3	19
Slika 8. Slika alata u MS Excelu	22
Slika 9. Slika unesenih podataka o potencijalnim lokacijama punionica u Karlovačkoj županiji	24
Slika 10. Slika unesenih podataka o postojećim punionicama u Karlovačkoj županiji	25
Slika 11. Prikaz rezultata AaCTA alata.....	26
Slika 12. prikazuje dijagram IRR-a u usporedbi sa prosječnom dnevnom predanom energijom za Karlovačku županiju	40

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis postojećih lokacija u Karlovačkoj Županiji	6
Tablica 2. Tablica potencijalnih lokacija punionica	11
Tablica 3. Vodič za odabir snage punionice	16
Tablica 4. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za Škoda Enyaq iV.....	18
Tablica 5. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za VW ID.4.....	19
Tablica 6. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za Tesla Model 3.....	19
Tablica 7. Vrijednosti prosječne predane energije ovisno o slučaju.....	27
Tablica 8. Ulazni podaci tehno-ekonomske analize.....	28
Tablica 9. Rezultat tehno-ekonomske analize za 1. slučaj	35
Tablica 10. Rezultat tehno-ekonomske analize za 2. slučaj	36
Tablica 11. Prikaz financijskog toka novca za 3. slučaj za Karlovačku županiju.....	37
Tablica 12. Prikaz ekonomskog toka novca za 3. slučaj za Karlovačku županiju	37
Tablica 13. Rezultat tehno-ekonomske analize za 3. slučaj	38
Tablica 14. Rezultat tehno-ekonomske analize za 4. slučaj	38
Tablica 15. Rezultat tehno-ekonomske analize za 5. slučaj	39
Tablica 16. Ovisnost iznosa subvencije o postotku subvencije za Karlovačku županiju	41

SAŽETAK

U prvom dijelu rada napravljen je pregled postojećih mjera za poticanje elektrifikacije cestovnog prometa na primjeru Karlovačke županije i opisan prometno geografski položaj županije. U nastavku napravljena je priprema podataka za skup AaCTA alata što je sačinjeno od kartografiranja postojećih lokacija punionice zajedno s kartografiranjem potencijalnih lokacija za punionice. Rad se dotakao i na koji način odabrati punionicu za željenu lokaciju ovisno o vremenom provedenom na toj lokaciji. Glavni dio rada jest ubacivanje podataka u skup alata AaCTA i dolazak do maksimalnog broja vozila koji se mogu napajati pomoću iterativnog postupka. U zaključnom dijelu rada predložene su mjere za plan razvoja mobilnosti Karlovačke županije koje bi poticale izgradnju dodatnih punionica u skladu s dobivenim rezultatima iz AaCTA alata. Također, izvršena je tehno-ekonomska analiza kako bi se utvrdilo koliko bi financijskih sredstava bilo potrebno za izgradnju takvih stanica te koliko vozila bi se moglo napajati u tom kontekstu.

Ključne riječi: elektrifikacija cestovnog prometa, punionice, električna vozila, Karlovačka županija

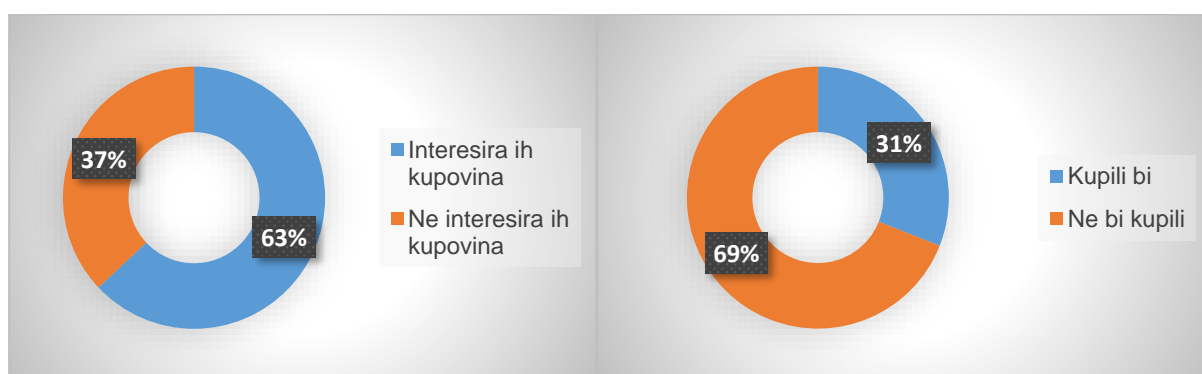
SUMMARY

In the first part of the paper, an overview of the existing measures to encourage the electrification of road transport was made using the example of the Karlovac County and the geographical position of the county was described. Below that is the preparation of data for the set of AaCTA tools, which consists of the mapping of existing locations of charging stations together with the mapping of potential locations for charging stations. The paper also touched on how to choose a charging station for the desired location depending on the time spent at that location. The main part of the work is inputting the data into the AaCTA toolset and, using an iterative process, calculating at the maximum number of vehicles that can be powered. In the final part of the paper, measures were proposed for the Karlovac County mobility development plan that could build additional charging stations in accordance with the results obtained from the AaCTA tool, and a techno-economic analysis was made of with how much money it would be possible to build a charging stations and how many cars could be powered in that case.

Key words: electrification of road traffic, charging stations, electric vehicles, Karlovac County

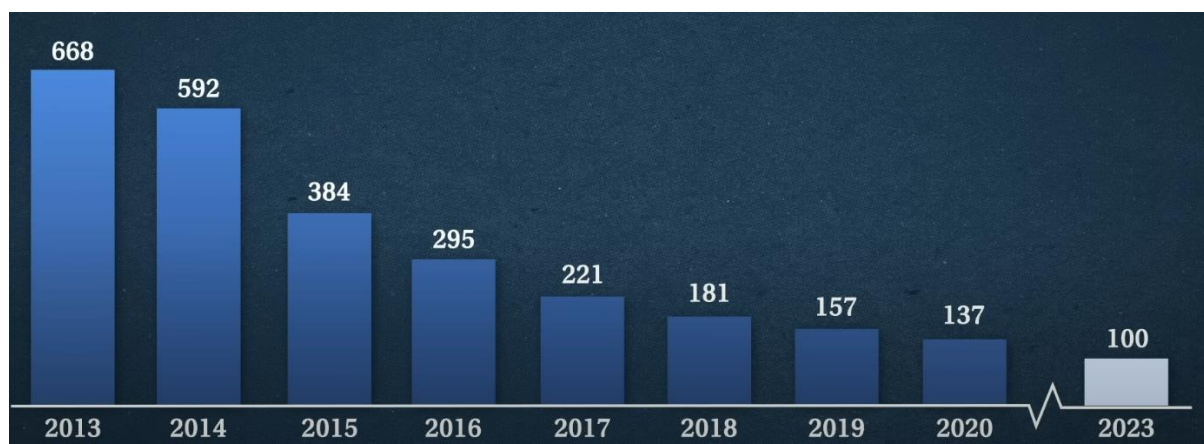
1. UVOD

Sa svakom disruptivnom tehnologijom postoji prijelomna točka. Postoji točka u vremenu kada je njezin put prema tržišnoj dominaciji izvjestan. Električna vozila su sada sigurno disruptivna tehnologija. Sigurno je to tehnologija koja će s vremenom postati dominantna nad svojim prethodnikom. U ovom slučaju, prethodnik je automobil s motorom s unutarnjim izgaranjem kojeg većina ljudi danas koristi. Međutim, većina je rekla da njihov sljedeći automobil neće biti električni. Prosječni potrošač, prema anketama, ne razmišlja o kupnji električnog vozila pokazujući da tehnologija još nije na prijelomnoj točki, tj. na određenom putu prema tržišnoj dominaciji. [1]



Slika 1. Stavovi potrošača o električnim automobilima [1]

Ali opet, taj je put gotovo siguran. Električna vozila još nisu tu. Trenutačno su preskupi, prekratkog dometa i prespora za punjenje, ali su blizu. Istraživanja kvantificiraju koliko su blizu. Pokazalo se da je cijena „prijelomne točke“ za EV, tj. cijena koja će dovesti do prihvaćanja je 36.000 € [1]. Gledajući cijene osnovnih modela triju najprodavanijih električnih vozila na svijetu [2], one su već otprilike tamo. To nam dokazuje da cijena nije ono što sputava kupce na masovnom tržištu. Ono što je također važno je domet. Potrošači kažu da im treba 469 kilometara [1] prije nego što automobili krenu u masovnu prodaju. Dva od tih najprodavanijih električnih vozila, Tesla Model 3 [3] i Chevy Bolt EV [4], nisu daleko od toga, dok Nissan LEAF [5] zaostaje. Domet i cijena usko su povezani i u praksi se mijenja jedno za drugo, budući da je baterija najveći pojedinačni trošak EV-a. Zato je industrija usredotočena na inovacije i skaliranje kako bi se smanjila cijenu baterija za EV. U 2013. prosječna cijena po kWh kapaciteta baterije za EV bila je 668 eura. Danas je prosječna cijena po kWh 137 eura, a očekuje se da će se ta cijena po kWh spustiti na 100 eura do kraja 2023. godine.



Slika 2. Stvarna prosječna cijena baterije (EUR/kWh) [6]

Proizvođačima je sve lakše prodati automobil za traženu cijenu od 36.000 eura s traženim dometom od 469 kilometara. Iako električna vozila još nisu tu, zapravo nisu daleko i bit će tu u sljedećih nekoliko godina. Zaključno gledano, ni tu se ne nalazi problem. Međutim, ono gdje jest je punjenje. Prema istraživanju, želja potrošača je da mogu napuniti svoja vozila od nule do potpunog kapaciteta za 31 minuti [1], a što predstavlja kritičan faktor za prihvaćanje na masovnom tržištu. Uz to, sadašnja električna vozila od 36.000 eura jednostavno još nisu tu. Osnovni model Chevy Bolt EV [4] ne može brzo puniti, a skuplji model koji omogućuje brzo punjenje može doći do samo 39% stanja napunjenosti u 31. minuti. Nissan LEAF [5] puni brže, postižući 62% stanja napunjenosti za 31 minutu, dok je osnovni model Tesla Model 3 najbolji, sa svojom sposobnošću da napuni bateriju do 83% [3] u najidealnijim uvjetima koristeći najbrže modele Tesla Superchargers. To mu doprinosi samo 315 kilometara dometa u najidealnijim uvjetima. Ovo istraživanje dovodi do zaključka da je trenutno najveća prepreka u usvajanju električnih vozila na masovnom tržištu zapravo problem punjenja. Preokret se jednostavno neće dogoditi bez raširenih stanica za punjenje. 70% potrošača u studiji rekli su da vjeruju da će većina automobila postati potpuno električni kada infrastruktura punionica bude lako dostupna kao i benzinske postaje [1]. Najviše važno je imati mogućnost punjenja kod kuće ili u blizini (70%), a zatim imati punjač na poslu ili u blizini (67%). Bez jake i pouzdane infrastrukture za punjenje električnih vozila u gradovima, mjestima i autocestama, elektromobilnost je predodređena za stagnaciju. Stoga, ono što Karlovačka Županija može napraviti kako bi potaknula razvoj elektromobilnosti jest izgraditi infrastrukturu za žitelje županije.

