



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

# **Vartotojų įsitraukimo į elektros rinką modelių analizė**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Deividas Barbšys**

Projekto autorius

**lekt. dr. Aistija Vaišnorienė**

Vadovė

---

**Vilnius, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

## **Vartotojų įsitraukimo į elektros rinką modelių analizė**

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

---

**Deividas Barbšys**

Projekto autorius

**lekt. dr. Aistija Vaišnorienė**

Vadovė

**lekt. dr. Birutė Linkevičiūtė**

Recenzentė

---

**Vilnius, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

Deividas Barbšys

## **Vartotojų įsitraukimo į elektros rinką modelių analizė**

### **Akademinio sąžiningumo deklaracija**

Patvirtinu, kad mano, Deivido Barbšio, baigiamasis projektas tema „Vartotojų įsitraukimo į elektros rinką modelių analizė“ 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)

Barbšys D., Vartotojų įsitraukimo į elektros rinką modelių analizė. Energetikos ekonomikos kryptis, Elektros energetikos technologijų ir ekonomikos baigiamasis projektas / vadovas lekt. dr. Aistija Vaišnorienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): studijų kryptis – energijos inžinerija, krypčių grupė – inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: gaminantys vartotojai, elektros rinką, modelių analizė.

Vilnius, 2019 – 63 psl.

### **Santrauka**

Šiame darbe pateikiama gaminančių vartotojų įsitraukimo į elektros rinką analizė. Gaminantys vartotojai yra viena pagrindinių energetikos ateities krypčių, kurią Energetikos ministerija siekia plėsti kiekvienais metais. Gausus gaminančių vartotojų kiekis leistų vystyti elektros energijos tinklą palapsniui, nereikalaujant didelių investicijų į generacijos didinimą ir rezervą, kadangi buitiniai vartotojai, tapę gaminančiais vartotojais, elektros tinklais naudotųsi tik esant savų elektrinių generacijos trūkumui arba įvykus sistemos gedimams.

Susiduriama su problema, kad daugelis vartotojų nesiryžta tapti gaminančiais vartotojais, kadangi jiems nėra aiškūs visi ekonominiai ir techniniai aspektai. Šiuo darbu siekiama apskaičiuoti vartotojui svarbius ekonominius ir finansinius rodiklius, kuriais remdamasis, vartotojas galėtų lengviau pasirinkti vartotojo lūkesčius atitinkantį gaminančių vartotojų modelį. Siekiant, kad atliekami skaičiavimai būtų vertinami tokiomis pat sąlygomis, pasitelkiami vienodi technologijų gamintojai, skaičiavimo metodai ir kainos.

Barbšys D., Analysis of Models of Consumers' Participation in the Electricity Market. Final Project of Electricity Technology and Economy / supervisor lect. dr. Aistija Vaišnorienė; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Power.

Study field and area (study field group): Electrical Power Engineering – energy engineering, engineering science

Keywords: producing users, electricity market, analysis of models.

Vilnius, 2019 - 63 pages

### **Summary**

This paper presents an analysis and opportunities for consumers to get involved in the electricity market. Prosumers are one of the main directions of the future of energy, which the Ministry of Energy aims to expand every year. The large amount of consumers would allow the electricity grid to be developed gradually, without the need for large investments in generation and reserve, cause household users who have become generating consumers would only use electricity from the grid if there was a shortage of their own power plants or system failures.

There is a problem that many household users are hesitant to become producing consumers because they are not clear on all economic and technical aspects. The aim of this work is to calculate the economic and financial indicators that are relevant to the users, which would help the users to choose the consumer model that meets the consumer's expectations. Equal technology manufacturers, calculation methods and prices are used to make the calculations under the same conditions.

