

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**Arūnas Kelmickas**

**ELEKTROMOBILIŲ INTEGRAVIMO Į ELEKTROS  
ENERGETIKOS SISTEMĄ EKONOMINIS VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

**KAUNAS, 2018**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**ELETROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**  
**ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

**ELEKTROMOBILIŲ INTEGRAVIMO Į ELEKTROS  
ENERGETIKOS SISTEMĄ EKONOMINIS VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas  
**Energijos technologijos ir ekonomika (kodas 621E30004)**

**Vadovas**

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

**Recenzentas**

Lekt. dr. Povilas Norkevičius

**Projektą atliko**

Arūnas Kelmickas

**KAUNAS, 2018**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

**Arūnas Kelmickas**

(Studento vardas, pavardė)

**Energijos technologijos ir ekonomika, 621E30004**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„elektromobilių integravimo į elektros energetikos sistemą ekonominis vertinimas“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 18 m.            gegužės            18 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Arūno Kelmicko**, baigiamasis projektas tema „**Elektromobilių integravimo į elektros energetikos sistemą ekonominis vertinimas**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Kelmickas, Arūnas. Elektromobilių integravimo į elektros energetikos sistemą ekonominis vertinimas. Magistro baigiamasis projektas. vadovas doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: Energijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Elektromobiliai, įkrovimo stotelė

Kaunas, 2018. 56 p.

## **SANTRAUKA**

Šiame magistrinio darbo projekte nagrinėjamos elektromobilių technologijos ir kaina. Apžvelgiama elektromobilių plėtra Lietuvoje ir pasaulyje, taip pat nagrinėjamos elektromobilių pirkimo skatinimo priemonės skirtingose šalyse. Nagrinėjama elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūra ir įkrovimo tipai.

Empirinėje dalyje analizuojamas Kauno m. elektros sistemos tinklas, tiriamas apkrovos grafikas Dainavos raj. Transformatorinėse pastotėse ir galios rezervas reikalingas elektromobilių plėtrai. Skaičiuojami projekto kaštai, galimybė gauti finansavimą iš Europos struktūrinių fondų, grynosios pajamos iš elektros energijos pardavimo ir netiesioginės pajamos iš emisijų sumažėjimo. Vertinamas projekto atsipirkimo periodas.

Kelmickas, Arūnas. ECONOMIC EVALUATION OF INTEGRATION OF ELECTRIC CARS INTO ELECTRIC POWER SYSTEM: Master's thesis in Energy Technologies and Economics. supervisor assoc. prof. Inga Konstantinavičiūtė. Faculty of Electrical and Electronics Engineering Kaunas University of Technology. Department of Electrical Power Systems.

Study field and area: Energy Engineering, Technological Sciences

Key words: Electric vehicle, charging station

Kaunas, 2018. 56 p.

## **SUMMARY**

In this Master degree thesis electric vehicles price and technology was analyzed. Electric vehicles and its infrastructure sector growth in Lithuania and other countries across the world was studied. Charging stations types and its connection to the electric vehicles was analyzed.

In the empirical part electric energy system of Kaunas city and especially Dainava area was analyzed. Load curve and power capacity which is required for further improvement of charging stations was evaluated. In the last part project cost and revenue from electricity usage and decrease of gas emissions was taken into account, also the ability to get loan from Europe Union fund was evaluated.

# Turinys

ĮVADAS .....	10
1 APŽVALGINĖ DALIS .....	13
1.1 Elektromobilių technologijos .....	13
1.1.1 Elektromobilių techniniai parametrai.....	13
1.1.2 Elektromobilių kaina .....	14
1.2 Elektromobilių plėtra .....	16
1.3 Elektromobilių skatinimo priemonės .....	19
1.4 Elektromobilių prijungimas prie tinklo.....	21
1.5 Didelės galios EV įkrovimo stotelių tinklai.....	24
2 METODINĖ DALIS.....	27
2.1 Elektromobilių skaičiaus plėtros prognozavimas.....	27
2.1.1 Gyventojų skaičius Dainavos rajone.....	27
2.1.2 Elektromobilių skaičius Lietuvoje ir jų plėtros prognozė.....	27
2.2 Elektromobilių infrastruktūros plėtros vertinimas .....	31
2.3 Įkrovimo stotelė .....	33
2.4 Įkrovimo stotelių skaičiaus nustatymas .....	34
2.5 Transformatorių dabartinės apkrovos ir instaliuotos galios tikrinimas.....	35
3 Elektromobilių įkrovimo stotelių ekonominis ir aplinkosauginis vertinimas .....	39
3.1 Sunaudotas elektros energijos kiekis kraunant elektromobilius .....	39
3.2 Oro taršos ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų sumažėjimo įvertinimas.....	40
3.3 Europos Sąjungos paramos panaudojimo galimybės .....	42
3.4 Projekto investicijų grąža ir rentabilumas.....	43
3.4.1 Projekto grynoji dabartinė vertė.....	43
3.4.2 Projekto vidinės pelno normos skaičiavimas .....	45
3.4.3 Projekto balansas .....	45
3.4.4 Jautrumo analizė .....	46
IŠVADOS .....	49
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	50
PRIEDAI.....	54

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<b>1.1.2 pav.</b> Baterijos kaina už 1 kWh gamintojams ir pirkėjams).....	14
<b>1.2.1 pav.</b> Elektromobilių skaičiaus kitimas 2010-2016 m.....	17
<b>1.2.2 pav.</b> Elektromobilių augimo prognozės pasaulinėje rinkoje.....	19
<b>1.4.1 pav.</b> 1 tipo jungtis (kairėje), 2 tipo jungtis (dešinėje) ir Tesla adapteris (apačioje).....	23
<b>1.4.2 pav.</b> Įkrovimo stotelių skaičius pasaulyje pagal tipą.....	23
<b>1.4.3 pav.</b> Įkrovimo stotelių skaičius Lietuvoje pagal tipą.....	24
<b>2.1.2.1 pav.</b> elektromobilių skaičius gautas pritaikius regresijos modelį ir realūs duomenys.....	29
<b>2.2.1 pav.</b> Elektromobilių skaičiaus augimas Lietuvoje.....	32
<b>2.5.1 pav.</b> Transformatorių galios ir maksimalios apkrovos 2017-2018 metais grafikas.....	35
<b>2.5.2 pav.</b> transformatorių galios ir vartotojų apkrovos įvertinant nevienalaikiškumą grafikas.....	36
<b>2.5.3 pav.</b> Transformatorių maks. galios ir maks. apkrovos su įkrovimo stotelėmis grafikas.....	37
<b>2.5.4 pav.</b> transformatorių, vartotojų instaliuotos ir įkrovimo stotelių reikalingos galios grafikas.....	37
<b>3.4.3.1 Pav.</b> Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas .....	46
<b>3.4.4.1 pav.</b> Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas taikant jautrumo analizę.....	47

## LENTELIŲ ŠARAŠAS

<b>1.1.2 lentelė.</b> Energijos išteklių kaina už 1 kWh.....	15
<b>1.2.1 lentelė.</b> BEV ir PHEV pardavimų augimas 2016 metais.....	16
<b>1.2.2 lentelė.</b> Sąrašas pareiškimų iš automobilių gamintojų iki 2017 metų balandžio mėn.....	18
<b>1.4.1 lentelė.</b> Įkrovimo stotelių tipai ir jungtys Europoje.....	22
<b>2.1.2.1 lentelė.</b> Elektromobilių skaičiaus augimo tempai.....	27
<b>2.1.2.2 lentelė.</b> Vid. lygis, vid. absoliutinis padidėjimas, vid. metinis didėjimo tempas.....	28
<b>2.1.2.3 lentelė.</b> Skaičiavimai tiesinės regresijos lygčiai.....	28
<b>2.1.2.4 lentelė.</b> Modelio parametrų vertės.....	28
<b>2.1.2.5 lentelė.</b> Duomenys reikalingi apskaičiuoti koreliacijos koeficientui.....	29
<b>2.1.2.6 lentelė.</b> Duomenys reikalingi determinacijos koeficientui apskaičiuoti.....	30
<b>2.2.1 lentelė.</b> EV skaičiaus Dainavos raj. kitimas.....	31
<b>2.2.2 lentelė.</b> Elektromobilių skaičiaus augimas Lietuvoje ir Dainavos raj.....	32
<b>2.3.1 lentelė.</b> ABB Terra CJG įkrovimo stotelės pagrindiniai parametrai.....	33



<b>2.5.1 lentelė.</b> Įkrovimo stotelių instaliacijai pasirinkti transformatoriai.....	38
<b>3.1.1 lentelė.</b> El. energijos kiekis reikalingas įkrauti elektromobilius.....	39
<b>3.2.1 lentelė.</b> Oro teršalų išmetimo kiekiai pagal kuro rūšį g/km.....	40
<b>3.2.2 lentelė.</b> Oro teršalų išmetimo kiekiai, kg. Iki 2025 metų, kai EV skaičius didės iki 331.....	40
<b>3.2.3 lentelė.</b> Oro teršalų išmetimo kiekiai, kg. Iki 2025 metų, kai EV skaičius didės iki 430.....	40
<b>3.2.4 lentelė.</b> Scenarijaus A taršos mokesčiai ir sutaupymai naudojant elektromobius.....	41
<b>3.2.5 lentelė.</b> Scenarijaus B taršos mokesčiai ir sutaupymai naudojant elektromobius.....	41
<b>3.2.6 lentelė.</b> Duomenys reikalingi CO2 emisijų skaičiavimui.....	42
<b>3.2.7 lentelė.</b> CO2 emisijų sumažinimas ir CO2 mokesčio sutaupymas.....	42
<b>3.4.1.1 lentelė.</b> Įrenginių amortizacija naudojant metų skaičiaus metodą.....	44
<b>3.4.1.2 lentelė.</b> Projekto grynoji dabartinė vertė.....	44
<b>3.4.2.1 lentelė.</b> Vidinės pelno normos skaičiavimas skirtingiems scenarijams.....	45
<b>3.4.3.1 lentelė.</b> Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas.....	45
<b>3.4.4.1 lentelė.</b> Diskontuotojos pajamos ir išlaidos įvertinus padidėjusius kapitalo kaštus.....	46
<b>3.4.4.2 lentelė.</b> Diskontuoti pinigų srautai įvertinus padidėjusius kapitalo kaštus.....	47

## IVADAS

Organinių junginių deginimas leido pasiekti didžiulį energijos potencialą ir kapitalą, tačiau norint sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas turime pereiti prie atsinaujinančios energetikos. Dabar didžiausias naudojamas energijos šaltinis yra saulės šviesa. Vėjo energijos potencialas yra 2–3 kart mažesnis, tačiau jis vistiek yra didžiulis ir pilnai gali patenkinti energijos poreikius. Todėl, idealiu atveju, naudojamas transportas turėtų būti varomas vėjo arba saulės energija, t.y. mes turime pradėti naudoti elektrinį transportą.

Nauji tyrimai ir prognozės atlikti tyrėjo Savacool [1] meta iššūkį tradicinei nuomonei, kad perėjimas nuo vienos pramonės šakos prie kitos trunka mažiausiai 30–50 metų, jeigu ne šimtmečius, kaip tai tvirtina istorija. Teigdamas, kad tokie perėjimai gali vykti greičiau Savacool tvirtina, kad bendru sutarimu galime rasti būdą, kaip būtent šiuo atveju tą perėjimą padaryti greitesnį, nes to reikalauja klimato kaitos problemos.

Pirmiausia, istoriniai perėjimai prie kitos technologinės šakos būna inicijuojami ne vyriausybių, o naujų energijos šaltinių atradimų arba technologinių proveržių, kurie leidžia sumažinti kaštus. Tačiau dabar vykstančiame dekarbonizavimo procese didelį vaidmenį vaidina vyriausybės ir nevyriausybės organizacijos. Taip pat didžiulę įtaką turi tarptautiniai susitarimai, tokie kaip 2015 metais vykusio Paryžiaus konferencija, kurioje buvo sutarta stabdyti kiek įmanoma klimato pokyčius ir pereiti prie atsinaujinančios energetikos technologijų.

Jau dabar yra keletą teigiamų pavyzdžių, kaip Paryžiaus susitarimas paveikė vyriausybes, kaip pasaulio lyderių susitarimas dvigubinti valstybių išlaidas švarios energijos technologijos tyrimams ir pritaikymui. Taip pat tokių valstybių kaip Kinija nutarimas sukurti nacionalinę emisijų pardavimų schemą arba Europos valstybių noras padidinti kainas anglies išmetimams. Tokie įsipareigojimai leidžia perėjimą nuo tradicinės energetikos prie aplinkai draugiškos, vykdyti daug greičiau, nes tai yra būtinos priemonės norint pasiekti tikslą – išlaikyti pasaulinės temperatūros kilimą žemiau 2°C, o idealiu atveju 1.5°C lyginant su prieš industriniu lygmeniu.

Ne visos šalys pritaria Paryžiaus susitarimui, kaip pavyzdžiui JAV prezidentas Donald Trump vieną po kito atšaukė buvusio JAV prezidento Barrack Obama potvarkius dėl aplinkosaugos, tokius kaip „Clean Power Plan“ ir Paryžiaus susitarimą. Barrack Obama nutarimai

buvo skirti riboti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas iš elektrinių, riboti metano emisijas. Taip pat nutarta grįžti prie anglies deginimo plėtros JAV ir leidimų ieškoti ir eksplotuoti naujus naftos grežinius JAV pakrantėje [2].

Nepaisant šių pokyčių, JAV anglies emisijos nesustos mažėti net ir be Barrack Obama potvarkių, tačiau ne taip greitai. Ankčiau buvo planuota, kad CO<sub>2</sub> emisijos kris 21% lyginant su 2005 metais dar 2025, tačiau dabar manoma, kad kritimas bus tik 14%.

Norint pasiekti šį tikslą būtina ne tik susitelkti į naujų, atsinaujinančios energetikos, technologijų kūrimą, tačiau ir mažinti paramą taršioms technologijoms [3]. Pavyzdžiui Olandijoje vyksta diskusijos dėl visų vidaus degimo variklį turinčių naujų automobilių uždraudimą 2025 metais. Tuo tarpu Norvegija pareiškė, kad neleis pardavimėti ne-elektromobilius iki 2025 metų. Tokie draudimai ir kiti kontrolės mechanizmai kelią pasitikėjimą švarios energijos technologijomis ir skatina į jas investuoti ir taip sumažinti jų kainą. Pavyzdžiui, Vokietijoje buvo vykdoma pramonės atstovų apklausa švarios energijos tema ir rezultatai parodė, kad branduolinės energijos uždraudimas buvo didžiulis postūmis atsinaujinančiai energetikai šioje šalyje. Šie pavyzdžiai parodo, jog esant politiniam palaikymui, perėjimas nuo įprastos prie švarios energijos gali būti greitesnis nei ankstesni technologiniai šuoliai.

Tačiau kodėl ne įprasti automobiliai? Įprastos transporto priemonės naudoja iškastinį kurą (kuris sudegęs išmeta CO<sub>2</sub>) arba biokurą. Kalbant apie biokurą manoma, kad jis yra daug mažiau teršiantis, nes išmeta CO<sub>2</sub>, kuris būna sukauptas augant augalams, todėl bendras CO<sub>2</sub> ciklas yra nulinis ir jis yra pranašesnis už iškastinį kurą, tačiau tiesa tame, kad jis turi didžiulę įtaką ekosistemoms. Naudojamos derlingos žemės sąlogoja maisto produktų sumažėjimą arba pabrangimą [4].

**Projekto tiklas** - atlikti elektromobilių integravimo į energetikos sistemą ekonominį bei aplinkosauginį vertinimą atsižvelgiant į tikėtiną elektromobilių plėtrą.

#### **Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti elektromobilių ir įkrovimo stotelių techninių ir ekonominių aspektus;
2. Išanalizuoti elektromobilių plėtros ir taikomų paramos priemones;
3. Atlikti elektromobilių skaičiaus plėtros prognozę;
4. Atlikti elektromobilių infrastruktūros plėtros vertinimą;

5. Atlikti elektromobilių įkrovimo stotelių ekonominį ir aplinkosauginį vertinimą.

**Tyrimo objektas:** elektromobilių įkrovimo infrastruktūra Kauno mieste, elektromobilių plėtra.

**Tyrimo metodai.** Teorinėje darbo dalyje naudojama mokslinės literatūros lyginamoji analizė, statistinė analizė, apžvelgiami elektromobilių rinkos ir infrastruktūros veiksniai ir rodikliai. Antrojoje darbo dalyje apžvelgiama elektromobilių rinkos augimo prognozės metodika ir pasirinkus du scenarijus atliekamas tyrimas, taikant regresinės analizės metodą, apskaičiuojamas aplinkosauginis ir ekonominis poveikis naudojant grynosios dabartinės vertės ir vidinės pelno normos metodus.

**Darbo struktūra.** Darbo apimtis – 56 puslapių, magistro darbe pateikiama 28 lentelės, 14 paveikslų ir 45 literatūros šaltinių).

# 1 APŽVALGINĖ DALIS

Daugiau nei 400 000 priešlaikinių mirčių yra siejamos su kietosiomis dalelėmis, o 15 550 su padidėjusia ozono koncentracija ES28 šalyse [5]. Skaičiuojama, kad 3.5 % mirčių dėl kietųjų dalelių ir 2.3 % dėl ozono yra susijusios su NO<sub>x</sub> emisijomis, kurios viršija norma. Taigi 9390 priešlaikinių mirčių yra tiesiogiai siejamos su padidėjusios NO<sub>x</sub> koncentracija ir 392 atvejai su padidėjusiomis ozono emisijomis. Jeigu NO<sub>x</sub> emisijos realiomis sąlygomis būtų tokios pačios kaip bandymo stenduose, būtų galima išvengti beveik 50 % (apie 4500) priešlaikinių mirčių. Taip pat nustatyta, kad jeigu dyzeliniai automobiliai išmestų tiek pat NO<sub>x</sub> emisijų kaip benziniai 80% mirčių būtų išvengta.

Europos šalyse yra laikoma, kad saugi NO<sub>x</sub> valandinė emisija yra 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (šią vertę galima viršyti tik 18 kartų per metus). Sumažinus dabartinį vidutinį dyzelinių automobilių NO<sub>x</sub> išmetimą nuo 550 iki 100 mg NO<sub>x</sub>/km, mieste koncentracija sumažėtų 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , kai maksimali metinė leistina vertė yra 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [6].