2. PREGLED POSTOJEĆIH MJERA ZA POTICANJE ELEKTRIFIKACIJE U KARLOVAČKOJ ŽUPANIJI

Karlovačka županija kao županija nema sveukupnu strategiju mjera za poticanje elektrifikacije nego to rade lokalne samouprave. Gradske vlasti grada Karlovca su tijekom 2020. godine uz trošak od oko 200 tisuća kuna [7] postavile sedam električnih punionica na frekventnim dijelovima grada, koje su dostupne bez plaćanja svima koji voze električna vozila. Tijekom ljeta 2022. godine primijećena je značajna prisutnost stranih tablica na karlovačkim punionicama, što je ujedno predstavljalo korisnu marketinšku kampanju za grad. Kao odgovor na ovaj trend, gradonačelnik Karlovca, gospodin Damir Mandić, najavio je odlučno usmjerenje karlovačkog javnog prijevoza prema ekološki osviještenim i održivim praksama. Gradonačelnik Mandić je također pozvao sve taksisti prijevoznike u Karlovcu da slijede primjer i prilagode se ekološkim standardima. Ujedno, obećao je da će besplatno punjenje baterija električnih vozila na javnim gradskim punionicama biti omogućeno taksisti prijevoznicima sve dok se ne donese nova odluka o tome [8]. Električna i hibridna vozila također imaju besplatan parking u Karlovcu. Nadalje, prema planu pod nazivom „Akcijski plan energetske održivog razvitka i prilagodbe klimatskim promjenama Grada Karlovca“ [9] iz ožujka 2020. mjere pod rednim brojem:

- 17, plan je postupna zamjena postojećih autobusa električnim te autobusima na obnovljive izvore energije. Nositelj aktivnosti je Autotransport Karlovac d.d., a partner u provođenju aktivnosti je grad Karlovac.
- 19, plan je postupna zamjena vozila u vlasništvu Grada Karlovca električnim te vozilima na obnovljive izvore energije. Nositelj aktivnosti je Grad Karlovac, početak i kraj provedbe je 2020.-2030.
- 20, plan je razvoj infrastrukture za korištenje alternativnih, energetski učinkovitijih goriva za osobna i komercijalna vozila. Nositelj aktivnosti je Grad Karlovac s dionikom Karlovačkom županijom. Nije naveden proračun za ovu mjeru.
- 21, plan je uvođenje sustava olakšica za vlasnike električnih vozila. Nositelji aktivnosti su Grad Karlovac i Karlovačka županija. Nije naveden predviđeni proračun za ovu mjeru.

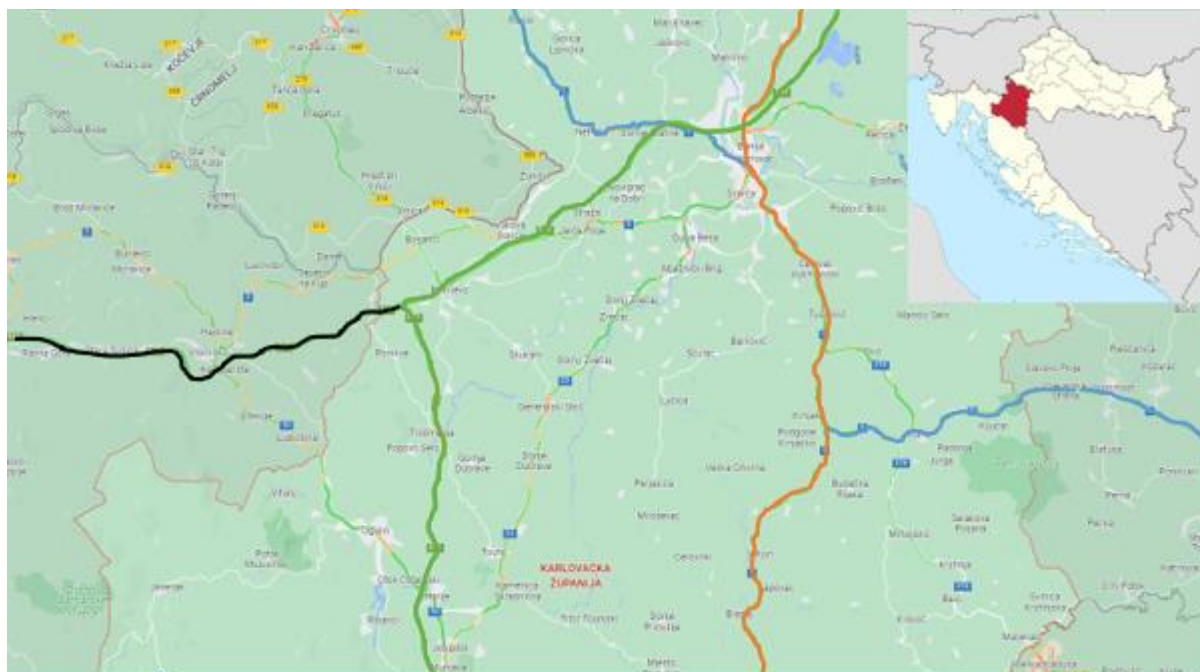
Ogulin je također uložio 104.249,40 kuna, od čega trošak same punionice iznosi 43.362,50 kuna, a ostatak se odnosi na građevinske radove, električni priključak i projektnu dokumentaciju. Punionica može puniti dva automobila s 25 kW, a ima opciju za buduću nadogradnju od 150 kW DC [10].

Ovo su najbitnije i najznačajnije mjere za poticanje elektrifikacije cestovnog prometa u Karlovačkoj županiji. Iako su neki gradovi (npr. Ogulin, Slunj, Ozalj, itd.) potpisali sporazum gradonačelnici [11] nisu se ili dotakli elektrifikacije ili još nemaju plan za elektrifikaciju cestovnog prometa.

3. PROMETNO GEOGRAFSKI POLOŽAJ ŽUPANIJE

Karlovačka županija nalazi se u središnjoj hrvatskoj i pokriva 3.622 km² i ubraja se u red većih županija [12]. Zbog svojeg geografskog položaja dobiva status jedne od prometno najvažnije županije. Međunarodni paneuropski prometni koridor Vb (Rijeka - Zagreb - Budimpešta) prolazi područjem županije koji je od ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju postao sastavni dio transeuropske prometne mreže (TEN-T) – Mediteranskog koridora [13]. Cestovni infrastrukturni elementi navedenoga koridora i prometno važne ceste koje prolaze područjem Županije [14] su:

- autocesta A1 (Zagreb čvorište Lučko, A3); na slici 3. zelene boje
- autocesta A6 (čvorište Bosiljevo 2 (A1)); na slici 3. crne boje
- državna cesta D1; na slici 3. narančaste boje
- državna cesta D6; na slici 3. plave boje



Slika 3. Prometno geografski položaj županije

4. KARTOGRAFIRANJE PUNIONICA ELEKTRIČNIH VOZILA

Kartografiranje je podijeljeno na one postojeće punionice i lokacije potencijalnih. U velikom broju postojeće punionice su stavljene čisto iz ekonomskih razloga, tj. tamo gdje se najviše financijski isplate. Kartografiranje je napravljeno zaključno s datumom 1.1.2023.

4.1. Postojeće lokacije punionica

Prilikom kartografiranja postojećih lokacija korištene su web stranice Plugshare.com [15], Tesla Superchargers karta [16], rechargespots.eu [17], Elen.hep.hr [18] i MoIPlugee.hr [19]. Razlog korištenja više Web servisa i stranica je sigurnost da su sve punionice popisane i točnost podataka. Nakon pronalaska lokacije na stanici preko alata Google Maps iste sam spojio s njihovim koordinatama. Popis svih pronađenih punionica nalazi se u tablici. Neke lokacije nisu uvrštene u tablicu. U tablici se nalazi mjesto punionice, koordinate te punionice, okvirni broj slobodnih parkirnih mjesta, zbrojena snaga i broj parkirnih mjesta za punionice. Isti podaci, osim naziva mjesta, koriste se i u AaCTA alatu. Kod upisivanja snage uzeto je u obzir ako mjesto ima 2 parkirana mjesta da može puniti oba auta vršnom snagom za taj priključak. Iako to nije točna pretpostavka, to je najbolja opcija. Pretpostavlja se da ako su zakupljena 2 parkirna mjesta, da je onda punionica i spremna puniti 2 auta. Također upisano je da sve stanice rade, iako su neke van funkcije trenutno.

Tablica 1. Popis postojećih lokacija u Karlovačkoj Županiji

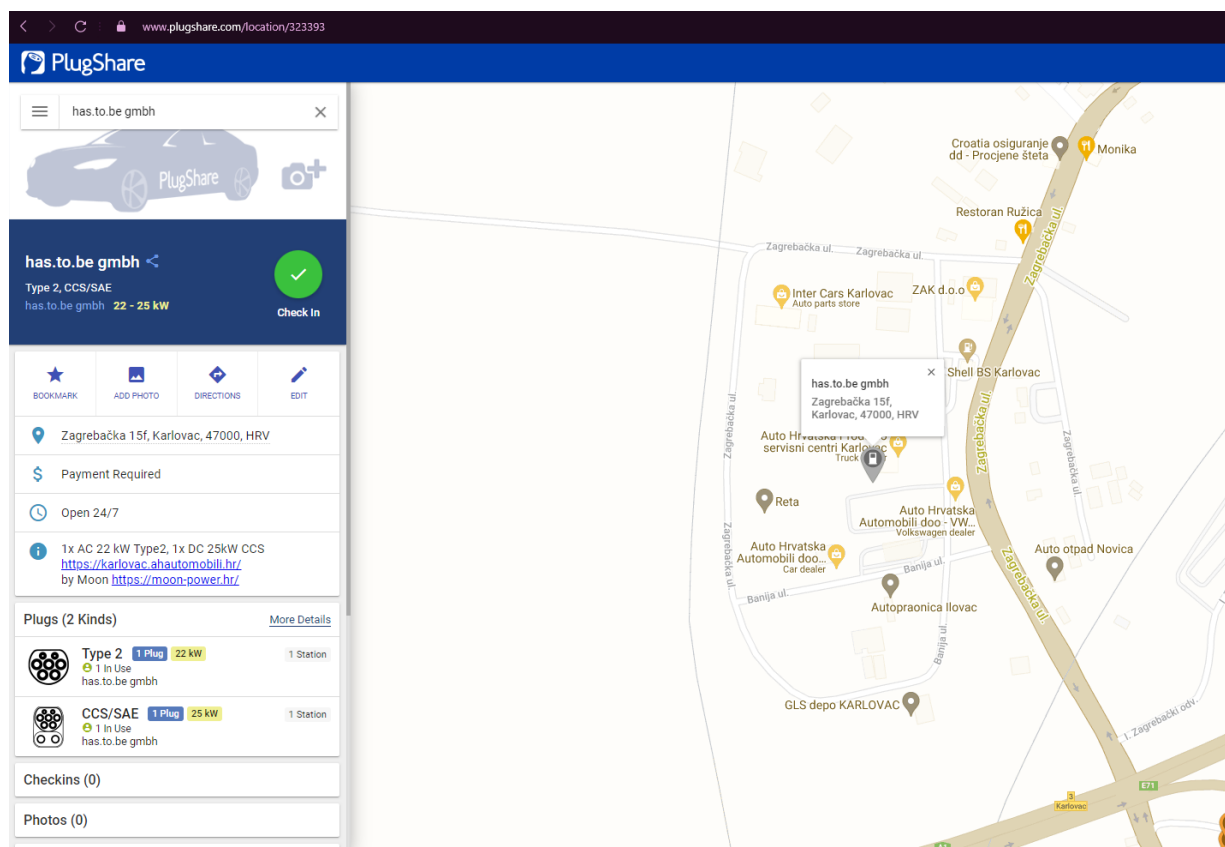
Mjesto	Zemlj. širina	Zemlj. dužina	Okvirni broj slobodnih parkirnih mjesta	Zbrojena snaga	Broj parkirnih mjesta za punionice
Tifon, Draganić	45,560494	15,608376	20	100	2
Tifon, Draganić	45,557098	15,606724	20	100	2

Mjesto	Zemlj. širina	Zemlj. dužina	Okvirni broj slobodnih parkirnih mjesta	Zbrojena snaga	Broj parkirnih mjesta za punionice
Ina, Zagrebačka ul. 17	45,520841	15,547109	5	100	2
RN Auto, Ilovac 4, Karlovac	45,520119	15,54547	20	344	4
Tesla Supercharger, Banija ul. 162, Karlovac	45,513005	15,547643	15	900	12
Petrol, Banija ul. 162a, Karlovac	45,513212	15,547364	15	200	4
Poglavarstvo, Trg Josipa Jurja Strossmayera 8B, Karlovac	45,494032	15,554172	30	22	1
Karlovčanka, Trg Milana Šufflaya 2a, Karlovac	45,493216	15,549197	40	44	2
Parkiralište Sarajevska, Sarajevska ul. 2, Karlovac	45,488342	15,548484	50	44	2
ŠSD Mladost, Rakovac 1, Karlovac	45,486618	15,558055	50	44	2

Mjesto	Zemlj. širina	Zemlj. dužina	Okvirni broj slobodnih parkirnih mjesta	Zbrojena snaga	Broj parkirnih mjesta za punionice
Super Konzum, Trg Hrvatskih Redarstvenika 1, Karlovac	45,49099	15,540314	100	100	2
KTC, Senjska ulica 118a, Karlovac	45,476641	15,544519	100	100	2
Elen, Trg Svetog Jurja 1, Duga Resa	45,449465	15,499339	40	22	2
Lukoil, Jelaši ul. 39, Karlovac	45,444856	15,583457	10	100	2
Vukova Gordica A1, Straža 38, Karlovac	45,456363	15,377569	150	756	10
Tifon Dobra zapad A1, Karapandže 35/b, Ogulin	45,308834	15,278899	100	100	2
Tifon Dobra istok A1	45,308794	15,280589	100	100	2
Ogulin Centar, Josipa Strossmajera 2, Ogulin	45,266225	15,226652	40	20	2

Mjesto	Zemlj. širina	Zemlj. dužina	Okvirni broj slobodnih parkirnih mjesta	Zbrojena snaga	Broj parkirnih mjesta za punionice
Restoran Ambar, Ul. Gojka Šuška 2, Slunj	45,119616	15,589216	20	22	1
Ina, Grabovac 101, Grabovac	44,973171	15,648145	5	11	1
Elen Grabovac, Grabovac 102, Grabovac	44,973171	15,648145	10	22	2
Lakes Restoran, Grabovac 173, Rakovica	44,971111	15,650862	20	44	2
Vila Cancar, Grabovac 235, Grabovac	44,968353	15,645529	10	10	2
Općina Saborsko, 44 Ul. Senj, Saborsko	44,977492	15,492758	5	15.36	2

Plugshare [15] internet servis ima odličnu opciju u kojoj drugi ljudi mogu dati recenziju o mjestu punjenja. Uzevši to u obzir, kao i poznavanje određenih privatnika, sasvim je jasno da prosječan turist ili građanin ne može tamo puniti svoj električni automobil. Primjer takve lokacije nalazi se na slici.