## Turinys

Lentelių sąrašas .....	7
Paveikslų sąrašas .....	8
Santrumpų ir terminų sąrašas .....	9
Įvadas.....	10
1. Atsinaujančių energijos išteklių skatinimas ir plėtra Lietuvoje.....	11
2. Dabartinė elektros energiją gaminančių vartotojų situacija Lietuvoje.....	13
3. Decentralizuotos elektros energijos gamybos ateitis Lietuvoje.....	15
4. Kainų taikymas gaminantiems vartotojams .....	19
5. Elektros energiją gaminančių vartotojų modeliai.....	21
5.1. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.1 .....	21
5.2. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.2.....	22
5.3. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.3.....	23
6. Gaminančių vartotojų plėtros pokyčiai.....	24
7. Saulės elektrinių sistemos .....	25
8. Tyrimo dalis .....	27
9. Tyrimo objektai .....	28
10. Gaminančio vartotojo tyrimas .....	30
10.1. Gaminančio vartotojo saulės elektrinių ekonominis vertinimas .....	42
Išvados .....	51
Informacijos šaltinių sąrašas .....	52
Priedai.....	54
1 priedas. „Tesla“ baterijos techninės specifikacijos .....	54
2 priedas 5 kW gaminančio vartotojo parametrai.....	54
3 priedas 5 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis.....	55
4 priedas 7 kW gaminančio vartotojo parametrai.....	55
5 priedas 7 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis.....	56
6 priedas 10 kW gaminančio vartotojo parametrai.....	56
7 priedas 10 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis.....	57
8 priedas 5 kW modelio skaičiavimai .....	57
9 priedas 7 kW modelio skaičiavimai .....	59
10 priedas 10 kW modelio skaičiavimai .....	60
11 priedas 5 kW projekto balanso skaičiavimas.....	62
12 priedas 7 kW projekto balanso skaičiavimas.....	62
13 priedas 10 kW projekto balanso skaičiavimas.....	63

## Lentelių sąrašas

Lentelė Nr. 1 Energetikos sektoriaus skatinimo priemonės .....	12
Lentelė Nr. 2 Žaliosios energijos gamintojų kiekiai Lietuvoje .....	17
Lentelė Nr. 3 Tesla kaupiklio duomenys .....	22
Lentelė Nr. 4 Saulės elektrinės komponentai .....	25
Lentelė Nr. 5 Saulės elektrinių komponentų kainos.....	32
Lentelė Nr. 6 Tiriamojo objekto Nr.1 duomenys .....	33
Lentelė Nr. 7 Saulės modulių tipai .....	33
Lentelė Nr. 8 Praradimai sistemoje .....	35
Lentelė Nr. 9 Vartotojo energijos suvartojimas ir 5 kW saulės elektrinės generacija.....	35
Lentelė Nr. 10 5kW vartotojo elektros energijos metinė ataskaita.....	36
Lentelė Nr. 11 Tiriamojo objekto Nr.2 duomenys .....	37
Lentelė Nr. 12 7 kW jėgainės praradimai sistemoje.....	38
Lentelė Nr. 13 Vartotojo energijos suvartojimas ir 7 kW saulės elektrinės generacija.....	38
Lentelė Nr. 14 7kW vartotojo elektros energijos metinė ataskaita.....	39
Lentelė Nr. 15 Tiriamojo objekto Nr.3 duomenys .....	40
Lentelė Nr. 16 10 kW jėgainės praradimai sistemoje.....	40
Lentelė Nr. 17 Vartotojo energijos suvartojimas ir 10 kW saulės elektrinės generacija .....	41
Lentelė Nr. 18 Elektrinių skaičiavimuose naudojamos sumos.....	43
Lentelė Nr. 19 Apibendrinti grynosios dabartinės vertės rezultatai .....	44
Lentelė Nr. 20 5 kW pajamų ir išlaidų santykis .....	44
Lentelė Nr. 21 7 kW pajamų ir išlaidų santykis .....	44
Lentelė Nr. 22 10 kW pajamų ir išlaidų santykis .....	45
Lentelė Nr. 23 5 kW elektrinės 62% ir 80% kainodarų skirtumai .....	48
Lentelė Nr. 24 7 kW elektrinės 62% ir 80% kainodarų skirtumai .....	49
Lentelė Nr. 25 10 kW elektrinės 62% ir 80% kainodarų skirtumai .....	50

