

# Isplativost električnog voznog parka u prijevoznoj logistici

---

**Bukvić, Lucija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:598259>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Lucija Bukvić**

**ISPLATIVOST ELEKTRIČNOG VOZNOG PARKA U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ISPLATIVOST ELEKTRIČNOG VOZNOG PARKA U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI**  
**COST-EFFECTIVENESS OF ELECTRIC VEHICLE FLEET IN TRANSPORT**  
**LOGISTICS**

Mentor: prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Student: Lucija Bukvić

JMBAG: 0135231618

Zagreb, rujan 2019.

## SAŽETAK

Elektrifikacijom voznog parka otvara se mogućnost napretka za logistička poduzeća jer bi se troškovi održavanja kroz godine mogli znatno smanjiti, a stalnim razvojem tehnologije smanjuje se cijena baterije, u konačnici i samog vozila. Zagađenje okoliša sve je veći problem jer je sektor prijevoza glavni proizvođač emisija štetnih plinova te proizvodi trećinu svjetskih emisija ugljikovog dioksida. Cilj održivosti je ostaviti mogućnosti za ostvarivanje potreba budućim generacijama, a elektrifikacija vozila sve je više izgledna. Trenutno stanje cijena može obeshrabiliti investitore u ulaganje u električni vozni park stoga je važno sufinanciranje proizvodnje i razvoja tehnologije. Kako bi se mogli usporediti troškovi, u ovom radu prikazane su eksploatacijske, ekološke, ekonomske i društvene karakteristike konvencionalnih gospodarskih vozila te baterijskih električnih vozila. Na temelju podataka za vozni park Atlantic grupe uspoređuju se troškovi sa mogućim novim električnim voznim parkom te se analizira isplativost nabavke istog s obzirom na karakteristike razvoja baterijske tehnologije.

**KLJUČNE RIJEČI:** vozni park; elektrifikacija; održivost; punionice; prijevozna logistika

## SUMMARY

The electrification of the fleet opens the possibility of progress for logistics companies which could reduce maintenance costs over few years, also with constant development of technology the cost of the battery and vehicles will be reduced. Environmental pollution is a growing problem as the transport sector is a major producer of greenhouse gas emissions and it is responsible for producing one third of the world's carbon dioxide emissions. The goal of sustainability is leaving opportunities to meet the needs of future generations because electrification of vehicles is very likely to happen in the near future. The current price situation may discourage investors to invest in electric fleet which is why co-financing the production and further development of technology is important. In order to compare costs, this paper presents the exploitation, environmental, economic and social characteristics of conventional commercial vehicles and battery electric vehicles. On the basis of the data for the Atlantic Group fleet, the costs are compared with the possible new electric fleet and the cost-effectiveness of purchasing it is analyzed with respect to the characteristics of the development of battery technology.

**KEYWORDS:** vehicle fleet; electrification; sustainability; charge stations; transport logistics

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ELEMENTI VOZNOG PARKA .....	3
2.1. Pojam voznog parka.....	3
2.2. Sastav električnog voznog parka.....	4
2.2.1. Najprodavanija električna dostavna vozila u 2018. godini .....	5
2.2.2. Električna vozila u Europskoj Uniji .....	7
2.3. Prednosti i nedostaci električnog voznog parka .....	9
3. MODELI UPRAVLJANJA VOZIM PARKOM .....	13
3.1. Sustavi za upravljanje voznim parkom .....	13
3.2. Vozni park logističkog poduzeća .....	14
3.3. Plan poslovanja voznog parka logističkog poduzeća .....	15
4. UTJECAJ NABAVE ELEKTRIČNOG VOZNOG PARKA NA TROŠKOVE U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI .....	17
4.1. Održivost u prijevoznoj logistici .....	17
4.2. Ukupan trošak vlasništva.....	18
4.3. Poticaji za nabavu električnog voznog parka.....	21
4.3.1. Obnovljivi izvori energije .....	23
4.3.2. Dodatni troškovi za flotu električnih vozila.....	25
4.3.3. Utjecaj elektrifikacije na širenje infrastrukture punionica .....	27
5. ELEMENTI UPRAVLJANJA ELEKTRIČNIM VOZIM PARKOM .....	29
5.1. Plan razvoja tehnologije i pada cijene baterije.....	29
5.2. Strateško planiranje na temelju infrastrukture za punjenje .....	30
5.3. Električne punionice u gradu Zagrebu.....	31
5.3.1. Frekventnost punjenja.....	33
5.3.2. Frekventnost održavanja .....	34

5.4. Rutiranje električnih vozila .....	34
5.4. Degradacija baterije .....	35
6. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA POSLOVANJA PRIMJENOM ELETRIČNIH VOZILA.....	37
6.1. Mogućnost zamjene voznog parka Atlantic grupe električnim voznim parkom	39
6.2. Usporedba troškova i povrat ulaganja .....	41
7. ZAKLJUČAK.....	44
LITERATURA .....	46
POPIS KRATICA .....	48
POPIS SLIKA .....	49
POPIS TABLICA.....	49
POPIS GRAFIKONA.....	49
Prilog 1. Suglasnost Atlantic grupe.....	50

## 1. UVOD

Uz sveprisutan globalni ekonomski rast, raste i količina transporta koji se odvija diljem svijeta. Sektor transporta glavni je proizvođač štetnih emisija što sve više zabrinjava subjekte tog sektora, a cilj je razvijati poslovanje u smjeru održivosti. Ohrabrujući pad cijene baterija za električna vozila ubrzava prilagodbu vladinih regulacija diljem svijeta, a glavni zagovaratelji elektrifikacije predlažu prestanak subvencioniranja nabavke električnih vozila i preusmjeravanje tih subvencija prema proizvođačima baterija kako bi cijene kompletne tehnologije električnih vozila mogle značajnije padati.

Kako bi poslovanje bilo održivo potrebno je stalno ulaganje i razvijanje u poslovnim procesima unutar logističkih tvrtki, te da bi ostale konkurentne na tržištu. Jedan od načina ulaganja je elektrifikacija voznog parka logističkog poduzeća. Iz tog razloga je potrebno takvu investiciju sagledati iz svih kuteva, odnosno utvrditi isplativost nabavke električnog voznog parka što je i tema ovog rada. U ovom diplomskom radu analizirani su podaci voznog parka Atlantic grupe d.d. čiji sastav čine dostavna vozila pogonjena motorom s unutrašnjim sagorjevanjem te su prikazani troškovi vlasništva voznog parka. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Elementi voznog parka
3. Modeli upravljanja voznim parkom
4. Utjecaj nabave električnog voznog parka na troškove u prijevoznj logistici
5. Elementi upravljanja električnim voznim parkom
6. Prijedlozi unapređenja poslovanja primjenom električnih vozila
7. Zaključak

U drugom poglavlju definirani su pojam i glavne podjele voznog parka u prijevoznj logistici. Nadalje su nabrojene vrste električnih vozila koja sadrže litijску bateriju. Elektrifikacija voznog parka logističkog poduzeća još nije dovoljno rasprostranjena pa se podaci tumače sa dozom odstupanja jer je trenutno prisutna samo kod manjih dostavnih vozila koja mogu prevoziti do dvije palete. Nedostaci će se



u budućnosti smanjivati sa razvojem tehnologije elektrifikacije voznog parka i širenjem pripadajuće infrastrukture.

Treće poglavlje definira sustav za upravljanje voznim parkom ili *Fleet Management System* kojemu je glavni zadatak optimizirati operativne procese i smanjiti troškove voznog parka. Vozni park se sastoji od 23 kombi vozila s unutrašnjim sagorjevanjem, a u podacima su prikazani financijski troškovi održavanja.

Sljedeće poglavlje razmatra utjecaj nabavke električnih vozila na troškove u logističkom poduzeću. Ukupni troškovi mogu se izračunati pomoću formule za izračun TCO-a (*Total Cost of Ownership*) koja se sastoji od investicijskih, fiksnih i operativnih troškova. Na smanjenje troškova utječu i prisutni poticaji te razne subvencije za nabavku vozila kao i smanjenje relativnih troškova.

U petom poglavlju definiraju se elementi upravljanja električnim voznim parkom, odnosno modificirano je klasično rutiranje vozila te su dodane usputne postaje u postojeći VRP model koje predstavljaju punionice. Prikazane su lokacije punionica električnom energijom u gradu Zagrebu te troškovi održavanja i punjenja električnih vozila. Objašnjava se pojam degradacije baterije koja također utječe na troškove.

Zadnje poglavlje prije zaključka predlaže poboljšanja koja bi mogla smanjiti troškove održavanja voznog parka, potrošnju energije te doprinijeti uspješnosti poslovanja tvrtke. Prikazana je usporedba troškova održavanja postojećih vozila sa njihovim električnim ekvivalentima i koji je potreban broj vozila da bi nabavka bila isplativa te koliko godina je potrebno za povrat ulaganja.

## 2. ELEMENTI VOZNOG PARKA

Vozni park jednostavno se definira kao skup svih transportnih sredstava prijevozničke organizacije (automobili, autobusi, teretna cestovna motorna vozila, tegljači, prikolice i poluprikolice). U ovom radu pod pojmom voznog parka podrazumijeva se električni vozni park te mogućnost implementacije istog u logističke poslovne procese. [1]

Glavni problemi kod procjene potencijalnog utjecaja električnih vozila na globalnu mrežu i potrošnju električne energije: [2]

- identifikacija glavnih tehničkih karakteristika za dostupne električne vozne parkove
- procjena utjecaja na tržište i razvoj električnih vozila u narednom razdoblju.

Dostupni podaci u ovom su trenutku limitirani za vozila koja su u potpunosti električna te se svi zaključci mogu tumačiti sa manjim odstupanjima.

### 2.1. Pojam voznog parka

Vozni park može biti formiran prema organizacijskim i teritorijalnim potrebama. Organizacija voznog parka može se formirati za djelatnosti: [1]

- javnog prijevoza
- prijevoza za vlastite potrebe

Formiranje voznih parkova prema teritorijalnim potrebama podrazumijeva sve navedene oblike organizacije voznog parka, ali sa ograničenim teritorijalnim djelovanjem, odnosno zadatkom podmirenja transportnih potreba određenog teritorija.

Pod tehničko-eksploatacijskim karakteristikama podrazumijevaju se dimenzije vozila, razmak osovina, dinamička svojstva vozila, masa praznog vozila, korisna nosivost vozila, zapremnina teretnog prostora, ekonomičnost i sl. Ukoliko je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa, onda je to homogeni vozni park sa istim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama. Vozni park je najčešće heterogene strukture,

odnosno sastavljen od vozila različitih marki i tipova što znači da vozila imaju različite tehničko-eksploatacijske karakteristike.

Sljedeći kriterij koji se odnosi na sastav voznog parka tiče se veličine, odnosno broja transportnih jedinica kojima poduzeće raspolaže, pa tako postoji:

- mali vozni park (do 20 vozila),
- srednji vozni park (20 - 99 vozila),
- veliki vozni park (100 – 499 vozila),
- velika flota (preko 500 vozila). [1]

## 2.2. Sastav električnog voznog parka

Pojam cestovnih električnih vozila može se naznačiti za više vrsta vozila, a koja imaju električni pogon, uključujući: [2]

- Hibridna električna vozila (HEV *engl. Hybrid Electric Vehicles*)
- Hibridna električna vozila s priključkom za punjenje (PHEV *engl. Plug-In Hybrid Electric Vehicles*)
- Električna vozila s ugrađenom baterijom (BEV *engl. Battery Electric Vehicles*)
- Vozila na gorive ćelije (FCV *engl. Fuel Cell Vehicles*)

U ovom radu najviše se bazira na električna vozila s ugrađenom baterijom (BEV), a ona su pogonjena električnim motorom koji koristi energiju pohranjenu u paketu baterija. Baterija se mora redovito puniti, tipično uključivanjem utičnice u prekidač koji je u sastavu električne mreže. Hibridna električna vozila (PHEV) također imaju elektromotor, ali uz njega još imaju motor s unutrašnjim izgaranjem. Oba motora dizajnirana su da rade ili zajedno ili odvojeno. Baterija se puni kinetičkom energijom prilikom vožnje u trenucima kada je potrebna jača operativna snaga ili kada je baterija prazna.

Klasifikacija je široka i ne predstavlja u potpunosti sve dostupne modele cestovnih električnih vozila, ali nabrojene vrste vozila koriste istu tehnologiju litijskih baterija prikazanih na Slici 1.



Slika 1. Litijaska baterija za električna vozila

Izvor: [3]

### 2.2.1. Najprodavanija električna dostavna vozila u 2018. godini

Tržište električnih *medium-duty* vozila polako i sigurno se razvija. Električna vozila imaju sve sličniju nosivost njihovim dizel ekvivalentima te im opasno konkuriraju sa dometom do 160 km. U bližoj budućnosti očekuje se razvoj baterija u manjem obliku zbog mogućnosti predvidljivosti i planiranja u logističkom poslovanju (optimalno planiranje ruta, poznate lokacije punionica i rasporedi dostava mogu pridonijeti dizajnu baterije te strateškom razvoju dostavnih vozila). S obzirom na isplativost nabave novih električnih vozila, tržište se iskristaliziralo i poznata su najprodavanija vozila. [4]

U Tablici 1. prikazana najprodavanija *medium-duty* električna vozila u 2018. godini te njihove glavne karakteristike.