## 1.1 Elektromobilių technologijos

Elektromobilių technologiją nagrinėsime per techninius parametrus, jų privalumus ir trūkumus lyginant su įprastais vidaus degimo varikliais ir kaina.

### 1.1.1 Elektromobilių techniniai parametrai

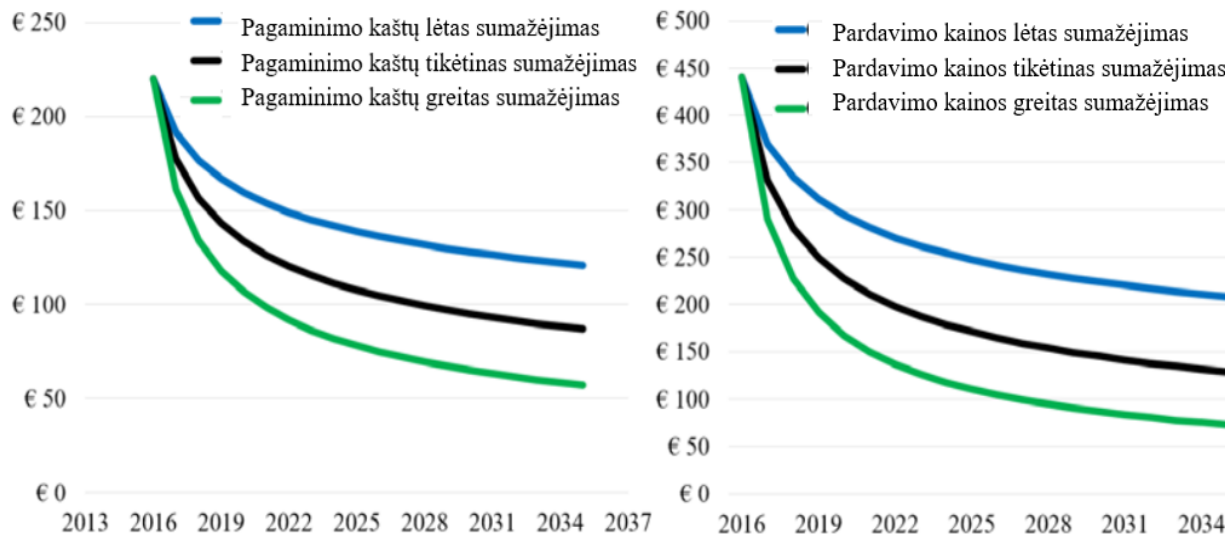
Elektromobiliai naudoja nuolatinės srovės arba kintamos srovės sinchroninius nuolatinių magnetų arba asinchroninius variklius, kurie yra efektyvesni nei standartiniai vidaus degimo varikliai. Benzinu varomų variklių efektyvumas svyruoja apie 20% su retomis išimtimis, pavyzdžiui, Toyota 1.3 l. Atkinsono ciklą naudojantis benzininis motoras, kurio naudingumo koeficientas yra apie 38% [7]. Dyzeliniai motorai yra efektyvesni – jų naudingumo koeficientas siekia apie 40%, tačiau jis yra daug pavojingesnis aplinkai dėl didelio kiekio išskiriamo NO<sub>x</sub>. Šiuolaikinių elektros variklių, naudojamų elektromobiliuose efektyvumas yra apie 70-95%.

Elektromobiliai yra pranašesni dėl didesnio sukimo momento lyginant su įprastais vidaus degimo varikliais ir didesnio galios tankio, taip pat jie leidžia pasiekti didenį sukimo momentą prie mažesnio greičio [8]. Vertinant įsibėgėjimą verta pabrėžti, kad nėra nei vieno dyzelinio modelio, kuris galėtų pasiekti 100km/h greičiau nei per 3 sekundes, o šiame saraše rasime ketverių durų elektrinius sedanus, kurie pasiekia minėtą greitį greičiau nei per 2.5 s. (Tesla Model S P100D – 2.3 s, Tesla Model S P90D – 2.8 s.) [9].

Elektros motorai pranašesni prieš vidaus degimo variklius tuo, kad stabdant arba važiuojant nuo kalno jie veikia kaip generatoriai ir gamina elektros energiją.

### 1.1.2 Elektromobilių kaina

Baterijų kaina yra svarbi nes ji sudaro iki 50 % elektromoblio kainos. Šiuo metu stebimas spartus baterijų technologijos šuolis ir pigimas, nuo 810 €/kWh 2010 metais iki 162-143 € 2016 metais ir prognozuojama, kad 2030 metais kaina sieks tik 81 €/kWh [10].



1.1.2 pav. Baterijos kaina už 1 kWh gamintojams ir pirkėjams [11].

Iš 1.1.2 pav. matyti kaip keičias baterijų kainos ir kokia prognozuojama jų kaina bus ateityje (*Bloomberg New Energy Finance* prognozė). Pagal šią prognozę 2017 metais baterijų kaina vartotojams bus apie 331 €/kWh. Šią prognozę patvirtina ir naujas Tesla Model 3 baterijos paketas, norint gauti 23 kWh talpesnę bateriją reikės sumokėti papildomai 7 292 €, kas yra 275 €/kWh Skirtumas tarp prognozės ir realios yra 2,5%) [12].

Vertinant variklių kainas pastebėtos kelios tendencijos. Nagrinėjamos trys automobilių klasės: A-class, C-class, E-class. Olandijoje atlikto tyrimo metu (*Hoekstra, Auke, Anand Vijayashankar, and Vedant Linesh Sundrani. 2017*) buvo vertinamos variklių kainos Olandijos automobilių rinkoje ir pastebėta, kad kylant automobilio klasei, variklio kaina už kW, didėja sparčiau nei pačio automobilio. Pavyzdžiui pereinant nuo 3 serijos BMW modelio su 100 kW - 135 kW galios motoru kaina auga nuo 94 €/kW iki 130 €/kW už 135 - 185 kW galios turintį variklį. Augant variklio galiai kaina už 1 kW taip pat auga – 185 – 240 kW motoro kaina yra 240 €/kW ir 706 €/kW už 240 – 317 kW galios variklį. Vėliau buvo pastebėta, kad elektromobilių (E klasėje

buvo nagrinėjami tik *Tesla Model 3* elektromobiliai) varikliai daug pigesni per kW ir jų brangimas didėjant variklio galiai daug mažesnis.

Šis kainos kitimas ypač svarbus vertinant E klasės automobilius, kadangi jų kaina už kW pati didžiausia. Elektromobiliai gali pasiūlyti ne tik didelį pradinį sukimo momentą, bet ir gerą variklio galios ir kainos santykį, kuris yra reikšmingas lyginant didelio galingumo automobilius su didele baterijų talpa [13].

Benzino ir dyzelino kainų prognozavimas primena loteriją, tačiau vertinant ateities tendencijas remiamasi *International Energy Agency* – Tarptautinė Energetikos Agentūra (toliau – IEA) išvadomis, kad benzino kaina augs 2% per metus, o dyzelinio kuro (įvertinus *Dieseltgate* padarinius) atitinkamai 3% per metus [14]. Elektros kaina nustatyta pagal Olandijos elektros skirstymo operatoriaus tarifus [15].

### 1.1.2 lentelė. Energijos išteklių kaina už 1 kWh.

Energijos šaltinis	2015	2020	2025	2030	2035
Dyzelis	€ 0,12	€ 0,13	€ 0,15	€ 0,16	€ 0,19
Benzinas	€ 0,17	€ 0,18	€ 0,20	€ 0,22	€ 0,24
EV krovimas namuose	€ 0,22	€ 0,21	€ 0,20	€ 0,19	€ 0,18
EV krovimas darbe	€ 0,18	€ 0,17	€ 0,16	€ 0,14	€ 0,13
EV krovimas gatvėje	€ 0,35	€ 0,32	€ 0,29	€ 0,26	€ 0,24
EV spartusis krovimas	€ 0,35	€ 0,30	€ 0,24	€ 0,20	€ 0,16

Kaina priklauso ir nuo to kur elektromobilis buvo kraunamas, nes skiriasi įkrovimo greitis, investicijos į elektromobilio stotelę, todėl skirtingos ir palaikymo išlaidos. Iš 1 lentelės galima matyti, kad ne visi mokės vienodai už tą patį kiekį elektros energijos. Tie kurie krausis elektromobilius darbe mokės 0,13 €/kWh, o tie kurie kraunasi greitoje įkrovimo stotelėse tai galės daryti už 0,19 €/kWh. Matome, kad dyzelino ir benzino kaina už 1 kWh stabiliai augs, o EV krovimo kaštai tolygiai mažės.

Įvertinus energijos nuostolius vidaus degimo varikliuose dėl nepilno degimo, šilumos nuostolių ir įkrovimo nuostolius kraunant elektromobilius (laikomasi nuomonės, kad kraunant

elektromobilių prarandama apie 15% el. energijos) gauta, kad vartotojui, kuris per mėnesį pravažiuoja 2000 km C klasės vidaus degimo variklį naudojančiu automobiliu, kuro energija kainuoja 288 €/mėn, o elektromobiliui 73 €/mėn. t.y. beveik 4 kart mažiau.

## 1.2 Elektromobilių plėtra

Pasaulinėje automobilių rinkoje 1 milijono elektromobilių riba buvo peržengta 2015 metais, o 2 milijonų – 2016 metais. Nepaisant didėjančio elektromobilių skaičiaus vidutinis metinis prieaugis mažėja pastoviai nuo 2011 metų. 2016 metais rinkos augimas buvo 59%, 2015 metais – 76%, o 2014 – 84%. *Battery Electric Vehicle* (toliau BEV) sudaro didžiausia elektromobilių rinkos dalį – apie 60%. Jų procentinė dalis rinkoje maždaug nekinta nuo 2012 metų ir išlaiko tą patį lygį. Tačiau palyginus su bendru automobilių kiekiu rinkoje matyti, kad elektromobiliai sudaro tik mažą rinkos dalį, t.y. 0.2%.

### 1.2.1 lentelė. BEV ir PHEV pardavimų augimas 2016 metais [14].

Šalis	2015 vs 2016 metų pardavimų augimas		2015 vs 2016 metų pardavimų skaičius	
	BEV <sup>1</sup>	PHEV <sup>2</sup>	BEV	PHEV
Kinija	75%	30%	257 000	79 000
JAV	22%	70%	86 731	72 885
Norvegija	6%	164%	29 520	20 660
Jungtinė karalystė	4%	42%	10 509	27 403
Prancūzija	26%	36%	21 758	7 749
Japonija	48%	-34%	15 461	9 390
Vokietija	-6%	20%	11 322	13 290
Olandija	47%	-50%	3 737	20 740
Švedija	0%	86%	2 951	10 464
Kanada	19%	147%	5 220	6 360
Danija	-71%	-49%	1 218	182
P.Korėja	75%	-40%	5 099	162

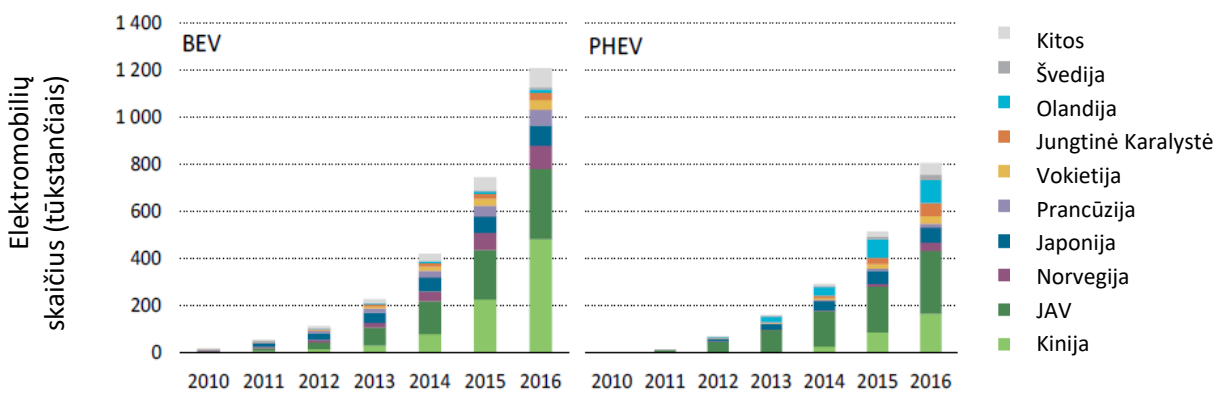
Iš 1.2.1 lentelės matyti, kad 2016 metais Kinija pralenkė JAV pagal elektromobilių kiekį ir tapo didžiausiu elektromobilių parku pasaulyje. Šį spartų augimą lėmė sparčiai auganti Kinijos BEV rinka, kur BEV žymiai lenkia PHEV. Nuo 2014 metų BEV dalis rinkoje stabilizavosi ties

<sup>1</sup> BEV – Battery Electric Vehicle (baterijomis varomas elektromobilis) .

<sup>2</sup> PHEV – Plug In Hybric Electric Vehicle (įkraunamas hibridas).



75%. Kinijos ir JAV elektromobilių parkai sudaro apie 60% elektromobilių rinkos dalies. Europos šalys, kartu sudėjus turi apie 28% pasaulinės rinkos dalies. Pasaulinė elektromobilių paklausa yra stipriai koncentruota, 5 pirmaujančioms šalims tenka 80% visų naujų elektromobilių įsigyjimų, o 10 šalių lyderių net 96%.



1.2.1 pav. Elektromobilių skaičiaus kitimas 2010-2016 m. [14].

Pasaulinėje rinkoje BEV augimas tapo greitesnis nei PHEV nuo 2013 metų. 2016 metais BEV elektromobilių rinkos dalis augo 62%, tuo tarpu PHEV – 59%. Tačiau jeigu neįtrauktume elektromobilių parduodamų Kinijoje situacija pasikeistų kardinaliai, tada PHEV augimas būtų didesnis visus metus nuo 2009, išskyrus 2014.

Elektromobilių rinka Kinijoje, Prancūzijoje, Norvegijoje paremta BEV, tuo tarpu Olandijoje aiškiai dominuoja PHEV pardavimai, kurie sudaro net 88% šios šalies rinkos dalies. Trečia grupė, įskaitant Kanadą ir JAV turi beveik vienodus BEV ir PHEV pardavimus.

IEA prognozuoja elektromobilių pardavimo augimą, pradedant nuo esančių 2 milijonų pagal skirtingus scenarijus iki 2030 metų:

- Bazinis technologinis scenarijus (Reference Technology Scenario, toliau RTS). Pagal kurį prognozuojami elektromobilių pardavimai atsižvelgiant į esamus energijos, energijos efektyvumo, oro taršos politinius susitarimus. Tikėtina, kad iki 2030 metų rinkoje bus 28 kartus daugiau elektromobilių, t.y. 56 milijonai.
- 2DS scenarijus<sup>3</sup> prognozuoja, kad iki 2030 rinkoje bus apie 160 milijonų elektromobilių. Ši prognozė pagrįsta Paryžiaus klimato kaitos susitarimu įsipareigojant, kad vidutinė pasaulinė temperatūra nepakiltų daugiau 2°C.

<sup>3</sup> 2DS - 2°C scenarijus, pagal kurį reikia sumažinti CO2 išmetimą tiek, kad vid. Pasaulinė temperatūra neviršytų 2°C priešpramoninio lygio.

- B2DS scenarijus<sup>4</sup> remiasi prielaida, kad norint pasiekti nulinį šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą iki 2060 metų, iki 2020 metų rinkoje turi būti 25 milijonai elektromobilių, o per kitą dešimtmetį jų skaičius perliptų 200 milijonų.

Paryžiaus susitarime dėl elektrinių transporto priemonių ir klimato kaitos bei raginimo veikti aktų buvo susitarta, kad COP21 (21st century Conference of Parties – 21 amžiaus bendrijų konferencija) šalys sutaria siekti tikslo, iki 2030 metų elektromobilių pardavimų skaičių viršytų 100 mln. vienetų, o dviejų ratų varomų transporto priemonių – 400 mln. Šie skaičiai yra trečdaliu mažesni nei 2DS scenarijus ir dvigubai mažesni nei B2DS scenarijuje.

Tam, kad pasiekti 2DS scenarijų reikia, kad metinis pasaulinis elektromobilių augimas būtų nemažesnis kaip 85% iki 2020 metų.