Slika 4. Primjer lokacije koja je izostavljena iz popisa

4.2. Potencijalne lokacije punionica

Kao potencijalne lokacije jednako su nam zanimljive:

- Državne ustanove (općine, poglavarstva, bolnice, policija, itd...)
- Turističke destinacije
- Trgovački centri
- Parkirališta višestambenih zgrada

Kako bi žitelji Karlovačke županije imali najviše koristi od lokacija punionica potrebno je da se nalaze na lokacijama na koja dolaze ljudi iz udaljenih krajeva županije. Također, vrlo je bitno da stanovnici grada u višestambenim zgradama imaju gdje napuniti svoj električni automobil. Posebno bi to bilo od velikog značaja u Karlovcu i Ogulinu koji imaju izražene urbane zone. Stanovnici iz ruralnih područja županije, pretpostavlja se, kreću s punom baterijom na put. Dolaskom u bolnicu, na sud ili u trgovački centar iz udaljenijih predjela trebali bi dopuniti svoj auto. Pravi primjer je žitelj županije iz Rakovice koji treba u Opću bolnicu Karlovac. Put od 150 kilometara u oba smjera u zimskim uvjetima je teško za svladati i za aute veće klase. Vođeni tom logikom u tablici se nalazi popis potencijalnih lokacija.

Tablica 2. Tablica potencijalnih lokacija punionica

Mjesto	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Okviran broj raspoloživih mjesta
Državne institucije			
Opća Bolnica Karlovac, Andrije Štampara 3, 47000 Karlovac	45,476831	15,540895	300
Opća bolnica i bolnica branitelja domovinskog rata ogulin, Bolnička ulica 38, Ogulin	45,257792	15,231594	30
Specijalna bolnica za produženo liječenje duga resa, Josefa Jeruzalema 7, Duga Resa	45,453317	15,499689	30

Mjesto	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Okviran broj raspoloživih mjesta
Dom zdravlja Karlovac, Dr. Vladka Mačeka 48, Karlovac	45,492192	15,541907	10
Dom zdravlja Duga Resa, Bana Josipa Jelačića 4, Duga Resa	45,452476	15,49569	10
Dom zdravlja Ogulin, B. Frankopana 14, Ogulin	45,263921	15,227973	10
Dom zdravlja Slunj, Plitvička 18a, Slunj	45,112022	15,583324	10
Dom zdravlja Ozalj, Kolodvorska 2, Ozalj	45,612559	15,479409	10
Dom zdravlja Vojnić A. Hebranga 24, Vojnić	45,325367	15,691239	10
Županijski sud u Karlovcu, Trg Hrvatskih Branitelja 1, Karlovac	45,487603	15,547667	30
Policajska uprava Karlovačka, Trg hrvatskih redarstvenika 6, Karlovac	45,489604	15,541393	100
Hrvatski zavod za mirovinsko osiguranje, Kralja Tomislava 8, Karlovac	45,490594	15,550242	10
Karlovačka županija, Ambroza Vraniczanya 2, Karlovac	45,493961	15,55073	10
Hrvatski zavod za zapošljavanje, J.J. Strossmayera 7, Ogulin	45,266884	15,227475	10

Mjesto	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Okviran broj raspoloživih mjesta
Veleučilište u Karlovcu, Trg Josipa Jurja Strossmayera 9, Karlovac	45,494070	15,555523	50
Gradski poglavarstvo Karlovca, Ul. Ivana Banjavčića 9, Karlovac	45,494070	15,555523	50
Općinski sud u Ogulinu, Ul. Bernardina Frankopana 1, Ogulin	45,266563	15,225945	30
Polijska postaja Slunj, Trg dr. Franje Tuđmana 13, Slunj	45,114952	15,584538	10
Trgovački centri			
Supernova Karlovac, prilaz Većeslava Holjevca 12, Karlovac	45,506543	15,544247	300
Kaufland, Trg Hrvatskih Branitelja 5, Karlovac	45,489260	15,545982	100
Tržnica Karlovac, Trg Hrvatskih Branitelja 2, Karlovac	45,489260	15,545982	100
Super Konzum, Trg Hrvatskih Redarstvenika 1, Karlovac	45,489604	15,541393	100
Lidl, Marmontova aleja 6, Karlovac	45,493180	15,538878	75
SPAR Supermarket, Kralja Petra Krešimira IV 10, Karlovac	45,482540	15,547749	50

Mjesto	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Okviran broj raspoloživih mjesta
Plodine, Banija ul. 88, Karlovac	45,505712	15,550513	100
Karlovčanka, Trg Milana Šufflaya 1, Karlovac	45,493200	15,549415	50
KTC Robni centar Karlovac, Senjska ul. 118, Karlovac	45,476661	15,544102	100
NTL, Ul. Ljudevita Gaja 1, Duga Resa	45,453955	15,491455	50
Lidl, Lomošćanska cesta 24, Ogulin	45,259578	15,234940	100
Super Konzum, Otok Oštarijski 51D, Ogulin	45,244814	15,249022	50
Studenac Supermarket Buk, Trg dr. Franje Tuđmana 1, Slunj	45,114611	15,585710	30
Kulturni i sportski centri			
Školska športska dvorana Mladost, Školska sportska dvorana Rakovac, Rakovac ulica 1, Karlovac	45,486652	15,557644	100
Športska zajednica grada Ogulina, Bolnička ul. 11, Ogulin	45,260836	15,230014	50
Sportska dvorana, Ul. kralja Zvonimira 3, Slunj	45,116374	15,582934	30

Mjesto	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Okviran broj raspoloživih mjesta
NK Duga Resa, Ul. dr. Ivana Banjavčića 7, Duga Resa	45,447057	15,508145	20
Stadion Branko Čavlović – Čavlek, Ul. 13. Srpnja, Karlovac	45,483938	15,562387	200
Zorin dom, Domobranska ul. 1, Karlovac	45,491936	15,550830	10
Sportski centar Borlin, Borlin gaj 1, Karlovac	45,499692	15,523482	20
Muzej Domovinskog rata, Turanj 2, Karlovac	45,462788	15,567686	20
Stari grad Ozalj, Ul. Zrinskih i Frankopana 2, Ozalj	45,614012	15,469547	10

Neke lokacije nisu navedene zato što dijele parkiralište kao na primjer:

- Porezna uprava koja dijeli parkiralište s Trgovačkim centrom Karlovčanka
- Pevex kojem je parkiralište pored Supernove
- Stadion Branko Čavlović – Čavlek koji dijeli parkiralište sa Aquatikom
- Foginovo kupalište koje dijeli parkiralište sa ŠSD Mladost
- Itd.

5. ODABIR SNAGE PUNIONICE

Kod odabira snage glavni faktor je očekivano vrijeme zadržavanja žitelja županije na tim mjestima, a limitirajući faktor je snaga. U tablici 3. nalaze se mjesta i primjeri s očekivanim vremenom zadržavanja na toj lokaciji. Uz to dano je i objašnjenje sa preporučenom snagom instalirane punionice.

Tablica 3. Vodič za odabir snage punionice

Mjesto i primjeri	Očekivano vrijeme zadržavanja	Razlog	Preporučena snaga punionica
Autocesta	što kraće	Putovanje autoputom za svoj glavni zadatak ima skraćivanje vrijeme putovanja stoga infrastruktura punionica to treba i pratiti.	150 kW pa na više
Državne institucije kao policija, porezna, sud...	Do sat vremena	Izdavanje osobne, plaćanje računa, rješavanje administrativnih formalnosti u prosjeku ne traje duže od sat vremena.	50-100 kW
Zdravstvene ustanove kao Opća bolnica Karlovac, dom zdravlja...	do 3 sata	Posjete, vađenje krvi, pregled, hitni posjeti, itd., uz uračunatu neefikasnost državnih institucija u prosjeku ne traje duže od 3 sata.	22-100 kW
Trgovački centri kao Supernova, Karlovčanka ili Super Konzum	24% 3 sata i duže, 45% 1-2 sata, 31% do 1 sat [20]	Osobe koje najduže provode vrijeme i kojima su punionice najpotrebnije dolaze iz daljih krajeva županije i došli su u tjednu/mjesečnu kupovinu hrane i ostala dobra.	Vrlo mali udio 100 kW, mali udio 50kW, veći udio 22 kW
Kulturni i/ili turistički centri kao Foginovo kupalište, Kino Duga Resa, Zorin dom..	Više od 2 sata	Prosječno zadržavanje kupaca na plaži je 3 do 4 sata, gledatelja filma ili predstave 2 do 3 sata diktirano trajanjem film/predstave.	Vrlo mali udio 50 kW, ostatak 22 kW

Mjesto i primjeri	Očekivano vrijeme zadržavanja	Razlog	Preporučena snaga punionica
Sportski objekti kao ŠSD Mladost, nogometni stadion Branko Čavlović – Čavlek, stadion NK Duga Resa...	od 1 do 5 sati	Ovisno o trajanju utakmice i/ili turnira. Jedna rukometna utakmica može biti gotova unutar 90 minuta, no rukometni turnir od 4 utakmice koji su vrlo česti mogu trajati i preko 5 sati.	Vrlo mali udio 50 kW, ostatak 11-22 kW
Višestambene zgrade	do nekoliko dana	Stanari višestambenih zgrada minimalno preko noći, a nekad i po više dana ostavljaju svoj auto na parkiralištu ispred zgrade.	7-11 kW

Metodologija određivanja očekivanog vremena je dana ili istraživački kao na primjeru trgovačkih centara i sportskih objekata ili iskustveno kao na primjeru zdravstvenih ustanova i državnih institucija.

Metodologija određivanja snage je uzeta je snaga potrebna da se auto standardno napuni za predviđeno vrijeme zadržavanja na lokaciji.

U nastavku se nalazi 3 električna automobila koji bi, prema sadašnjim navikama kupovine građana Hrvatske, bili najzastupljeniji na prometnicama Karlovačke županije.