Tablica 1. Najprodavanija električna dostavna vozila u 2018. godini

		Nissan e-NV200	Renault Master Z.E.	Renault Kangoo Z.E.	Peugeot Partner Electric
Kapacitet baterije		40 kW	33 kW	33 kW	22,5 kW
Domet		280 km	119 km	270 km	170 km
Nosivost		770 kg	1100 kg	640 kg	695 kg
Volumen		4,2 m <sup>3</sup>	ovisi o modelu	3,4 - 4,6 m <sup>3</sup>	3,3 -3,7 m <sup>3</sup>
Vrijeme punjenja	Slow charger	4 - 8 h	17 h	12 h	8 h
	Fast charger	0,5 -1 h	6 h	1 - 1,5 h	0,5 h
Cijena		167.900 HRK	365.000 HRK	197.000 HRK	175.200 HRK
Slika		1	2	3	4



Izvor: Izradila autorica prema [4]

Usporedbom navedenih segmenata, po cijeni, nosivosti i vremenu punjenja izvadaja se Nissan e-NV200 kao najisplativije električno rješenje. Može prevesti dvije palete što je dovoljno za manje dostave unutar urbane sredine.

Tvrtka DPD Hrvatska testirala je Nissan e-Volti, električno dostavno vozilo zapremnine 8 m<sup>3</sup> u gradu Zagrebu. Nakon provedenog testiranja zaključili su: „...nastojimo svoj pristup učiniti pragmatičnim te smo usredotočeni na područja u kojima možemo napraviti najveću razliku i najviše doprinijeti općem napretku. To prvenstveno činimo osiguravajući CO<sub>2</sub> neutralnu isporuku naših paketa te nudeći razne dodatne mogućnosti dostave, pritom pomažući u smanjenju gužvi te reduciranju

zagađenja na lokalnoj razini. Tako smo 2016. godine, u odnosu na 2013. godinu, uspješni smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> za 10,1% po paketu. Stalnom potragom za inovacijama u dostavi osiguravamo da i naši klijenti imaju utjecaja na klimatske promjene.“ [5]

## 2.2.2. Električna vozila u Europskoj Uniji

Prodaja električnih vozila s ugrađenom baterijom (BEV) u zemljama Europske Unije uspoređujući 2016. i 2017.godinu, porasla je za 51%. To je najveće povećanje od 2008.

Registrirano je 224 tisuća hibridnih električnih vozila (PHEV) u 2017.godini, a to je povećanje od 35% u odnosu na 2016.godinu.

Najveći broj registriranih električnih vozila zabilježen je u Francuskoj (26.110), Njemačkoj (24.350) i Ujedinjenom Kraljevstvu (13.580). Kombinirano, udio PHEV i BEV u prodaji u 2017.godini, najviši je u Švedskoj (5.5%), Belgiji (2.7%) i Finskoj (2.6%). Ovi podaci vidljivi su u Tablici 2.

*Tablica 2. Broj novih električnih vozila u zemljama Europske Unije*

Godina	El. vozila	Hibridna el. vozila	Ukupno	Udio el. vozila (%)
2010	734		13,181,154	0.006
2011	7,759		12,829,535	0.06
2012	13,986	9	12,031,054	0.191
2013	24,175	31,167	11,868,737	0.466
2014	37,855	68,18	12,541,978	0.845
2015	56,756	103,553	13,770,826	1.164
2016	64,316	93,707	14,714,327	1.074
2017	97,143	126,898	15,129,296	1.481

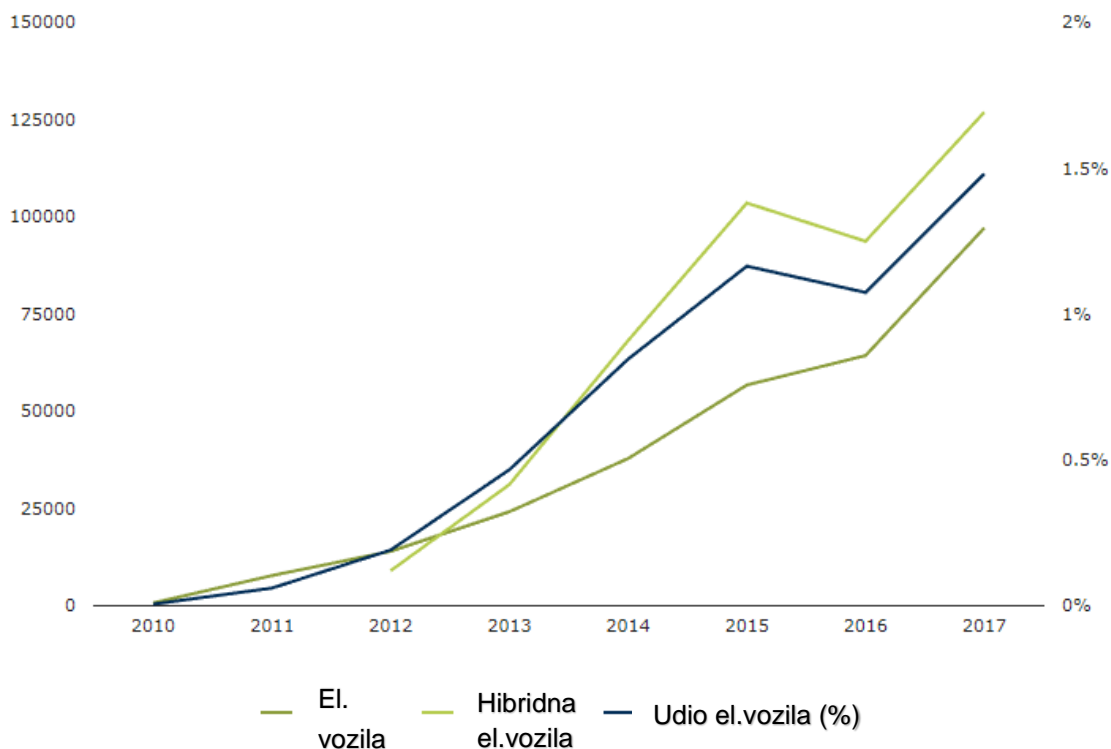
Izvor: [6]

Električna vozila polagano ulaze na sva tržišta Europske Unije. Unatoč malom broju od 321 tisuće vozila i malog udjela novo-registriranih vozila na tržištu od 1,5%, svake godine vrijednosti rastu što prikazuje trend elektrifikacije voznog parka.

Baterijska električna vozila čine 0,6% svih registracija putničkih vozila u 2017. godini u zemljama članicama Europske Unije. Iz podataka vidljivo je da se broj vozila od 2010. do 2017. godine postupno povećavao od 700 do 97 tisuća vozila. Povećan broj nabave električnih vozila sa baterijom rezultira od prodaje vozila u Njemačkoj, Francuskoj i Nizozemskoj.

Izvan Europske Unije čak trećina novih električnih automobila prodano je u Norveškoj tijekom 2017.godine (PHEV i BEV) što tu zemlju čini vodećim tržištem električnih automobila. Povećana prodaja rezultirala je i većom ponudom različitih modela pa se može očekivati i daljnji rast prodaje. U 2017. godini prodaja motornih dostavnih vozila povećala se za 32% u odnosu na 2016. godinu što čini 0,8% prodaje u zemljama Europske Unije, ali je to znatno manja vrijednost od novih električnih vozila u istom razdoblju.

U Grafikonu 1. prikazan je broj novih električnih i hibridnih vozila u razdoblju od 2010. do 2017. godine, a udio električnih vozila predstavlja indikator koji mjeri broj električnih vozila u odnosu na kompletnu flotu novih vozila za to razdoblje. Iz ovih se podataka može iščitati snažan rast prodaje električnih vozila od 2010.godine kada električna vozila prvi puta stupaju na tržište, a hibridna električna vozila počinju sa prodajom od 2012.godine. Iako je prisutan manji pad prodaje u 2015. i 2016., on ne utječe na ukupnu potražnju jer ona postupno raste. Iz poznatih podataka može se procijeniti i budući trend rasta prodaje baterijskih i hibridnih električnih vozila.



Grafikon 1. Grafički prikaz broja novih električnih vozila u zemljama Europske unije

Izvor: [6]

Postupno strože regulacije rezultiraju boljom promocijom efikasnijih i *eco-friendly* vozila (ekološki sigurna vozila). Nova alternativna vozila indirektno su znak poboljšanja uvjeta cestovnog transporta u smislu pogonske energije te zagađenja. [6]

### 2.3. Prednosti i nedostaci električnog voznog parka

Kako bi se električna vozila prilagodila prijevoznoj potražnji prema vlastitim eksploatacijskim značajkama, detaljan prikaz prednosti i nedostataka pojednostavljuje odluku o nabavki i primjeni takvog voznog parka.

Glavne prednosti korištenja električnih vozila: [7]

- **Povoljan utjecaj na okoliš** – električna vozila ne ispuštaju emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i štetnih čestica (NO<sub>x</sub>) tijekom vožnje, njihovom širom uporabom potencijalno se može poboljšati kvaliteta zraka, pogotovo za stanovnike urbanih područja.



- **Operativni troškovi** – električna vozila jeftinija su za korištenje od dizel alternativa, trošak 'goriva' je manji zbog visokih i nestabilnih cijena naftnih derivata, sastavljena su od manje pokretnih dijelova i lakša su na kočnicama što smanjuje troškove održavanja.
- **Poticaji** – poticaji pomažu smanjiti operativne troškove što uključuje vladino sufinanciranje nabave takvog vozila u vrijednosti do 20% od ukupne cijene vozila (do najviše 70.000 HRK), donosi porezne olakšice za poslovne i privatne korisnike te postoje i sufinanciranja troškova nabave punionica (blizu radnog mjesta)
- **Besplatna energija** – trenutačno je u Republici Hrvatskoj električna energija na punionicama besplatna zbog premalog broja takvih vozila i neustaljenog napona punjenja na globalnoj razini. Ljudi koji posjeduju električna vozila ostavljaju pozitivan dojam među društvom zbog njihovog utjecaja na okoliš, stoga ih vlade dodatno podupiru. U Europi se javljaju besplatne parking zone za takva vozila, čak i besplatne zone punjenja.
- **Tihi rad** – mnogo tiši rad u odnosu na alternative pridonosi pozitivnom iskustvu vozača, ali i otvara nove prilike za dostave u urbana područja u razna vremena kada konvencionalna vozila imaju zabranu dostave.
- **Performanse vožnje** – električni motori imaju trenutni moment čime se prijenos brzina obavlja jednostavnije i brže. Pri višim brzinama izravan odgovor nestaje, ali u gradskim sredinama takva vozila su okretnija i brža, posebice zbog automatskog mjenjača.
- **Pogodnosti kod punjenja** – prilikom punjenja većina vozila ima mogućnost održavanja temperature u vozilu čime se izbjegava odležavanje vozila ujutro.
- **Imidž** – posjedovanje električnog voznog parka pridonosi razvitku poslovanja kod poslovnih korisnika i marketinškoj strategiji tvrtke kao što je prikazano na Slici 2. (primjer „Harrods“)



*Slika 2. Električno vozilo voznog parka u tvrtci "Harrods"*

Izvor: [7]

S druge strane, postoje i značajni nedostaci kod električnih dostavnih vozila koje trebaju znatna razmatranja prije nabave te hoće li takav vozni park odgovarati potrebama korisnika.

Glavni nedostaci električnih dostavnih vozila: [7]

- **Domet** - Iako se domet vožnje konstantno razvija, električna dostavna vozila još neće moći dostići domet konvencionalnih vozila sa jednim punjenjem. Češća i duža stajanja nisu praktična za putovanja na većim udaljenostima.
- **Vrijeme punjenja** – varira, ovisno o vrsti punionice, ali i u najboljim uvjetima električnom vozilu treba puno dulje da bi se napunilo. Brze punionice u 40 minuta mogu napuniti do 80% ukupnog kapaciteta, punionice kod kuće mogu kompletno napuniti preko noći, a konvencionalne punionice zahtijevaju skoro jedan cijeli dan za punjenje.
- **Pogodnost punjenja** – Traženje najbliže punionice još nije toliko jednostavno kao naći najbližu benzinsku postaju.
- **Trošak kupnje** – Ova tehnologija je i dalje u „dječjoj fazi“, a dijelovi se proizvode od individualno skupih dijelova (dijelovi baterije su najskuplji), stoga su ovakva vozila u početku skuplja od alternativa.

- **Masa i nosivost** – BEV tehnologija je teža, a trenutačnim manjim električnim dostavnim vozilima homologacijom se povećava bruto nosivost kako bi održali isti kapacitet kao ne-električni ekvivalenti. Time je nosivost električnih kombi vozila povećana sa 3,5 tone na 4,25 tone (masa baterije).
- **Varijacije dometa** – kao i sa svim kombi vozilima, proizvođačeve karakteristike efikasnosti za električna vozila treba uzeti sa dozom rezerve. Većina proizvođača tvrdi da će EV sa jednim punjenjem prijeći do 170 km, no u praktičnoj primjeni taj iznos je bliži 120 km. Na domet također utječu i drugi faktori kao što su masa robe koja se prevozi, način vožnje te vremenski uvjeti (zimski uvjeti generiraju povećanu potrošnju energije).
- **Gubitak učinkovitosti baterije** – baterije gube kapacitet s vremenom te postepeno počinju zadržavati manje energije, iz tog razloga baterije imaju produljena jamstva (najviše do 8 godina).
- **Pad vrijednosti** – u ovom trenutku, nesigurnost tržišta električnim vozilima rezultira bržim padom vrijednosti od primjerice kombi vozila na *diesel* pogon. Renault uvodi model *leasinga* na baterije za svoja električna kombi vozila, ali to nije značajno utjecalo na prodaju i vrijednost.