**1.2.2 lentelė.** Sąrašas pareiškimų iš automobilių gamintojų iki 2017 metų balandžio mėn.

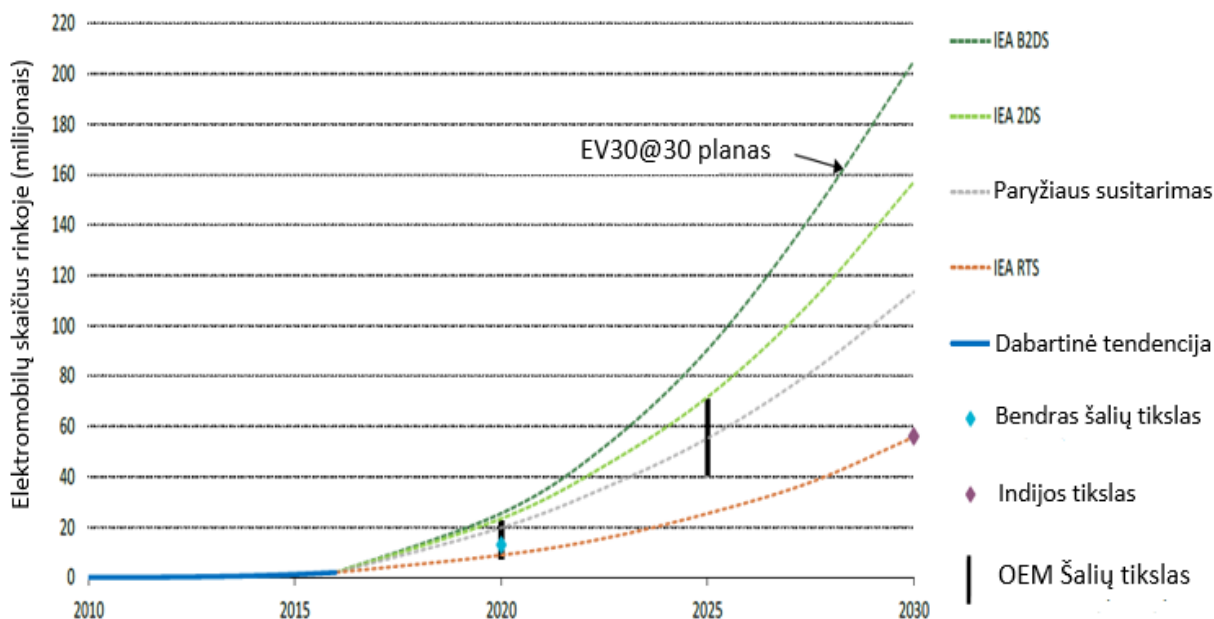
Gamintojas	Strategija
BMW	0.1 mln. elektromobilių 2017 metais ir 15-25% visų BMW grupės pardavimų iki 2025 metų.
Chevrolet (GM)	30 tūkstančių kasmetinis elektromobilių pardavimas
Kinijos Gamintojai	4.52 mln. elektromobilių kasmetinis pardavimas iki 2020 metų.
Daimler	0.1 mln. elektromobilių kasmetinis padavimas iki 2020 metų.
Ford	13 naujų elektromobilių modelių iki 2020 metų.
Honda	iki 2030 metų 2/3 visų pardavimų turi būti elektromobiliai
Renaul-Nissan	1.5 mln. Elektromobilių pardavimų iki 2020 metų.
Tesla	1 mln, kasmetinis elektromobilių pardavimas iki 2020 metų.
Volswagen	2-3 mln. kasmetinis elektromobilių pardavimas iki 2025 metų.
Volvo	1 mln, kasmetinis elektromobilių pardavimas iki 2025 metų.

Iš 1.2.2 lentelės matyti, kad elektromobilių rinka turėtų būti tarp 9 ir 20 mln. iki 2020 metų, o iki 2025 metų turėtų pasiekti 40-70 mln. Šie pareiškimai koreliuoja su RTS ir 2DS prognozėmis t.y. atitinka Paryžiaus klimato kaitos mažinimo susitarimą. Taip pat matyti, kad *Tesla* planuoja iki

<sup>4</sup> B2DS - *Beyond 2°C Scenario*, scenarijus, pagal kurį iki 2060 metų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos būtų nebeišmetamos į aplinką. <https://www.iea.org/etp2017/summary/>

2020 metų pasiekti 1 mln. pardavimų kasmet. *Volkswagen* atskleidė, kad iki 2025 metų rinkoje bus ne mažiau kaip 30 elektrinių modelių. Tarp 2015 ir 2017 metų 9 pasauliniai automobilių gamintojai paskelbė siekį plėsti savo elektromobilių parką.

Automobilių gamintojų tikslas yra pasiekti, kad iki 2030 metų 30% eksploatuojamo automobilių parko sudarytų elektromobiliai (*EV30@30* planas pagal IEA). Elektromobilių plėtos prognozės pateiktos 1.2.2 pav.



**1.2.2 pav.** Elektromobilių augimo prognozės pasaulinėje rinkoje [14].

### 1.3 Elektromobilių skatinimo priemonės

Elektromobilių rinka sparčiai auga, tačiau dėl visuomenės įpročių pirkti įprastą kurą naudojančias transporto priemones, didelės baterijų kainos, elektromobilių kaina vis dar yra didelė ir reikalauja subsidijų norint staigesnio elektromobilių pardavimo augimo.

Kinijos vyriausybės strateginės priemonės suteikia stiprią finansinę ir ne finansinę paramą elektromobilių plėtrai. Elektromobiliams yra taikomos mokestinės išimtys ir jiems dalinai nereikia mokėti registravimo ir akcizo mokesčio. Šios lengvatos leidžia sutaupyti nuo 4000 € iki 7000 € pradinės elektromobilio kainos. Vietinė ir regioninė valdžia gali sumažinti mokesčius dar 50% naudojantis subsidijomis. Didieji Kinijos miestai taip pat atleidžia elektromobilius nuo registracijos numerių įsigyjimo apribojimų. Tokių apribojimų panaikinimas ir finansinė paskata

leidžia turėti sparčiai augančią (augimo tempas – 40% kasmet) elektromobilių rinką (daugiau nei 336 000 elektromobilių). Nuo 2017 metų subsidijos buvo sumažintos 20%, tačiau nepaisant to elektromobilių rinka augo 2017 I-ą ketvirtį.

Norvegijoje, elektromobiliai yra atleidžiami nuo įsigyjimo mokesčio, kuris yra apie 11 000\$. BEV tipo elektromobiliams taip pat nėra taikomas 25% PVM tarifas. Tokia rinkos aplinka, kartu su kitomis nuolaidomis, kaip kelių ir keltų mokesčio netaikymas, sukuria puikias sąlygas augti elektromobilių skaičiui. BEV mokestinės lengvatos turėtų išlikti iki 2020 m, tačiau PHEV šis mokestis turėtų būti gražintas. Nuo 2016 m. panaikintas nemokamas parkavimas elektromobiliams, todėl tais metais jų skaičius augo ne taip greitai kaip 2015 m, tačiau buvo rekordiška aukštas. Kita vertus PHEV dalis rinkoje augo pastebimai greitai ir net padvigubėjo lyginant su 2015 m.

2016 m. Japonijoje buvo pristatyta nauja subsidijavimo schema elektromobiliams. Subsidijos dydis taikomas pagal elektromobilio maksimalų pravažiavimo atstumą vienu įkrovimu ir gali siekti iki 7 700\$. Pavyzdžiui, *Nissan Leaf*, kuris turi 30 kWh talpos bateriją taikoma 3 000\$ subsidija. BEV (kurių baterijos yra gerokai talpesnės, todėl jų pravažiuojamas atstumas yra žymiai didesnis) pardavimai, 2016 metais augo beveik 50%, tuo tarpu mažesnės talpos PHEV pardavimai krito 34%.

Olandijoje automobilių apmokestinimas diferencijuojamas pagal CO<sub>2</sub> kiekį, kurį išskiria automobilis. Šio mokesčio tarifas taip pat yra diferencijuojamas pagal einamuosius metus iki 2020 m. su augimo faktoriumi. Šis mokesčio augimai daro efektą PHEV pardavimams, kadangi jie bus įtraukti į teršiančių automobilių kategoriją. Elektromobiliai, kurių CO<sub>2</sub> emisija yra nulinė (toliau ZEV – *zero emission vehicle*) išvengs šio mokesčio, taip pat jiems nėra taikomas registracijos mokestis. Kitiems automobiliams 2016 buvo taikomas 6 € per gCO<sub>2</sub>/km tarifas, kuris 2017 metais padidėjo iki 20 € per gCO<sub>2</sub>/km. Olandijoje pusę nuperkamų naujų automobilių tenka verslui, todėl svarbus ir pajamų mokestis, kuris ZEV bus 4% nuo pajamų, tuo tarpu PHEV jis toliau didinamas nuo 7-14% 2015 m. iki 15-21% 2016 m. ir susilygino su įprastu kuru varomomis mašinomis 2017 metais ir tapo 22%. Šie mokestiniai tarifai yra priežastis, kodėl taip mažėjo PHEV pardavimai nuo rekordiška aukštų 10% visų parduodamų automobilių Olandijoje 2015 metais iki 5% 2016 m. Ši mažėjimo tendencija išliko ir 2017 m.

Švedijos vyriausybė nusprendė sumažinti mokestinę lengvatą įsigyjant PHEV nuo 3 600€ iki 1800 € 2016 m., tuo tarpu ši lengvata BEV išliko tokia pati nuo 2011 m. – 3 600\$. Tačiau

nepaisant subsidijų mažinimo PHEV pardavimai augo 86% 2016 m. lyginant su 2015 m., kai BEV pardavimai išliko tokie patys. Šis augimas siejamas su tuo, kad įmonėms taikomos mokestinės lengvatos, kurios leidžia sutaupyti apie 110\$ per mėnesį nuo vieno PHEV. Taip pat prie pardavimų prisidėjo ir naujų PHEV modelių rinkoje pasirodymas - *Volkswagen Passat*, *Mitsubishi Outlander* ir hibridinis *Volvo V60*.

Danija 2016 metais grąžino dalinį registracijos mokestį elektromobiliams, kuris sieks 20% pilnos kainos. Šis mokestis didės kiekvienais metais ir susilygins su įprastinių automobilių mokesčiu 2022 m. Šių ir kitų mokestinių lengvatų panaikinimas lėmė, kad 2016 m. elektromobilių pardavimai sumažėjo 68%. Tuo tarpu 2017 m. Danijos vyriausybė patvirtino subsidijas elektromobiliams, kurios bus diferencijuojamos pagal elektromobilio baterijos talpą ir sieks 182 €/kWh ir bus taikoma iki 45 kWh, kas atitinka 8 100€.

Lietuvoje nėra nustatytos jokios mokestinės lengvatos įsigyjant elektromobilius vyriausybės lygmeniu, tačiau savivaldybės pačios nusprendžia kokias lengvatas jiems taikys. Pavyzdžiui dabar galioja lengvata elektromobilius parkuoti nemokamai savivaldybėms priklausančiose mokamose aikštelėse, taip pat jie gali naudotis viešajam transportui skirtomis juostomis. Daugelyje savivaldybių galima nemokamai krauti viešose įkrovimo stotelėse, tačiau kai kurios (Vilniaus) savivaldybės jau planuoja jų apmokestinimą [14].

#### **1.4 Elektromobilių prijungimas prie tinklo**

Kiekvienas gamintojas praeityje kūrė savo prijungimo įrenginį, kuriuo galima būtų krauti elektromobilius, todėl dabar krovimo kabelio tipas diferencijuojamas pagal gamintoją (ES arba JAV, Japonija), taip pat pagal maksimalią įkraunamą galią, kuri skiriasi priklausomai nuo to, kur elektromobilis yra kraunamas, žemesne galia galima krauti namuose arba gatvėje, darbe, didelės galios sparčiuoju krovimu galima naudotis gamintojo sertifikuotose stotelėse, kurios dažnai būna pritaikytos vieno ar kelių tipo elektromobiliams.

Įkrovimo stotelių tipai skirstomi pagal srovės pobūdį (kintamos ar nuolatinės srovės) ir maksimalią įkrovimo galią, taip pat pagal elektromobilio tipą, kurį palaiko naudojama elektromobilių įkrovimo stotelė (skirtingoms rinkoms taikomi skirtingi įkrovimo stotelių tipai).

1.4.1 lentelėje nagrinėjamos tik Europos rinkai tinkamos elektromobilių įkrovimo stotelės.

**1.4.1 lentelė.** Įkrovimo stotelių tipai ir jungtys Europoje [16].

Klasifikacija	Lygis	Srovė	Galia	Tipas Europoje
	1 lygio	AC	<3.7 kW	Neoriginalūs arba vartotojų gaminti įkrovimo įtaisai
Lėtasis įkrovimas	2 lygio	AC	>3.7 kW	IEC 62196
			<22 kW	2 tipo
	2 lygio	AC	<22 kW	Tesla jungtis
Greitasis įkrovimas	3 lygio	AC	>22 kW; 43,5 kW	IEC 62196, 2 tipo
	3 lygio	DC	<200 kW	CSS Combo 2 connector
				IEC 62196 2 tipo DC
	3 lygio	DC	<150 kW	Tesla ir CHAdeMO jungtis

Iš **1.4.1 lentelės** matyti, kad AC jungtys yra 2 tipo, kurių naudoja Volkswagen e-Up!, Hyundai Ioniq, Renault ZOE bei Europos rinkai skirti Volkswagen e-Golf ar BMW i3 [17].

1 tipo jungtis yra JAV, Japonijos rinkai skirtas standartas, jis nuo 2 tipo jungties skiriasi tuo, kad yra vienos fazės (230 V) ir neturi užrakto, tai reiškia, kad bet kas gali ištraukti kroviklio galą iš įkrovimo stotelės. Jungtis turi galios, nulinį, žemės ir du informacijos perdavimo kontaktus.

1 tipo jungtyje yra 2 rezistoriai, kurie leidžia matyti ar kabelis yra prijungtas ir atjungti kroviklį nuo įkrovimo stotelės, tuo atveju jeigu elektromobilis yra pilnai įkrautas ir, kad stotelė nepradėtų jo iškraudinėti.

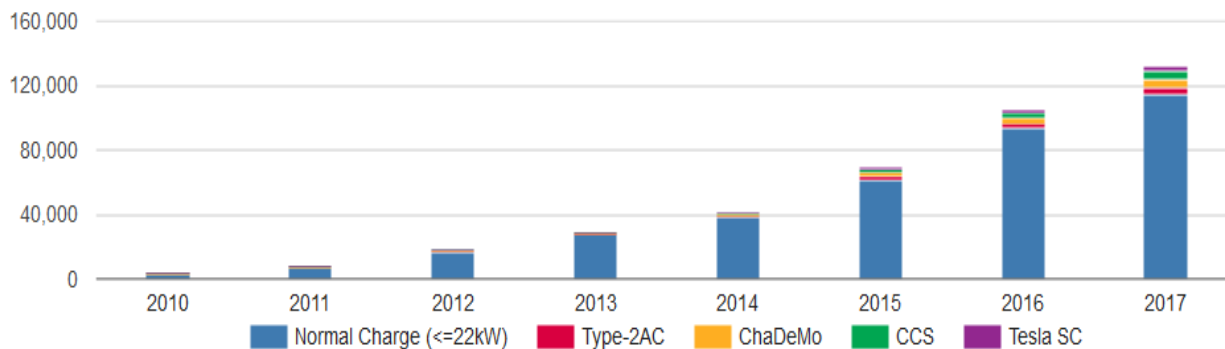
2 tipo jungtis yra Europinis standartas (IEC 62196). Ji turi užrakinimą, tai reiškia, kad tik automobilio savininkas gali ištraukti įkrovimo kabelį. Taip pat ši jungtis turi tuos pačius kontaktus kaip ir 1 tipo jungtis, tačiau gali būti tiek vienos, tiek trijų fazių. Taip pat šioje jungtyje esantys rezistoriai nustato kokia galia galima krauti per naudojamą kabelį. Tokiu būdu galima silpnesnį kabelį prijungti prie didesnės galios įkrovimo stotelės ir kabelis nustatys, kokia didžiausia saugia srove galima krauti [18].



**1.4.1 pav.** 1 tipo jungtis (kairėje), 2 tipo jungtis (dešinėje) ir Tesla adapteris (apačioje).

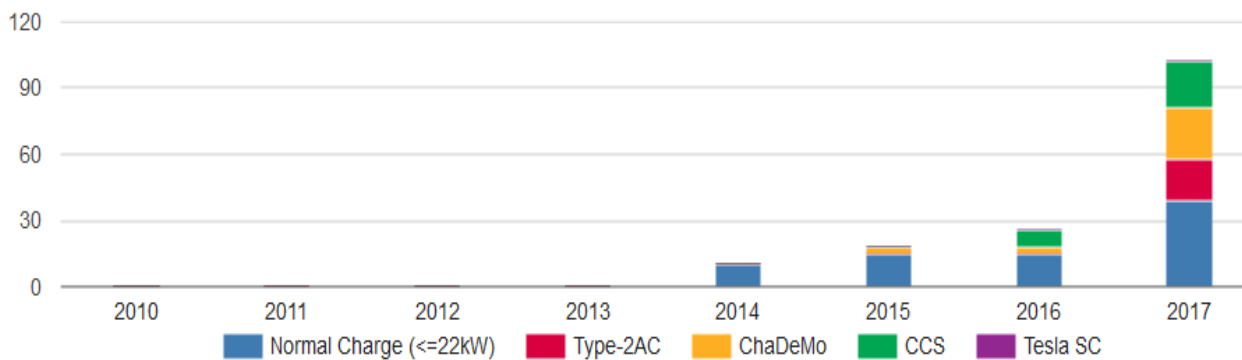
DC jungtys yra tik greitajame krovime ir naudoja CSS Combo 2, Tesla Supercharger [19] ir CHAdeMO jungtis, kurią naudoja Nissan Leaf, KIA Soul EV, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn, Citroen C-Zero ir dalis Tesla elektromobilių, nes pastariesiems yra skirtas perėjimas iš Tesla jungties į Chademo jungtį.

Pagal 1.4.1 ir 1.4.2 pav. galime palyginti kokios jungtys yra pačios populiariausios ir dažniausiai naudojamos tiek Lietuvoje, tiek visame pasaulyje.



**1.4.2 pav.** Įkrovimo stotelių skaičius pasaulyje pagal tipą [20].

Iš 1.4.2 pav. matyti, kad pasaulyje dominuoja lėto įkrovimo stotelės, kurios sudaro didžiąją dalį visų įkrovimo stotelių. Toliau pasiskirstymas yra panašus. Nuo 2014 m. iki 2017 m. pasaulinis įkrovimo stotelių skaičius padidėjo nuo 40 000 iki 120 000, t.y. daugiau nei 3 kartus.



**1.4.3 pav.** Įkrovimo stotelių skaičius Lietuvoje pagal tipą [20].

Iš **1.4.3 pav.** matyti, kad Lietuvoje įkrovimo stotelių skaičius sparčiai didėja, daugiausia yra lėto įkrovimo stotelių (39 – 2017 m. duomenimis), tačiau nedaug atsilieka ir Europinio standarto vidutinio greičio įkrovimo stotelės su CCS ir ChaDeMo jungtimi (atitinkamai 21 ir 23 įkrovimo stotelės). Taip pat yra 19 elektromobilių įkrovimo stotelių su 2 tipo kintamos srovės jungtimi.

Taip pat galima pastebėti, kad nuo 2016 metų įkrovimo stotelių plėtra įgavo pagreitį ir nuo 26 per metus padidėjo iki 102 [20].