Sadašnje navike kupovine u Republici Hrvatskoj su:

- Najprodavanije marke automobila [21]:
 1. Volkswagen
 2. Škoda
 3. Opel
- Najprodavaniji električni automobili u 2021 [21].:
 1. Renault Twingo E-Tech
 2. Tesla model 3
 3. Hyundai Kona EV
 4. Škoda Enyaq iV
 5. Volkswagen ID.3
 6. Volkswagen ID.4

1. Škoda Enyaq iV (2021 model, 62kWh baterija) [22]



Slika 5. Škoda Enyaq iV

Tablica 4. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za Škoda Enyaq iV

Snaga punjenja	Potrebno vrijeme*	Domet po vremenu**
Od prazne do pune baterije		
3.6 kW	17 sati	25,5 km/h
7 kW	9 sati	41,8 km/h
22 kW	6 sati	65,9 km/h
Od 20% do 80%		
50 kW	50 minuta	148 km/30 minuta
150 kW	30 minuta	357 km/30 minuta

2. Volkswagen ID.4 (2021 model , 52kWh baterija) [22]



Slika 6. Volkswagen ID.4

Tablica 5. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za VW ID.4

Snaga punjenja	Potrebno vrijeme*	Domet po vremenu**
Od prazne do pune baterije		
3.6 kW	22 sata	20,9 km/h
7 kW	12 sati	38,6 km/h
22 kW	8 sati	61,2 km/h
Od 20% do 80%		
50 kW	60 minuta	138,4 km/30 minuta
150 kW	30 minuta	344,4 km/30 minuta

3. Tesla Model 3 (2021. model, 82kWh baterija) [22]

**Slika 7. Tesla Model 3****Tablica 6. Potrebno vrijeme punjenja ovisno o snazi za Tesla Model 3**

Snaga punjenja	Potrebno vrijeme*	Domet po vremenu**
Od prazne do pune baterije		
3.6 kW	22 sata	23 km/h
7 kW	12 sati	51 km/h
22 kW	8 sati	80 km/h
Od 20% do 80%		
50 kW	60 minuta	181 km/30 minuta
150 kW	20 minuta	545 km/30 minuta

* Na temelju procjena Pod Pointa, vrijeme punjenja može se razlikovati ovisno o temperaturi okoline, stanju baterije (npr. prazna ili napola puna) i varijacijama u brzini punjenja. Maksimalna stopa punjenja također može biti ograničena vozilom.

** Domet po vremenu je broj kilometara koji se može očekivati od vremena punjenja po relevantnoj opciji punjenja, te je to okvirna brojka.

Usporedimo li brzine punjenja ova tri primjera s očekivanim vremenom zadržavanja na toj lokaciji jasno se dobije koliko jaku punionicu treba instalirati na određenoj lokaciji. No, treba uzeti u obzir da osobe dolaze iz različitih predjela županije.

Na primjer: Kod ŠSD Mladost preporučuje se instalacija mali broj snažnih punjača zato što osoba iz Rakovice nakon 70 kilometara i zadržava se na jednoj dječjoj rukometnoj utakmici odlučio bi se za brzu punionicu. Prešao je dug put i ne zadržava se dugo. Dok osoba koja stiže iz Vojnića nakon 30 kilometara i zadržava se na turniru odlučit će se na sporu punionicu. Niti je prešao puno kilometara, niti ostaje kratko.

Zbog malog broja osoba koji dolaze iz daljih predjela županije sasvim je dovoljno postaviti jednu ili dvije brze punionice. Za ostatak žitelja sasvim je dovoljno imati sporu punionicu uz veliki broj priključaka.

6. ANALIZA POMOĆU AACTA ALATA

6.1. Opis AaCTA alata

Ovaj alat razvijen je u okviru projekta „Alpe-Adria Clean Transport Alliance“. Projekt pod nazivom „Alpe-Adria Clean Transport Alliance“ [23] dio je Europske klimatske inicijative (EUKI). EUKI je instrument financiranja projekata njemačkog Saveznog ministarstva za ekonomska pitanja i klimatske mjere.

Alat AaCTA namijenjen je pročelnicima i načelnicima zaduženim za planiranje infrastrukture za punjenje električnih vozila. Tehnika i model optimizacije odabiru se uzimajući u obzir dostupne podatke. Model je fleksibilan i može se lako prilagoditi kako bi se uzela u obzir specifična ograničenja mjesta. Međutim, kako bi se izradio opći alat koji se može koristiti s minimalnom količinom podataka, alat se temelji na podacima dobivenim od općina tijekom razvoja projekta. Stoga u ovoj fazi alat radi s potencijalnim lokacijama punionica i nekim lako dobivenim ograničenjima mjesta kao što su: broj raspoloživih parkirnih mjesta i raspoloživa električna energija. Također, uzete su u obzir i postojeće punionice. Za realizaciju alata odabran je MS Excel zbog poznavanja uredskog softvera općinskog osoblja.

Iako će se lokacije punionica u budućnosti birati ovisno o različitim čimbenicima (podaci o frekvenciji prometa, obrasci putovanja, potrebe tržišta i sl.), za početnu fazu izgradnje infrastrukture punionica kao glavni cilj potreban je učinkovit i ekonomski prihvatljiv smještaj punionica. Stoga se odabire minimalni broj punionica koje će biti strateški raspoređene kako bi omogućile prijevoz između svake dvije točke cestovne infrastrukture, uzimajući u obzir prosječnu autonomiju električnog vozila. Na taj će način svaka točka cestovne infrastrukture biti dostupna za električno vozilo, a slaba dostupnost punionica za električna vozila neće biti glavna prepreka širenju korištenja električnih vozila. Daljnji razvoj mreže punionica trebao bi se voditi stvarnim prometnim podacima koji se odnose na konkretan slučaj i lokaciju.

Vlasnici električnih vozila svoja vozila najčešće pune kod kuće ili na poslu. Brzo punjenje se ne koristi često, a primarno je u obliku planiranih zaustavljanja za daleka putovanja. Stoga se broj javnih postaja za brzo punjenje najniža je i trebale bi biti strateški smještene kako bi se omogućilo pokrivanje međugradska putovanja na velike udaljenosti.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled '14220'. The spreadsheet has the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H
		Latitude	Longitude		[kW]		Karlovačka županija	14220
1		45,476831	15,540895	300	1000	100		
2		45,257792	15,231594	30	200	20		
3		45,453317	15,498689	30	100	10		
4		45,492192	15,541907	10	200	10		
5		45,452476	15,49569	10	200	10		
6		45,263921	15,227973	10	200	10		
7		45,112022	15,583324	10	200	10		
8		45,612559	15,479409	10	200	10		
9		45,325367	15,691239	10	200	10		
10		45,487603	15,547667	30	300	30		
11		45,489604	15,541393	100	300	30		
12		45,490594	15,550242	10	200	10		
13		45,493961	15,55073	10	300	10		
14		45,266884	15,227475	10	300	10		
15		45,49407	15,55523	50	300	30		
16		45,266563	15,225945	30	300	30		
17		45,114952	15,584538	10	200	10		
18		45,506543	15,544247	300	1000	100		
19		45,48926	15,545982	200	1000	100		
20		45,49318	15,538878	75	300	30		
21		45,48254	15,547749	50	300	30		
22		45,505712	15,550513	100	300	30		
23		45,4932	15,549415	50	50	5		
24		45,476661	15,544102	100	300	30		
25		45,453955	15,491455	50	200	20		
26		45,259578	15,23494	100	300	30		
27		45,244814	15,249022	50	200	20		
28		45,114611	15,58571	30	200	20		
29		45,486652	15,557644	100	300	30		
30		45,260836	15,230014	50	200	20		
31		45,116374	15,582934	30	200	20		
32		45,447057	15,508145	20	100	10		
33		45,483938	15,562387	200	1000	100		
34		45,491936	15,55083	10	200	10		
35		45,499692	15,523482	20	200	20		
36		45,462788	15,567686	20	200	20		
37		45,614012	15,469547	10	200	10		
38		45,456363	15,377569	150	5000	150		
39		45,308834	15,278899	100	2500	100		
40		45,308794	15,280589	100	2500	100		

The sidebar on the right contains the following text:

Find optimal locations for EV charging stations

Note:
Please, enter the data in the table on the left. If there are existing charging stations, please enter the data in the next sheet (Existing stations). Then press the button above. The resulting optimal locations for EV charging stations will be saved as the new CSV file in the folder you select, as well as in the sheet Results within this workbook.

Read the hints in the header of the table for each column.

In order to run this tool, it is necessary to enable macros, please see the instruction sheets.

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

European Climate Initiative EUKI

on the basis of a decision by the German Bundestag

Slika 8. Slika alata u MS Excelu

Kako bi se omogućilo učinkovito rješavanje problema optimizacije rješenja, koristi se tehnika cjelobrojnog linearnog programiranja. Rješavanje problema podijeljeno je u dvije faze. U prvoj fazi se utvrđuju najkraće rute između svaka dva čvora koji predstavljaju početni i krajnji čvor rute. Ovisno o usvojenoj autonomiji električnog vozila, a uzimajući u obzir utvrđenu najkraću rutu, testira se pokrivanje rute između svaka dva čvora s jednim ciklusom punjenja. Na temelju ovoga formira se matrica povezanosti čvorova. U slučaju da udaljenost dionice ceste između susjednih čvorova veća od usvojene autonomije električnog vozila, dodatni čvor između spomenutih čvorova je umetnut. Ova faza optimizacije provodi se kako bi se osigurao minimum ulaznih podataka postavljanja punionica što je glavni cilj druge etape. U drugoj fazi optimizacijskog pristupa traže se optimalne lokacije punionica. Cilj je odabrati minimalni broj čvorova koji predstavljaju mjesta za punionice tako da između svaka dva čvora postoji ruta koju može prijeći električno vozilo usvojenu autonomiju.

6.2. Način korištenja alata

Svi ulazni podaci upisuju se u dva lista: Input i Existing stations. Unos podataka u list Input je obavezan. List Existing stations treba koristiti samo u slučaju da postoje postojeće punionice. Sheet Input služi za unos podataka o potencijalnim lokacijama za punionice. Potrebni podaci su:

- Lokacija – GPS koordinate zemljopisne širine i dužine u decimalnim stupnjevima
- Broj raspoloživih parkirnih mjesta na potencijalnoj lokaciji
- Raspoloživa električna energija koja se može koristiti za punjenje električnih vozila na potencijalnoj lokaciji
- Naziv općine
- Broj električnih vozila za koje je planirana mreža punionica.

No.	Location candidate		Number of parking places	Available electric power [kW]	Number of used parking places	Municipality name	Number of electric vehicles
	Latitude	Longitude					
						Karlovačka županija	9470
1	45,476831	15,540895	300	1000	45		
2	45,257792	15,231594	30	200	9		
3	45,453317	15,499689	30	100	5		
4	45,492192	15,541907	10	200	9		
5	45,452476	15,49569	10	200	9		
6	45,263921	15,227973	10	200	9		
7	45,112022	15,583324	10	200	9		
8	45,612559	15,479409	10	200	9		
9	45,325367	15,691239	10	200	9		
10	45,487603	15,547667	30	300	14		
11	45,489604	15,541393	100	300	14		
12	45,490594	15,550242	10	200	9		
13	45,493961	15,55073	10	300	10		
14	45,266884	15,227475	10	300	10		
15	45,49407	15,555523	50	300	14		
16	45,266563	15,225945	30	300	14		
17	45,114952	15,584538	10	200	9		
18	45,506543	15,544247	300	1000	45		
19	45,48926	15,545982	200	1000	45		
20	45,49318	15,538878	75	300	14		
21	45,48254	15,547749	50	300	14		
22	45,505712	15,550513	100	300	14		
23	45,4932	15,549415	50	200	9		
24	45,476661	15,544102	100	300	14		
25	45,453955	15,491455	50	200	9		
26	45,259578	15,23494	100	300	14		
27	45,244814	15,249022	50	200	9		
28	45,114611	15,58571	30	200	9		
29	45,486652	15,557644	100	300	14		
30	45,260836	15,230014	50	200	9		
31	45,116374	15,582934	30	200	9		
32	45,447057	15,508145	20	100	5		
33	45,483938	15,562387	200	1000	45		
34	45,491936	15,55083	10	200	9		
35	45,499692	15,523482	20	200	9		
36	45,462788	15,567686	20	200	9		
37	45,614012	15,469547	10	200	9		
38	45,456363	15,377569	150	5000	150		
39	45,308834	15,278899	100	2500	100		
40	45,308794	15,280589	100	2500	100		
41	45,449465	15,499339	30	200	9		

Find optimal locations for EV charging stations

Note:

Please, enter the data in the table on the left. If there are existing charging stations, please enter the data in the next sheet (Existing stations). Then press the button above. The resulting optimal locations for EV charging stations will be saved as the new CSV file in the folder you select, as well as in the sheet Results within this workbook.