### 3. MODELI UPRAVLJANJA VOZIM PARKOM

#### 3.1. Sustavi za upravljanje vozim parkom

*Fleet management system* (FMS) ili sustavi za upravljanje vozim parkom, neizostavni su dio poslovanja suvremenih transportnih poduzeća jer pridonose povećanju učinkovitosti poslovanja i unaprjeđuju proces poslovnog odlučivanja. Njihovi temelji sežu u 1980-e godine kada su se računala ugrađivala u vozila i povezivala s raznim satelitskim i zemaljskim bežičnim mrežama. Iako je primjena sustava za upravljanje vozim parkom usmjerena na transportna i logistička poduzeća, ti se sustavi sve više koriste u raznim djelatnostima, npr. pomorskom prometu, trgovini, servisno-montažnim tvrtkama, komunalnim poduzećima, autoškolama, taksi i dostavnim službama, službama za spašavanje, građevinskim tvrtkama.

*Fleet management* podrazumijeva cjelokupnu infrastrukturu i suvremena tehnološka rješenja koja omogućuju upravljanje flotom vozila u smislu automatizacije i optimizacije poslovnih procesa uz povezivanje svih segmenata poslovanja kao što su disponiranje, nabava, komunikacija, navigacija, računovodstvo i financije u jedinstven sustav koji je lako kontrolirati i optimizirati.

Upravljanje vozim parkom podrazumijeva dio informacijskog sustava za potporu odlučivanju u poduzećima koji se bave prijevozom roba i ljudi. Pod vozim parkom podrazumijeva se skup svih transportnih sredstava nekog transportnog poduzeća. Vozni park može se nazvati i flota vozila. Flota predstavlja skupinu službenih i gospodarskih vozila. To mogu biti teretna i dostavna vozila, autobusi, zrakoplovi, taksi vozila, teretna motorna vozila, tegljači, poluprikolice, prikolice. [8]

Glavni elementi svakog FMS (*Fleet Management System*) sustava: [9]

- Registracija vozila (stanje pneumatika, održavanje, potrošnja, detalji vožnje...)
- Praćenje vozila (GPS, *real time* komunikacija)
- VMS (*Vehicle Management System* - sustav podataka)
- Prediktivno održavanje (analiziranje 'zdravlja' vozila, potencijalni kvarovi, plan održavanja)
- Ugovaranje transporta (najbitnije informacije o prijevozima)

- Automatizacija procesa

### 3.2. Vozni park logističkog poduzeća

Ovo poglavlje odnosi se na sastav i eksploatacijske značajke dostavnih vozila u voznom parku Atlantic grupe. Atlantic grupa d.d. hrvatska je multinacionalna tvrtka koja se bavi proizvodnjom, razvojem, prodajom i distribucijom. Tvrtke u vlasništvu Atlantic grupe rasprostranjene su u osam zemalja, a zaposleno je preko pet tisuća ljudi. Distribucija je jedan od važnijih procesa u njihovom poslovanju što je vidljivo iz konteksta stalnog napretka i investiranja u logističke procese.

Vozni park većinski se sastoji od dostavnih vozila u najmu, točnije vozila su u operativnom *leasingu* što znači da ih nakon isteka ugovora vraćaju i mijenjaju se za novo vozilo. U Tablici 3. zamjena vozila prikazana je sa vrijednošću '1', a promatrani uzorak je 23 vozila koja u jednom radnom danu u prosjeku prijeđu 141 km.

Tablica 3. Vozni park Atlantic grupe (Bionatura-Bidon vode) za dostave u gradu Zagrebu i okolici

TIP	31.12.2018	31.1.2019.	28.02.2019.	31.03.2019.	30.4.2019	31.5.2019	28.6.2019	Suma ukupno po vozilu [km]	Suma po vozilu u danu [km]
IVECO DAILY 70C15	23558	25936	28678	28759	30333	32268	34563	11005	91,71
IVECO DAILY 65C15V E	36892	37910	39333	40457	41516	42883	1	5991	49,93
IVECO DAILY 65C15V E	28987	30174	31500	32676	33982	34301	1	5314	44,28
IVECO DAILY 65C15V E	34694	35532	37535	40116	42714	43763	44517	9823	81,86
DACIA DOKKER	99110	102787	105733	109450	113261	113261	120791	21681	180,68
DACIA DOKKER	85390	86580	88365	90430	92475	94310	96425	11035	91,96
DACIA DOKKER	83650	85157	86102	89130	90231	91918	93905	10255	85,46
DACIA DOKKER	55949	58127	59915	62100	64067	65826	1	9877	82,31
DACIA DOKKER	76492	77931	80112	83996	87438	90737	94040	17548	146,23
DACIA DOKKER	46200	48077	50900	52050	54987		59500	13300	110,83
DACIA DOKKER			3416	6766	10574	13337	16805	16805	140,04
DACIA DOKKER			1470	4038	5814	7760	9628	8158	101,98
DACIA DOKKER							20030	20030	1001,50
RENAULT MASTER	32076	33322	34469	35673	36617	37587	38500	6424	53,53
RENAULT MASTER	52028	58371	63305	68769	74372	78635	82108	30080	250,67
RENAULT MASTER							870	870	43,50
RENAULT MASTER	76362	77845	78800	80770	81965	83628	84929	8567	71,39
RENAULT MASTER	50979	52278	53100	53856	55104	56072	57135	6156	51,30
RENAULT MASTER	38917	41012	43000	43801	46222	47157	48776	9859	82,16
RENAULT MASTER	71312	71876	75258	76000	79392	83209	86896	15584	129,87
RENAULT MASTER	24908	30859	36965	43004	47368	48200	54012	29104	242,53
RENAULT MASTER	15940	17390	18500	20872	21891	25433	25433	9493	79,11
RENAULT MASTER							778	778	38,90
								Prosjek [km]	12075,65
									141

Izvor: [10]

Vozni park se sastoji od četiri modela vozila i razlikuju se po nosivosti: [10]

- Iveco Daily 70C15VE5 – 4020 kg

- Iveco Daily 65C15VE5 – 3438 kg

- Dacia Dokker – 714 kg

- Renault Master – 1316 kg

U prosjeku navedena vozila ukupno prijeđu preko 12 tisuća km u šest mjeseci, a prikazani su i mjesečni troškovi leasinga za svako od vozila u razdoblju prvih šest mjeseci u 2019.godini.

### **3.3. Plan poslovanja voznog parka logističkog poduzeća**

Prema elementima FMS-a na početku poglavlja, analiziraju se podaci voznog parka za dostavu vode Atlantic grupe. U ove iznose nisu uračunate nastale štete i trošak osiguranja, ali su iznosi *leasing* rata prilagođeni nastalim štetama (ili *malusima*) koje su akumulirane u prošlom razdoblju. Troškovi goriva i cestarina za šest mjeseci, te plan otplate rata operativnog *leasinga* za naredno razdoblje prikazani su u Tablici 4.

Tablica 4. Ukupni troškovi voznog parka za 6 mjeseci

TIP	Troškovi goriva i cestarina za 6 mjeseci	Plan leasing otplate za 6 mjeseci						UKUPNO
IVECO DAILY 70C15	9904,50	4619	4619	4619	4619	4619	4619	37619
IVECO DAILY 65C15V E	5391,90	2493	2493	2493	3250	3250	3250	22621
IVECO DAILY 65C15V E	4782,60	2493	2493	2493	3250	3250	3250	22012
IVECO DAILY 65C15V E	8840,70	2493	2493	2493	3250	3250	3250	26070
DACIA DOKKER	19512,90	1664	1664	1664	1664	1664	1664	29497
DACIA DOKKER	9931,50	1664	1664	1664	1664	1664	1664	19915
DACIA DOKKER	9229,50	1621	1621	1621	1621	1621	1621	18954
DACIA DOKKER	8889,30	1621	1621	1621	1621	1621	1621	18614
DACIA DOKKER	15793,20	1621	1621	1621	1621	1621	1621	25518
DACIA DOKKER	11970,00	1730	1730	1730	1730		1730	20621
DACIA DOKKER	15124,50			1621	1621	1621	1621	21608
DACIA DOKKER	7342,20			1621	1621	1621	1621	13826
DACIA DOKKER	18027,00						1664	19691
RENAULT MASTER	5781,60	2502	2502	2502	2502	2502	2502	20796
RENAULT MASTER	27072,00	2502	2502	2502	2502	2502	2502	42087
RENAULT MASTER	783,00						2502	3285
RENAULT MASTER	7710,30	3250	3250	3250	3250	3250	3250	27210
RENAULT MASTER	5540,40	3250	3250	3250	3250	3250	3250	25040
RENAULT MASTER	8873,10	2502	2502	2502	2502	2502	2502	23888
RENAULT MASTER	14025,60	2502	2502	2502	2502	2502	2502	29040
RENAULT MASTER	26193,60	2502	2502	2502	2502	2502	2502	41208
RENAULT MASTER	8543,70	3250	3250	3250	3250	3250	3250	28044
RENAULT MASTER	700,20						2502	3203
		45902	45902	49143	51414	49684	58083	

Izvor: [10]

Približan trošak plana *leasing* otplate voznog parka sačinjenog od 23 kombi vozila (dizel pogon) za šest mjeseci iznosi 550 tisuća HRK (iz računa osiguravajuće kuće), a troškovi goriva i cestarine iznose još 250 tisuća HRK (podaci INA-e i HAC-a). Iz tih podataka dobiva se minimalan ukupan trošak voznog parka od 800 tisuća HRK. Prazne ćelije predstavljaju razdoblje kada određeno vozilo nije u upotrebi (zamjena, kvar ili servis vozila). Zamjenom dijela vozila s električnim vozilima i nastalom uštedom na troškovima goriva investicija se može isplatiti uz jednake trenutne troškove održavanja voznog parka.

## 4. UTJECAJ NABAVE ELEKTRIČNOG VOZNOG PARKA NA TROŠKOVE U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI

Jedan od većih problema za razvitak društva i poslovanja predstavlja održivost. Sve veća zabrinutost za okoliš, točnije mogućnost klimatskih promjena i globalno zatopljenje, pomaknula je ljudski fokus s ekonomskih aktivnosti na dugoročnije očuvanje Zemlje. Definicija održivosti potječe iz 1987. godine gdje se pojavljuje u izvješću Ujedinjenih naroda:

*„Zadovoljavanje potreba današnjice bez kompromitiranja mogućnosti budućim generacijama da ispune vlastite potrebe.“*

Iz tog razloga za svako planiranje budućih poslovanja moraju se uzeti u obzir i potrebe budućih generacija.

### 4.1. Održivost u prijevoznoj logistici

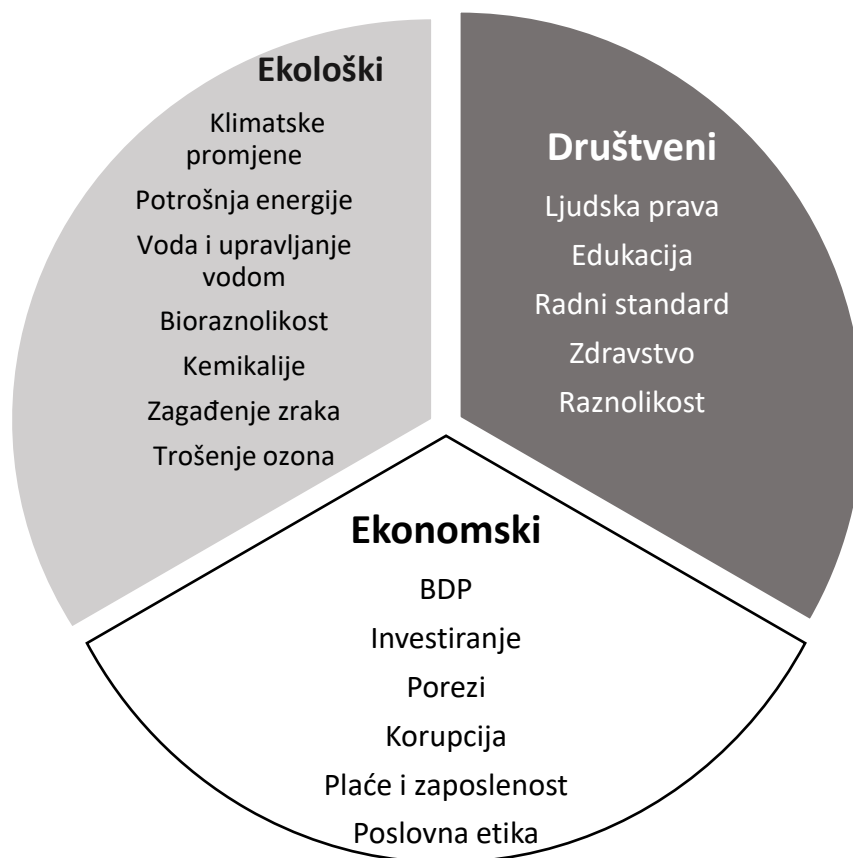
Definicija održivosti nadalje se može prikazati kroz odnos utjecaja na okoliš, na ljude i na ekonomski segment. Naglašava se važnost proučavanja utjecaja na poslovne odluke kroz ovaj trostruki segment: [11]

- Ekološki (zagađenja, klimatske promjene, trošenje prirodnih resursa, itd.)
- Ekonomski (utjecaj na standard i financijsku sigurnost, profitabilnost poduzeća, itd.)
- Društveni (smanjenje siromaštva, poboljšanje životnih uvjeta, itd.)

Ova tri segmenta održivosti međusobnim povezivanjem omogućuju poduzećima da njihova poslovanja budu potpuno održiva, obračavajući pažnju na širi utjecaj kako bi se zdravije razvijala te bila profitabilna. Ta povezanost grafički je prikazana slijedećim modelom održivosti naziva 3P (profit, people, planet) u Grafionu 2. koji zajedno omogućavaju razvitak i održivost.