## 1.5 Didelės galios EV įkrovimo stotelių tinklai.

Ilgoms kelionėms įveikti statomos nauji kartos didelės galios elektromobilių įkrovimo stotelių tinklai. Paprastai tuos tinklus plėtoja elektromobilius gaminančios kompanijos kaip Tesla, BMW, Daimler ir kt. Šiuo metu didžiausi įkrovimo stotelių tinklai yra:

### Tesla Supercharger

Tesla pradėjo šio tinklo plėtrą 2012 m., o dabar eksploatuoja 1045 įkrovimo stoteles visame pasaulyje, atitinkamai 443 JAV, 31 Kanadoje, 6 Meksikoje, 353 Europoje ir 230 Azijos regione.

Šios įkrovimo stotelės tinka tik Tesla modelio elektromobiliams, t.y. kitų elektromobilių šiose įkrovimo stotelėse krauti negalima. Elektromobiliams, kurie buvo įsigyti iki 2017 m. sausio 15 dienos įkrovimas Supercharger tinkle nieko nekainuoja, o naujesniems EV duodamas tik 1000 mylių (1 609 km) nemokamas krovimas. Įkrovimui naudojama 450 V, 335 A arba 2 lygio krovikliai.

Įkrovimo galingumas yra iki 145 kW. Tokio galingumo užtenka įkrauti Tesla elektromobilio bateriją iki 50 % per 20 minučių ir užtrunka tik 75 minutes pilnam įkrovimui. Galimas yra



mažesnės galios variantas, kurį *Tesla* pristatė 2017 m. rugsėjo mėnesį, t.y. 75 kW. Ateityje yra planuojama statyti 350 kW įkrovimo stoteles [21].

Pagal strateginį plėtros planą, artimiausiais metais, Lietuvoje numatoma statyti 1 Supercharger įkrovimo stotelę Kauno rajone.

### **IONITY's**

2017 m., 5 didieji automobilių gamintojai, *BMW, Daimler, Ford* ir *Volkswagen* grupės įmonės *Audi* ir *Porsche* paskelbė, kad kuria jungtinį didelės galios (*ultra-fast*) įkrovimo tinklą, kuris turėtų sudaryti konkurenciją dabar lyderiaujančiam *Tesla Supercharger*.

Įkrovimo stotelės bus statomos 120 kilometrų intervalais, daugiausia Vokietijoje, Norvegijoje ir Austrijoje, bendradarbiaujant su „*Tank & Rast*“, „*Circle K*“ ir „*OMV*“. Šiuo metu pastatytos 10 stotelių, o iki metų pabaigos planuojama įrengti 100. Tikslas – turėti 400 įkrovimo stotelių iki 2020 m. [22]. Tačiau *Tesla* jau dabar turi virš 300 stotelių tinklą Europoje, todėl tikėtina, kad iki 2020 šis skaičius padvigubės.

Šie įkrovimo tinklai bus iki 350 kW galios ir naudos Europinio standarto CCS (Combined Charging Station) įkrovimo sistemą. Kitaip nei *Tesla Supercharger*, IONITY įkrovimui naudos 800 V įtampą. Planuojama įkrovimo galią didinti iki 450 kW, arba 900 V. [23].

Tokios galios įkrovimas leis įkrauti 80 % (apie 300 km) elektromobilio baterijos per 15 minučių, t.y. dvigubai greičiau nei *Tesla Supercharger*.

Šiuo metu nėra nei vieno elektromobilio, kuris galėtų krauti tokios galios ir įtampos krovikliuose, tačiau artimiausiu metu pasirodysiantys modeliai (*Mercedes-Benz EQC, the Porsche Mission E* ir *Volkswagen I.D.* [24]) jau turės tokią galimybę.

Pagal 2020 m. plėtros modelį, Lietuvoje planuojamos 5 IONITY įkrovimo stotelės, (3 Lietuvos viduje ir viena ties siena su Lenkija ir viena pasienyje su Latvija).

### **MEGA-E**

Viena sparčiausiai pasaulyje augančių kompiuterinės įrangos ir programų kūrėja *Allego* ir Suomijos energetikos kompanija *Fortum*, kuria naują didelės galios (*HPC – High power charging*)

įkrovimo stotelių tinklą Europoje. Planuojama iki 2020 m. pastatyti 322 *ultra-fast* (iki 350 kW) krovimo stoteles, 20-tyje Europos valstybių.

Projektas startuos 2018 metais ir pirmiausia prasidės Belgijoje, Danijoje, Estijoje, Suomijoje, Prancūzijoje, Vokietijoje, Latvijoje, Lietuvoje, Liuksemburge, Olandijoje, Lenkijoje, Švedijoje ir Jungtinėje Karalystėje [25].

### **Kiti projektai**

Be minėtų įkrovimo stotelių tinklų yra dar kelios, tačiau jų diegimas Lietuvoje dar neplanuojamas, todėl jų detaliau nenagrinėjame. Vienas iš tokių yra E-VIA FLEX-E Renault-Nissan kuriamas tinklas Pietų Europoje, kuris startuos 2018 metų pabaigoje kai bus įrengtos pirmos 14 (8 Italijoje, 4 Ispanijoje ir 2 Prancūzijoje) *ultra-fast* (iki 350 kW galios) krovimo stotelių [26].

Taip pat reikia paminėti Ultra-E projektą, kuris apims pietų ir vidurio Europą ir sujungs Olandiją, Belgiją, Vokietiją ir Austriją, t.y. daugiau 1000 kilometrų koridoriuje bus įrengtos 25 įkrovimo stotelės. Projekte dalyvauja *Allego, Audi, BMW, Magna, Renault, Hubeject* ir kitos kompanijos [27].

## 2 METODINĖ DALIS

### 2.1 Elektromobilių skaičiaus plėtros prognozavimas

#### 2.1.1 Gyventojų skaičius Dainavos rajone

Dainavos seniūnija – Kauno miesto savivaldybės struktūrinis – administracinis padalinys, jos filialas. Seniūnijos plotas – 5,28 kv km. Seniūnijoje gyvena apie 54 000 gyvenamąją vietą deklaravusių gyventojų [28]. Vidutinis gyventojų tankis rajone yra 10 227 per  $km^2$ , o vidutinis gyventojų tankis Kauno mieste yra 1864 gyv./ $km^2$ , viso – 292 691 gyventojų, o miesto plotas 157  $km^2$  [29]. Šie duomenys reikalingi prognozuojant elektromobilių skaičių vienam gyventojui Lietuvoje ir galimą elektromobilių skaičių Dainavos rajone.

#### 2.1.2 Elektromobilių skaičius Lietuvoje ir jų plėtros prognozė

Norint apskaičiuoti kiek elektromobilių bus Lietuvoje projekto gyvavimo laikotarpiu, naudosime regresijos modelį, kurį pritaikysime naudodami dabartinį elektromobilių skaičiaus augimą Lietuvoje ir elektromobilių baterijos pigimą. Baterijų kaina sudaro didelę dalį elektromobilio kainos, todėl mažėjant baterijos kainai didėja elektromobilių konkurencingumas prieš vidaus degimo variklius naudojančius automobilius, todėl galime daryti prielaidą, kad pingant baterijoms, elektromobilių skaičius didės [30].

##### 2.1.2.1 lentelė. Elektromobilių skaičiaus augimo tempai.

Metai	Baterijos kaina už 1 kWh, €	Elektromobilių skaičius	Baterijos kaina		Elektromobilių skaičius	
			Absoliutus dydžio padidėjimas, €	Didėjimo tempai, %	Absoliutus dydžio padidėjimas, vnt.	Didėjimo tempai, %
2014	540	63	-	-	-	-
2015	350	159	-35,19	24,91	96	152,38
2016	273	337	-22,00	15,03	178	111,95
2017	209	620	-23,44	24,96	283	83,98
2018	178	1082	-14,83	25,01	442	71,29
Vidurkis			310		452	

2.1.2.2 lentelė. Vidutinis lygis, vid. absoliutinis padidėjimas, vid. metinis didėjimo tempas.

Baterijos kaina	€	Vidutinis lygis	
		Vidutinis absoliutinis padidėjimas	-90,50
	-	Vidutinis metinis padidėjimo tempas	-23,87
Elektromobilių skaičius	Vnt.	Vidutinis lygis	
			452,2
		Vidutinis absoliutinis padidėjimas	249,75
	-	Vidutinis metinis padidėjimo tempas	104,90

2.1.2.3 lentelė. Skaičiavimai tiesinės regresijos lygčiai.

Metai	$x_i$	$y_i$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$
2014	540	63	34020	291600
2015	350	159	55650	122500
2016	273	337	92001	74529
2017	209	620	129580	43681
2018	178	1082	192596	31684
<b>Suma</b>	1550	2261	503847	563994

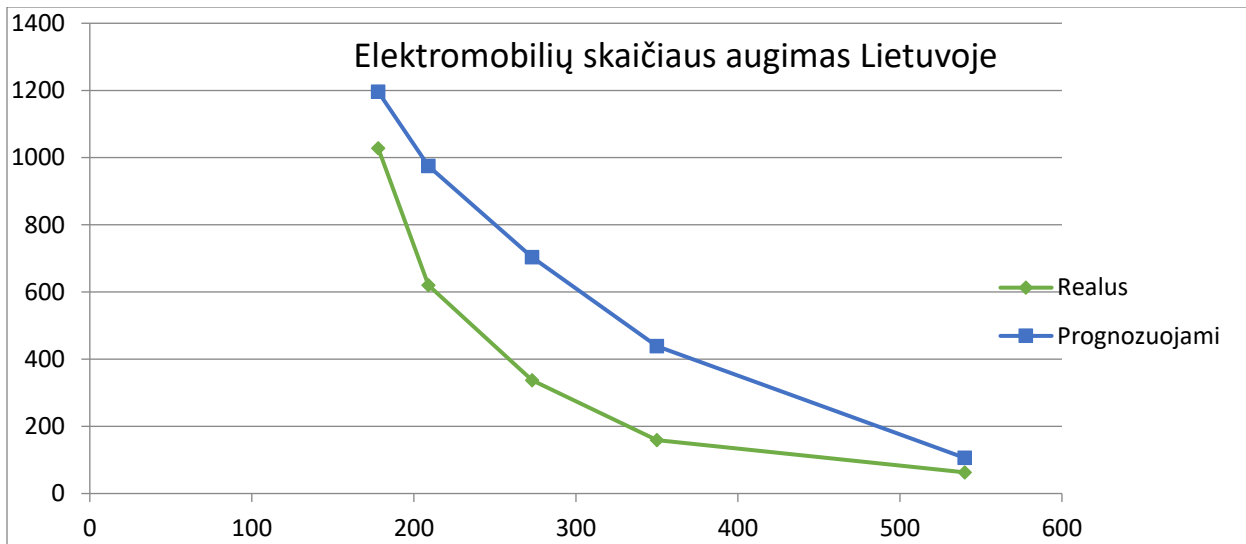
$$\text{Koeficientai: } a = \frac{(\sum y_i - b \sum x_i)}{n} = \frac{2261 - (-2,360) \cdot 1550}{5} = 1183,86; \quad (1)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum(x_i \cdot y_i) - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{5 \cdot 503847 - 1550 \cdot 2261}{5 \cdot 563994 - 1550^2} = -2,360; \quad (2)$$

Tikriname ar mūsų pasirinktas modelis ir prognozės pagal gautus koeficientus koreliuoja su realiais duomenimis iš ankstesnių metų statistikos.

2.1.2.4 lentelė. Modelio parametrų vertės.

Metai	Baterijos kaina už 1 kWh, €	Elektromobilių skaičius	Gautas regresijos modelių elektromobilių skaičius, vnt. $Y = a + b \cdot t$
2014	540	63	106,06
2015	350	159	438,81
2016	273	337	703,47
2017	209	620	975,03
2018	178	1082	1195,90



2.1.2.1 pav. Elektromobilių skaičius gautas pritaikius regresijos modelį ir realūs duomenys.

Koreliacijos koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$r_E = \frac{\overline{YX} - \bar{Y} \cdot \bar{X}}{\delta_Y \delta_X}; \quad (3)$$

2.1.2.5 lentelė. Duomenys reikalingi apskaičiuoti koreliacijos koeficientui.

Metai	Baterijos kaina už 1 kWh, €	Elektromobilių skaičius	$x_i \cdot y_i$	$(y_i - \bar{Y})^2$	$(x_i - \bar{X})^2$
2014	540	63	34020	151476,6	52900
2015	350	159	55650	85966,24	1600
2016	273	337	92001	13271,04	1369
2017	209	620	129580	28156,84	10201
2018	178	1082	192596	396648	17424
<b>Suma</b>	<b>1550</b>	<b>2261</b>	<b>503847</b>	<b>675518,8</b>	<b>83494</b>

Faktinių duomenų sandaugų vidurkis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\overline{YX} = \frac{1}{n} \sum (Y_i \cdot X_i) = \frac{503847}{5} = 100\,769,4; \quad (4)$$

Kvadratinė elektromobilių skaičiaus dispersija apskaičiuojama pagal formulę:

$$\delta_Y^2 = \frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{Y})^2 = \frac{675518,8}{5-1} = 168879,7; \quad (5)$$

Kvadratinė baterijų kainos dispersija apskaičiuojama pagal formulę:

$$\delta_X^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{X})^2 = \frac{83494}{5-1} = 20873,5; \quad (6)$$

Dispersijos reikšmė gaunama ištraukus kvadratinę šaknį iš kvadratinės dispersijos:

$$\delta_Y = \sqrt{\delta_Y^2} = \sqrt{168879,7} = 410.95 ; \quad (7)$$

$$\delta_X = \sqrt{\delta_X^2} = \sqrt{20873,5} = 144.47 ; \quad (8)$$

Pagal (9) formulę apskaičiuojamas koreliacijos koeficientas:

$$r_E = \frac{\overline{YX} - \bar{Y} \cdot \bar{X}}{\delta_Y \delta_X} = \frac{100769,4 - 452,2 \cdot 310}{410,95 \cdot 144,47} = -0.66 ;$$

Apskaičiuotas koreliacijos koeficientas -0,66, rodo vidutiniškai stiprią atvirkštinę priklausomybę tarp baterijų kainos už 1 kWh sumažėjimo ir elektromobilių skaičiaus augimo. T.y. Kuo elektromobilių baterijų kaina mažesnė, tuo daugiau yra nuperkama elektromobilių.

**2.1.2.6 lentelė.** Duomenys reikalingi determinacijos koeficientui apskaičiuoti.

Metai	Elektromobilių skaičius, $y_i$	$\hat{Y}_i$	$(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	$(y_i - \bar{Y})^2$
<b>2014</b>	63	106,06	119814,76	151476,6
<b>2015</b>	159	438,81	179,41	85966,24
<b>2016</b>	337	703,47	63138,40	13271,04
<b>2017</b>	620	975,03	273353,16	28156,84
<b>2018</b>	1082	1195,90	553091,18	396648
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>15254</b>	<b>15254</b>	<b>1009576,93</b>	<b>675518,8</b>

Visa kvadratų suma SST apskaičiuojama pagal formulę:

$$SST = \sum(y_i - \bar{Y})^2 = 675518.8 ; \quad (10)$$

Regresijos kvadratų suma SSR apskaičiuojama pagal formulę:

$$SSR = \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = 1009576.93 ; \quad (11)$$

Apskaičiuojamas determinacijos koeficientas:

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{675518.8}{1009576.93} = 0.67 ; \quad (12)$$

## 2.2 Elektromobilių infrastruktūros plėtros vertinimas

Elektromobilių skaičiaus Dainavos raj. skaičiavimui priimama iš 2.1.1 skyriaus dabartinė faktinė gyventojų skaičiaus vertė – 54 000 ir laikoma, kad ji nesikeis dėl spartaus Kauno miesto LEZ augimo, kuris yra prie Dainavos raj. Ir pastovios urbanizacijos ir emigracijos [31].

**2.2.1 lentelė.** EV skaičiaus Dainavos raj. kitimas.

Metai	EV skaičius	Gyventojų skaičius Lietuvoje	Gyventojų skaičius tenkantis 1 EV	EV skaičius Dainavos raj.
2014	63	2943474	46722	1
2015	159	2921262	18373	3
2016	337	2888558	8571	6
2017	620	2847904	4593	12
2018	722	2810118	3892	14
2019	1428	2777761	1945	28
2020	1767	2745403	1554	35
2021	2295	2713046	1182	46
2022	3178	2680688	844	64
2023	4794	2648331	552	98
2024	8092	2615974	323	167
2025	15831	2583616	163	331

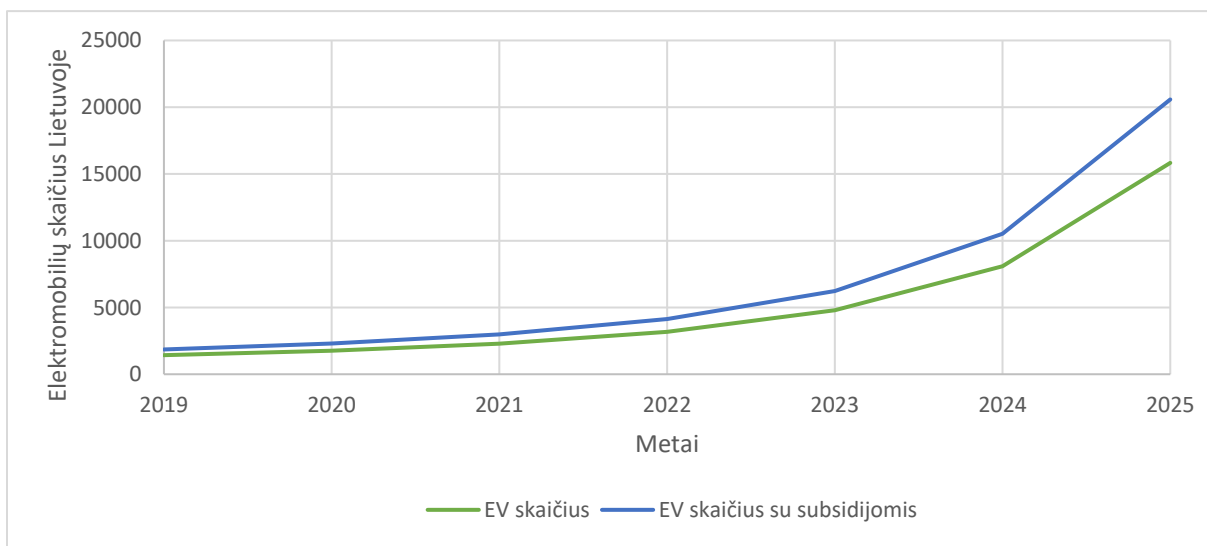
Kaip matome iš 2.2.1 lentelės, nors gyventojų skaičius stabiliai mažėja, elektromobilių skaičius Lietuvos rinkoje auga ir 2025 metais pasieks daugiau nei 15 000.