Read the hints in the header of the table for each column.

In order to run this tool, it is necessary to enable macros, please see the instruction sheets.

Supported by:

Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

European
Climate Initiative
EUKI

on the basis of a decision
by the German Bundestag

Slika 9. Slika unesenih podataka o potencijalnim lokacijama punionica u Karlovačkoj županiji

Ako na području općine postoje postojeće punionice za električna vozila potrebno je podatke o istima unijeti u list Postojeće stanice (eng. „Existing stations“).

Potrebni su sljedeći podaci:

- Lokacija – GPS koordinate zemljopisne širine i dužine u decimalnim stupnjevima
- Broj raspoloživih parkirnih mjesta na lokaciji
- Broj parkirnih mjesta na lokaciji koja su namijenjena za punjenje električnih vozila
- Raspoloživa električna energija koja se može koristiti za punjenje električnih vozila na lokaciji.

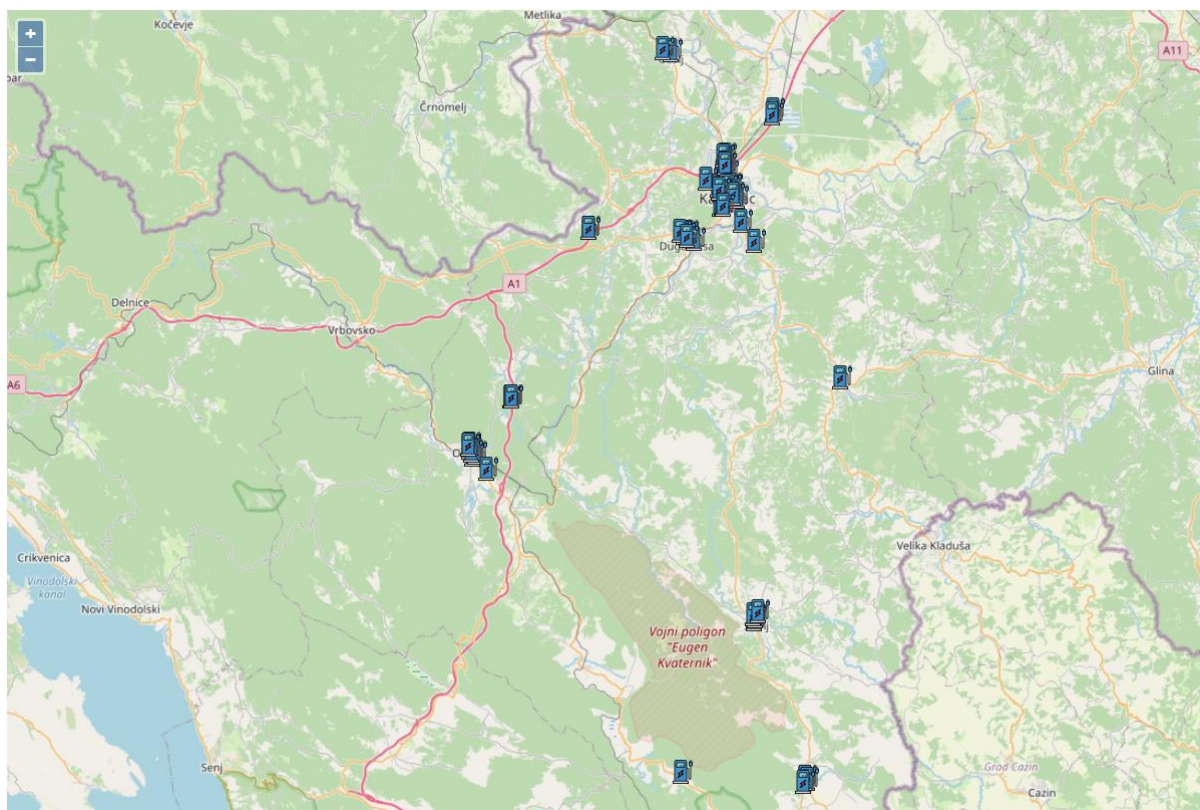
No.	Existing location		Number of parking places	Available electric power [kW]	Number of used parking places
	Latitude	Longitude			
1	45,560494	15,608376	20	100	2
2	45,557098	15,606724	20	100	2
3	45,520841	15,547109	5	100	2
4	45,520119	15,54547	20	344	4
5	45,513005	15,547643	15	900	12
6	45,513212	15,547364	15	200	4
7	45,494032	15,554172	30	22	1
8	45,493216	15,549197	40	44	2
9	45,488342	15,548484	50	44	2
10	45,486618	15,558055	50	44	2
11	45,49099	15,540314	100	100	2
12	45,476641	15,544519	100	100	2
13	45,449465	15,499339	40	22	2
14	45,444856	15,583457	10	100	2
15	45,456363	15,377569	150	756	10
16	45,308834	15,278899	100	100	2
17	45,308794	15,280589	100	100	2
18	45,266225	15,226652	40	20	2
19	45,119616	15,589216	20	22	1
20	44,973171	15,648145	5	11	1
21	44,973171	15,648145	10	22	2
22	44,971111	15,650862	20	44	2
23	44,968353	15,645529	10	10	2
24	44,977492	15,492758	5	15.36	2

Slika 10. Slika unesenih podataka o postojećim punionicama u Karlovačkoj županiji

Nakon unosa navedenih podataka potrebno je pritisnuti tipku Pronađi optimalnu lokaciju za EV punionice (eng. Find optimal location for EV charging stations) kako bi se izračunale optimalne lokacije za punionice. Rezultat se automatski generira kao i posebna datoteka Results_EVCS.csv koja se nalazi u mapi koju korisnik odabere nakon pritiska na spomenutu tipku. Ova se datoteka može uvesti u GIS softver za generiranje pregleda geografske distribucije punionica.

6.3. Rezultati AaCTA alata

Nakon unosa traženih podataka iterativnom postupkom dolazi se do maksimalnog broja automobila koji se mogu napajati u Karlovačkoj županiji. Rezultat AaCTA alata iznosi **9470** automobila što je **17,36%**, a sadašnji maksimalni broj koji se može napajati je **660**. Trenutni broj električnih automobila, ne računajući vozila na hibridni pogon ili hibridna vozila s vanjskim punjenjem, u Karlovačkoj županiji je 58 od 54545 ukupno registriranih prema podacima iz 2021 [21]. Nadalje treba naglasiti da zbog ograničenja programa nisu uzete u obzir punionice koje bi se izgradile ispred višestambenih objekata u urbanim područjima Karlovačke Županije zato što su to spore punionice.



Slika 11. Prikaz rezultata AaCTA alata

Metodologija određivanja broja punionica, snage i ostalih parametara nalazi se u prilogu. U tom dokumentu se nalaze detaljnije upute kako se program koristi, kao i iscrpno objašnjenje metodologije i način funkcioniranja programa.

7. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA ULAGANJA POTAKNUTIH MJERAMA

Kako je već navedeno, 2021. godine u Karlovačkoj županiji je bilo 58 registriranih električnih vozila, dok je u cijeloj Hrvatskoj taj broj iznosio 3.054 električnih vozila. Gotovo polovica te ukupne sume vozila prodana je u 2021. godini (njih 1436). Pretvore li navedene brojke u postotke, ispada kako je tržište električnih automobila u 2021. godini poraslo za čak 154 posto. Također podaci nam govore kako je u proteklom periodu uvezeno i oko 340 rabljenih električnih vozila, što pridodaje značaju elektrifikacije vozila u Hrvatskoj. Dakle, rabljeni električni automobili u ovome trenutku čine čak 20% tržišta električnih vozila, a za vjerovati je kako će taj postotak značajno rasti u budućnosti kako će zapadna Europa kupovati nova električna vozila. Neovisno o tome što u županiji, prema AaCTA alatu, možemo napajati više vozila nego što ih imam, mora se nastaviti s izgradnjom infrastrukture kako bi se bilo korak ispred trendova kupovine vozila.

Kao glavni zadatak tehno-ekonomske analize traži se neto sadašnja vrijednost investicije i unutrašnja stopa povrata (IRR) za plan subvencije punionica nepovratnim sredstvima. Odabrat će se 5 slučajeva prosječnog dnevnog punjenja, a oni su kako slijedi:

Tablica 7. Vrijednosti prosječne predane energije ovisno o slučaju

Broj slučaja	Prosječna dnevna predana energija
1.	8.45 kWh
2.	16.9 kWh
3.	33.8 kWh
4.	41 kWh
5.	50 kWh

Pretpostavljeni ulagači su privatni investitori kojima županija dodjeljuje subvencije, a isplativost se određuje prema pozitivnoj vrijednosti neto sadašnjoj vrijednosti investicije.

8.1. Metodologija analize

Analiza započinje prikupljanjem potrebnih polaznih podataka. Svi relevantni podaci prikupljeni za analizu nalaze se u tablici 7. Nakon tablice, svaki pojedinačni podatak se detaljno opisuje, uključujući informacije o načinu prikupljanja podataka i izvorima literature odakle su preuzeti. U tablici su navedeni nazivi polaznih vrijednosti, zajedno s njihovim iznosima i mjerodavnim jedinicama mjere, te oznakom koja se koristi u jednadžbama. Ova tablica pruža pregled ključnih ulaznih podataka potrebnih za provedbu analize i omogućuje transparentnost i preglednost informacija. Analiza se provodi u Microsoft Excelu, koji se koristi za izračunavanje financijskih i ekonomskih parametara, te pruža cjelovit pregled rezultata. Detaljna analiza sa svim relevantnim podacima i tablicama nalazi se u prilogu na kraju završnog rada, omogućavajući čitateljima da pristupe i pregledaju sve relevantne informacije.

Ulazni podaci su:

Tablica 8. Ulazni podaci tehno-ekonomske analize

Naziv polazne vrijednosti	Iznos	Mjerna jedinica	Oznaka
Marža	0,1	€/kWh	M
Broj punjača	Upisuje se	1	BP
Dnevna predana energija	Upisuje se	kWh	PE
Cijena punjača	2.400,00	eura	CP
Životni vijek opreme	10	godina	/
Cijena instalacije	6.840,00	eura	CI
Kamata kredita	4	%	/
Trajanje kredita	10	god	/
Porez	18	%	/
Količina privatnog uloga	25	%	KPU
Diskontna stopa	12	%	/
Amortizacija	5	god	AM
Održavanje godišnje	5	postotak zarade / punjaču	GO
Iznos subvencije	25	%	IS

Razlozi odabira polazne vrijednosti i njenog iznosa:

- Marža – Najpouzdaniji podatak određivanja zarade ulagača, slično kao i kod goriva u bližoj budućnosti možemo očekivati da će država po kilovat satu uzimati dio za trošarine i PDV, stoga sama marža čini se kao najbolji odabir. Slična iznos marže imaju i na benzinska i dizelska goriva [24].
- Broj punjača – Broj predviđenog broja punionica čine punionice snage 22 kW na potencijalnim lokacijama raspisane u prijašnjim poglavljima. Snaga od 22 kW odabrana je prema rezultatima alata.
- Dnevna predana energija – Koristeći metodu iz [25] za spore punjače pretpostavlja prosječno dnevno punjenje u iznosu 8,45 kWh, što je dosta pesimistična pretpostavka zbog čega će se odraditi i analiza osjetljivosti u pet već navedenih scenarija.
- Cijene punjača – podaci uzeti iz „AaCTA Cost database and calculator“. Odabrana je „ATESS EVA-22D-P“.
- Životni vijek opreme – podatak je upotrebljen kao pretpostavka.
- Cijene instalacija – podaci upotrebljen „AaCTA Cost database and calculator“. Odabrana je „ATESS EVA-22D-P“.
- Trajanje kredita – iznos je upotrebljen isti kao i životni vijek opreme
- Kamata kredita – iznos upotrebljen proizvoljno
- Porez – iznos preuzet sa stranica porezne uprave. „POREZ NA DOBIT: 18% ako su u poreznom razdoblju ostvareni prihodi veći od 995.421,06 eura (7.500.000,00 kuna).“ [26]
- Diskontna stopa – vrijednost odabrana konzervativno, prema kretanjima WACC-a za industrije povezane s energetsom tranzicijom (vjetar 12 % prije 5 godina, 6.5-8.5% solari, a elektromobilnost (infrastruktura) 8-10 % u EU [27]
- Amortizacija – upotrijebljena je linearna amortizacija u trajanju životnog vijeka opreme
- Održavanje godišnje – iznos dobiven kao 5% postotka zarade po punjaču.
- Iznos subvencije – iznos preuzet kao prijedlog iznosa kojim bi županija trebala potaknuti ulagače

Za proračun odabrala su se 4 grada prema njihovoj prometnoj i gospodarskoj važnosti. Prema podacima Hrvatskih cesta iz dokumenta pod nazivom „Promet na cestama Republike Hrvatske 2021.“ [28] prosječni godišnji dnevni promet kroz:

- Karlovac (cesta D1) iznosi 25309,
- Ogulin (cesta D42) iznosi 5153,
- Slunj (cesta D1) iznosi 5912,
- Duga Resu (cesta D3) iznosi 10812.