Grafikon 2. Model održivosti 3P (planet, people, profit)

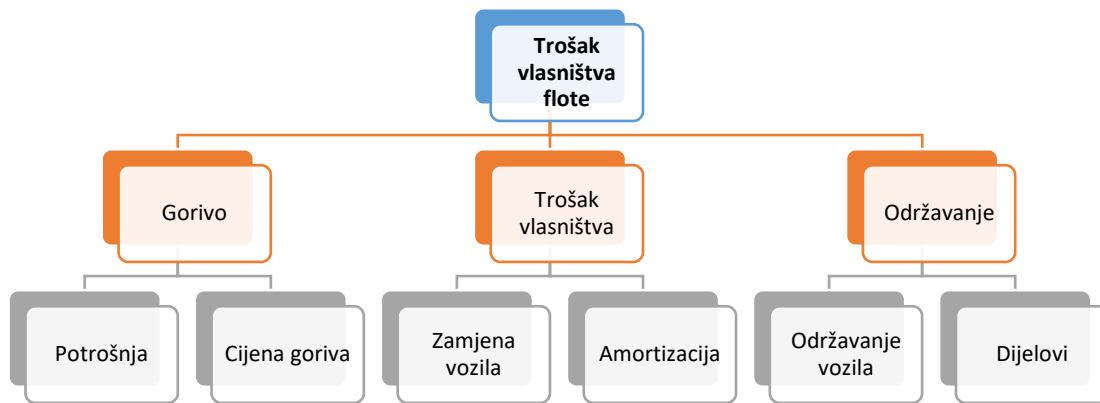


Izvor: Izradila autorica prema [11], str.270

Međusobni utjecaj ovih segmenata vidljiv je u svakom planu razvoja poslovanja. Prilikom strateškog planiranja moraju se u obzir uzeti ekološki i ekonomski segmenti koji imaju povoljan utjecaj na društveni segment, primjerice zagađenje okoliša indirektno utječe na zdravstvo i investiranje. Isto tako vrijedi za bilo koji od navedenih segmenata. [11]

#### 4.2. Ukupan trošak vlasništva

Kako bi se pristupilo financijskom planiranju za vozni park s očekivanjem optimalnog rješenja, treba raščlaniti ukupne troškove vlasništva na manje segmente. Radi boljeg razumijevanja, TCO (Total Cost of Ownership – TCO) shematski se prikazuje kao u Grafikonu 3.



Grafikon 3. Shematiski prikaz ukupnog troška vlasništva voznog parka

Izvor: [14]

Ukupan trošak vlasništva flote raščlanjuje se na troškove goriva (cijena i potrošnja pogonskih energenata), vlasništva nad flotom (kupnja, zamjena vozila) i održavanja (servis i dijelovi).

Za izračun ukupnih troškova vlasništva (TCO) u logističkom poduzeću koristi se sljedeći matematički izraz (1): [12]

$$TCO = Inv + Fix + Oper = \sum_{t=0}^T \frac{Inv_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{Fix_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{Oper_t}{(1+r)^t}. \quad (1)$$

$Inv_t$  – jednokratno ulaganje u periodu  $t$  (pr. nabavka vozila i izgradnja infrastrukture)

$Fix_t$  – periodični (godišnji) troškovi (pr. porezi, održavanje)

$Oper_t$  – operativni troškovi zavisni o prijeđenoj udaljenosti (pr. cijena goriva ili energenata)

$r$  – stopa troška

Obračun troškova prema metodi ukupnih troškova vlasništva usmjeren je na utvrđivanje ukupnih troškova nabave pojedinog proizvoda ili usluge od određenog dobavljača, pri čemu ukupne troškove čine nabavni troškovi objekta nabave i ostali troškovi koji nastaju pri nabavi, posjedovanju, korištenju i naknadnom zbrinjavanju. TCO analiza se često koristi pri izboru i evaluaciji dobavljača. Tradicionalni pristup podrazumijeva izbor dobavljača isključivo na temelju cijene ili kombinacije cijene i



kvalitativnog vrednovanja značajki dobavljača. Međutim, takav pristup ne uzima u obzir sve troškove povezane s dobavljačem te interne troškove u vezi s proizvodom koji nastaju nakon nabavnog procesa.

Iako je koncept ukupnih troškova vlasništva razumljiv, složenost prikupljanja potrebnih podataka otežava njegovu implementaciju u praksi. Postojeći informacijski i računovodstveni sustavi često onemogućuju dobivanje podataka u obliku prikladnom za TCO analizu pa se podaci trebaju prikupljati ručno, a razvoj i implementacija sustava zahtijevaju znatna ulaganja u obliku ljudskih i materijalnih resursa. Unatoč navedenim poteškoćama, primjena TCO analize ima brojne prednosti te utječe na razumijevanje odnosa između troškova i dobavljača, poboljšava načine mjerenja učinkovitosti i izvedbe dobavljača te njihov odabir, ojačava internu i eksternu komunikaciju i sl. [13]

Kod uvođenja električnog voznog parka, troškovi početnih ulaganja su mnogo viši od nabavke klasičnog voznog parka, ali smanjuju se troškovi održavanja zbog manje kvarova i manje dijelova od kojih su električna vozila sastavljena, te troškovi goriva koji su svedeni na minimum. U sljedećoj usporedbi u Tablici 5. prikazani su troškovi nabavke većeg dostavnog vozila i električnog ekvivalenta dostupnog na tržištu.

*Tablica 5. Usporedba vozila sa unutrašnjim sagorjevanjem i električnog vozila, nosivosti 12 tona*

	<b>MAN TGL</b>	<b>EMOSS CM1216</b>
Trošak kupnje	547.500 HRK	1,168.000 HRK
Godišnji porez	3.898,2 HRK	0
Godišnja bruto plaća vozača	200.000	200.000
Kapacitet baterije	/	160 kWh
Potrošnja	0,19 l/km	0,73 kWh/km
Cijena goriva	9,90 kn/l	0
Punionice	/	32.850 HRK

Ekvivalent CO2	2624,89 gCO2/kWh	507,97 gCO2/kWh
Izgled vozila		

Izvor: [13]

Odmah se mogu uočiti velike razlike u cijeni što nabavku električnog vozila nosivosti 12 t čini neisplativom. Iz tog razloga, trenutno je jedino isplativo ulaganje u manja dostavna vozila.

U ovoj analizi korišteni su podaci eksploatacije za vozilo s unutrašnjim sagorjevanjem nosivosti 12 t te podaci za električni ekvivalent iste nosivosti. U ovu analizu nisu uračunati troškovi izgradnje infrastrukture za punjenje. Svi troškovi računati su prema podacima istraživanja ELMO koje je provedeno od strane njemačkog dobavljača pod nazivom TEDI. Podaci o cijenama vozila, energenata, potrošnji te troškovi plaća vozača vrijede za logističko poduzeće TEDI koje distribuira neprehrambene proizvode po cijeloj Europi kroz 1400 maloprodajnih mjesta. [13]

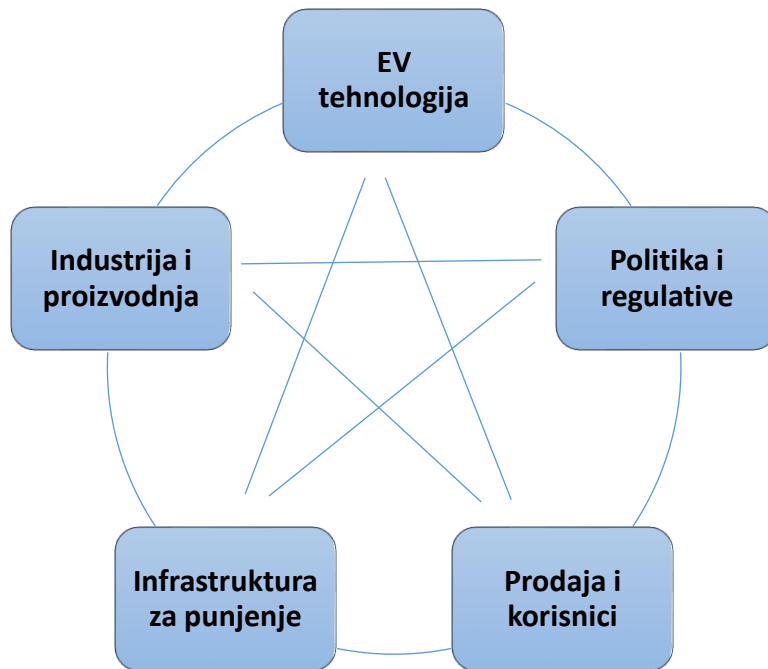
#### 4.3. Poticaji za nabavu električnog voznog parka

Potaknuta padanjem cijene baterija, današnja politika električnih vozila fokusira se na ubrzanju elektrifikacije putničkih i gospodarskih vozila, a pritom se ne pridodaje pažnja vrstama pogodnih električnih baterija i prisutnoj infrastrukturi za punjenje. Jak utjecaj takve politike pogoduje razvoju samo nekih tipova električnih vozila. Slaba rasprostranjenost infrastrukture za punjenje i kratki dometi električnih vozila čine ih skupima i neisplativima za duže rute. Visoka cijena zasad nije inicirala veće poticaje i

ulaganja za proizvođače, a jedino je na taj način moguć pad cijena baterija. Tek tada na snagu može stupiti i prestanak sufinanciranja. [14]

Kompleksan odnos razvoja i prihvaćanja električne tehnologije shematski se prikazuje kao na Grafikonu 4.

*Grafikon 4. Shematski prikaz povezanosti socio-tehničkog sustava električnih vozila*



Izvor: Izradila autorica prema [13], str.80

Problematika procesa razvoja i prihvaćanja tehnologije ovisi o određenom putu koji projicira efekte zastoja. Drugim riječima, inicijalni razvoj tipova električnih vozila i infrastrukture utjecati će na ponašanje i preferencije vlasnika vozila na način da će daljnjim razvojem biti dostupne samo neke vrste vozila. Razvoj samo određenih tipova vozila osim na tržište, direktno utječe i na oblikovanje politike i regulativa.

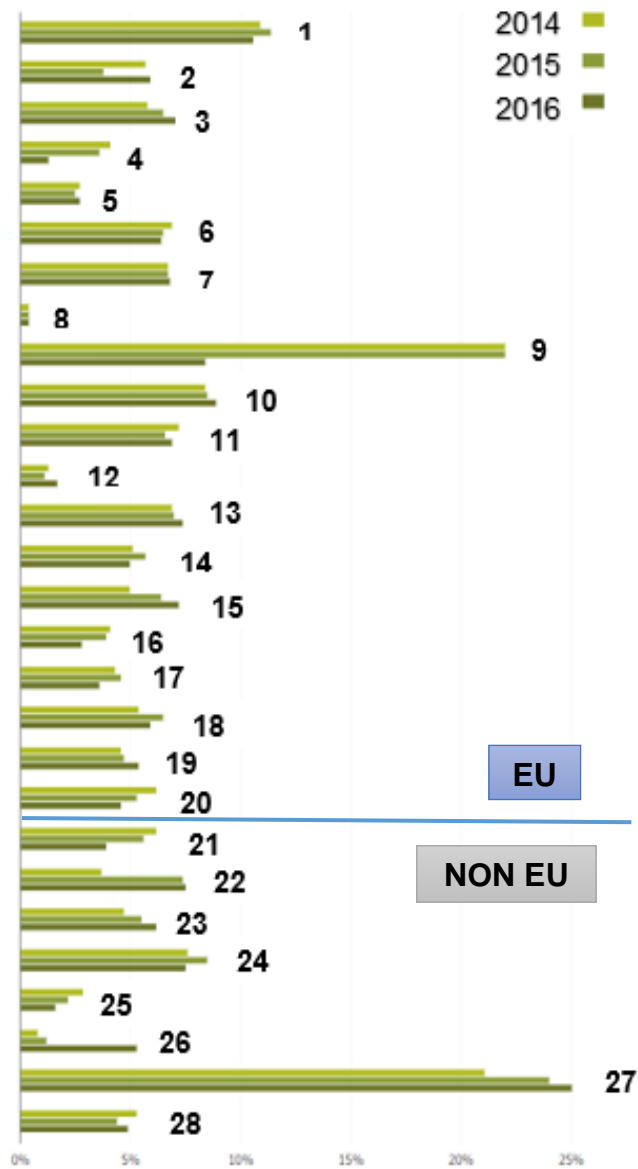
#### 4.3.1. Obnovljivi izvori energije

Između 2000. i 2016. godine, sektor transporta znatno je reducirao emisije određenih zagađivača zraka: sumpornih oksida, dušikovih oksida i krutih čestica. Pad se javlja zahvaljujući inicijativama o kvaliteti goriva, Euro norma standardima za vozila te upotreba „čišćih“ tehnologija. Isključujući zračni promet, svi modovi transporta pridonijeli su smanjenju štetnih emisija. Sektor transporta zaslužan je za više od pola svih emisija dušikovih oksida te znatno pridonosi i ostalim emisijama drugih zagađivača. Udio korištenja obnovljivih izvora energije u zemljama Europe za razdoblje 2014.-2016. prikazano je brojčano i grafički u Tablici 6.