- Didėjant įtraukus subsidijas (PVM lengvata).

Įvertinus PVM lengvatą arba taršių automobilių mokestį Lietuvoje, kuris gali būti įvestas nuo 2019 metų galime daryti prielaidą, kad elektromobilių pardavimai didės apie 30% lyginant su dabartine prognoze.

**2.2.2 lentelė.** Elektromobilių skaičiaus augimas Lietuvoje ir Dainavos raj.

Metai	EV skaičius	EV skaičius su subsidijomis	EV skaičius Dainavos raj.	EV skaičius Dainavos raj. Su subsidijomis
2014	63	63	1	1
2015	159	159	3	3
2016	337	337	6	6
2017	620	620	12	12
2018	745	745	14	14
2019	1428	1856	28	36
2020	1767	2297	35	45
2021	2295	2984	46	59
2022	3178	4131	64	83
2023	4794	6232	98	127
2024	8092	10520	167	217
2025	15831	20580	331	430



**2.2.1 pav.** Elektromobilių skaičiaus augimas Lietuvoje



Iš 2.2.1 pav ir 2.2.2 lentelės matyti, kad elektromobilių skaičius Lietuvoje 2025 metais, tiek pagal dabartinę tendenciją, tiek pritaikius subsidijas viršys 15 000, kas atitinka Lietuvos, pagal 2012 metų Ūkio, Susisiekimo ir Finansų ministerijų darytą tyrimą, išsikeltą tikslą [32].

## 2.3 Įkrovimo stotelė

Elektromobilių įkrovimo stotelė bus renkama pagal galią ir jungtį. Pagal elektromobilių skaičių ir jų tipą, buvo pasirinkta ABB Terra CJG greito tipo įkrovimo stotelė, kuri palaiko CSS Combo ir ChadeMo jungtis, kurios yra DC tipo ir AC 2 tipo jungtį. Šios jungtys pasirinktos tokios, kurias palaiko dauguma Europoje naudojamų elektromobilių. Jos kaina yra 10 000 €.

Bendros išlaidos įkrovimo stotelei taip pat priklauso ir nuo jos palaikymo išlaidų per visą projekto gyvavimo laikotarpį įvertinant palūkanų normą ir projekto trukmę.

$$\text{Koregavimo koeficientas} = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} = \frac{(1+0,04)^{10} \cdot 0,04}{(1+0,04)^{10} - 1} = 0,123;$$

i – palūkanų norma (priimama vertė - 4 %);

n – projekto trukmė (priimama vertė – 10 metų);

Naudojant koregavimo koeficientą gaunama, kad metinės palaikymo išlaidos yra 12.3% visos stotelės išlaidų, t.y. 1 230 €.

### 2.3.1 lentelė. ABB Terra CJG įkrovimo stotelės pagrindiniai parametrai [33].

Įkrovimo jungčių tipai	CHAdEMO	CSS Combo	2 tipo
Maksimali galia	50 kW	50 kW	43 kW
Maksimali išėjimo srovė	125 A	125 A	63 A
Naudojami EV modeliuose	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi	Nissan, Mitsubshi, Peugeot, Citroen, Kia	Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes
Fazių skaičius	3		
Naudingumo koef.	0,94		
Maksimali srovė ir galia	143 A, 98 kVA		
Apsaugos tipas	IP54		

## 2.4 Įkrovimo stotelių skaičiaus nustatymas

Tam, kad nustatyti elektromobilių įkrovimo stotelių skaičių priimame, kad vidutinis elektromobilis Lietuvoje turi 30 kWh, o nuvažiuojamas atstumas yra apie 100 km per dieną.

Įkrovos būsenos (*State of charge* – toliau SoC) skaičiavimas[34]:

$$SoC_{atvykimo}^{(i,j)} = SoC_{išvykimas}^{(i,j)} - D_{i,j} \cdot C_{i,j} \cdot \frac{100}{BC_i} = 80 - 100 \cdot 0.15 \cdot \frac{100}{30} = 30\%; \quad (13)$$

$SoC_{atvykimo}^{(i,j)}$  - baterijos įkrovimo būsena po važiavimo, %

$SoC_{išvykimas}^{(i,j)}$  - baterijos įkrovimo būsena prieš važiuojant, %

$D_{i,j}$  – elektromobiliu nuvažiuojamas atstumas per dieną, km.

$C_{i,j}$  – vidutinės elektros sąnaudos, kWh/km.

$BC_i$  - baterijos talpa, kWh.

Pakoreguotas įkrovimo būsenos skaičiavimas dėl atstumo, kurį reikia įveikti iki įkrovimo stotelės:

$$SoC_{įkrovimo}^{(i,j)} = \alpha \cdot SoC_{atvykimo}^{(i,j)} = 0.9 \cdot 30 = 27\%; \quad (14)$$

$\alpha$  – koregavimo koeficientas. (šiuo atveju - 0.9)

Atstumas įvertinus važiavimą iki įkrovimo stotelės:

$$D_{įkrovimo}^{(i,j)} = \frac{(SoC_{išvykimas}^{(i,j)} - SoC_{įkrovimo}^{(i,j)}) \cdot BC_i}{100 \cdot C_i} = \frac{(80 - 27) \cdot 30}{100 \cdot 0.15} = 106 \text{ km}; \quad (15)$$

Energija reikalinga įkrovimui:

$$E_{įkrovimo}^{(i,j)} = \left(0.8 - \frac{SoC_{įkrovimo}^{(i,j)}}{100}\right) \cdot BC_i = \left(0.8 - \frac{27}{100}\right) \cdot 30 = 15,9 \text{ kWh}; \quad (16)$$

Laikas reikalingas greitam įkrovimui:

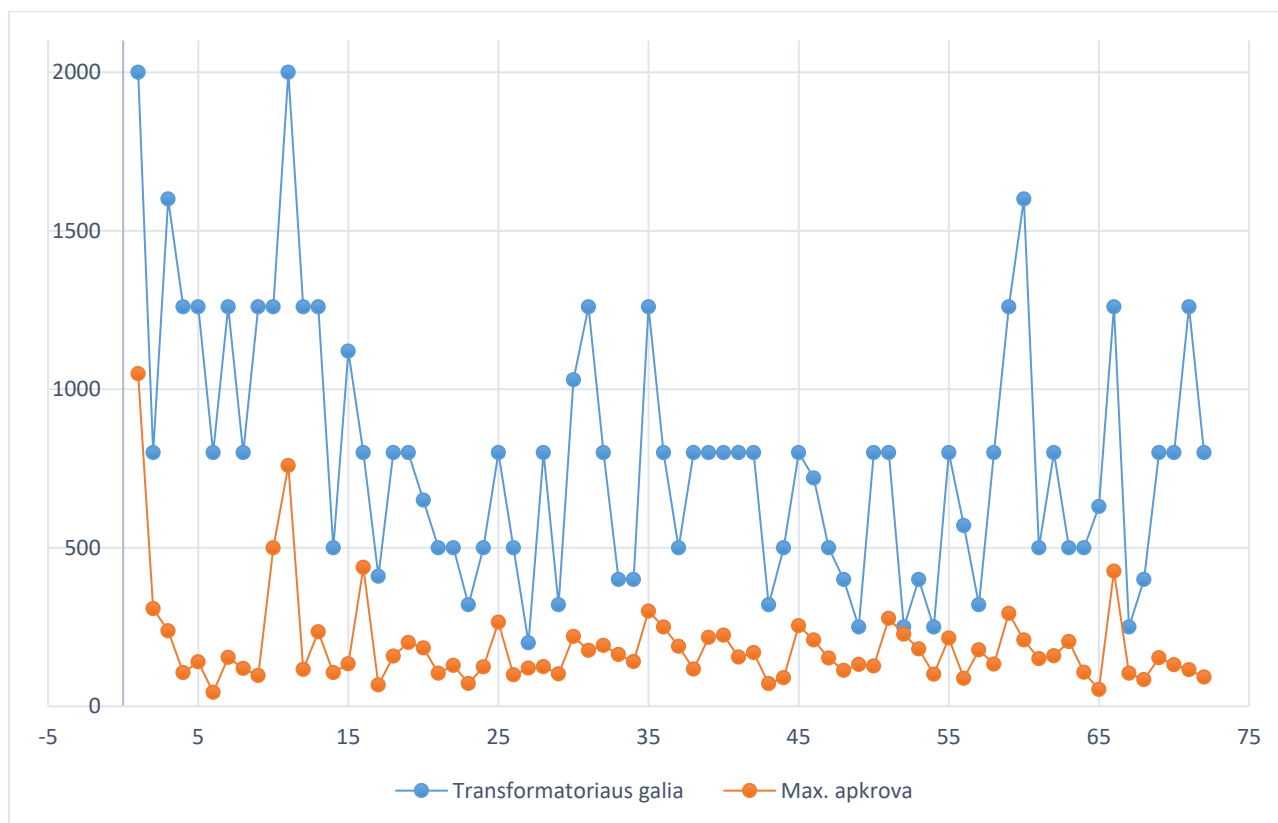
$$\Delta T_{įkrovimo}^{(i,j)} = 60 \cdot \frac{E_{įkrovimo}^{(i,j)}}{P_{įkrovimo}} = 60 \cdot \frac{15,9}{50} = 9,54 \text{ min}; \quad (17)$$

$P_{įkrovimo}$  - įkrovimo stotelės galia, kW

Iš 15 formulės skaičiavimų matyti, kad vidutinis elektromobilis pravažiuojantis 100 km per dieną, greito įkrovimo stotelėje savo elektromobilio bateriją krautų mažiau nei 10 minučių.

## 2.5 Transformatorių dabartinės apkrovos ir instaliuotos galios tikrinimas

Elektromobilių įkrovimo stotelių vietai nustatyti tiriami Dainavos raj. Transformatoriai, kurie gali palaikyti tokią apkrovą ir turi laisvos rezervinės galios. Šiam tyrimui naudosime transformatorių maksimalios galios ir jų maksimalios mėnesinės apkrovos metų laiko tarpe. Buvo tirtos 72 Dainavos raj. esančios 10/0.4 kV transformatorinės pastotės. Pasirinktas laiko intervalas yra nuo 2017 metų gegužės 1 dienos iki 2018 metų gegužės 8 dienos. Apkrovų duomenys ir transformatorinių pastočių sąrašas pridėtas 1 priede.

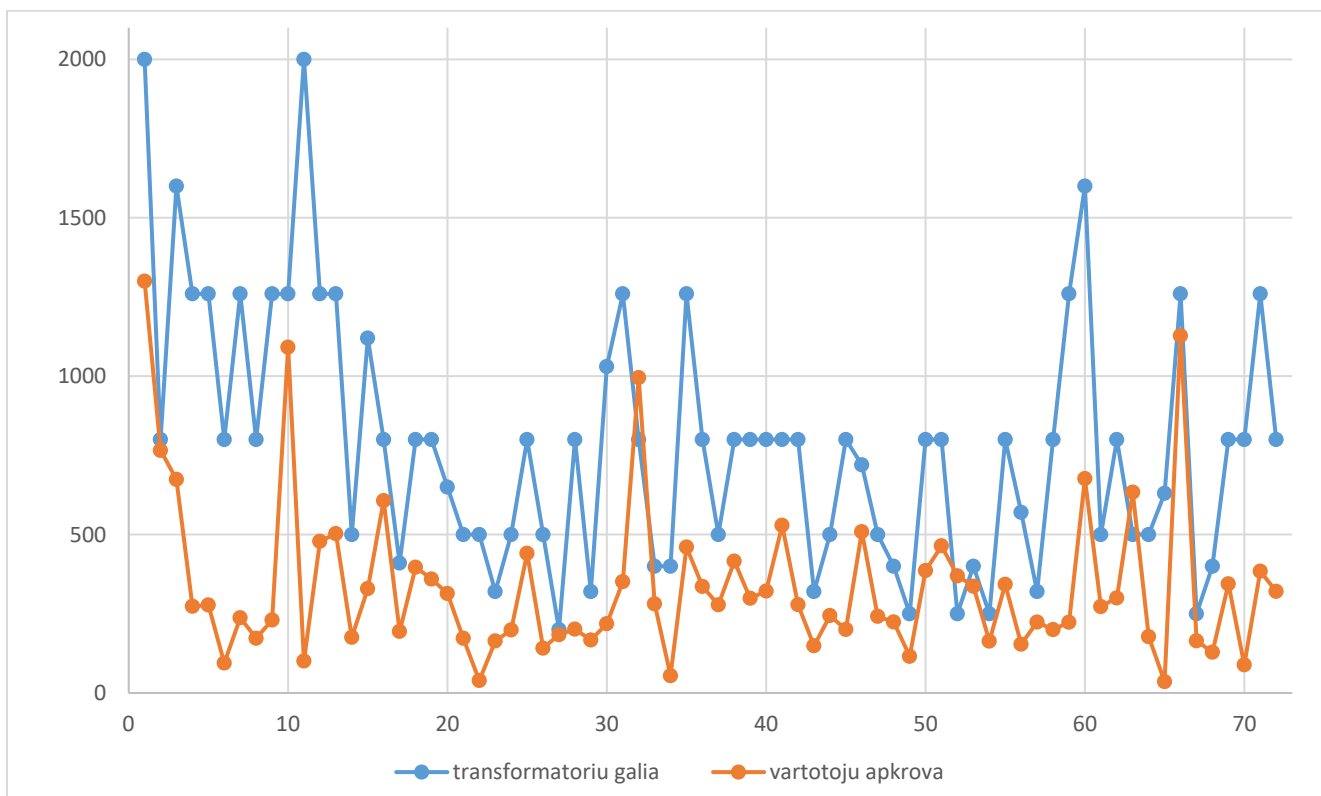


**2.5.1 pav.** Transformatorių galios ir maksimalios apkrovos 2017-2018 m. grafikas.

Iš 2.5.1 Pav. Matosi, kad visuose transformatoriuose yra laisvos rezervinės galios ir nei vienas tyrimuoju laikotarpiu nebuvo perkrautas. Tačiau iš grafiko matosi, kad kai kurios transformatorinės pastotės apkrovos yra netoli maksimalios galios ribų, todėl įvertinant papildomą galią, kurią reikia instaliuoti prijungiant elektromobilių įkrovimo stotelę galima tikėtis, kad apkrova viršys galią.

Nustatant transformatorių leistiną rezervinę galią taip pat reikia įvertinti maksimalią instaliuotą galią pagal vartotojų kategorijas (I, II, III kategorijos) ir įvertinti nevienalaikiškumo

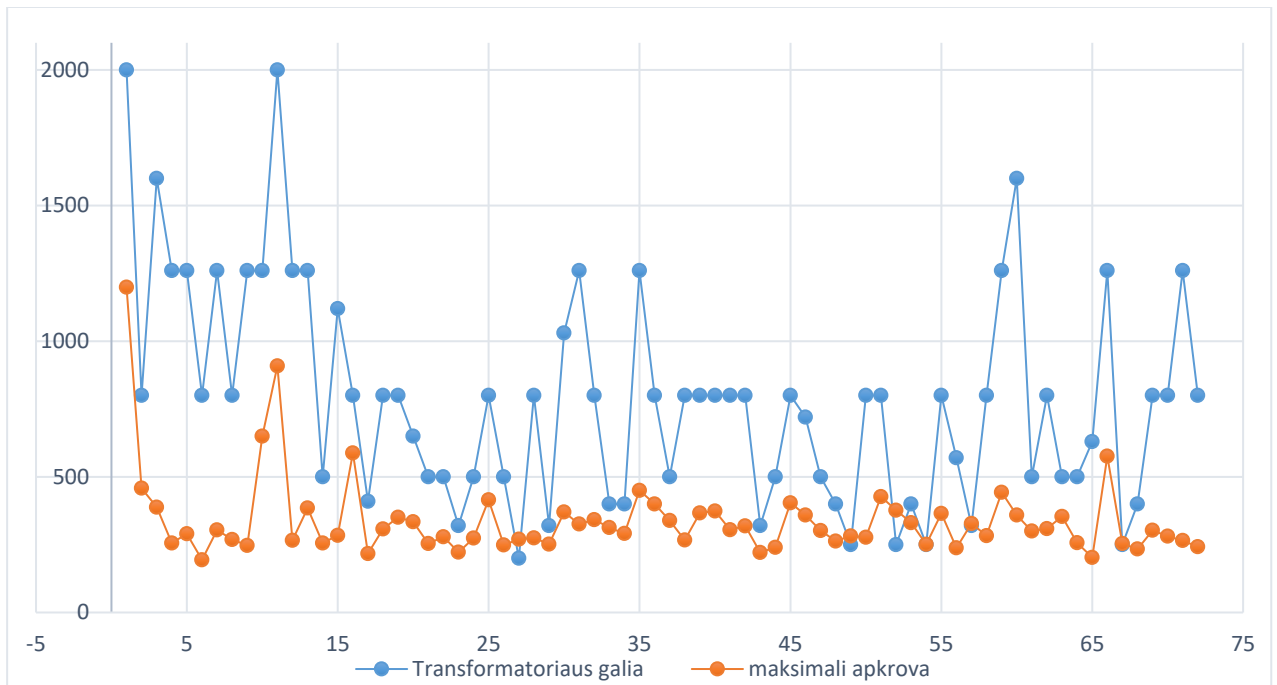
koeficientus, kuris priklauso nuo vartotojų grupės dydžio, kuri yra prijungta prie transformatorinės pastotės, taip pat ir nuo vartotojų tipo, turimų įrenginių skaičiaus.