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Valandinis generacijos kiekis % (Eurostat, 2018).....	16
2 pav. Lietuvoje esančios supirkimo kaina (Eur/MWh) (Eurostat, 2018).....	16
5 pav. Schematiškas kainos paaiškinimas .....	19
6 pav. Elektros energijos skirtumo atvejis Nr.1.....	20
7 pav. Elektros energijos skirtumo atvejis Nr.2.....	20
8 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.1.....	22
9 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.2.....	23
10 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.3 .....	23
11 pav. Nustatytos tyrimo vietos lokacija .....	28
12 pav. Vaizdas iš palydovo .....	29
13 pav. 5 kW stogo ploto vizualizacija.....	30
14 pav. 7 kW stogo ploto vizualizacija.....	31
15 pav. 10 kW stogo ploto vizualizacija.....	31
16 pav. Gaminančio vartotojo vizualizacija [21].....	32
17 pav. 5 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos skirtumas .....	36
18 pav. 7 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos skirtumas .....	39
19 pav. 10 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos santykis .....	42
20 pav. 5kW saulės elektrinės projekto balansas .....	46
21 pav. 7kW saulės elektrinės projekto balansas .....	47
22 pav. 10kW saulės elektrinės projekto balansas .....	47



## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

AC – kintamoji srovė;

DC – nuolatinė srovė;

kW – kilovatai;

kWh - kilovatvalandės.

### Terminai:

**Gaminantis vartotojas** – elektros energijos vartotojas, kuris gamina elektros energiją iš atsinaujinančių energijos išteklių savo reikmėms.

**Decentralizuota energijos gamyba** – energijos gamyba, kuri nėra sutelkta viename taške ir nėra nustatytas vienas gamintojas, iš kurio yra perkama elektros energija.

**Energijos vartojimo efektyvumas** – darbo, paslaugų, prekių, energijos ir pirminės arba galutinės energijos sąnaudų santykis.

**Energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonė** – priemonė, kuri sumažina energijos suvartojimą dėl technologinių, elgsenos ir (arba) fiskalinės politikos priemonių taikymo.

**Pirminė energija** – gamtinių išteklių energija: organiniame kure (naftoje, durpėse, biomasėje ir pan.) sukaupta energija, branduolinė (atominė) energija, vandens potencinė energija, vėjo, saulės, geoterminei, cheminių procesų energija.

**Galutinė energija** – energija, pateikta pramonės, statybos, žemės ūkio, kitų ekonominės veiklos rūšių įmonių galutiniams vartotojams ir namų ūkiams.

**Sutaupyta energija** – energijos kiekis, nustatomas matuojant ir (arba) įvertinant energijos suvartojimą prieš įgyvendinant energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonę ir ją įgyvendinus ir prareikšus perskaičiuojamas įvertinant aplinkos sąlygų pokytį, darantį poveikį energijos suvartojimui.

## Įvadas

Elektros energiją gaminantis vartotojas – fizinis arba juridinis asmuo, įsirengęs atsinaujinančių išteklių technologijų elektrinę ir gaminantis elektrą savo reikmėms, o nesuvaržytą elektros energijos kiekį saugantis arba tiekiantis į tinklus ir, esant poreikiui, ją susigražinantis iš tinklų [1].

Pasaulyje prieš dešimtmetį prasidėjęs ir milijonus vartotojų turintis elektros energiją savo reikmėms gaminančių vartotojų judėjimas įgauna pagreitį ir Lietuvoje. Energetikos sistemoje ateis laikas, kai pasigaminti „žalia“ elektros energiją savo reikmėms gali kainuoti pigiau negu pirkti ją „tradiciškai“ - iš tinklo. Energetikos ministerija 2018 m. išleido, o Lietuvos Respublikos Seimas patvirtino „Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją“, kurioje numatomas gaminančių vartotojų kiekio augimas, kad decentralizacija elektros energijos gamyboje būtų įgyvendinta kuo sparčiau ir tikslingiau[8]. Energetikos rinkoje galima rasti palankių situacijų, kuriomis pasinaudoję vartotojai paskatintų greitesnę elektros energijos gaminančių vartotojų plėtrą. Viena tokių - atsinaujinančių elektros energijos išteklių generavimo įrenginių kainų mažėjimai. Remiantis internetiniais duomenimis saulės elektrinių kainos nuo 2010 m. iki 2018 m. atpigo 85%. Ekspertų nuomone, per artimiausius 4 metus saulės elektrinių kaina gali sumažėti dar 27% [2].