*Tablica 6. Udio korištenja obnovljivih izvora energije u zemljama EU*

<b>Država</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
1) Austrija	10.9	11.4	10.6
2) Belgija	5.7	3.8	5.9
3) Bugarska	5.8	6.5	7.3
4) Hrvatska	4.2	3.6	1.3
5) Cipar	2.7	2.5	2.7
6) Češka	6.9	6.5	6.4
7) Danska	6.7	6.7	6.8
8) Estonija	0.4	0.4	0.4
9) Finska	22	22	8.4
10) Francuska	8.4	8.5	8.9
11) Njemačka	7.2	6.6	6.9
12) Grčka	1.3	1.1	1.7
13) Mađarska	6.9	7	7.4
14) Irska	5.1	5.7	5

Država	2014	2015	2016
15) Italija	5	6.4	7.2
16) Latvija	4.1	3.9	2.8
17) Litva	4.3	4.6	3.6
18) Luksemburg	5.4	6.5	5.9
19) Malta	4.6	4.7	5.4
20) Nizozemska	6.2	5.3	4.6



Izvor:[14]

Za navedenih 20 zemalja članica podaci su poznati Europskoj komisiji te su navedeni brojčano, dok ostalih osam koje nisu članice EU grafički su prikazane. Među njima posebno se ističe Norveška (broj 27 u grafičkom prikazu) po broju novih električnih vozila.

Na globalnoj razini, cestovni transport odgovoran je za 21% cjelokupne potrošnje energije i za 17% emisija ugljikovog dioksida u 2013. Razina emisija CO<sub>2</sub> u cestovnom transportu podjednako raste te će nastaviti rasti sve do progresivnije upotrebe obnovljivih izvora energije, posebice intenzivnijim ulaganjem u razvoj baterija i električnu infrastrukturu.

Iz navedenih razloga, elektrifikacija cestovnog transporta dobiva sve jaču podršku državnih vlada, ali i iz razloga ključnog ulaganja u industriju baterija koja ima sve važniju ulogu. Dok se u većini zemalja elektrifikacija tumači regulacijama, u Kaliforniji se ističe engl. *zero-emission vehicle (ZEV) mandate* koji izravno utječe na prodaju električnih vozila.

Regulative Europske Unije nalažu da se zemlje članice moraju pripremiti za budući nagli rast elektrifikacije i razviti infrastrukturu za punjenje.

Izravni poticaji za nabavku električnog voznog parka: [13]

- novčana potpora za kupnju vozila
- oslobođenje od poreza
- nenovčani poticaji – besplatan parking i dozvoljena vožnja po trakama s ograničenim prometom
- ulaganje u infrastrukturu za punjenje

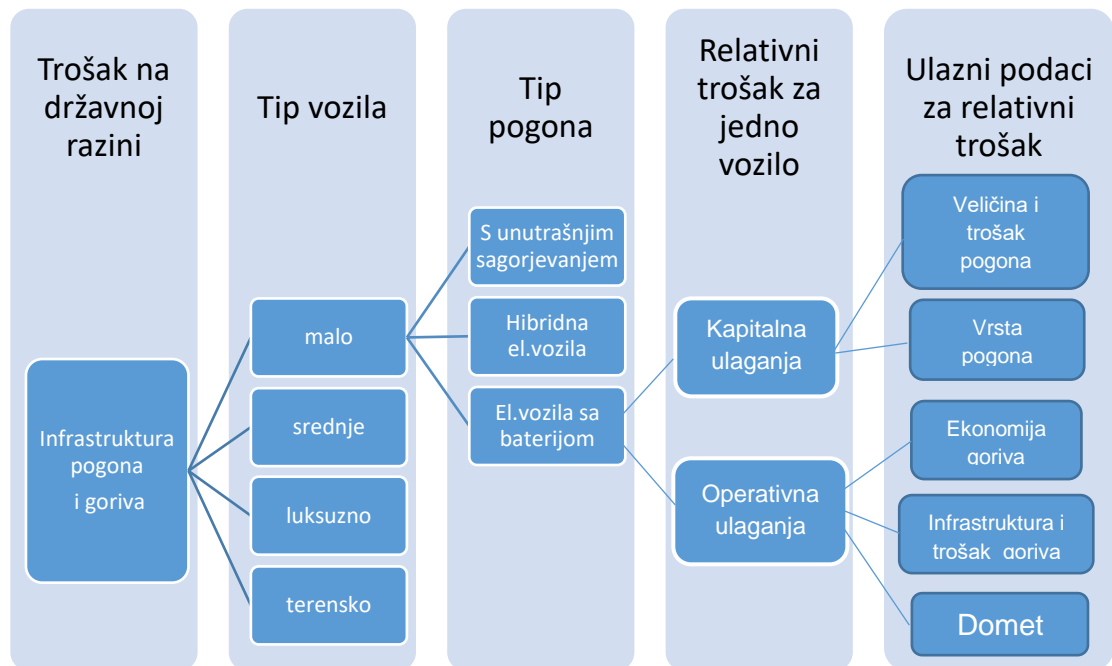
#### 4.3.2. Dodatni troškovi za flotu električnih vozila

Većina istraživanja odnosi se na detaljne troškove pogonskog sklopa električnih vozila i modeliranja performansi za različite tipove baterija da bi informirali odgovorne za upravljanje politikom. Tim istraživanjima zajednički je relativni trošak vlasništva (RCO – *Relative Cost of Ownership*) koji omogućuje procjenu troškova životnog vijeka za pojedinačna električna vozila te usporedbu sa različitim tipovima pogona. RCO ne



razmatra sve troškove održavanja i nabave, već samo one troškove koji su potrebni za usporedbu te ne uključuje podatke za flote vozila i pripadajuću infrastrukturu za punjenje. Sljedeći model prikazan u Grafikonu 5. osmišljen je za izračun dodatnih troškova vlasništva i smanjenja emisija za buduće flote električnih vozila te načine punjenja. [13]

Grafikon 5. Shematski prikaz modela za procjenu dodatnih troškova flote vozila za različita EV i tipove infrastrukture

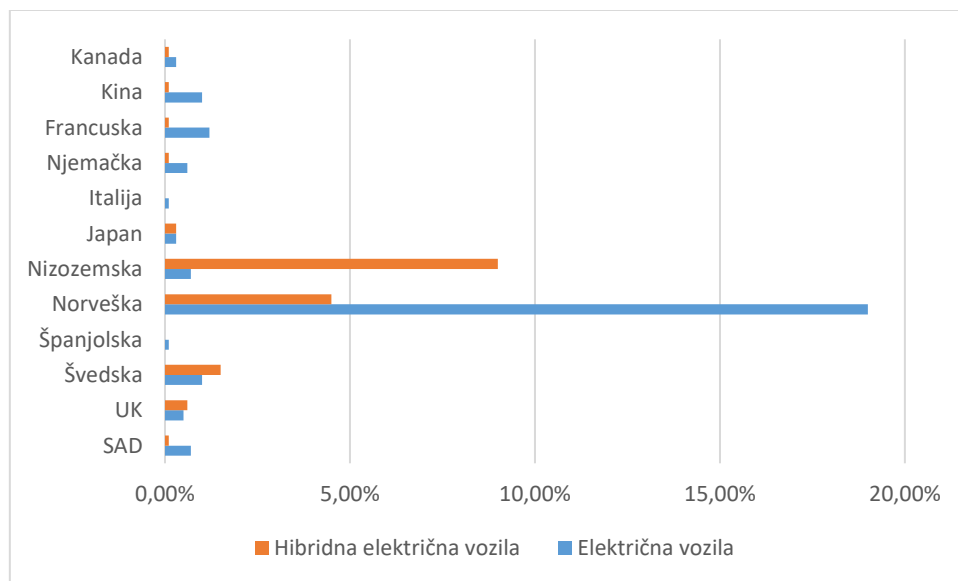


Izvor: Izradila autorica prema [13], str.81

Prikazani model za procjenu dodatnih troškova namijenjen je analizama flota putničkih automobila za izračun troškova nabavke električnih vozila i uštede za buduće generacije vozila te pripadajuću infrastrukturu. Izračun modela odnosi se na pojedina vozila te ih zatim integrira u cijelu flotu. Model je zasnovan na određenom broju specifičnih istraživanja i tehničkog modeliranja za potrebe *fleet managementa*.

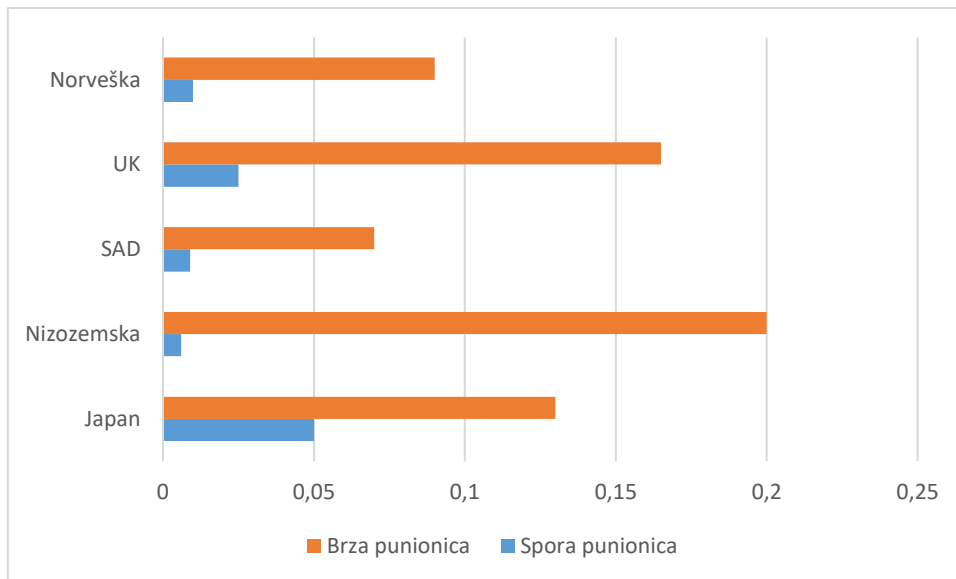
#### 4.3.3. Utjecaj elektrifikacije na širenje infrastrukture punionica

Dostupnost javne infrastrukture za punjenje električnih vozila snažno utječe na prihvaćanje BEV tehnologije. Iz tog razloga neke zemlje ubrzano grade infrastrukturu punionica iako potrebe tih zemalja ne zahtijevaju toliki broj punionica s obzirom na mali broj električnih vozila. Na taj se način smanjuje problem dometa EV za buduće generacije i njihove potrebe. Odnos broja električnih i hibridnih vozila, te gustoća rasprostranjenosti punionica po zemljama, prikazani su u Grafikonima 6. i 7.



Grafikon 6. Broj električnih i hibridnih vozila po zemljama u 2015. godini

Izvor: [13]



Grafikon 7. Odnos broja mjesta punionica i udjela broja električnih vozila od ukupnog po zemljama u 2015. godini za brze (gore) i spore (dolje) punionice

Izvor: [13]

Iako Norveška prednjači po broju električnih i hibridnih vozila, trenutno stanje infrastrukture nije dovoljno za sadašnje potrebe punjenja, a pogotovo stanje brzih punionica (eng. *fast charger*).

Japan se posebno ističe po broju *fast-charge* punionica dok im je broj električnih vozila minimalan. Vizionarsko ulaganje u Japanu primjer je dobre prakse kako budućim generacijama ostaviti korisnu infrastrukturu u nasljeđe, a time i smanjiti cijenu električnim vozilima. [13]

## 5. ELEMENTI UPRAVLJANJA ELEKTRIČNIM VOZIM PARKOM

Većina istraživanja o električnim vozilima odnosi se na komercijalna vozila kraćeg dometa i njihovo rutiranje s obzirom na javne dostupne punionice. Posebice u prijevoznj logistici, integrirano upravljanje rutama postaje neizbježno za operativan rad jer je dostavnim vozilima punjenje tijekom radnog dana obavezno. U ovom poglavlju nalazi se generički model upravljanja električnim vozim parkom temeljen na dosad poznatim modelima upravljanja i poznatim tipovima električnih vozila uz dodano operativno rutiranje s obzirom na lokacije punionica. Ovaj pristup naknadno je primjenjen na jednu logističku tvrtku.

### 5.1. Plan razvoja tehnologije i pada cijene baterije

Elektrifikacija voznog parka postaje globalni fenomen i mora se razmotriti iz više kuteva. SAD, Europa i Japan, najpoznatiji po regijama u kojima se automobilska industrija posebno razvija, već su objavili svoje ciljeve za razvoj baterija. U Sjedinjenim Američkim Državama, Konzorcij za napredna istraživanja (*United States Advanced Battery Consortium – USABC*) sastavljen je od tvrtki *Fiat Chrysler, Ford* i *General Motors* u partnerstvu s odjelom vlade zaduženim za upravljanje energijom. Europsko vijeće za automobilska istraživanja (*European Council for Automotive Research - EUCAR*) djeluje na području Europe. U Japanu, razvoj je podređen Ministarstvu financija (*Ministry of Economy, Trade and Industry – METI*) koje je za taj posao osnovalo agenciju za razvoj novih tehnologija (*New Energy and Industrial Technology Development Organization – NEDO*). [14]

Navedene organizacije predstavile su svoje ciljeve razvoja tehnologije baterija za komercijalna vozila već 2008. u Japanu (NEDO), 2009. u Europi (EUCAR) i 2013. godine u SAD-u. Ciljevi su navedeni u Tablici 7.