**2.5.2 pav.** Transformatorių galios ir vartotojų maksimalios apkrovos įvertinant nevienalaikiškumą grafikas.

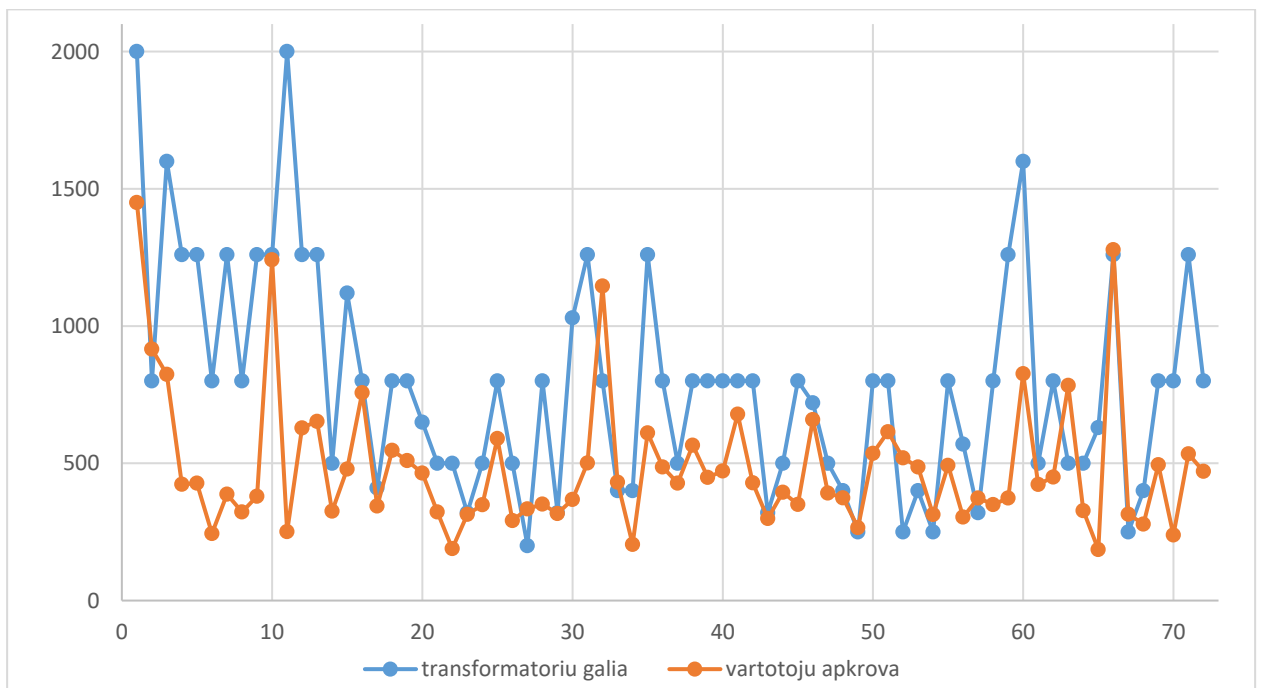
Iš 2.5.2 Pav. Matosi, kad daugeliu atveju transformatoriai nėra pilnai apkrauti, tačiau yra nemažai vietų, kur teorinis apkrovimas yra didesnis nei maksimali transformatorinės pastotės galia, todėl toje vietoje tikrai negalima prijungti papildomos apkrovos, reikalingos elektromobilių įkrovimo stotelei.

Prie dabartinių maksimalios apkrovos ir maksimalios instaliuotos galios grafikų pridėjami papildomi 150 kW, kurie yra reikalingi elektromobilių įkrovimo stotelės instaliacijai.



**2.5.3 pav.** Transformatorių maksimalios galios ir maksimalios apkrovos su įkrovimo stotelėmis grafikas

Iš 2.5.3 Pav. Matome, kad 6 iš 72 transformatorinių pastočių neturi pakankamai galios padengti suminei vartotojų ir elektromobilių įkrovimo stotelių apkrovai.



**2.5.4 pav.** Transformatorių galios ir vartotojų instaliuotos galios ir įkrovimo stotelių reikalingos galios grafikas.

Iš 2.5.4 pav. matosi, kad 12 iš 72 transformatorinių pastočių instaliuota vartotojų galia įvertinus nevienalaikiškumo koeficientą ir papildomą apkrovą reikalingą įkrovimo stotelių instaliacijai, viršija transformatorių maksimalią galią.

Iš 2.5.1-2.5.4 Pav. galima daryti išvadą, kad elektromobilių įkrovimo stotelių instaliacijai tinkamos 60 iš 72 Dainavos raj. Esamų 10/0.4 kV transformatorinių pastočių.

Naudojant laiko intervalą, kurį elektromobiliai praleidžia kraudamiesi galima laikyti, kad vienai įkrovimo stotelei tenka 30 elektromobilių. Taigi dabarties scenarijumi Dainavos raj. Turi būti 12 įkrovimo stotelių, o optimisniu scenarijumu – 15 (atitinkamai 331 ir 430 elektromobilių).

Įkrovimo stotelės bus jungiamos prie skirtomojo tinklo ten, kur yra didžiausias laisvos galios rezervas ir mažiausia apkrova. Taip pat pagal jų vietą Dainavos raj. Stengtasi, kad transformatoriai būtų nutolę vienodais atstumais vienas nuo kito ir taip tolygiai paskirstytų apkrovą. Įkrovimo stotelių prijungimas prie tinklo pateikiamas 2 priede.

### 2.5.1 Lentelė. Įkrovimo stotelių instaliacijai pasirinkti transformatoriai.

TR nr.	TR galia, kW	Maksimali vartotojų apkrova, kW	Instaliuota galia įvertinus apkrovos koef. kW	vartotojų apkrova ir įkrovimo stotelė, kW	Instaliuota galia ir įkrovimo stotelė. kW
TR-1089	1600	238	673,952	388	823,952
TR-1068	1260	106	273,56	256	423,56
TR-864	1120	134	329	284	479
TR-786	800	201	359,632	351	509,632
TR-742	500	124	198,72	274	348,72
TR-752	800	265	440,56	415	590,56
TR-734	1030	220	218,368	370	368,368
TR-679	500	189	277,92	339	427,92
TR-626	720	209	509,2	359	659,2
TR-576	800	127	386,248	277	536,248
TR-573	800	277	464,477	427	614,477
TR-537	500	150	272,792	300	422,792
MT-718	800	131	88,56	281	238,56
TR-1065	1260	154	237,392	304	387,392
TR-554	800	133	199,728	283	349,728

## 3 Elektromobilių įkrovimo stotelių ekonominis ir aplinkosauginis vertinimas

### 3.1 Sunaudotas elektros energijos kiekis kraunant elektromobilius

Nustatant elektros energijos kiekį, kurį sunaudos elektromobiliai kraudamiesi suprojektuotose greito įkrovimo stotelėse bus naudojami 2.1.5 skyriaus gauti duomenys. Elektros kaina 0,113 €/kWh nustatyta pagal visuomeninės elektros energijos kainos ir tarifų planus, galiojančius nuo 2018 m. sausio 1 d [35].

**3.1.1 lentelė.** El. energijos kiekis reikalingas įkrauti elektromobilius.

Metai	Scenarijus A		Scenarijus B	
	El. energijos kiekis, kWh	Kaina už sunaudotą el. energiją. €	El. energijos kiekis, kWh	Kaina už sunaudotą el. energiją. €
2019	162498	18362,27	208926	23608,64
2020	203123	22952,84	261158	29510,80
2021	266961	30166,59	342407	38691,93
2022	371424	41970,91	481691	54431,03
2023	568743	64267,96	737045	83286,03
2024	969185	109517,85	1259360	142307,62
2025	1920959	217068,31	2495505	281992,07

Pagal 2017 m. balandžio 27 d. „*Elektros vartotojų įrenginių prijungimo prie elektros skirstomųjų tinklų įkainių patvirtinimo nutarimo*“ 3 kategorijos vartotojams, kurių galia yra nuo 100 kW iki 500 kW taikomas 23,64 €/kW prijungimo ir šiai vartotojų kategorijai taikomas ir 10,1 €/m elektros tinklo kabelio nutiesimo mokesčiai.

Taikant šiuos tarifus galime apskaičiuoti, kad 12 stotelių įrengimas, kurios yra nutolę vidutiniškai 50 metrų nuo transformatorinės pastotės kainuos 47 193 €, 15 stotelių įrengimas kainuos 58 991 €.

Projektuojamos įkrovimo stotelės yra žemosios įtampos, antros patikimumo kategorijos objektas, todėl jai taikomas 0,39 €/kW/mėn. palaikymo mokestis [36]. Įvertinant šį mokestį 12 stotelių patikimumo kaštai yra 8143 €/m., 15 stotelių – 10179 €/m.

### 3.2 Oro taršos ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų sumažėjimo įvertinimas

**3.2.1 lentelė.** Oro teršalų išmetimo kiekiai pagal kuro rūšį g/km. [37].

Kuras	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM <sub>VOC</sub>	PM <sub>10</sub>
Benzinas	0,006	0,053	0,070	1,620	0,030	0,014
Dyzelis	0,003	0,027	0,270	0,330	0,040	0,041
SND	0,006	0,008	0,040	0,830	0,010	0,014

Iš 3.2.1 lentelės galima pastebėti, kad benzininiai automobiliai išskiria daugiau CO, metano ir N<sub>2</sub>O už dyzelinius, tačiau pastarieji išmeta į aplinką daugiau NO<sub>x</sub> ir kietųjų dalelių. NM<sub>VOC</sub> (*Non-methane volatile organic compounds – ne-metano nepastovūs organiniai junginiai*) išmetimai yra mažiausi dujas naudojančiuose automobiliuose.

Lietuvos autoparko didžiausią dalį sudaro dyzeliu ir benzinu varomi automobiliai, todėl oro teršalų išmetimo kiekiai yra diferencijuoti pagal kuro rūšį (dyzelis – 68%, benzinas – 23,3%, dujos 7,89% [38]). Naudojantis 5 lentele ir 2.1.5 skyriaus 15 formule gautas bendras teršalų kiekis, kuris būtų sutaupytas dalį autoparko pakeitus 2.1.3 skyriuje apskaičiuotu elektromobilių kiekiu.

**3.2.2 lentelė.** Oro teršalų išmetimo kiekiai, kg. Iki 2025 metų, kai EV skaičius didės iki 331.

Metai	CH <sub>4</sub> , kg	N <sub>2</sub> O, kg	NO <sub>x</sub> , kg	CO, kg	NM <sub>VOC</sub> , kg	PM <sub>10</sub> , kg
2019	4,24	33,98	220,06	723,62	37,91	34,95
2020	5,30	42,47	275,07	904,53	47,39	43,68
2021	6,97	55,82	361,52	1188,81	62,28	57,41
2022	9,69	77,66	502,99	1653,99	86,65	79,88
2023	14,84	118,91	770,20	2532,68	132,69	122,31
2024	25,29	202,63	1312,49	4315,89	226,11	208,43
2025	50,18	40,63	2601,4	8554,25	448,16	413,11
<b>Suma</b>	<b>116,51</b>	<b>572,1</b>	<b>6043,73</b>	<b>19873,77</b>	<b>1041,19</b>	<b>959,77</b>

**3.2.3 lentelė.** Oro teršalų išmetimo kiekiai, kg. Iki 2025 metų, kai EV skaičius didės iki 430.

Metai	CH <sub>4</sub> , kg	N <sub>2</sub> O, kg	NO <sub>x</sub> , kg	CO, kg	NM <sub>VOC</sub> , kg	PM <sub>10</sub> , kg
2019	5,45	43,68	282,93	930,37	48,74	44,93
2020	6,81	54,60	353,66	1162,96	60,93	56,16
2021	8,93	71,59	463,69	1524,78	79,88	73,64
2022	12,57	100,71	652,31	2145,02	112,38	103,59
2023	19,23	154,10	998,12	3282,14	171,95	158,51
2024	32,86	263,30	1705,45	5608,07	293,81	270,83
2025	65,12	521,75	3379,46	11112,77	582,21	536,67
<b>Suma</b>	<b>150,97</b>	<b>1209,73</b>	<b>7835,62</b>	<b>25766,11</b>	<b>1349,9</b>	<b>1244,33</b>



Iš 3.2.2 ir 3.2.3 lentelės matyti, kad didžiausi oro teršalų sumažėjimo kiekiai Dainavos raj., pakeitus įprastas transporto priemones elektromobiliais, tenka anglies monoksidui, kuris yra nuodingas uždaroje patalpose žmogui ir NOx, kurie prisideda prie smogo ir rūgštinio lietaus formavimosi miestuose. Naudojant elektromobilius pagal scenarijų A būtų neišmesti į aplinką 19 t. CO ir 6 t. NOx, atitinkamai vertinant scenarijų B - 25 t. CO ir 7 t. NOx.

Lietuvoje nėra išskirto mokesčio už transporto priemonių į orą išmetamus teršalus, kadangi jis yra įtrauktas į kuro akcizą, todėl skaičiavimuose naudojami Europos Sąjungos subsidijų ir kainų tarifų energijai, skaičiavimai [39][40].

### 3.2.4 lentelė. Scenarijaus A taršos mokesčiai ir sutaupymai naudojant elektromobilius.

Kuro elementas	Kaina €/kg	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CH4	2,371	10,05	12,57	16,53	22,97	35,19	59,96	118,85
N2O	0,53	18,01	22,51	29,58	41,16	63,02	107,39	212,86
NOx	4,653	1023,94	1279,9	1682,15	2340,41	3583,74	6107,02	12104,31
CO	0,043	31,12	38,89	51,12	71,12	108,91	185,58	367,83
NM VOC	0,056	2,12	2,65	3,49	4,85	7,43	12,66	25,10
PM10	0,397	13,87	17,34	22,79	31,71	48,56	82,75	164,01
<b>Suma, €</b>	-	<b>1099</b>	<b>1374</b>	<b>1805</b>	<b>2512</b>	<b>3847</b>	<b>6555</b>	<b>12992,95</b>

### 3.2.5 lentelė. Scenarijaus B taršos mokesčiai ir sutaupymai naudojant elektromobilius.

Kuro elementas	Kaina €/kg	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CH4	2,371	12,92	16,15	21,17	29,80	45,59	77,91	154,40
N2O	0,53	23,15	28,94	37,94	53,38	81,67	139,55	276,53
NOx	4,653	1316,47	1645,58	2157,55	3035,20	4644,25	7935,46	15724,63
CO	0,043	40,01	50,01	65,57	92,24	141,13	241,15	477,85
NM VOC	0,056	2,73	3,41	4,47	6,29	9,63	16,45	32,60
PM10	0,397	17,84	22,30	29,24	41,13	62,93	107,52	213,06
<b>Suma, €</b>	-	<b>1413,12</b>	<b>1766,38</b>	<b>2315,94</b>	<b>3258,03</b>	<b>4985,21</b>	<b>8518,04</b>	<b>16879,07</b>

Iš 3.2.4 ir 3.2.5 lentelės matyti, kad nors labiausiai sumažėtų CO išmetimas, tačiau didžiausi sutaupymai dėl taršos mokesčių yra dėl NOx emisijų sumažėjimo, toliau mažiau ženklūs yra CO ir N2O, CH4 o NM VOC sutaupymas yra nežymus.

**3.2.6 lentelė.** Duomenys reikalingi CO2 emisijų skaičiavimui.

Kuras	Kuro efektyvumas, GJ/kL	Vid. Kuro sunaudojimas, l/100 km.	CO2 emisijos deginant kurą. kg/Gj	CO2 emisijos kuro tiekimui, kg/GJ
Benzinas	34,2	7,8	66,7	5,3
Dyzelis	38,6	5,9	69,2	5,3
Dujos	26,2	12,3	59,6	5,3

Skaičiuojant CO2 emisijas į aplinką, kurias galima sutaupyti vietoje įprastų vidaus degimo variklių naudojant elektromobilius, bus naudojami duomenys pateikti 3.2.6 lentelėje. Taip pat priimta CO2 kaina – 43 €/t. [39].

**3.2.7 lentelė.** CO2 emisijų sumažinimas naudojant elektromobiliu ir CO2 mokesčio sutaupymas.

Metai	Scenarijus A		Scenarijus B	
	CO2, kg	Kaina, €	CO2, kg	Kaina, €
2019	524,31	22,55	674,11	28,99
2020	655,38	28,18	842,63	36,23
2021	861,36	37,04	1104,78	47,51
2022	1198,41	51,53	1554,19	66,83
2023	1835,06	78,91	2378,09	102,26
2024	3127,10	134,47	4063,36	174,72
2025	6198,02	266,51	8051,81	346,23

Iš 3.2.7 lentelės matyti, kad pagal scenarijų A galima būtų sutaupyti 266 € CO2 mokesčio, o pagal scenarijų B – 346 €. Atitinkamai į aplinką būtų neišmeta 6.2 t. ir 8t. CO2, kuris skatina klimato atšilimą.

**3.3 Europos Sąjungos paramos panaudojimo galimybės**

Elektromobilių įkrovimo stotelių plėtros Kauno mieste projektas patenka į 2014-2020 m. Europos struktūrinių ir investicijų fondų prioritetinę sritį, t.y. švaraus transporto vystymo, todėl galima būtų tikėtis finansavimo iš Sanglaudos fondo, kuris yra skiriamas transporto ir aplinkosauginiams projektams. Europos Sąjungos Sanglaudos fondą sudaro 63,4 mlrd. €, kurie yra skirti remti projektus, susijusius su energija arba transportu tol, kol jie akivaizdžiai naudingi aplinkai energijos vartojimo efektyvumo, atsinaujinančiosios energijos vartojimo, geležinkelių tinklo, transporto vystymo, viešojo transporto stiprinimo ir kitais aspektais. Šis elektromobilių

įkrovimo stotelių projektas atitinka tiek transporto infrastruktūros, tiek ir aplinkai naudingos energijos vartojimo efektyvumo kriterijus [41][42].

Projektas taip pat atitinka NER 300 ir CEF (*Connecting Europe Facility*) programų reikalavimus, kurie nuo 2017 m. lapkričio 8 dienos skyrė 800 mln. € elektromobilių infrastruktūros gerinimui Europos Sąjungos šalyje. Fondų tikslas iki 2020 metų pasiekti 800 000 elektromobilių įkrovimo stotelių skaičių Europos Sąjungos šalyse, kai šiuo metu jų yra 200 000 [43][44].

Europos centrinis bankas remia švarios energijos naudojimą miestuose ir gali suteikti 7.5-75 mln. € paskolą arba nuosavo kapitalo finansavimą elektromobilių infrastruktūros projektui naudojantis *InnovFin Energy Demo* programa [45].