Gaminančių vartotojų plėtra yra vienas iš pagrindinių decentralizacijos veiksnių, kurie ateityje turėtų daryti vis didesnę įtaką energetinėje sistemoje ir taip padidinti „žaliosios“ energijos pagaminimą ir sumažinti šiltnamio efektą didinančių dujų emisiją Lietuvoje. Visi decentralizacijos pokyčiai sukuria naujų galimybių vartotojams, kurie nori būti energetiškai nepriklausomi, prisidėti prie aplinkosaugos ir taip sukurti ne tik vienpusės naudos sau, tiek ir valstybei.

**Darbo tikslas** - išanalizuoti gaminančių vartotojų modelius ir apskaičiuoti jų naudą gaminančiam vartotojui.

### **Darbo uždaviniai:**

- apžvelgti esamą ir prognozuojamą gaminančių vartotojų situaciją Lietuvoje;
- atlikti gaminančių vartotojų modelių vertinimą atsižvelgiant į vartotojų generaciją;
- pateikti modelių ekonominės analizės skaičiavimus ir finansinius rodiklius;
- palyginti siūlomus gaminančių vartotojų modelius.

## 1. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimas ir plėtra Lietuvoje

Europoje vis plačiau diskutuojant apie išmetamųjų dujų kenksmingumą ir daromą įtaką klimato kaitai, buvo nuspręsta, kad visomis išgalėmis bus siekiama didinti atsinaujinančių energijos išteklių pasitelkiamą energijos gamyboje. Daugeliui ankstesnių saulės energijos gamintojų buvo suteiktos labai patrauklios sąlygos, todėl buvo stipriai iškreipta elektros energijos rinka. Energetikos ministerija buvo nusprendusi už nustatytą aukštą tarifą supirkti visą pagamintą energijos kiekį. Dėl šių sprendimų buvo sustojusios atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo schemos. Šiuo metu numatyta fiksuota išmoka už 1 kilovatą (kW) saulės elektrinės įrengtosios galios, tačiau šioms išmokoms gauti maksimali vartotojo elektrinės galia negali būti didesnė kaip 10 kW. Konkreti išmokos suma – 323 eurus už 1 kW įrengtosios galios. Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas [3] ir naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašas [4] - atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarką aprašantys teisės aktai.

Lietuvoje atsinaujinančių energijos išteklių įstatymas apibrėžia keletą taikomų skatinimo priemonių:

- 1) fiksuotas tarifas;
- 2) energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių supirkimas;
- 3) energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių persiuntimas pirmumo teise;
- 4) energetikos tinklų ar sistemų galios ir pralaidumo ar kitų atitinkamų techninių parametru rezervavimas atsinaujinančius energijos išteklius naudojančioms įrenginiams prijungti;
- 5) elektros energijos gamintojų atleidimas nuo atsakomybės už pagamintos elektros energijos balansavimą ir (ar) elektrinės gamybos pajėgumo rezervavimą skatinimo laikotarpiu;
- 6) parama žemės ūkio produkcijos – biokuro, biodegalų, biotepalų ir bioalyvų gamybos žaliavos – gamybai ir perdirbimui;
- 7) privalomo atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti ir (ar) privalomo energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo, taip pat biodegalų naudojimo reikalavimai;
- 8) parama investicijoms į atsinaujinančius energijos išteklius naudojančias technologijas;
- 9) kitos įstatymų nustatytos lengvatos.

Didžioji dalis įstatymuose aprašytų skatinimo priemonių, 2015 metais išnaudojus valstybės nustatytas skatinimo kvotas, naujiems gamintojams nėra skiriamos. Taip pat, šiuo metu esanti balansavimo skatinimo priemonė greitai turėtų būti panaikinta, kadangi yra apsunkinama tinklo operatoriaus veikla ir sukiamas sistemos disbalansas.