Tablica 7. Određeni ciljevi razine proizvodnje od strane Organizacija za razvoj

<b>Organizacija</b>	<b>USABC (2013)</b>		<b>EUCAR (2009)</b>			<b>NEDO (2008)</b>			
	<b>Paket</b>	<b>Ćelija</b>	<b>Paket</b>			<b>Modul</b>			
<b>Godina</b>	2020		2010	2015	2020	2008	2015	2020	2030
<b>Energija (Wh/kg)</b>	235	350	90-100	130-150	180-200	100	150	250	500
<b>Snaga (W/kg)</b>	470	700	400- 750	500-950	600- 1250	1000	1200	1500	1000
<b>Životno trajanje (g)</b>	15	15	8-10	10	15	5-8	8-10	10- 15	10- 15
<b>Trošak (\$/Wh)</b>	0,125	0,1	0,4-0,5	0,3	0,15	1-2	0,3	0,2	0,1

Izvor: [14]

U ovoj tablici pretpostavljeno je da će se tek za 11 godina razviti modul baterije koja može proizvesti 1000 Wh/kg ili jednostavnije 1 kW za 1 kg mase. Nezaustavljivi razvoj ove tehnologije svakim danom napreduje i unaprijeđuje postavljene rokove i ciljeve razvoja. Švicarska tvrtka *Innolith*, poznati je proizvođač baterija za električna vozila sa laboratorijima smještenim u Njemačkoj koja trenutno testira baterije za električna vozila koja bi mogla imati domet do 1000 km. Otkriven je novi kemijski proces koji je još u fazi usavršavanja, a trenutačne mogućnosti takve baterije rezultiraju pojačanom snagom motora. Kako se tehnologija baterija rapidno razvija, u sljedećih nekoliko godina vozni parkovi mogli bi se početi izmjenjivati. [15]

## 5.2. Strateško planiranje na temelju infrastrukture za punjenje

Razni matematički pristupi determinirani su da optimiziraju problem lociranja infrastrukture za punjenje električnih vozila. Postoje tri tipa pristupa koji se mogu primijeniti na problem lociranja: gravitacijski, baziran na protoku i lokacijski. Iako se prva dva pristupa uglavnom temelje na javnoj infrastrukturi, ona se kasnije može prenamijeniti i za flote dostavnih vozila.

Kod gravitacijskog pristupa, potražnja za punjenjem već je unaprijed poznata i raspodjeljena na određene točke na karti, tj. lokacijama punionica. Nakon lociranja, za različite flote vozila (taksi vozila, mopedi ili putnička vozila) postoje međusobno različite punionice koje se dodjeljuju potražnji.

Pristup koji se bazira na protoku nema unaprijed poznatu pojedinačnu potražnju već je ona definirana procjenama prometnog toka. Ovaj pristup korišten je kod planiranja mreže benzinskih postaja.

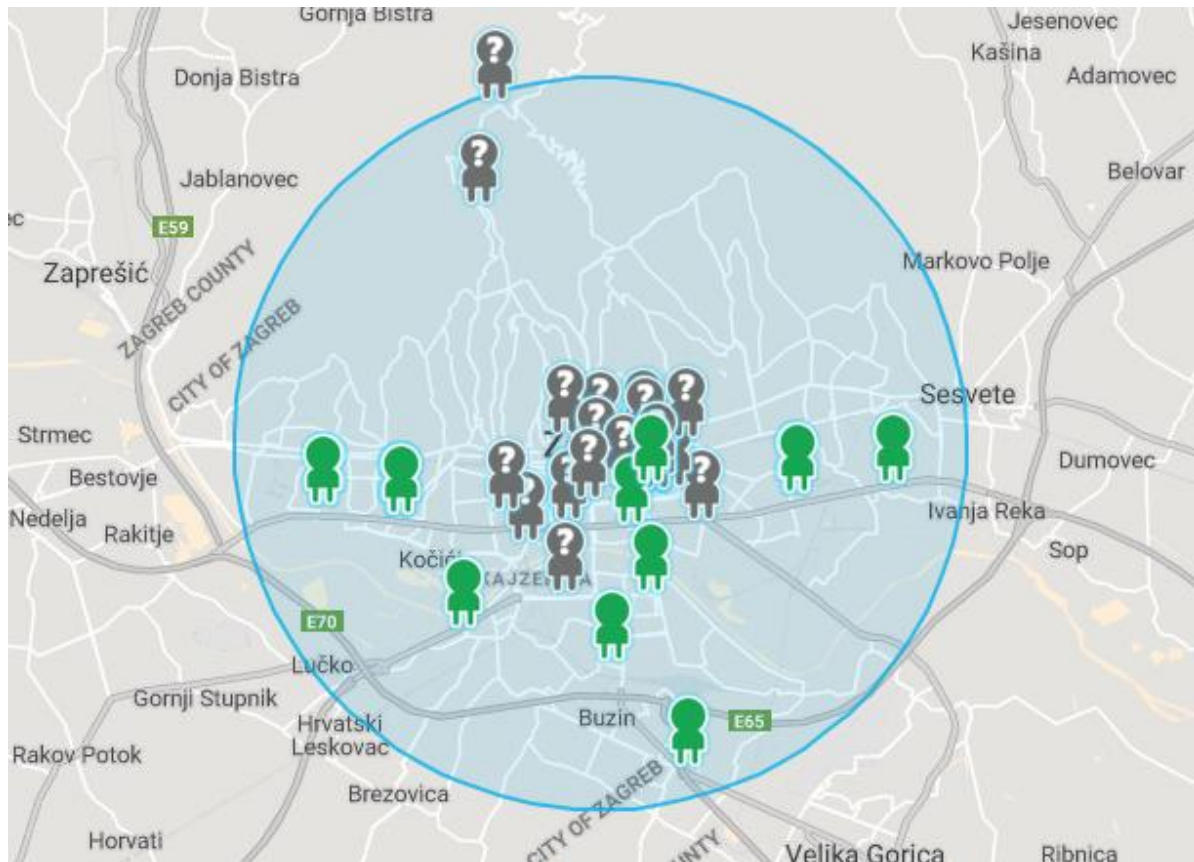
Planiranje infrastrukture za punjenje električnih vozila generalno ovisi o očekivanoj potražnji i dnevnim rutama vozila. Logističkim operaterima za integrirano planiranje isto tako je bitno odrediti dnevne rute na temelju optimalnih punionica na ruti. [16]

### **5.3. Električne punionice u gradu Zagrebu**

Energija za električne i hibridne automobile u Hrvatskoj dosad je bila besplatna, a tijekom ove godine polako će otići u prošlost jer vlasnici e-punionica u Hrvatskoj kreću u naplatu struje za električna vozila.

Prema dostupnim statističkim podacima, Hrvatska trenutno ima električne punionice na 272 lokacije sa 693 priključka. U HEP-u, koji širom Hrvatske ima 65 brzih punionica od minimum 22 kW najavljuju početak naplate do kraja godine. "Punjenje je zasad još besplatno, ali neće tako ostati, jer električna energija nije besplatna ni pružateljima te usluge. Trenutno razmatramo vrstu i razinu naplate – po punjenju, po frekventnosti lokacije, po vremenu provedenom na punionici, po prenesenoj električnoj energiji ili po angažiranoj snazi (brzini punjenja)", službeni je odgovor HEP-a. Najveći broj javnih punionica u rad je pustio Hrvatski telekom, njih 125 na kojima se nalazi 170 mjesta za punjenje. U HT-u naglašavaju da su oni operator mreže punionica i pružatelj usluge punjenja, ali nisu vlasnici punionica nego ih, sa svojim partnerima, postavljaju i održavaju za pojedinog investitora, odnosno vlasnike ili korisnike lokacija. Zasad se samo na sedam punionica koje je postavio HT punjenje električnih vozila naplaćuje i to po minuti punjenja. [17]

Lokacije sporijih i bržih javnih električnih punionica u gradu Zagrebu i radijusu od 10 km prikazane su na Slici 3.



Slika 3. Lokacije električnih punionica u gradu Zagrebu

Izvor: [18]

Na slici su prikazana dva tipa električnih punionica:



sporije (kapacitet: 22 kW i manje)



brže (kapacitet: 33 kW i više)

U gradu Zagrebu i u okruhu radijusa 10 km trenutno postoji 38 električnih punionica. Popis javno dostupnih brzih punionica u Zagrebu i okolici je sljedeći: [18]

BP Rox, Genera 1 (Kalinovica), HAK – Zagreb, Hotel Stella (Veliko Polje), Hrvatski Telekom HQ, HT Sky Tower: Ulica Roberta Frangeša Mihanovića 9 (3 mjesta),

Jankomir 33 (City Center one West – 2 mjesta), Kaufland Lanište Zagreb, Kaufland Soboština Zagreb, Slavonska avenija 11d (City Center one East – 2 mjesta), Capraška ulica 6 (Zagreb), Double Tree by Hilton Hotel (3 mjesta, Zagreb), FSB 1 i 2 (Zagreb), Garaža Kvaternikov trg, Garaža Langov trg, Garaža Tuškanac, Hotel Tomislavov dom (Zagreb), Martićeva 69 (Garaža Gorica), Garaža Petrinjska, Radnička cesta 49 (Super Konzum), Radnička cesta 52 (Green Gold Club – 3 mjesta), Savska cesta 163 (EIHP), Strojarska cesta 20, Trešnjevka, Park stara Trešnjevka 4, Trg J.F Kennedyja 8, Trg Stjepana Radića 1 (Gradsko poglavarstvo), Utvrda Medvedgrad, Velesajam, Avenija Dubrovnik 15, Zavrtnica 17.

### 5.3.1. Frekventnost punjenja

Za procjenu izgubljenog vremena prilikom punjenja za konvencionalna vozila potrebno je otprilike šest minuta (ulazak na benzinsku postaju, čekanje, punjenje rezervoara, plaćanje i odlazak sa postaje). U slučaju električnih vozila rezervoar je zamijenjen sa baterijom i može se postići smanjenje frekventnosti punjenja. Za usporedbu kod različitih pogona, potrebno je u obzir uzeti kompletno korisnikovo vrijeme utrošeno na punjenje rezervoara ili baterije te vrijeme eksploatacije vozila.

Životni ciklus punjenja za vozilo računa se po sljedećoj jednadžbi (2): [14]

$$\text{Frekventnost punjenja} = \frac{\text{Ukupna kilometraža}}{\text{Rezervoar} \times \text{Efikasnost energenata}} \left( \frac{\frac{\text{km}}{\text{god}} \times \text{god. eksploatacije vozila}}{\text{l ili kW} \times \frac{\text{km}}{\text{l ili kW}}} \right) \quad (2)$$

Analiza ponašanja vozača električnih vozila pokazala je da se 82% svih punjenja baterija odvija kod kuće kada koriste vlastitu infrastrukturu i opremu. Ostatak punjenja odvija se na punionicama kod shopping centara, barova, restorana i poslovnih zgrada. Na taj način postiže se korisno iskorištenje vremena i time se ne gubi vrijeme za punjenja na putu. Jedini uočeni gubitak vremena procijenjen je na 26 minuta, a odnosi se na punjenje potpuno prazne baterije do iduće punionice. Na ovaj događaj odlazi 5% ukupnog godišnjeg vremena punjenja u urbanim sredinama. Ostatak ciklusa punjenja odvija se kod kuće ili za vrijeme radnog vremena kada vozilo stoji na parkirnom mjestu. Izračun se može primijeniti za logistička poduzeća na način



da već postoji infrastruktura za punjenje, a vozila se mogu puniti preko noći te prilikom utovara. [14]

### 5.3.2. Frekventnost održavanja

Održavanje vozila uključuje popravak vozila ili zamjenu dijelova te odlaganje neispravnih dijelova. Frekventnost održavanja za zamjenu dijelova kod dizelskih vozila tijekom životnog ciklusa procijenjen je na 22 puta, a svaki vozač time gubi otprilike dva sata za odvoz i prikup vozila. Podaci o troškovima održavanja hibridnih i električnih vozila su limitirani zbog premalog broja vozila u vlasništvu. Za električna vozila raspored održavanja (isključujući teške operativne uvjete) zahtijeva frekventnost održavanja 10 puta za prijeđenih 144 tisuća km. Troškovi održavanja električnih vozila su mnogo niži od vozila pogonjenih motorom s unutrašnjim sagorjevanjem. Bateriji nije potrebno održavanje i time smanjuje troškove za 50% uspoređujući sa benzinskim ili dizelskim vozilima koja su sačinjena od puno više dijelova koja traže česte servise. Zamjena ulja i filtera nije potrebna, a rjeđi su i popravci kočnica, remena, guma, pumpa te isušnih ventila. Kod baterija visokih performansi zbog neodređenosti trajanja životnog vijeka vozila, točan trošak zamjene baterije nije poznat. Trenutačne garancije za baterije variraju: [14]

- 1) Osam godina garancije ili nakon prijeđenih 160 tisuća km - baterije kapaciteta 30 kW
- 2) Pet godina garancije ili nakon prijeđenih 100 tisuća km - baterije kapaciteta 24 kW
- 3) Bez garancije za degradaciju baterije (Tesla vozila)

### 5.4. Rutiranje električnih vozila

Problem rutiranja vozila (VRP- *Vehicle Routing Problem*) često se koristi za planiranje ruta logističkim voznim parkovima. Cilj je isplanirati rute sa minimalnim prijeđenim udaljenostima i sa minimalnim nastalim troškom. Nekoliko nedavnih

istraživanja bazira se na VRP modelu sa usputnim zaustavljanjima za punjenje električnih vozila. Pa tako postoje dva načina rutiranja: [16]

- 1) ekološki VRP fokusiran na usputne postaje za punjenje vozila sa pogonom na alternativna goriva
- 2) električni VRP sa vremenskim prozorima fokusiran na punjenje električnih vozila.