### 3.4 Projekto investicijų grąža ir rentabilumas

#### 3.4.1 Projekto grynoji dabartinė vertė

Dabartinė grynoji vertė apskaičiuojama diskontuojant visus iš investicinio projekto numatomus gauti pinigų srautus. Projektas trukmė numatyta nuo 2019 iki 2025 metų, t.y. – 7 metai, diskonto norma priimama 8%, o projektas dalinai – 40% finansuojamas iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų.

$$PV = -K + \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t}; \quad (18)$$

Čia:

K – pradinės investicijos;

$CF_t$  - pinigų srautas laiko momentu t;

T – projekto trukmė, metais;

i – diskonto norma.

Skaičiuojama elektromobilių įkrovimo stotelės amortizacija naudojant metų skaičiaus metodą, kai pirmaisiais metais numatoma didesnė amortizacijos norma, o vėlesniais metais mažesnė. Įkrovimo stotelės kaina paimta iš 2.3 skyriaus. Amortizacijos norma taikoma visoms įkrovimo stotelėms pagal scenarijus A ir B.

$$\text{Amortizacijos norma} = \frac{\text{likęs įrenginio tarnavimo laikas}}{\sum_{t=1}^T \text{metai}}; \quad (19)$$

$$\sum_{t=1}^T \text{metai} = \frac{\text{tarnavimo laikas} \cdot (\text{tarnavimo laikas} + 1)}{2}; \quad (20)$$

**3.4.1.1 lentelė.** Įrenginių amortizacija naudojant metų skaičiaus metodą.

Metai	Amortizacijos norma	Įrenginių amortizacija, €	
		Scenarijus A	Scenarijus B
2019	0,25	30000	37500
2020	0,21	25714	32152
2021	0,18	21428	26785
2022	0,14	17142	21428
2023	0,11	12857	16071
2024	0,07	8571	10714
2025	0,04	4285	5357

**3.4.1.2 lentelė.** Projekto grynoji dabartinė vertė pagal scenarijų A.

Metai	Scenarijus A				Scenarijus B			
	Bendrosios išlaidos	Dabartinė vertė	Bendrosios pajamos	Dabartinė vertė	Bendrosios išlaidos	Dabartinė vertė	Bendrosios pajamos	Dabartinė vertė
2018	100315,8	100315,8			125394,6	125394,6		
2019	31741,8	29202,46	19483,82	17925,11	39677,4	36503,21	25050,75	23046,69
2020	29170,2	24689,66	24355,02	20614,09	36468,6	30867,02	31313,03	26503,35
2021	26598,6	20712,01	32008,63	24924,74	33248,4	25890,13	41054,44	31968,6
2022	24027	17212,77	44534,44	31904,16	30034,2	21516,29	57755,86	41375,89
2023	21456	13009,95	68193,87	41349,69	26820	16262,44	88373,29	53585,59
2024	18884,4	10534,6	116207,3	64825,86	23605,8	13168,42	151000,3	84235,03
2025	16312,8	8372,037	230327,8	118208,6	20391,6	10465,35	299217,3	153564
	<b>Dabartinė Išlaidų vertė</b>	<b>224 049</b>	<b>Dabartinė pajamų vertė</b>	<b>319 752</b>	<b>Dabartinė Išlaidų vertė</b>	<b>280 067</b>	<b>Dabartinė pajamų vertė</b>	<b>414 279</b>

$$PV_A = PVB_A - PVC_A = 319752 - 224049 = 95702 \text{ €}; \quad (21)$$

$$PV_B = PVB_B - PVC_B = 414279 - 280067 = 134211 \text{ €}. \quad (22)$$

Pagal 19 ir 20 formulių skaičiavimus matyti, kad tiek A, tiek B scenarijaus projekto grynoji dabartinė vertė yra teigiama, t.y. projektas yra pelningas.

### 3.4.2 Projekto vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma yra toks rodiklis, kuris parodo investicijų rentabilumą ir maksimalų leistiną santykinį investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas pasidaro nerentabilus.

**3.4.2.1 lentelė.** Vidinės pelno normos skaičiavimas skirtingiems scenarijams.

Metai	Bendrasis pinigų srautas	
	Scenarijus A	Scenarijus B
2018	-100315,8	-125395
2019	-11277,35	-13456,5
2020	-4075,57	-4363,67
2021	4212,73	6078,47
2022	14691,39	19859,6
2023	28339,74	37323,15
2024	54291,26	71066,61
2025	109836,56	143098,6
<b>IRR</b>	<b>11%</b>	<b>12%</b>

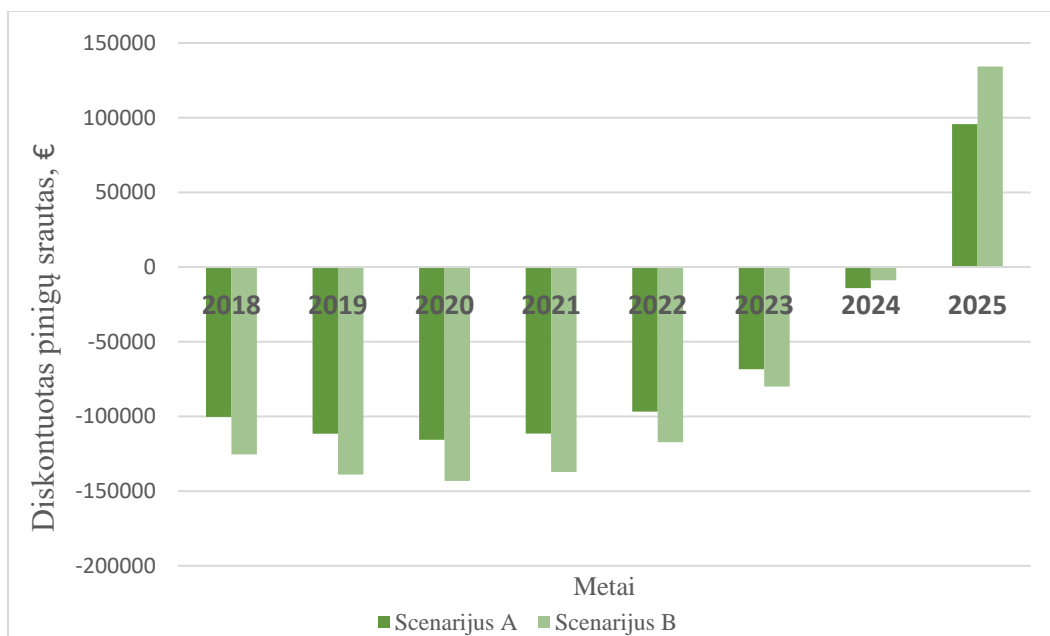
Pagal 3.4.2.1 lentelę matyti, kad scenarijaus A vidinė pelno norma yra 11%, o scenarijaus B – 12%. Tai tokia diskonto norma prie kurios susilygina išlaidų ir pajamų srautų dabartinės vertės, t.y. projektas atsipirks, t.y. bus sugražintas panaudotas kapitalas, bet be jokio viršpelnio.

### 3.4.3 Projekto balansas

Projekto balansas parodo, koks pinigų kiekis yra susietas su investiciniu projektu kiekvienu laiko momentu ir parodo projekto būsimąją vertę laiko momentu t.

**3.4.3.1 lentelė.** Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas.

Metai	Suminis pinigų srautas, €	
	Scenarijus A	Scenarijus B
2018	-100315,8	-125394,6
2019	-111593,2	-138851,1
2020	-115668,7	-143214,8
2021	-111456	-137136,3
2022	-96764,6	-117276,7
2023	-68424,86	-79953,58
2024	-14133,6	-8886,964
2025	95702,963	134211,65
<b>Atsipirkimo laikas</b>	<b>6 metai 53 dienos</b>	<b>6 metai 24 dienos</b>



**3.4.3.1 pav.** Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas.

Iš 3.4.3.1 lentelės ir 3.4.3.1 pav. matyti, kad projekto suminis pinigų srautas po 6 metų ir 2 mėnesių tampa 0, o paskutinių projekto metų gale projekto suminis pinigų srautas tampa teigiamas.

#### 3.4.4 Jautrumo analizė

Bus tiriama, kokį poveikį projekto rentabilumui duos padidėję kapitalo investiciniai kaštai. Priimama prielaida, kad nėra paramos iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų, todėl projekto kaštai pagrindiniam investuotojui išauga 40%.

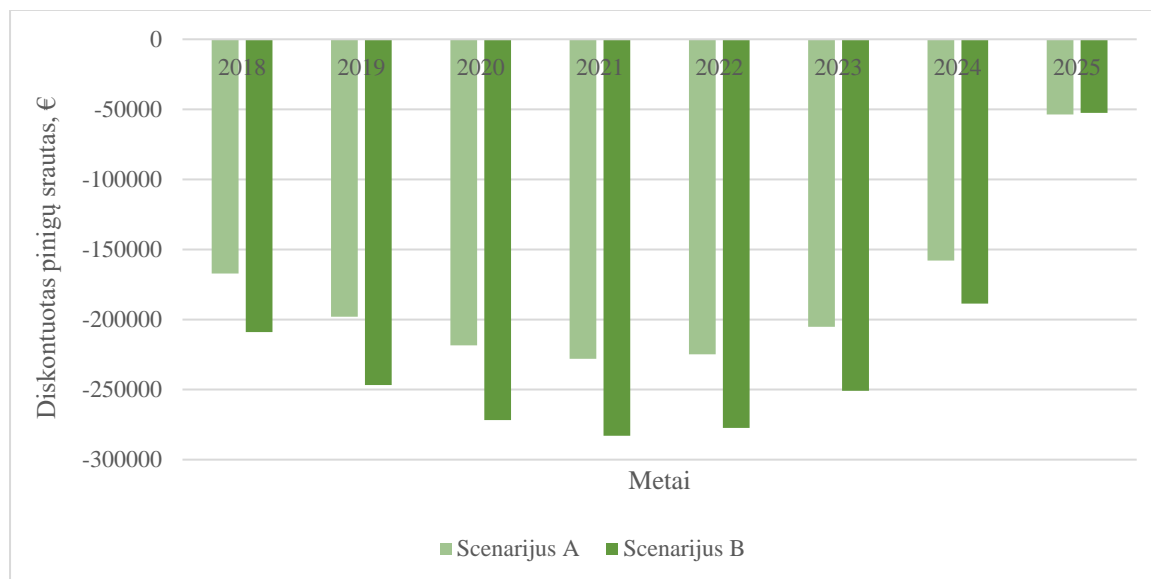
**3.4.4.1 lentelė.** Diskontuotos pajamos ir išlaidos įvertinus padidėjusius kapitalo kaštus.

Metai	Scenarijus A				Scenarijus B			
	Bendrosios išlaidos, €	Dabartinė vertė, €	Bendrosios pajamos, €	Dabartinė vertė, €	Bendrosios išlaidos, €	Dabartinė vertė, €	Bendrosios pajamos, €	Dabartinė vertė, €
2018	167193	167193			208991	208991		
2019	52903	48670,76	19483,82	17925,11	66129	60838,68	25050,75	23046,69
2020	48617	41149,43	24355,02	20614,09	60781	51445,04	31313,03	26503,35
2021	44331	34520,02	32008,63	24924,74	55414	43150,22	41054,44	31968,6
2022	40045	28687,96	44534,44	31904,16	50057	35860,48	57755,86	41375,89
2023	35760	21683,25	68193,87	41349,69	44700	27104,07	88373,29	53585,59
2024	31474	17557,66	116207,3	64825,86	39343	21947,36	151000,3	84235,03
2025	27188	13953,39	230327,8	118208,6	33986	17442,26	299217,3	153564
	<b>Dabartinė Išlaidų vertė</b>	<b>373 415</b>	<b>Dabartinė pajamų vertė</b>	<b>319 752</b>	<b>Dabartinė Išlaidų vertė</b>	<b>466 779</b>	<b>Dabartinė pajamų vertė</b>	<b>414 279</b>
	<b>Projekto grynoji dabartinė vertė</b>			<b>-53 663</b>	<b>Projekto grynoji dabartinė vertė:</b>			<b>-52 497</b>

Iš 3.4.4.1 lentelės matyti, kad nesant paramai iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų išlaidos dabartinė išlaidų vertė taikant scenarijų A, padidėja nuo 224 049 € iki 373 515 €, o taikant scenarijų B, išlaidos didėja nuo 280 067 € iki 414 279 €. Nekintant pajamoms, toks išlaidų padidėjimas lemia, kad projekto grynoji dabartinė vertė yra neigiama pagal abu scenarijus

**3.4.4.2 lentelė.** Diskontuoti pinigų srautai įvertinus padidėjusius kapitalo kaštus.

Metai	Bendrasis pinigų srautas		Suminis pinigų srautas, €	
	Scenarijus A	Scenarijus B	Scenarijus A	Scenarijus B
2018	-167193	-208991	-167193	-208991
2019	-30745,65	-37792	-197938,7	-246783
2020	-20535,34	-24941,7	-218474	-271724,7
2021	-9595,278	-11181,6	-228069,3	-282906,3
2022	3216,2039	5515,409	-224853,1	-277390,9
2023	19666,435	26481,52	-205186,6	-250909,4
2024	47268,196	62287,67	-157918,4	-188621,7
2025	104255,21	136121,7	-53663,23	-52499,99



**3.4.4.1 pav.** Projekto diskontuotų pinigų srautų balansas taikant jautrumo analizę

Iš 3.4.4.2 lentelės ir 3.4.4.1 pav. matyti, kad projekto balansas yra neigiamas ir iki 2025 m. projektas netampa pelningu.

Tam, kad nesant paramai iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų projekto PV = 0, reikia, kad investicijos iš išorinių fondų siektų:

$$K_A = \frac{(373415 - 319752)}{319752} \cdot 100 = 16,78\%; \quad (23)$$

$$K_B = \frac{(466779 - 414279)}{414279} \cdot 100 = 12,67\%; \quad (24)$$

Iš 23 ir 24 formulių skaičiavimų matyti, kad atlikus jautrumo analizę nustatyta, kad norint jog projekto grynoji dabartinė vertė būtų daugiau arba lygi 0, reikalingos 16,78% investicijos iš išorinių fondų taikant scenarijų A, ir 12,67%, taikant scenarijų B.



## IŠVADOS

1. Išanalizavus elektromobilių ir įkrovimo stotelių techninių ir ekonominių aspektus nustatyta, kad elektromobilių energijos naudojimo efektyvumas yra 70-95%, kai benzinu ir dyzeliu varomų automobilių atitinkamai tik 20 ir 40%. Vertinant išlaidas kurui buvo nustatyta, kad elektromobilių išlaidos kurui yra 4-5 kart mažesnės nei įprastą kurą naudojančių transport priemonių. Šiuo metu populiariausios yra lėto įkrovimo t.y. 3.7-22 kW įkrovimo stotelės, tačiau didėjant baterijų talpoms populiarėja greito įkrovimo 22-150 kW. įkrovimo stotelės.

2. Išanalizavus elektromobilių plėtros tendencijas ir šiuo metu taikomas paramos priemones nustatyta, kad vidutinis metinis elektromobilių rinkos augimas yra 21%, o įkraunamų hibridinių automobilių - 35%. Sparčiausiai augančios rinkos yra Kinijoje (75% elektromobilių) ir Norvegijoje (164% įkraunamų hibridų), dėl šiose šalyse taikomų subsidijų ir mokestinių lengvatų.

3. Atlikus elektromobilių skaičiaus plėtros prognozę pagal sudarytą regresijos modelį apskaičiuota, kad 2025 m. elektromobilių Lietuvoje bus 15831, o įvertinus subsidijas - 20580. Kauno miesto, Dainavos rajone atitinkamai – 331 ir 430 elektromobilių.

4. Atlikus elektromobilių infrastruktūros plėtros vertinimą nustatyta, kad Dainavos raj. reikia 12 įkrovimo stotelių ir 15 įkrovimo stotelių atsižvelgiant į subsidijas. Pasirinkta 150 kW ABB Terra 53 įkrovimo stotelė. Išanalizavus Dainavoj raj. esančių transformatorinių pastočių apkrovimo duomenis nustatyta, kad 60 iš 72 transformatorinių pastočių atitinka galios rezervo reikalavimus įrengiant elektromobilių įkrovimo stoteles.