Ukupan pretpostavljen broj punionica na određenom području za električna vozila u ta 4 grada iznosi:

- za Karlovac 350 punjača,
- za Ogulin 77 punjača,
- za Slunj 37 punjača,
- za Duga Resu 37 punjača.

Za Karlovačku županiju uzeto je 5 mjesta u županiji kako bih što bliže pretpostavili protok automobila u županiji. Tih 5 mjesta je Karlovac, Ogulin, Slunj, Tušilović i Bosiljevo (čvor jug + zapad) . Sveukupno 880 punjača na prosječni dnevni promet od 77717 automobila. Sasvim je jasno da neki su automobili prebrojeni dvaput, a neki niti jednom. Ovo je najbliže stvarnoj situaciji.

S obzirom na prirodu javnih natječaja kojima bi se djelila subvencija pretpostavljamo da će sve punionice biti puštene u promet 1.1.2024. Porast prihoda prati pretpostavku prema „Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu“ [29] scenarij 2. Scenarij 2 – „Ovaj scenarij predstavlja umjerenu energetskeg tranziciju. Po svojim karakteristikama sličan je scenariju ubrzane energetske tranzicije s tim da ima niže ciljeve energetske obnove zgrada, isto tako i niže stope rasta potrošnje električne energije, nešto manje ciljeve za novoizgrađene vjetroelektrane i sunčane elektrane te sporije promjene u sektoru prometa. Sve ovo podrazumijeva i da je ovaj scenarij investicijski manje zahtjevan. Proizvodni kapaciteti vjetra i sunca su povećani ali u nešto manjem iznosu nego kod scenarija S1, a energetska potrošnja je također smanjena za 4% u 2030. i 15 % u 2040. godini. Udio domaćih električnih vozila iznositi će je 3,5 % u 2030. godini dok je u 2040. godini bio bi 34,25 %.“

Nakon upisivanja ulaznih podataka nastavlja se izračunavanjem pretpostavke o udjelu automobila u floti Županije u postocima za svaku godinu. Pretpostavka se veže na već spomenutu „Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s

pogledom na 2050. godinu“ [29] scenarij 2. Stoga imamo tri točke u kartezijevom koordinatnom sustavu a one glase:

- 2024. kao prva godina ima iznos 0.001%
- 2030. kao sedma godina ima iznos 3.5%
- 2040. kao sedamnaesta godina ima iznos 34,25%

Pomoću matematičke operacije pod nazivom kvadratna regresija, može se pronaći kvadratna funkcija koja najbolje odgovara ovim podacima, a ona glasi:

$$Post = 0,15574 * RBG^2 - 0,66275 * RBG + 0,50801 \quad (8.1)$$

Post - Udio automobila u floti Županije za odabranu godinu [%]

RBG – Redni broj godine [god]

Taj podatak nam je potreban kako bismo izračunali ukupnu predanu energiju u toj godini. Ona se izračunava na sljedeći način:

$$UEP = BEV * UEV * PE * 365 \quad (8.2)$$

Gdje je:

UEP - Ukupno energije predano [kWh/god]

BEV – Broj vozila koji prođe kroz područje u danu [1]

UEV - Udio električnih vozila u floti [%]

PE – Dnevna predana energija [kWh]

U skladu s ograničenjem gornje dnevne potrošnje, postavljen je prag od 88% maksimalne iskoristivosti. Maksimalna iskoristivost predstavlja pretpostavku da su svi punjači u funkciji i rade s maksimalnom snagom tijekom cijelog vremenskog razdoblja. Iako se ovo ograničenje počinje primjenjivati tek u kasnijim godina životnog vijeka opreme ili ne uopće, uključeno je u analizu kako bi se omogućilo prilagođavanje parametara onima koji ne podržavaju tu pretpostavku.

Godišnja zarada od punionica glasi:

$$GZ = UEP * M * (1 - GO) \quad (8.3)$$

Nakon izračuna godišnje zarade računamo iznos investicije kao procesa ili postupak ulaganja novčanih sredstava u punionice s ciljem ostvarivanja profita, stjecanja koristi ili postizanja određenih ciljeva na dugi rok. Iznos investicije je:

$$UII = BP * (CP + CI) \quad (8.4)$$

Uz ukupni iznos investicije izračunat je:

- ukupni iznos investicije sa subvencijom UIIS:

$$UIIS = UII * (1 - S) \quad (8.5)$$

- Iznos kredita IK:

$$IK = UIIS * KPU \quad (8.6)$$

- Iznos subvencije IS:

$$IS = UII * S \quad (8.7)$$

- Iznos privatnog uloga PU:

$$PU = UIIS * KPU \quad (8.8)$$

Nastavljamo s raspisivanjem izračuna kredita na iznos [30]:

- godišnje rate kredita (GRK) - iznos novca koji dužnik mora platiti banci ili drugoj financijskoj instituciji svake godine kako bi otplatio kredit koji je prethodno dobio, a u Excelu se računa pomoću financijske funkcije „PMT“,
- glavnice - predstavlja osnovni iznos novca koji se treba vratiti ili na koji se obračunavaju kamate, a u Excelu se računa pomoću financijske funkcije „PPMT“,
- kamate - dodatni trošak koji se plaća za posuđeni novac ili odgođeno plaćanje, tj. naknada koju zajmodavac (npr. banka) naplaćuje dužniku za korištenje tog novca tijekom određenog vremenskog razdoblja, a u Excelu se računa pomoću financijske funkcije „IPMT“,

Za analizu potrebna je izračun amortizacije po godinama. Amortizacija je financijski koncept koji se koristi za obračun troškova investicije tijekom korisnog vijeka postrojenja ili imovine. To je proces priznavanja troškova imovine tijekom vremena, a koristi se prvenstveno radi izračuna poreza [31]. Amortizacija ne utječe na prihode tvrtke, već na iznos poreza koji treba platiti. Računa se IA kao:

$$IA = UII / A \quad (8.9)$$

Prije kraja treba izračunati financijski i ekonomski novčani tok. Financijski novčani tok (FCF) [32] je financijska mjera koja se koristi za procjenu novčanih tokova koji dolaze i odlaze iz poduzeća tijekom određenog razdoblja. On uključuje priljeve i odljeve gotovine povezane s poslovanjem, investicijama i financiranjem. Financijski novčani tok obuhvaća konkretnu gotovinu koja se kreće unutar poduzeća. U ovom slučaju:

$$FCF = GZ - GRK - GIP \quad (8.10)$$

Gdje je:

GIP – Godišnji iznos poreza

S druge strane, ekonomski novčani tok (ECF) je ekonomska mjera koja uzima u obzir sve ekonomske priljeve i troškove koji proizlaze iz poslovnih aktivnosti. On obuhvaća ne samo priljeve i odljeve gotovine već i neto dobit, amortizaciju, promjene u radnom kapitalu i druge ne-gotovinske stavke. Ekonomski novčani tok širi se na sve ekonomske aspekte poslovanja.

$$ECF = GZ - GIP \quad (8.11)$$

Razlika između financijskog i ekonomskog novčanog toka leži u tome što financijski novčani tok obuhvaća samo stvarne gotovinske tokove, dok ekonomski novčani tok uzima u obzir širi spektar ekonomskih događaja. Dok financijski novčani tok pruža uvid u trenutno stanje gotovine u poduzeću, ekonomski novčani tok pruža cjelovitiju sliku o ekonomskom uspjehu poduzeća i stvarne vrijednosti koju generira.

Pomoću ekonomskog novčani toka izračunati ćemo neto sadašnju vrijednost investicije i unutrašnju stopu povrata.

Neto sadašnja vrijednost (engl. *net present value*, NPV) investicije je financijska mjera koja se koristi za procjenu vrijednosti investicijskog projekta. NPV se izračunava oduzimanjem ukupnih troškova investicije od ukupnih očekivanih priljeva novca generiranih tijekom životnog vijeka projekta, pri čemu se svaki novčani tok prilagođava na sadašnju vrijednost. U Excelu, neto sadašnju vrijednost se izračuna pomoću funkcije NPV. Pozitivan NPV ukazuje na to da je investicija isplativa jer generira pozitivnu vrijednost, dok negativan NPV ukazuje na to da je investicija neisplativa.

Unutrašnja stopa povrata (engl. *Internal Rate of Return*, IRR) je financijska mjera koja se koristi za procjenu profitabilnosti investicijskog projekta. IRR je stopa diskonta koja rezultira neto sadašnjom vrijednošću (NPV) investicije jednakoj nuli. Drugim riječima, IRR je stopa povrata koja čini vrijednost unutarnjih novčanih tokova jednakom početnoj ulozi ili trošku investicije. Kada se radi o investicijama, cilj je pronaći projekte s IRR-om koji je veći od alternativnih stopa povrata, kao što su trošak kapitala ili diskontna stopa. Ako je IRR veći od alternativnih stopa povrata, investicija se smatra isplativom. Za izračunavanje IRR koristila se funkciju IRR u Excelu.

Za kraj preostaje nam unijeti podatke o prosječnom broju vozila koji prođe promatranim područjem i predviđenim brojem punjača što nam za kraj daje tražene iznose NPV-a i IRR-a.

8.2. Rezultati

Rezultati analize prikazani su u tablicama u nastavku završnog rada. Tablice pružaju pregled IRR-a, NPV-a i samo u prvoj tablici iznosa subvencije za svaki od odabranih slučajeva u različitim gradovima. U nekim slučajevima, investicije u punionice nisu isplative zbog niskog udjela automobila u floti, nedovoljnog broja vozila, male prosječne dnevne predane energije i drugih relevantnih faktora. Međutim, u drugim slučajevima, rezultati pokazuju da su investicije isplative, što je posljedica visokog udjela automobila ili većeg broja potencijalnih korisnika punionica u tim gradovima, te drugih faktora. Rezultati tablica u nastavku pružaju važne informacije za donošenje odluka o ulaganju u punionice i ukazuju na potencijalno profitabilna područja za takve investicije i omogućavaju jasan uvid u isplativost investicija u punionice u svakom od specifičnih slučajeva te olakšavaju usporedbu rezultata između različitih područja. Također se nalazi dijagram koji prikazuje usporedbu unutrašnje stope povrata (IRR) s prosječnom dnevnom predanom energijom, pružajući vizualni uvid u njihov odnos. Osim toga, tu je i tablica koja prikazuje ovisnost iznosa subvencije o postotku subvencije, pružajući informacije o tome kako se subvencija mijenja u skladu s postotkom subvencije. Ovi dodatni grafički prikazi i tablice dodatno obogaćuju analizu i pružaju čitateljima dodatne uvide u ključne aspekte tehno-ekonomske analize.

Tablica 9. Rezultat tehno-ekonomske analize za 1. slučaj

Područje	IRR	Neto sadašnja vrijednost	Iznos subvencije
Karlovac	-3,44%	-1.715.592,65 €	606.375,00 €
Ogulin	-4,31%	-388.912,95 €	133.402,50 €
Slunj	6,08%	-91.808,77 €	64.102,50 €
Duga Resa	14,21%	43.775,08 €	64.102,50 €
Karlovačka županija	-1,15%	-3.923.812,64 €	1.524.600,00 €

Tablica 10. Rezultat tehno-ekonomske analize za 2. slučaj

Područje	IRR	Neto sadašnja vrijednost
Karlovac	4,81%	-1.015.288,25 €
Ogulin	3,84%	-246.328,55 €
Slunj	15,49%	71.777,29 €
Duga Resa	24,65%	341.282,97 €
Karlovačka županija	7,37%	-1.773.369,81 €

U drugom slučaju vidimo da se područja Karlovca, Ogulina i cjelokupne Karlovačke županije ne isplate, dok je Slunj u ovom slučaju prešao granicu profitabilnosti.