Siekiant, kad Lietuva pasiektų kuo geresnį atsinaujinančių energijos išteklių rodiklį, Nacionalinėje atsinaujinančių energijos išteklių plėtros programoje yra numatytos kelios įgyvendinimo priemonės:

- 1) kitų atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo šilumos ir (ar) vėsumos energijos, tiekiamos į aprūpinimo šiluma (vėsuma) sistemas, taip pat vartojamos pramonės įmonėse, žemės ūkio ir komerciniuose objektuose, gamybos projektai;
- 2) elektromobilių, vandenilį naudojančių ir hibridinių transporto priemonių įsigijimo ir transporto priemonių pritaikymo atsinaujinančių išteklių energijai naudoti rėmimas;
- 3) geoterminės energijos naudojimo energijai gaminti projektai;
- 4) technologijų, naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, kūrimas ir gamyba;

5) įrangos, didinančios atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą savo poreikiams gyvenamajame ir visuomeniniame sektoriuose, įsigijimo rėmimas, kompensuojant fiksuotą lėšų, tenkančių vienam įrengtosios galios vienetui pagal savivaldybės patvirtintą tvarkos aprašą, sumą;

7) atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo transporto sektoriuje infrastruktūros plėtra;

8) atsinaujinančių išteklių energijos, naudojamos transporto sektoriuje, gamybos infrastruktūros plėtra;

9) elektromobilių baterijų įkrovimo ir vandenilį naudojančių automobilių užpildymo punktų tinklo bei kitos reikiamos infrastruktūros sukūrimo ir plėtros projektai.

Šiuo metu, galima rasti keletą galimų skatinimo priemonių pagal energetikos srities sektorių [5], [6]:

**Lentelė Nr. 1 Energetikos sektoriaus skatinimo priemonės**

Skatinimo priemonė	Priemonės aprašymas
Investicijos į įrangą	Investicijos į šilumos siurblius, atitinkančius nustatytus reikalavimus, tvarka aprašyta AEI įstatyme, Asmuo, pasinaudojęs Nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros programos finansavimo šaltiniais šilumos siurbliams įrengti, netenka galimybės naudotis lengvatinio tarifo skatinimo priemone
Akcizo lengvata (VIAP)	Akcizas netaikomas elektros energijai, kuri pagaminta naudojant atsinaujinančius energijos išteklius
Atsinaujinantys energijos ištekliai pramonei LT+	Programa skirta Iki 80 % finansavimas įrangai ir kitam turtui pasikeisti iš paprasto į iš atsinaujinančių energijos išteklių gaminantį
Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas	Iki 25 % finansavimas projektui, kurio metu įranga turi būti pakeičiama į iš atsinaujinančių energijos išteklių gaminančią
Mokesčio už aplinkos teršimą lengvata	Asmenys, kurie naudoja biokurą energijai, įskaitant energiją, kuri panaudojama technologiniuose (gamybiniuose) įrenginiuose, gaminti nuo mokesčio už išmetamus į aplinką teršalus, kurie neviršija TIPK (taršos integruotos prevencijos ir kontrolės) ir taršos leidime nustatytų normatyvų, gali būti atleidžiami