5. Atlikus elektromobilių infrastruktūros plėtros vertinimą nustatyta, kad Dainavos raj. reikia 12 įkrovimo stotelių ir 15 įkrovimo stotelių atsižvelgiant į subsidijas. Pasirinkta 150 kW ABB Terra 53 įkrovimo stotelė. Išanalizavus Dainavoj raj. esančių transformatorinių pastočių apkrovimo duomenis nustatyta, kad 60 iš 72 transformatorinių pastočių atitinka galios rezervo reikalavimus įrengiant elektromobilių įkrovimo stoteles.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

- [1] B.K. Sovacool, How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions, *Energy Res. Soc. Sci.* 13 (2016) 202–215. Internetinė nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629615300827>. Žiūrėta 2018 01 06
- [2] Trump proposes vast expansion of offshore drilling By Rob Hotakainen, *E&E News*. Internetinė nuoroda: <http://www.sciencemag.org/news/2018/01/trump-proposes-vast-expansion-offshore-drilling>. Žiūrėta 2018 01 07
- [3] P. Kivimaa, F. Kern, Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions, *Res. Policy* 45 (2016) 205–217. Internetinė nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733315001468>. Žiūrėta 2018 01 07
- [4] Meyer, R. ‘America’s Pledge’: Can States and Cities Really Address Climate Change? *The Atlantic* (2 June 2017); Internetinė nuoroda: <http://go.nature.com/2uPODRa>. Žiūrėta 2018 01 08
- [5] EEA, Air Quality in Europe — 2013 Report. EEA Report No. 9/2013, 2013. Internetinė nuoroda: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>. Žiūrėta 2018 01 09
- [6] Air quality standards. Internetinė nuoroda: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>. Žiūrėta 2018 01 10
- [7] Toyota Gasoline Engine. Internetinė nuoroda: [https://www.greencarreports.com/news/1091436\\_toyota-gasoline-engine-achieves-thermal-efficiency-of-38-percent](https://www.greencarreports.com/news/1091436_toyota-gasoline-engine-achieves-thermal-efficiency-of-38-percent). Žiūrėta 2018 01 11
- [8] Andwari, Amin Mahmoudzadeh, et al. "A review of Battery Electric Vehicle technology and readiness levels." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78 (2017): 414-430. Internetinė nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117306251>. Žiūrėta 2018 01 11
- [9] The world’s fastest-accelerating cars. Internetinė nuoroda: <https://inews.co.uk/essentials/lifestyle/cars/car-features/worlds-fastest-accelerating-cars/>, Žiūrėta 2018 01 12
- [10] B. Nykvist and M. Nilsson, “Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles,” *Nat. Clim. Change*, vol. 5, no. 4, pp. 329–332, Mar. 2015. Internetinė nuoroda: [https://ecal.berkeley.edu/pubs/slides/Nykvist15\\_BattCosts\\_NatureClimateChange.pdf](https://ecal.berkeley.edu/pubs/slides/Nykvist15_BattCosts_NatureClimateChange.pdf) Žiūrėta 2018 01 11
- [11] Jess Shankleman, “The Electric Car Revolution Is Accelerating,” Internetinė nuoroda: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-06/the-electric-car-revolution-is-accelerating>. Žiūrėta 2018 01 11

- [12] Tesla model 3 Specs. Internetinė nuoroda: <https://insideevs.com/tesla-model-3-specs/>. Žiūrėta 2018 01 12
- [13] Hoekstra, Auke, Anand Vijayashankar, and Vedant Linesh Sundrani. "Modelling the Total Cost of Ownership of Electric Vehicles in the Netherlands." (2017). Internetinė nuoroda: [https://www.researchgate.net/profile/Auke\\_Hoekstra/publication/320415990\\_Modelling\\_the\\_Total\\_Cost\\_of\\_Ownership\\_of\\_Electric\\_Vehicles\\_in\\_the\\_Netherlands/links/59e46660458515393d60e017/Modelling-the-Total-Cost-of-Ownership-of-Electric-Vehicles-in-the-Netherlands.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Auke_Hoekstra/publication/320415990_Modelling_the_Total_Cost_of_Ownership_of_Electric_Vehicles_in_the_Netherlands/links/59e46660458515393d60e017/Modelling-the-Total-Cost-of-Ownership-of-Electric-Vehicles-in-the-Netherlands.pdf), 2018 01 13
- [14] Fatih Birol, "World Energy Outlook 2016," International Energy Agency, Nov. 2016. Internetinė nuoroda: <https://www.iea.org/newsroom/news/2016/november/world-energy-outlook-2016.html>. 2018 01 16
- [15] NKL, "Benchmark Cost Charging Infrastructure (Dutch)," 2016. Internetinė nuoroda: [https://www.researchgate.net/profile/Auke\\_Hoekstra/publication/320415909\\_Characteristics\\_of\\_Dutch\\_EV\\_drivers/links/59e467110f7e9b97fbf05522/Characteristics-of-Dutch-EV-drivers.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Auke_Hoekstra/publication/320415909_Characteristics_of_Dutch_EV_drivers/links/59e467110f7e9b97fbf05522/Characteristics-of-Dutch-EV-drivers.pdf). Žiūrėta 2018 01 16
- [16] Types of charging cables. Internetinė nuoroda: <http://www.mobilityhouse.com/en/charging-cable-and-plug-types/>, Žiūrėta 2018 01 16
- [17] Įkrovimo stotelių tipai. Internetinė nuoroda: <http://www.100procentuelektrinis.lt/naudinga-informacija/elektromobilio-ikrovimas/elektromobiliu-greito-ikrovimo-stoteles-lietuvoje/>, Žiūrėta 2018 01 18
- [18] Charging modes, charging point side, car side. Internetinė nuoroda : [https://www.es-store.co.uk/documents/product/Guide\\_to\\_EV\\_charging.pdf](https://www.es-store.co.uk/documents/product/Guide_to_EV_charging.pdf), Žiūrėta 2018 01 18
- [19] Tesla supercharger charging stations worldwide. Internetinė nuoroda: [https://www.tesla.com/en\\_EU/supercharger?redirect=no](https://www.tesla.com/en_EU/supercharger?redirect=no), Žiūrėta 2018 04 19
- [20] Total number of charging stations. Internetinė nuoroda: <http://www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure>, Žiūrėta 2018 04 20
- [21] Tesla Supercharger network. Internetinė nuoroda: <http://www.digitaljournal.com/tech-and-science/technology/tesla-offers-free-chargers-for-office-parking-lots/article/515832>, Žiūrėta 2018 01 20
- [22] Ultra fast charging network. Internetinė nuoroda: <https://electrek.co/2017/11/03/ultra-fast-electric-car-charging-network-unveiled-by-bmw-mercedes-ford-volkswagen/>, Žiūrėta 2018 04 20
- [23] 450 kW charging station. Internetinė nuoroda: <https://insideevs.com/fastcharge-now-evaluating-450-kw-charging/>, Žiūrėta 2018 04 21

- [24] Ionity charging network in Europe. Internetinė nuoroda: <https://www.autoevolution.com/news/ionity-shows-the-design-of-its-upcoming-ultra-fast-charging-stations-network-124194.html>, Žiūrėta 2018 04 21
- [25] Mega-E charging network in Europe. Internetinė nuoroda: <https://www.electrive.com/2018/01/22/high-power-net-mega-e-connect-20-european-nations/>, Žiūrėta 2018 04 24
- [26] E-VIA FLEX-E charging network. Internetinė nuoroda : <https://www.enel.com/media/press/d/2017/12/e-via-flex-e-eng>, Žiūrėta 2018 04 26
- [27] Ultra-E charging network in Europe. Internetinė nuoroda: <https://electrek.co/2016/10/18/new-ultra-fast-charging-350-kw-stations-evs-europe-audi-bmw/>, Žiūrėta 2018 04 26
- [28] Dainavos rajonas Kaune. Internetinė nuoroda: <http://www.kaunas.lt/administracija/struktura-ir-kontaktai/seniunijos/dainavos-seniunija/>, Žiūrėta 2018 04 30
- [29] Gyventojų skaičius Kaune. Internetinė nuoroda: <http://www.kaunas.lt/apie-kauna/statistika/>, Žiūrėta 2018 04 30
- [30] Elektromobilių skaičius Lietuvoje. Internetinė nuoroda: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/elektromobiliu-skaicius-lietuvoje>, Žiūrėta 2018 04 30
- [31] Gyventojų skaičius Lietuvoje. Internetinė nuoroda: <https://osp.stat.gov.lt/gyventojai1>, Žiūrėta 2018 04 30
- [32] Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija. Internetinė nuoroda: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/kompleksine-elektromobiliu-transporto-pletros-galimybiu-studija>, Žiūrėta 2018 04 30
- [33] ABB Terra CJG 53 fast charging station. Internetinė nuoroda: <http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=4EVC204303LFEN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, Žiūrėta 2018 05 01
- [34] Celli, Gianni, et al. "Aggregated electric vehicles load profiles with fast charging stations." *Power Systems Computation Conference (PSCC), 2014*. IEEE, 2014. Internetinė nuoroda : <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7038402/>, Žiūrėta 2018 05 06
- [35] Elektros kaina Lietuvoje. Internetinė nuoroda: [http://www.eso.lt/lt/verslui/elektra\\_99/tarifai-kainos-atsiskaitymai-ir-skolos/apie-kainas.html](http://www.eso.lt/lt/verslui/elektra_99/tarifai-kainos-atsiskaitymai-ir-skolos/apie-kainas.html), Žiūrėta 2018 05 08
- [36] Elektros kaina Lietuvoje. Internetinė nuoroda: <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2017-m..html>, Žiūrėta 2018 05 08
- [37] Amato, Fulvio, et al. "Urban air quality: The challenge of traffic non-exhaust emissions." *Journal of hazardous materials* 275 (2014): 31-36. Internetinė nuoroda: [https://www.kau.edu.sa/Files/188/Researches/65862\\_37290.pdf](https://www.kau.edu.sa/Files/188/Researches/65862_37290.pdf), Žiūrėta 2018 05 10

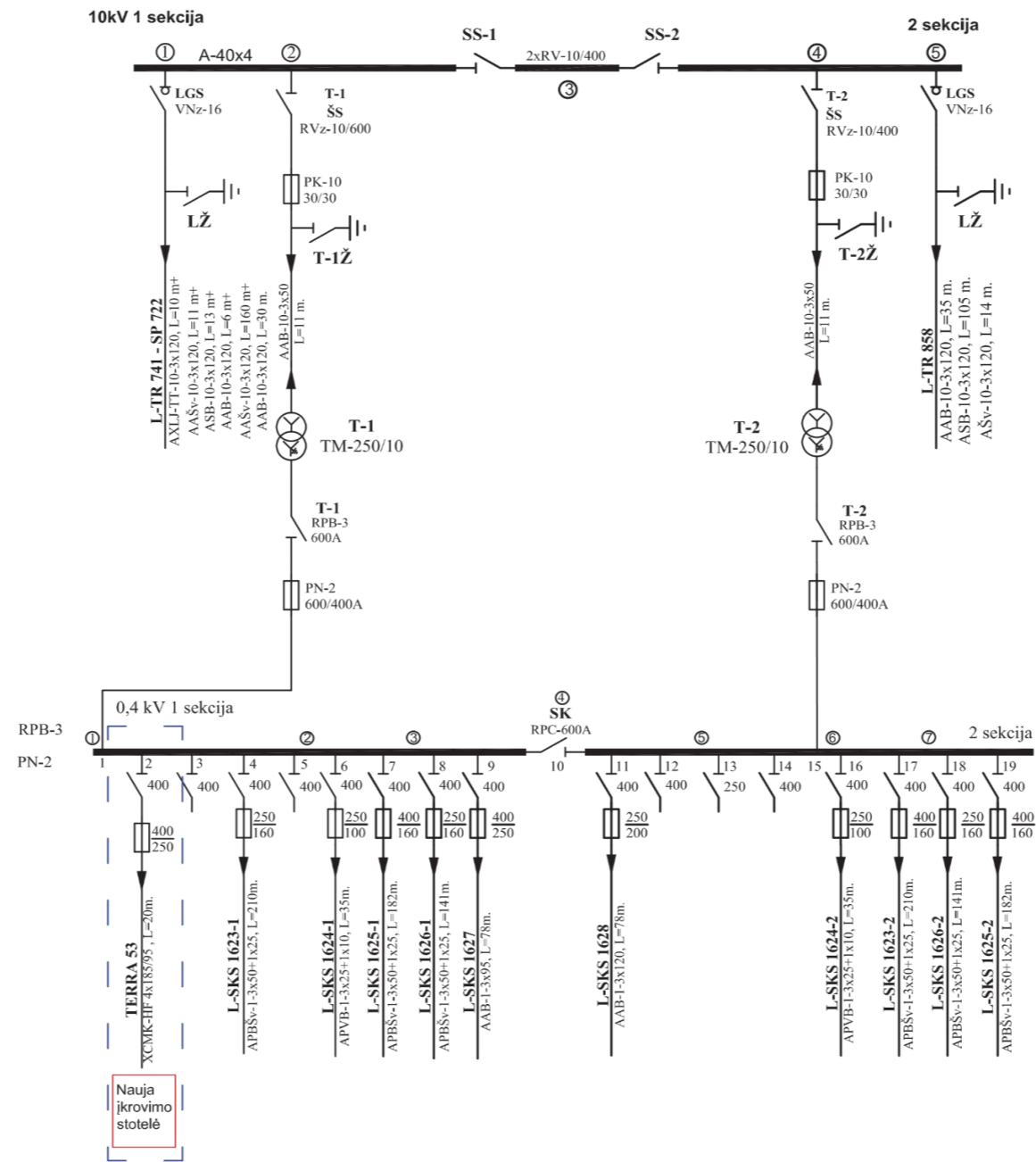
- [38] Įregistruotų M1 klasės lengvųjų automobilių skaičius pagal degalų rūšį, Internetinė nuoroda: <http://www.regitra.lt/lt/atviri-duomenys/>, Žiūrėta 2018 05 10
- [39] Subsidies and costs of EU energy. Internetinė nuoroda: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy\\_11\\_Nov.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf), Žiūrėta 2018 05 10
- [40] Internalization of external costs in Lithuania and Poland, Internetinė nuoroda: [http://www.jois.eu/files/04\\_Streimkiene.pdf](http://www.jois.eu/files/04_Streimkiene.pdf), Žiūrėta 2018 05 12
- [41] European Cohesion fund for sustainable energy and transport. Internetinė nuoroda: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/lt/funding/cohesion-fund/](http://ec.europa.eu/regional_policy/lt/funding/cohesion-fund/), Žiūrėta 2018 05 12
- [42] Europos Sąjungos sanglaudos politikos paramos gavėjai, Internetinė nuoroda: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/lt/atlas/beneficiaries/](http://ec.europa.eu/regional_policy/lt/atlas/beneficiaries/), Žiūrėta 2018 05 12
- [43] Connecting Europe Facility Fund. Internetinė nuoroda: [https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding/cef\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/project-funding/cef_en), Žiūrėta 2018 05 12
- [44] NER 300 Fund. Internetinė nuoroda: [https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300_en), Žiūrėta 2018 05 12
- [45] InnovFin Energy Demo Projects. Internetinė nuoroda: <http://www.eib.org/products/blending/innovfin/products/energy-demo-projects.htm>, Žiūrėta 2018 05 12

Priedas Nr. 1 Dainavos raj. Esančių transformatorių galia ir apkrova.

TR	TR galia, kW	Maksimali apkrova, kW	Prijungtų vartotojų galia, 2 kat. kW	Prijungtų vartotojų galia, 3 kat. kW	leistina galia įvertinus apkrovos koef. kW
TR-1448	2000	1,049	1,300	0	1300
TR-1184	800	308	759	63	765,804
TR-1089	1600	238	518	1083	673,952
TR-1068	1260	106	95	1240	273,56
TR-1067	1260	140	68	1456	277,664
TR-1066	800	44	0	654	94,176
TR-1065	1260	154	98	968	237,392
TR-1064	800	119	15	857	172,688
TR-1026	1260	97	228	15	230,16
TR-997	1260	500	855	1640	1091,16
TR-981	2000	759	0	700	100,8
TR-957	1260	116	20	3187	478,928
TR-912	1260	235	359	999	502,856
TR-873	500	106	0	1219	175,536
TR-864	1120	134	306	125	329
TR-858	800	438	527	556	607,064
TR-837	410	67	154	252	194,32
TR-802	800	158	385	65	396,96
TR-786	800	201	64	2053	359,632
TR-787	650	184	0	2182	314,208
TR-789	500	104	0	1198	172,512
TR-795	500	129	0	229	39,159
TR-741	320	72	120	275	164
TR-742	500	124	0	1380	198,72
TR-752	800	265	136	2115	440,56
TR-753	500	99	100	270	141,31
TR-754	200	120	3	1256	183,864
TR-758	800	125	23	1238	201,272
TR-724	320	102	0	1161	167,184
TR-734	1030	220	10	1447	218,368
TR-739	1260	176	237	794	351,336
TR-740	800	192	873	851	995,544
TR-672	400	163	30	1745	281,28
TR-674	400	141	0	357	54,621
TR-677	1260	300	150	2156	460,464

TR	TR galia, kW	Maksimali apkrova, kW	Prijungty vartotojų galia, 2 kat. kW	Prijungty vartotojų galia, 3 kat. kW	leistina galia įvertinus aprovos koef. kW
TR-678	800	250	0	2336	336,384
TR-679	500	189	0	1930	277,92
TR-680	800	117	243	1201	415,944
TR-723	800	217	49	1734	298,696
TR-671	800	224	0	2234	321,696
TR-656	800	155	488	240	529,04
TR-646	800	169	0	1935	278,64
TR-645	320	71	0	1033	148,752
TR-634	500	90	182	412	244,212
TR-629	800	254	0	1390	200,16
TR-626	720	209	196	2175	509,2
TR-621	500	152	57	1282	241,608
TR-615	400	113	0	1556	224,064
TR-585	250	132	0	804	115,776
TR-576	800	127	49	2342	386,248
TR-573	800	277	394	473	464,477
TR-571	250	227	104	1845	369,68
TR-569	400	181	0	2339	336,816
TR-568	250	101	0	1134	163,296
TR-563	800	215	180	1129	342,576
TR-562	570	88	60	652	153,888
TR-555	320	178	0	1553	223,632
TR-554	800	133	0	1387	199,728
TR-540	1260	293	0	1550	223,2
TR-538	1600	209	638	225	676,475
TR-537	500	150	65	1443	272,792
TR-788	800	159	103	1368	299,992
TR-755	500	204	416	1512	633,728
TR-1134	500	107	109	448	177,544
TR-1018	630	53	0	210	35,91
TR-962	1260	426	886	1680	1127,92
TR-572	250	104	0	1143	164,592
TR-536	400	84	0	893	128,592
MT-675	800	153	145	1385	344,44
MT-718	800	131	0	615	88,56
MT-857	1260	115	100	1974	384,256
MT-1456	800	92	320	3	320,552

Priedas Nr. 2 Įkrovimo stotelės prijungimas prie TR-742 transformatorinės pastotės.



	TR	T-1	T-2
1. Tipas, galia kVA	Plytinis	TM-250/10	TM-250/10
2. Gamyklinis Nr.		377592	377595
3. Pastatymo metai		1971.01.01	1971.01.01
4. Pagaminimo metai		1972.04.29	1972.04.29
5. Įtampa, kV		10/0,4	10/0,4
6. Jungimo grupė		Yyn0	Yyn0
7. Balansė	AB ESO	AB ESO	AB ESO

KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				KAUNO MIESTO ELEKTROS TINKLAI	
PAREIGOS	V. PAVARDĖ	PARAŠAS	DATA	Įkrovimo stotelės prijungimas	
Stud.	A. Kelmickas		2018-05-20		
ETAPAS	MP	Elektros energetikos sistemų katedra LT-51367 Sstudentų 48 Kaunas	Transformatorinės TR-742 PRINCIPINĖ VIENLINIJINĖ SCHEMA		
				1	1