Daljnji nastavci istraživanja električnog VRP modela odnose se na tehnologije za punjenje, prikazivanje potrošnje energije, zamjenu baterija, egzaktne algoritme za izračunavanje ruta te djelomično punjenje. Ovi pristupi odnose se na samo neke karakteristike električnih vozila, dok tehničke značajke kao što je degradacija baterije, nisu uzete u obzir. [16]

#### **5.4. Degradacija baterije**

U troškove održavanja električnog voznog parka treba smjestiti i degradaciju baterije vozila. Proces pražnjenja prisutan je kod litijskih baterija te je moguće samo djelomično povratiti puni kapacitet jednom kad se baterija počne trošiti. Tehničke značajke baterije opadaju sa procesom starenja baterije. Efekti degradacije dijele se na: kalendarsko i cikličko starenje.

Kalendarsko starenje rezultat je kemijskih reakcija tijekom starenja baterije i većinom nije povezano sa korištenjem baterije. Ovaj proces narušava snagu motoru. Efekti kalendarskog starenja mogu se smanjiti ako:

- baterija nije dugo pohranjena i češće se koristi,
- baterija nije izložena visokim temperaturama.

Cikličko starenje rezultat je urušavanja kristalne strukture medija za pohranu energije prilikom nastalog mehaničkog stresa zbog konstantne izmjene procesa punjenja i pražnjenja. Mehanički stres proporcionalan je odnosu dubine pražnjenja i sveukupnom vremenskom razdoblju ciklusa punjenja i pražnjenja. Zbog toga treba izbjegavati duge cikluse punjenja i pražnjenja kako bi se cikličko starenje svelo na minimum. Procesu

punjenja na niskim temperaturama također pospješuju degradaciju. Cikličko starenje može se umanjiti izbjegavanjem:

- dugih ciklusa punjenja i pražnjenja

- duboke razine pražnjenja

- punjenja na niskim temperaturama.

Više od tisuću litijskih baterija spojeno je u jedan paket baterija kako bi omogućile dovoljnu pohranu energije potrebnu za rad vozila. Sustav za upravljanje baterijom (BMS) osigurava rad bateriji tako da automatski izbjegava ranije spomenute procese starenja, no ne može spriječiti propadanje baterije zbog visokih temperatura. [16]

## 6. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA POSLOVANJA PRIMJENOM ELETRIČNIH VOZILA

Indikatori održivosti za procjenu performansi voznog parka mogu se promatrati kroz sljedećih pet područja: [14]

- Utjecaj na okoliš
- Tehnološke performanse
- Potrošnja energije
- Ekonomski utjecaj
- Korisnici

Kroz ovakvu podjelu, mogu se kvantificirati troškovi vlasništva voznog parka te maksimizirati povoljni utjecaji što je prikazano u Tablici 8.

*Tablica 8. Indikatori održivosti transporta*

	<b>Cilj</b>	<b>Indikatori</b>	<b>Opis</b>
<b>Utjecaj na okoliš</b>	Minimizirati utjecaj na okoliš	Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> ), metan (CH <sub>4</sub> ), dušikovi oksidi, staklenički plinovi, ugljikov monoksid (CO), sumporni oksidi, krute čestice	Emisije su rezultat svih životnih ciklusa vozila uključujući proizvodnju, potrošnju energije, eksploataciju, održavanje i odlaganje
		Buka	Za prosječne brzine u gradskim sredinama udaljenosti do 3 km
<b>Tehnološke performanse</b>	Maksimizirati performanse vozila	Vrijeme punjenja	Vrijeme potrebno za punjenje (energija ili gorivo)
		Frekventnost održavanja	Količina popravaka i zamjena dijelova
		Skladištenje vozila	Fizičke karakteristike vozila
		Snaga motora	Maksimizacija snage vozila

	<b>Cilj</b>	<b>Indikatori</b>	<b>Opis</b>
<b>Potrošnja energije</b>	Minimizirati potrošnju energije	Energija za proizvodnju	Energija potrebna za sve faze u životnom ciklusu vozila
		Energija za punjenje	
		Energija za operativnu upotrebu	
		Energija za održavanje	
<b>Ekonomski utjecaj</b>	Maksimizirati i poduprijeti promjenjivu ekonomiju	Troškovi životnog ciklusa	Uključuje troškove kupnje, eksploatacije, osiguranja, registracije, poreza i održavanja
		Cijena parkinga	Mjesečni troškovi parking mjesta
		Subvencije	Dio troškova pokriven novcem poreznih obveznika
<b>Korisnici</b>	Maksimizirati zadovoljstvo korisnika	Mobilnost	Broj putnika/vozila/vremena koji se odluče ili žele koristiti ovaj način rada
		Potražnja	Količina dostupne infrastrukture na transportnoj mreži
		Vrijeme kašnjenja	Od ukupnog vremena putovanja oduzima se predviđeno vrijeme putovanja
		Sigurnost	Broj prometnih nesreća po tipu vozila
		Dostupnost	Vrijeme tijekom dana kada vozilo nije u upotrebi i dostupno je korisnicima
		Teretni prostor	Volumen teretnog prostora osmišljen da ne narušava udobnost korisnicima vozila
		Mogućnosti punjenja	Dostupne lokacije punionica ili benzinskih postaja

Izvor: [14], str.108

## 6.1. Mogućnost zamjene voznog parka Atlantic grupe električnim voznim parkom

Kako bi analiza isplativosti nabave električnog voznog parka bila potpuna, važno je usporediti sve postojeće troškove voznog parka sa vozilima s unutrašnjim sagorjevanjem sa novim troškovima električnog voznog parka za dostavu vode u gradu Zagrebu i okolici. Poznati podaci uspoređuju se sa podacima ekvivalentnog električnog voznog parka.

Zamjenski ekvivalenti istih nosivosti i veličine teretnog prostora prikazani su na Slikama 4, 5 i 6.



Slika 4. „Iveco daily“ i „Iveco Daily Electric“

Izvor: [20]

Prvo vozilo sa mogućnošću zamjene marke je Iveco, model *Daily* nosivosti 3,5 tona. Nabavna razlika u cijeni u prosjeku je oko 50 tisuća HRK. Uz trenutne troškove *leasinga* razlika u cijeni može se otplatiti najkasnije u godinu i šest mjeseci ako se ne uračunavaju uštede na troškovima održavanja i punjenja. U voznom parku Atlantic grupe postoji četiri vozila marke Iveco.



*Slika 5. „Renault Kangoo“ i „Renault Kangoo Z.E.“*

Izvor: [21]

Vozilo proizvođača Renault model Kangoo ima svog ekvivalenta Z.E. nosivosti 700 kg. Trenutna razlika u nabavnoj cijeni penje se do 100 tisuća HRK, a povratak ulaganja može se očekivati tek za najviše pet godina. U analiziranom voznom parku trenutno ih je devet u upotrebi.



*Slika 6. „Renault Master“ i „Renault Master Z.E.“*

Izvor: [22]

Vozila Master proizvođača Renault imaju nosivost od 1,3 tone, a u Atlanticovom voznom parku za distribuciju vode čine najveći dio sa 10 vozila u vlasništvu. Ovo vozilo

je trenutno najskuplje sa razlikom u nabavnoj cijeni do 200 tisuća HRK, a uz sadašnje troškove *leasinga* ulaganja se vraćaju tek nakon šest godina i šest mjeseci.

Prema indikatorima održivosti, uvođenjem električnih vozila u poslovanje poduzeća minimizirani su učinci zagađenja okoliša i buke koje proizvode motorna vozila s unutrašnjim sagorjevanjem. Smanjuje se broj popravaka i zamjene dijelova, a time i troškovi održavanja za 50%. Frekventnost punjenja ovisi o korisnicima vozila i prema istraživanjima, punjenje se može planirati u razdobljima kada vozilo nije u upotrebi te se time smanjuje vrijeme čekanja na punjenje rezervoara ili baterije. Potrošnja energije smanjuje se kada je električno vozilo jednom proizvedeno, ali glavni problem predstavlja energija utrošena kod proizvodnje vozila. Ekonomski utjecaj očitava se u uštedama kod troškova cjelokupnog životnog ciklusa i subvencijama, a smanjuju se i troškovi parkiranja jer se električna vozila mogu besplatno puniti na posebnim parkirnim mjestima punionica. Zadovoljstvo vlasnika i korisnika ovisi o njihovim preferencijama i kretanjima, ali nabrojani pozitivni učinci itekako utječu na povećan broj kupnje novih električnih vozila. [14]

## 6.2. Usporedba troškova i povrat ulaganja

Troškovi voznog parka prikazani su na modelima vozila koja su trenutno u upotrebi, ali su prikazani podaci za najnovija vozila proizvedena u 2019. godini. Cijene goriva prikazane na dan 29.08.2019. Prikaz ukupnih godišnjih troškova vlasništva dizelskih vozila i novih električnih ekvivalenata prikazani su u Tablici 9.

Tablica 9. Prikaz godišnjih troškova za postojeći i električni vozni park

Troškovi voznog parka [HRK]	Iveco Daily	Dacia Dokker	Renault Master	Iveco Daily-El.	Renault Kangoo Z.E.	Renault Master Z.E.
Trošak kupnje	429340,0	119400,0	195375,0	487877,0	216625,0	390302,0
Godišnja netto plaća vozača	48000,0	48000,0	48000,0	48000,0	48000,0	48000,0
Godišnja potrošnja goriva	10783,8	31586,4	28051,2	816,0	816,0	816,0
Cijena goriva	9,5	9,5	9,5	0,5	0,5	0,5
Osiguranje	3462,3	2770,8	2012,2	11380,0	10000,0	11380,0
Kasko+porez	2099,7	426,6	631,9	0,0	0,0	0,0
Ukupno za vozilo	493685,8	202183,8	274070,2	548073,0	275441,0	450498,0
Potreban broj vozila	4,0	9,0	10,0	4,0	9,0	10,0
Ukupno	1974781,1	1819739,2	2740796,7	2192294,0	2478973,5	4504985,0

Izvor: Izradila autorica prema [24],[25],[26]



Iz ovih se podataka vidi da troškovi nabavke stvaraju najveću prepreku za investiranje u električni vozni park. Već u 2019. godini, cijena baterija je pala u odnosu na prethodne dvije godine pa se pad cijene vidi i u ukupnim troškovima. Cijene novih cestovnih motornih vozila više se ne razlikuju mnogo od cijena njihovih električnih ekvivalenata. Već u prvoj godini, kupnja vozila tipa „Iveco Daily Electric“ koje ima najvišu nabavnu cijenu, uz godišnje troškove korištenja iznosi kao šest mjeseci ukupnih troškova za trenutni vozni park od 23 vozila. Inicijalni troškovi razlikuju se od 50 do 200 tisuća HRK, ali se u narednim godinama ulaganja vraćaju jer je punjenje na električnim punionicama trenutno besplatno. Za nabavku većih dostavnih vozila većeg dometa, infrastruktura za punjenje nije dovoljna u gradu Zagrebu, već bi se moralo investirati u prilagođenu električnu punionicu u prostorima poduzeća. Troškovi osiguranja i registracije električnog vozila jeftiniji su do 500 HRK od troškova za cestovno motorno vozilo, ali su javni podaci dostupni samo za strana tržišta gdje se iznosi osiguranja bitno razlikuju.

Mogućnost nabavke može se analizirati i preko uštede na troškovima održavanja i goriva. Troškovi vlasništva nad voznim parkom bez troškova nabavke prikazani su u Tablici 10.

Tablica 10. Isplativost nabavke električnog voznog parka

	Iveco Daily	Dacia Dokker	Renault Master	Iveco Daily-EI.	Renault Kangoo Z.E.	Renault Master Z.E.
<b>Trošak bez kupnje [HRK]</b>	<b>64345,8</b>	<b>82783,8</b>	<b>78695,2</b>	<b>60196,0</b>	<b>58816,0</b>	<b>60196,0</b>
<b>Koeficijent isplativosti</b>	<b>1,069</b>	<b>1,408</b>	<b>1,307</b>	<b>0,936</b>	<b>0,710</b>	<b>0,765</b>
<b>Godišnji povrat ulaganja [HRK]</b>				<b>31464,386</b>	<b>62717,846</b>	<b>91749,913</b>
<b>Godine za povrat ulaganja</b>				<b>15,506</b>	<b>3,454</b>	<b>4,254</b>
<b>Godine povrata ulaganja kod zamjene</b>				<b>1,511</b>	<b>3,815</b>	<b>5,881</b>

Izvor: Izradila autorica

Ovdje se stavlja naglasak na uštede kod prijelaza s konvencionalnog dostavnog voznog parka na električni. Troškovi vlasništva i održavanja viši su kod trenutnog voznog parka što se može vidjeti po koeficijentu isplativosti, a koeficijent predstavlja odnos troškova ekvivalenta bez troška kupnje. Samo ako je koeficijent isplativosti manji od jedan može se postići ušteda u narednim razdobljima. Uspoređujući dodatne troškove električnim voznim parkom postiže se godišnja ušteda, a iz te uštede mogu se kupiti nova električna vozila koja se otplaćuju nakon tri, četiri ili petnaest godina.

Kod zamjene vozila uz uračunate trenutne troškove *leasinga*, povrat investicije za kupnju jednog vozila *Iveco Daily* nastupa već nakon malo više od jedne i pol godine. Električna verzija *Renault Kangoo-a* uz zamjenu može biti otplaćena u manje od četiri godine, a *Renault Master Z.E.* tek u malo manje od šest godina. Prema svim kriterijima usporedbe zamjena četiri vozila marke *Iveco Daily* s električnim verzijama najisplativije je rješenje jer se nabavka tog broja vozila isplaćuje već nakon šest godina. Zamjena *Dacie Dokker* električnom verzijom također je isplativa prema koeficijentu isplativosti, ali za potrebe distribucije Atlantic grupe važnije je ulaganje u vozila većih nosivosti. Iako je godišnji povrat ulaganja kod *Renault Master* električne verzije najviši od analiziranih vozila, inicijalni trošak kupnje previsok je da bi se nabavka vozila isplatila u svom periodu eksploatacije.