Tablica 11. Prikaz financijskog toka novca za 3. slučaj za Karlovačku županiju

Godina	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruto prihodi	0 €	187 €	4.686 €	18.745 €	65.393 €	203.904 €	400.803 €	592.734 €	592.734 €	592.734 €	592.734 €
Porezna osnovica	0 €	- 126.497 €	- 121.357 €	- 106.632 €	- 59.291 €	79.940 €	396.581 €	589.292 €	590.103 €	590.946 €	591.823 €
Porez	0 €	- €	- €	- €	- €	14.389 €	71.385 €	106.073 €	106.218 €	106.370 €	106.528 €
Neto primanja	0 €	- 23.522 €	- 19.023 €	- 4.964 €	41.683 €	165.805 €	305.708 €	462.952 €	462.806 €	462.654 €	462.497 €

Tablica 12. Prikaz ekonomskog toka novca za 3. slučaj za Karlovačku županiju

Godina	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bruto prihodi	- 256.410 €	187 €	4.686 €	18.745 €	65.393 €	203.904 €	400.803 €	592.734 €	592.734 €	592.734 €	592.734 €
Porezna osnovica	0 €	- 126.497 €	- 121.357 €	- 106.632 €	- 59.291 €	79.940 €	396.581 €	589.292 €	590.103 €	590.946 €	591.823 €
Porez	0 €	- €	- €	- €	- €	14.389 €	71.385 €	106.073 €	106.218 €	106.370 €	106.528 €
Neto primanja	-256.410 €	187 €	4.686 €	18.745 €	65.393 €	189.513 €	329.416 €	486.660 €	486.514 €	486.362 €	486.205 €

Tablica 133. Rezultat tehno-ekonomske analize za 3. slučaj

Područje	IRR	Neto sadašnja vrijednost
Karlovac	14,07%	385.320,56 €
Ogulin	12,98%	38.840,25 €
Slunj	25,81%	382.484,17 €
Duga Resa	33,17%	666.293,53 €
Karlovačka županija	16,95%	2.527.515,84 €

U trećem slučaju vidimo da su sva područja u „zelenom“. Ogulin, kao najneprofitabilnije područje je ipak prešao granicu profitabilnosti za 0,98% i neto sadašnje vrijednosti investicije iznosi 38.840,25 €.

Tablica 14. Rezultat tehno-ekonomske analize za 4. slučaj

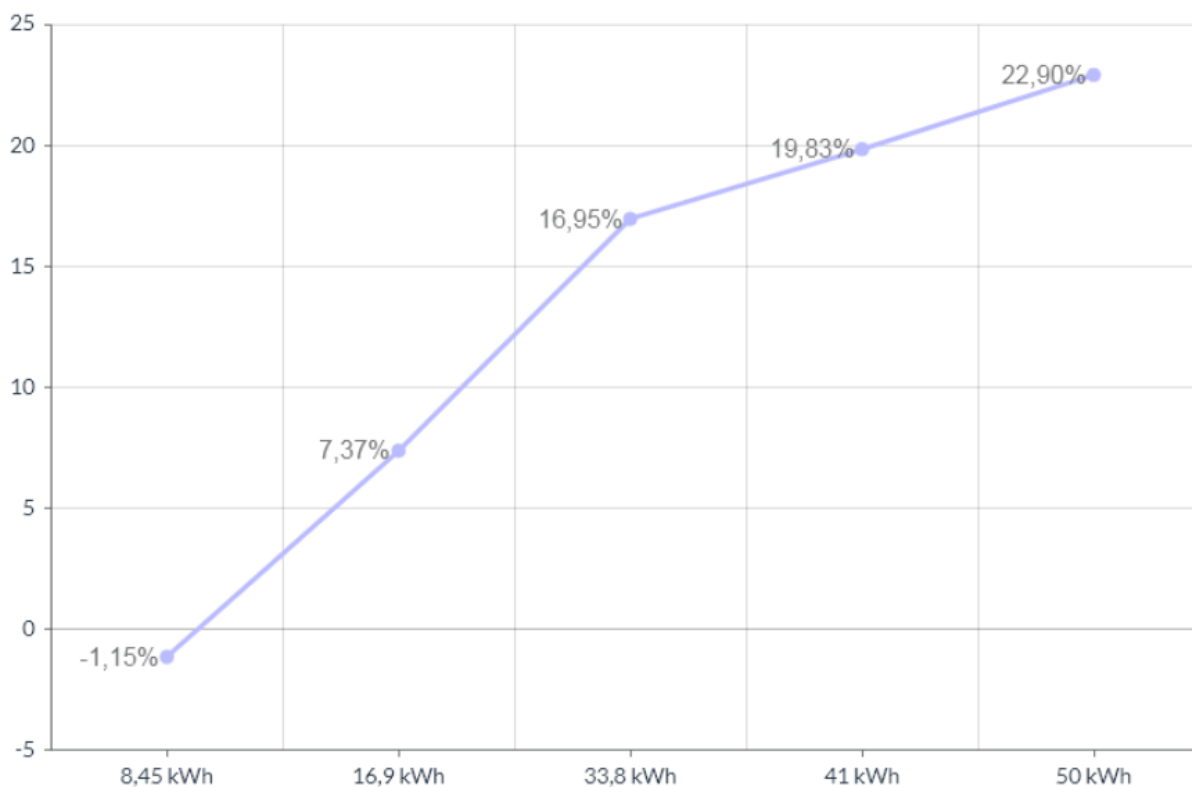
Područje	IRR	Neto sadašnja vrijednost
Karlovac	16,85%	982.029,64 €
Ogulin	15,72%	160.332,28 €
Slunj	28,43%	482.393,88 €
Duga Resa	35,26%	747.444,45 €
Karlovačka županija	19,83%	4.359.845,82 €

U četvrtom slučaju povećava se profitabilnost svih područja što daje dodatnu sigurnost investitorima.

Tablica 15. Rezultat tehno-ekonomske analize za 5. slučaj

Područje	IRR	Neto sadašnja vrijednost
Karlovac	19,81%	1.727.915,99 €
Ogulin	18,64%	312.197,33 €
Slunj	30,76%	571.521,19 €
Duga Resa	37,28%	825.383,07 €
Karlovačka županija	22,90%	6.650.258,30 €

U petom i najoptimističnijem scenariju promatramo sveobuhvatnu visoku profitabilnost svih područja, a nepostojanje ikakve dileme oko nužnosti ulaganja jasno je uočljivo.



Slika 12. prikazuje dijagram IRR-a u usporedbi sa prosječnom dnevnom predanom energijom za Karlovačku županiju

Na ovom dijagramu, IRR (interna stopa povrata) predstavlja financijsku mjeru isplativosti ulaganja u projekte elektromobilnosti, dok se prosječna dnevna predana energija odnosi na količinu električne energije koja se svakodnevno koristi za napajanje električnih vozila u regiji. Vidimo kako se tek u trećem slučaju dolazi do profitabilnog područja, te kako rast IRR-a usporava zbog dostizanja maksimalnog kapaciteta punionica.

Tablica 16. Ovisnost iznosa subvencije o postotku subvencije za Karlovačku županiju

Postotak subvencije	Iznos subvencije
10%	813.120,00 €
25%	2.032.800,00 €
35%	2.845.920,00 €
50%	4.065.600,00 €

Tablični prikaz količine sredstava koje bi Karlovačka županija trebala odvojiti za poticanje elektromobilnosti u županiji u ovisnosti visine subvencije koje je županija spremna izdvojiti. Karlovačka županija može odvojiti sredstva za poticanje elektromobilnosti u skladu s vlastitim proračunskim mogućnostima i prioritetima. Visina subvencija koje je spremna izdvojiti može značajno utjecati na ukupnu količinu sredstava koja se mogu dodijeliti za poticanje elektromobilnosti u županiji.

8. PLAN MJERA ZA RAZVOJ ELEKTROMOBILNOSTI

Gledajući sa stajališta Župana i županije generalna misao vodilja plana treba biti da primarno žitelji županije imaju koristi. U prijevodu, ako žitelj kroz porez i prirez sufinancira punionicu i infrastrukturu oko nje, on bi trebao biti primarni ili beneficirani korisnik nje. U ovom prvom tranzicijskom periodu do kraja 2025. trebalo bi izgraditi primarnu infrastrukturu koja bi omogućila osnovno kretanje kako do urbanih središta tako i do zabačenijih dijelova županije. Urbana središta morala bi osigurati potrebna parkirna mjesta koja su, uz novac, primarna prepreka. Potencijalne lokacije punionica u gradu Karlovcu i Ogulinu nalaze se na vrlo često posjećenim mjestima gdje je problem pronaći parkirno mjesto za bilo koju vrstu automobila, a dodatno oduzimati mjesta i rezervirati ih za električna vozila moglo bi dovesti do velikog nezadovoljstva sveukupnog građanstva. Stoga bi u urbanističkom planu gradova trebalo ocijeniti na koje lokacije staviti u početnoj fazi punionice, a na koje lokacije u kasnijim vremenima s ciljem postizanja istog učinka. Što se tiče ostalih dijelova županije, problem predstavlja nedostatak popratne infrastrukture za čiju nadogradnju i obnovu u planu razvoja treba planirati sredstva.

Nakon svega navedenog, plan bi trebao sadržavati sredstva i način raspodjele sredstava jedinicama lokalne samouprave u kojima se nalaze potencijalne lokacije, te sredstva i plan nadogradnje prateće infrastrukture. Županija treba izvući maksimalni iznos sredstava iz različitih EU fondova i nacionalnih programa kako teret na proračun županije i jedinica lokalne samouprave bio što manji. Količina osiguranih sredstava ne bi treba pratiti rast kupovine električnih automobila nego biti korak ispred. Za poticanje elektromobilnosti imperativ je da ima više infrastrukture nego potrošača. Svakom potencijalnom kupcu električnog vozila jedno od prvih pitanja je gdje će ga puniti. Malotko će ići s pretpostavkom da će se punionice izgraditi ako on kupi automobil. Nadalje, gradovi i općine trebale bi odabrati potencijale lokacije s obzirom na jednostavnost instalacije i na prateću infrastrukturu. Lokacije odabrane u ovom radu su izabrane najviše po njihovoj iskustvenoj posjećenosti i blizini atraktivnih lokacija, a neke čisto kao destinacija koja bi omogućila u povezanost zabačenijih dijelova s ostatkom županije.

Sama izgradnja punionica u početnoj frazi treba biti sufinancirana i birokratski jednostavna. S obzirom na to da će do kraja 2030. broj električnih vozila drastično

narasti, te će zavidan broj biti profitabilno, treba postići dogovor s privatnicima na koji način sufinancirati njihovu izgradnju.

Jedan od prijedloga je da se punionica na kraju njenog životnog vijeka financira do kraja njene isplativosti. U prijevodu, ako se punionica ne pokaže kao isplativa na lokacijama koje je županija odredila onda će županija je isplatiti tako da privatnik bude na nuli.

Drugi je da se punionica financira tijekom izgradnje, te ako se lokacija ispostavi isplativa onda se poticaj mora vratiti. Time županija na sebe prihvaća sav rizik, što potiče privatnike na ulaganje. Atmosfera u kojoj privatnik ne može izgubiti je plodno tlo za investicije.

Kao najjednostavniji, ali i najskuplji način poticanja su nepovratna sredstva ulagačima. No, pri izradi plana treba posebno obratiti pozornost na malverzacije pri korištenju poticaja.

Kao poznata praksa u Hrvatskoj treba razraditi dogovor koji će neće dozvoliti da punionice budu umjetno napuhanih investicijskih troškova, malih životnih vjekova, skupih troškova održavanja i sličnih prijevara. U dogovoru treba biti obavezna jednoobraznost pri korištenju punionica. Ukoliko bi svaki privatnik bio opremljen individualiziranom elektroničkom karticom, mobilnom aplikacijom ili drugim oblikom plaćanja, potencijalne posljedice rezultirale bi značajnim neugodnostima za korisnike. Prioritet treba biti jedinstveni način naplate, a županija mora imati pristup svim podacima kako bi znala u kojem smjeru nastaviti sa sufinanciranjem i poticanjem elektromobilnosti.