Zaključno iz prikazanih proračuna dolazi se do optimalne opcije za zamjenu vozila tipa *Iveco Daily* s električnim vozilima *Iveco Daily-Electric* gdje se povrat za četiri vozila koja su trenutno u sastavu voznog parka postiže za šest godina od nabavke. Nakon šest godina može se postići suficit u troškovima te dodatne uštede, a nakon isteklog životnog ciklusa električnih vozila zamjena je jeftinija s novim električnim vozilom nego sa dizel prethodnikom. Vozila imaju mogućnost punjenja u prostorima tvrtke, a uz kupnju takvih vozila postoje znatne subvencije za izgradnju potrebne punionice. Smjer poslovanja na taj način može ići u pozitivnom smjeru i prema kreiranju *eco-friendly* imidža poduzeća.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je analiza uvođenja električnog voznog parka u logističkom poduzeću koje se bavi dostavom vode i pripadajućih uređaja na području grada Zagreba. Iz razloga što električna vozila još nisu prihvaćena u potpunosti, korisnici smatraju da takva investicija još nije financijski opravdana. U svrhu sveukupne studije procjene troškova važna je identifikacija glavnih tehničkih karakteristika za dostupne električne vozne parkove te procjena utjecaja na tržište i razvoj električnih vozila u narednom razdoblju.

Uz sve pozitivne aspekte uvođenja električnih vozila, negativne strane su izraženije te je potrebno usmjeriti subvencije prema proizvođačima i stručnjacima za razvoj. Sufinanciranjem kupnje privatnih komercijalnih vozila, cijena baterije stagnira, a vozila su opremljena minimalnom opremom kako bi se potrošnja smanjila. Provedenim istraživanjima ustanovljene su ekonomske i tehničke karakteristike najprodavanijih električnih vozila u 2018. godini gdje je zabilježen trend rasta prodaje.

Vozni park „Bionatura Bidon“ vode u svom sastavu ima 23 vozila, analizirana su četiri modela vozila koja dnevno u prosjeku prijeđu 141 km, a to je domet koji se može pokriti električnim vozilom. Također, 23 vozila dnevno u prosjeku pređu preko 12 tisuća km. Planom održavanja ustanovljeni su okvirni troškovi za šest mjeseci održavanja voznog parka, uključujući troškove operativnog *leasinga*, goriva i cestarina koji iznose 550 tisuća HRK. Uvođenjem električnih vozila troškovi održavanja su manji zbog manje kvarova i jednostavnijeg održavanja.

Troškovi u prijevoznj logistici već su minimizirani stoga uvođenje novih tehnologija i procesa ne znači nužno jeftinije poslovanje. Ovdje najveći problem predstavlja održivost. Kako bi se poslovanja mogla razvijati, poduzeća moraju investirati u napredovanje, a to može značiti jedino u ekološki ili društveni aspekt razvitka. Smjernice vladinih organizacija diljem svijeta te Europske Unije nalažu izgradnju infrastrukture za punjenje kako bi se buduće generacije lakše priviknule na nabavku vozila i promjene navika u vožnji. Nabavka električnog teretnog vozila nije isplativa zbog visoke cijene paketa baterija za takvu vrstu vozila. Tako je trenutno jedini smjer elektrifikacija manjeg dostavnog voznog parka do maksimalne nosivosti 3,5 t sve dok politika subvencioniranja ne krene prema razvitku vozila u prijevoznj logistici. Iako

postoje i novčani i nenovčani poticaji za nabavku električnog vozila, cestovni transport je i dalje globalno odgovoran za više od 20% potrošnje energije i za trećinu svih emisija ugljikovog dioksida. Zbog specifičnosti proizvodnje električnih vozila, osmišljeni su i dodatni troškovi za električnu flotu koji uključuju troškove pogonskog sklopa vozila, modeliranja performansi baterija, degradacije baterije kako bi potaknuli odgovorne za efikasnije sufinanciranje i upravljanje politikom.

Rezultati dosadašnjih istraživanja prikazuju sve bliže izjednačenje troškova električnog voznog parka sa konvencionalnim, u nekim slučajevima nakon nekoliko godina implementacije donose uštede do 5% u troškovima. Te uštede ovise o karakteristikama vozila, transportne mreže i dostupne infrastrukture punionica, a najveći utjecaj imaju na troškove koje uzrokuju emisije ugljikovog dioksida (registracija, porezi). Na rezultat znatno utječe i izgradnja električnih punionica ako nisu prisutne u promatranoj javnoj gradskoj mreži. Jedino isplativo rješenje je nabavka električnih vozila manjeg obujma koja dnevno ne prelaze više od 150 km kako posljedice degradacije baterije ne bi utjecale na svakodnevno poslovanje. U gradu Zagrebu trenutno je aktivno 38 javnih punionica za automobile.

Najisplativije rješenje za Atlantic grupu nalazi se u zamjeni četiri vozila tipa *Iveco Daily* sa postojećom električnom verzijom, a povrat ulaganja nastupa nakon šest godina eksploatacije. Koeficijent isplativosti također ide u prilog električnim dostavnim vozilima. Zbog neodređenosti podataka i premalog broja dostupnih električnih vozila u vlasništvu, ovakva investicija može se vratiti i prije pretpostavljenog roka.

Elektrifikacija vozila fenomen je koji ubrzano dolazi na sva svjetska tržišta i može se pretpostaviti daljnji smjer razvoja za koji ne bi trebali ostati nepripremljeni. Svako poduzeće koje namjerava unaprijediti poslovanje ili ostati na tržištu rada mora investirati u smjeru održivosti i kreiranju pogodnog imidža.

## LITERATURA

- [1] <https://www.motorna-vozila.com/wp-content/myuploads/2011/02/Vozni-park-rad-voznog-parka-i-proizvodnost.pdf> (pristupljeno 12.7.2019.)
- [2] Speirs J, Contestabile M. The Future of Lithium Availability for Electric Vehicle Batteries. Imperial College London, UK. 2018
- [3] [https://cdn.drivingelectric.com/sites/default/files/styles/article\\_image\\_desktop/public/2019-01/lithium\\_ion\\_batteries.jpg?h=c3635fa2&itok=100-fW4l](https://cdn.drivingelectric.com/sites/default/files/styles/article_image_desktop/public/2019-01/lithium_ion_batteries.jpg?h=c3635fa2&itok=100-fW4l) (pristupljeno 16.7.2019.)
- [4] <https://www.drivingelectric.com/best-cars/586/best-electric-vans> (pristupljeno 20.8.2019.)
- [5] <https://ecommerce.hr/dpd-testirao-100-elektricno-vozilo-dostave-centru-grada-zagreba/> (pristupljeno 20.8.2019.)
- [6] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/proportion-of-vehicle-fleet-meeting-4/assessment-2> (pristupljeno 16.7.2019.)
- [7] <https://www.parkers.co.uk/vans-pickups/advice/2018/electric-van-guide/> (pristupljeno 23.7.2019.)
- [8] Škabić B, Krelja Kurelović E, Tomljanović J. Usporedba sustava za upravljanje voznim parkom. Stručni rad. Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 6 (2018), No. 1, pp. 357-370, Rijeka
- [9] [https://www.slideshare.net/sadashiv\\_borgaonkar11/the-6-key-elements-of-vehicle-fleet-management](https://www.slideshare.net/sadashiv_borgaonkar11/the-6-key-elements-of-vehicle-fleet-management) (pristupljeno 23.7.2019.)
- [10] Interni podaci voznog parka Atlantic grupe d.d. za 2017.godinu (pristupljeno 23.7.2019.)
- [11] Christopher M. Logistics and supply chain management. Peto izdanje. Pearson Education. New York, USA. 2016.
- [12] <https://www.slideshare.net/jcade75834/fleet-management-basics-5617120> (pristupljeno 23.7.2019.)

[13] Contestabile M, Alajaji M. Will Current Electric Vehicle Policy Lead to Cost-Effective Electrification of Passenger Car Transport? Imperial College London, UK. 2018.

[14] Mitropoulos L.K, Prevedouros P.D. Conventional, Battery-Powered, and Other Alternative Fuel Vehicles: Sustainability Assessment. Springer International Publishing AG. Honolulu, USA. 2018.

[15] <https://insideevs.com/news/343771/innolith-claims-its-on-path-to-1000-wh-kg-battery-energy-density/> (pristupljeno 28.8.2019.)

[16] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-cleaner-and-alternative-fuels/use-of-cleaner-and-alternative-4> (pristupljeno 13.8.2019.)

[17] Schiffer M, Stütz S, Walther G. Electric Vehicles in Mid-Haul Logistics Networks. Springer International Publishing AG. Njemačka. 2018.

[18] <https://novac.jutarnji.hr/aktualno/kraj-jedne-ere-do-kraja-godine-sve-elektricne-punionice-naplacivat-ce-punjenje-automobila/8827031/> (pristupljeno 20.8.2019.)

[19] <http://puni.hr/> (pristupljeno 20.8.2019.)

[20] <https://www.iveco.com/croatia/proizvodi/pages/daily-blue-power-sustainable-unlimited-delivery.aspx> (pristupljeno 27.8.2019.)

[21] <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/kangoo-ze.html> (pristupljeno 27.8.2019.)

[22] <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/master-ze-reveal.html> (pristupljeno 27.8.2019.)

[23] <http://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifne-stavke-cijene-1578/1578> (pristupljeno 27.8.2019.)

[24] <https://www.porezna-uprava.hr/Gradani/Stranice/Motorna%20vozila/Vlasnik.aspx> (pristupljeno 27.8.2019.)

[25] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos%3A1215/datastream/PDF/view> (pristupljeno 27.8.2019.)

## POPIS KRATICA

TCO – *Total Cost of Ownership* - Ukupan trošak vlasništva

RCO – *Relative Cost of Ownership* - Relativan (dodatan) trošak vlasništva

VRP – *Vehicle Routing Problem* – Problem rutiranja vozila

HEV - *Hybrid Electric Vehicles* - Hibridna električna vozila

PHEV - *Plug-In Hybrid Electric Vehicles* - Hibridna električna vozila s priključkom za punjenje

BEV - *Battery Electric Vehicles* - Električna vozila s ugrađenom baterijom

FCV - *Fuel Cell Vehicles* - Vozila na gorive ćelije

DPD – *Deutsche Post Delivery* – Njemačka pošta

FMS – *Fleet Management System* - Sustav za upravljanje flotom

INA - Industrija nafte d.d. u Republici Hrvatskoj

HAC - Hrvatske autoceste

GPS – Globalni pozicijski sustav – Služi za praćenje vozila

VMS – *Vehicle Management System* – Sustav za upravljanje vozilom

BDP – Bruto domaći proizvod - Indikator vrijednosti dobara i usluga neke zemlje

ZEV – *Zero-Emission Vehicle* – Vozilo koje ne proizvodi emisije štetnih plinova

USABC - *United States Advanced Battery Consortium* – Sjedinjene Američke Države

EUCAR - *European Council for Automotive Research* - Europa

METI - *Ministry of Economy, Trade and Industry*- Japan

HEP – Hrvatska elektroprivreda

BP – Benzinska postaja

BMS – *Battery Management System* – Sustav za očuvanje trajanja životnog ciklusa baterije

## POPIS SLIKA

Slika 1. Litijska baterija za električna vozila .....	5
Slika 2. Električno vozilo voznog parka u tvrtci "Harrods" .....	11
Slika 3. Lokacije električnih punionica u gradu Zagrebu .....	32
Slika 4. „Iveco daily“ i „Iveco Daily Electric“ .....	39
Slika 5. „Renault Kangoo“ i „Renault Kangoo Z.E.“ .....	40
Slika 6. „Renault Master“ i „Renault Master Z.E.“ .....	40

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Najprodavanija električna dostavna vozila u 2018. godini .....	6
Tablica 2. Broj novih električnih vozila u zemljama Europske Unije .....	7
Tablica 3. Vozni park Atlantic grupe (Bionatura-Bidon vode) za dostave u gradu Zagrebu i okolici .....	14
Tablica 4. Ukupni troškovi voznog parka za 6 mjeseci .....	16
Tablica 5. Usporedba vozila sa unutrašnjim sagorjevanjem i električnog vozila, nosivosti 12 tona.....	20
Tablica 6. Udio korštenja obnovljivih izvora energije u zemljama EU .....	23
Tablica 7. Određeni ciljevi razine proizvodnje od strane Organizacija za razvoj.....	30
Tablica 8. Indikatori održivosti transporta .....	37
Tablica 9. Prikaz godišnjih troškova za postojeći i električni vozni park .....	41
Tablica 10. Isplativost nabavke električnog voznog parka .....	42

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Grafički prikaz broja novih električnih vozila u zemljama Europske unije .	9
Grafikon 2. Model održivosti 3P (planet,people,profit) .....	18
Grafikon 3. Shematski prikaz ukupnog troška vlasništva voznog parka .....	19
Grafikon 4. Shematski prikaz povezanosti socio-tehničkog sustava električnih vozila .....	22
Grafikon 5. Shematski prikaz modela za procjenu dodatnih troškova flote vozila za različita EV i tipove infrastrukture .....	26
Grafikon 6. Broj električnih i hibridnih vozila po zemljama u 2015. godini .....	27
Grafikon 7. Odnos broja mjesta punionica i udjela broja električnih vozila od ukupnog po zemljama u 2015. godini za brze (gore) i spore (dolje) punionice.....	28