Tema postavljanja punionica za potrebe stanara više stambenih zgrada je tema za sebe. Svaki stanar koji kupi električni auto trebao bi dobiti ili kupiti punionicu male snage ispred svoje zgrade. Trebalo bi početi s dva ili četiri priključka ispred svake više stambene zgrade kako bi se potaknulo sugrađane na kupovinu. Nastavak razvoja bi trebao pratiti tempo kupovine električnih automobila. U predjelima gdje je se više stanara odluči za kupovinu, grad bi trebao na zahtjev ili drugi oblik molbe, instalirati priključke. Tempo je moguće i predvidjeti s obzirom na to da različiti kvartovi imaju veće ili manje kupovne moći.

9. ZAKLJUČAK

Jedan od najvažnijih argumenata za razvoj elektromobilnosti jest ta da bi se time smanjila emisija štetnih plinova, što je ključno za zaštitu okoliša i javnog zdravlja. Električni automobili ne proizvode emisije iz ispušnih cijevi i tako smanjuju onečišćenje zraka koje je povezano s benzinskim i dizelskim vozilima. To je posebno važno u gradskim područjima gdje se koncentracija štetnih plinova može povećati do razine koja šteti zdravlju ljudi. Iako Karlovačka županija nema velikih problema s kvalitetom zraka, to ne znači da ne bi trebala poduzeti korake prema održivijem prometu.

Sa strane žitelja, električni automobili mogu biti i ekonomski isplativiji na duge staze. Iako su troškovi nabavke ovih vozila trenutno viši od tradicionalnih automobila, njihova dugoročna ekonomičnost postaje sve vidljivija. Električni automobili zahtijevaju manje održavanja i imaju manje troškove goriva, što može značajno smanjiti troškove vlasnika na duže staze.

Sa strane županije, jedan od glavnih gospodarskih učinaka bi bio stvaranje novih radnih mjesta. Gradnja infrastrukture punionica električnih automobila bi otvorila nove poslovne prilike, kao što su zapošljavanje radnika u gradnji i održavanju punionica, prodaji i servisiranju električnih automobila, te u razvoju novih tehnologija povezanih s elektromobilnosti. Ovakva nova radna mjesta bi mogla pomoći u smanjenju stope nezaposlenosti u županiji. Također, županija ima mnogo prirodnih ljepota i turističkih atrakcija koje bi mogle privući turiste koji koriste električne automobile i odigrati veliku ulogu u samoj reputaciji županije kao društveno odgovorne. To bi potaknulo razvoj turističke industrije u županiji, što bi moglo doprinijeti povećanju prihoda lokalnih poduzetnika i poduzeća.

Sa strane investitora, ulaganje u razvoj infrastrukture punionica električnih automobila u Karlovačkoj županiji može donijeti brojne koristi. Prvenstveno, uz subvencije koje bi nudila Županija za izgradnju mreže punionica, smanjili bi se investicijski troškovi instalacije i rizik od neprofitabilnosti. Pored subvencija, investitori također mogu očekivati rastuću potražnju za punionicama električnih automobila u budućnosti. Električni automobili sve su popularniji na globalnoj razini, a trend se bilježi i u Hrvatskoj i u županiji. Izgradnja mreže punionica mogla bi privući vlasnike električnih automobila koji putuju kroz regiju ili se odlučuju na kraća putovanja u blizini. Osim toga, ulaganje u ovaj projekt može biti korisno za reputaciju investitora kao društveno

odgovornih tvrtki. Električni automobili predstavljaju održiviji način prijevoza u odnosu na vozila koja koriste fosilna goriva, pa ulaganje u ovaj projekt može biti pozitivno percipirano od strane šire javnosti.

Razvoj elektromobilnosti predstavlja ne samo ekološki, već i ekonomski i društveni pozitivni učinak za Karlovačku županiju i Hrvatsku u cjelini. Infrastruktura punionica električnih automobila igra ključnu ulogu u ovom procesu, a subvencioniranje privatnih investitora koji bi gradili mrežu punionica može biti ključan korak u njegovom ubrzanju.

Zaključno, neki će uvijek raspravljati trebaju li vlade uopće poticati električna vozila, ali bez obzira na to, potiču. Teško je pronaći razvijenu zemlju koja nema porezne ili druge novčane poticaje za kupovinu i posjedovanje. Poanta je u tome da potiču na pogrešan način pa tako i Hrvatska. Električna vozila su vrlo blizu dostizanja kriterija kritične točke za sve osim za punjenje. Cijena vozila ne stoji na putu, tehnologija ne stoji na putu, ali infrastruktura da. Pojedinačne tvrtke ne mogu doseći potreban razmjer infrastrukture kakav zahtijeva potrošač masovnog tržišta. Pojedinačne automobilske tvrtke mogu se baviti time da pojedinačna električna vozila budu privlačna potrošačima, a vlada, županije i lokalne samouprave se trebaju brinuti o infrastrukturi.

LITERATURA

- [1] Mandhir Singh et.al., »Accelerating the evolution,« 2020. [Mrežno]. Available: https://www.castrol.com/content/dam/castrol/master-site/en/global/home/technology-and-innovation/electric-vehicle-adoption/accelerating_the_evolution_study.pdf. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [2] »Alternative Fuels Data Center,« US department of energy, [Mrežno]. Available: <https://afdc.energy.gov/data/10567>. [Pokušaj pristupa 3 3 2023.].
- [3] »Tesla Model 3 (2021) review,« Pod Point, 19 Travanj 2022.. [Mrežno]. Available: <https://pod-point.com/guides/vehicles/tesla/2021/model-3>. [Pokušaj pristupa 1 Ožujak 2023.].
- [4] »2022 BOLT EUV AND BOLT EV SPECIFICATIONS,« Chevrolet, [Mrežno]. Available: <https://media.chevrolet.com/media/us/en/chevrolet/2022-bolt-euv-bolt-ev.detail.html/content/Pages/news/us/en/2021/feb/0214-boltev-bolteuv-specifications.html>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [5] »Nissan LEAF 3.ZERO e+ (2019) review,« Pod Point, 6 Travanj 2020.. [Mrežno]. Available: <https://pod-point.com/guides/vehicles/nissan/2019/leaf-eplus>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [6] »Volume weighted average pack an cell price split,« Phillip Securities Pte, [Mrežno]. Available: <https://www.phillipcfid.com/the-future-of-electric-vehicles-2021-outlook/bloomberg-volume-weighted-average-pack-and-cell-price-split/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [7] »Punionice za električne automobile,« Grad Karlovac, 1 Srpanj 2020.. [Mrežno]. Available: <https://www.karlovac.hr/novosti/punionice-za-elektricne-automobile/22211>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [8] I. Badanjak, »Grad Karlovac dobio je prva dva električna taksija,« Jutarnji.hr, 5 Siječanj 2020.. [Mrežno]. Available: <https://novac.jutarnji.hr/novac/next/grad-karlovac-dobio-je-prva-dva-elektricna-taksija-15141975>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [9] »AKCIJSKI PLAN ENERGETSKI ODRŽIVOG RAZVITKA I PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA -0,« Grad Karlovac, Zagreb, 2020..

- [10] »Ogulin, dom u srcu hrvatske,« Grad Ogulin, 19 Lipanj 2019.. [Mrežno]. Available: <https://www.ogulin.hr/otvorena-prva-elektricna-punionica-u-ogulinu/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [11] »NACIONALNI PORTAL ENERGETSKE UČINKOVITOSTI,« Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija, [Mrežno]. Available: <https://www.enu.hr/javni-sektor/sporazum-gradonacelnika/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [12] »Opći podaci o Karlovačkoj županiji,« Karlovačka županija, [Mrežno]. Available: <https://www.kazup.hr/index.php/zupanija/opci-podaci>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [13] Karlovačka županija i Regionalna razvojna agencija Karlovačke županije, »Razvojna strategija Karlovačke županije 2020+,« Karlovačka županija, Karlovac, 2018..
- [14] »Državne ceste u Hrvatskoj,« Wikipedija, [Mrežno]. Available: https://hr.wikipedia.org/wiki/Državne_cestu_u_Hrvatskoj. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [15] »EV Charging Station Map - Find a place to charge,« PlugShare, [Mrežno]. Available: <https://www.plugshare.com>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [16] »Supercharger | Tesla Hrvatska,« Tesla, [Mrežno]. Available: https://www.tesla.com/hr_hr/findus. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [17] »Rechargespots,« Hrvatski telekom, [Mrežno]. Available: <https://hr.rechargespots.eu/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [18] »ELEN - Izvor električne energije,« ELEN, [Mrežno]. Available: <https://myhep.etrel.com/#/portal/locations>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [19] »MOL Plugee - Brzu e-punionicu u Hrvatskoj,« MOL, [Mrežno]. Available: <https://molplugee.hr/hr/punionice>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [20] S. Stanić, »(Post)socijalnost u suvremenom potrošačkom prostoru,« Split, Filozofski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2011..
- [21] »Statistika - OTVORENA DOZVOLA,« Centar za vozila Hrvatska, [Mrežno]. Available: <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].

- [22] »Electric Vehicle Guides,« Pod point, [Mrežno]. Available: <https://pod-point.com/guides/vehicles?>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [23] »Alpe-Adria Clean Transport Alliance,« SDEWES centre, Veljača 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.euki.de/en/euki-projects/alpe-adria/>. [Pokušaj pristupa 3 Ožujak 2023.].
- [24] »Vlada dodatno smanjuje trošarine i ograničava maržu na naftne derivate,« Vlada Republike Hrvatske, 6. Lipanj 2022.. [Mrežno]. Available: <https://vlada.gov.hr/vijesti/plenkovic-vlada-dodatno-smanjuje-trosarine-i-ogranicava-marzu-na-naftne-derivate/35546>. [Pokušaj pristupa 16 Svibanj 2023.].
- [25] M. Lovrić, Planiranje budućih energetske potreba prometnog sektora u turističkim destinacijama, <https://repozitorij.fsb.unizg.hr/en/islandora/object/fsb%3A8096/datastream/PDF/view>: Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučiliša u Zagrebu, 2020.
- [26] »POREZ NA DOBIT,« Ministarstvo financija, [Mrežno]. Available: https://www.porezna-uprava.hr/HR_porezni_sustav/Stranice/porez_na_dobit.aspx. [Pokušaj pristupa Siječanj 2023.].
- [27] »What is WACC, it's formula, and why it's used in corporate finance,« Corporate finance institute, [Mrežno]. Available: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/what-is-wacc-formula/>. [Pokušaj pristupa 2023 3 15].
- [28] »Brojenje prometa,« Hrvatske ceste, 2021.. [Mrežno]. Available: <https://hrvatske-este.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa>. [Pokušaj pristupa Siječanj 2023.].
- [29] »STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE DO 2030. S POGLEDOM NA 2050. GODINU,« 6 Ožujak 2020. [Mrežno]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_25_602.html. [Pokušaj pristupa Siječanj 2023.].
- [30] »Financijska abeceda – što su glavnica i kamata?,« Privredna banka Zagreb, [Mrežno]. Available: <https://www.pbz.hr/studenti/blog/Financijska-abeceda-da-si-pametna-glavnica-kad-te-pitaju-sto-je-glavnica.html>. [Pokušaj pristupa 16 Svibanj 2023.].

- [31] »Amortizacija,« Enciklopedija.hr, [Mrežno]. Available:
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=2341>. [Pokušaj pristupa 16 Svibnja 2023.].
- [32] A. HAYES, »Cash Flow: What It Is, How It Works, and How to Analyze It,« Investopedia, 29 Travanj 2023. [Mrežno]. Available:
<https://www.investopedia.com/terms/c/cashflow.asp>. [Pokušaj pristupa 2023 Svibnja 16].
- [33] »BROJ VOZILA PO VRSTI VOZILA I VRSTI GORIVA U RH,« Ministarstvo prometa i infrastrukture, Svibanj 2014.. [Mrežno]. Available:
https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Prilog%20%20NOP%20ver30-05-2015%2014-7_15.pdf. [Pokušaj pristupa Siječanj 2023.].

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. AaCTA Examples of good practice booklet
- III. AaCTA EV charger installations locations optimization tool manual
- IV. Excel tablica tehno-ekonomske analize
- V. AaCTA alat sa unesenim podacima za Karlovačku županiju