## 2. Dabartinė elektros energiją gaminančių vartotojų situacija Lietuvoje

Lietuvoje 2016 metais startavo dvipusė elektros energijos apskaitos schema, kuri yra skirta gaminantiems vartotojams. Dvipusės apskaitos veikimo principas: kai elektros energiją gaminančio vartotojo elektrinė pagamina daugiau elektros nei suvartojama (pavyzdžiui, vasaros vidurdienį šviečiant saulei), pagaminta, bet nesuvarijota elektros energija yra patiekama į elektros tinklus. Vėliau (vakare), kai gaminančiam vartotojui nepakanka pagaminamos elektros energijos, dienos metu sukauptas elektros energijos perteklius yra susigrąžinamas iš elektros tinklo. Dvipusės apskaitos laikotarpis yra numatomas kalendoriniams metams nuo balandžio 1 d. Tai reiškia, kad vartotojai vasaros metu pagamintą perteklinę elektros energiją gali panaudoti rudens bei žiemos laikotarpiu. Tokiu atveju elektros tinklas veikia kaip akumulatorius – priima elektros energiją kai yra gamybos perteklius, ir leidžia pasiimti sukauptą elektros energiją, kai gaminančiam vartotojui jos trūksta. 2019 m. balandžio mėn. Lietuvoje gaminančių vartotojų skaičius siekė 1600. Dvipusės sistemos privalumas, kad apskaitymas dvipusiu elektros energijos skaitikliu (arba dviem skirtingais) leidžia gaminančiam vartotojui generuoti didesnę kiekį elektros energijos nei jis suvartoja realiu laiku. Be minimos dvipusės elektros energijos apskaitos, vartotojų investicijos į elektros gamybą savo poreikiams populiarėja ir dėl kitų priežasčių:

- Finansinės paramos Klimato kaitos fondo ar ES investicijų lėšomis;
- Gaminančių vartotojų atleidimo nuo viešuosius interesus atitinkančių paslaugų mokėjimo naudojant atsinaujinančius energijos išteklius už pasigamintą ir ūkinei veiklai vykdyti suvartotą elektros energijos kiekį.

2019 metais gaminantis vartotojas prijungtas prie vidutinės įtampos elektros tinklų (35 kV) už susigrąžintą elektros energijos kiekį operatoriui moka - 1,557 ct/kWh. Gaminantis vartotojas prijungtas prie žemos įtampos elektros tinklų (10 kV-0,4 kV) - 3,222 ct/kWh.[7] Šiame darbe nėra analizuojami gaminantys vartotojai, kurie yra prijungti prie aukšto įtampos tinklų.

Atsinaujinančių išteklių elektros jėgainės prijungimas į elektros tinklą reikalauja nemažai biurokratinių dokumentų pildymų ir pridavimų, kuriuos iš dalies padeda išspręsti AB „Energinės skirstymo operatorius“ ir Energetikos ministerijos įstatymų pataisos suteikiančios greitesnį jėgainės prijungimą. Šiuo metu reikia atlikti šiuos žingsnius, kad būtų galima tvarkingai ir saugiai tapti gaminančiu vartotoju [8]:

1. Pateikti paraišką išankstinėms prijungimo sąlygoms gauti;
2. Pateikti dokumentus ir gauti leidimą plėtoti elektros energijos gamybos pajėgumui;
3. Pateikti paraišką prijungimo sąlygoms gauti;
4. Parengti elektrinės prijungimo prie elektros tinklų projektą;
5. Pasirašyti prijungimo paslaugos sutartį ir sumokėti reikiamas įmokas;
6. Parengti elektrinės vidaus elektros tinklą prijungimui;
7. Pasirūpinti leidimu elektros energijos gaminimui;
8. Pasirinkti nepriklausomą elektros energijos tiekėją;
9. Sudaryti gaminančio vartotojo elektros energijos pirkimo-pardavimo ir persiuntimo sutartį.

Gaminantys vartotojai Lietuvoje nėra įtraukiami į sisteminių paslaugų teikimo rinką, kadangi jų galia yra per maža. Decentralizuotos elektros energijos gamybos plėtrą skatina ne tik anksčiau minėtos ženkliai pingančios saulės elektrinės, tačiau ir kitos naujos technologijos, skatinančios energetikos sistemos decentralizaciją – tarp svarbiausių galima paminėti elektromobilių plėtrą, baterijų sistemas, išmaniają apskaitą, išmaniuosius elektros tinklus, energetinio efektyvumo technologijas.

### 3. Decentralizuotos elektros energijos gamybos ateitis Lietuvoje

Lietuvos Energetikos ministerija siekia iki 2020 m. įgyvendinti reikalingus pakeitimus, kad kiekvienas elektros vartotojas turėtų sąlygas tapti Gaminančiu Vartotoju. Tokiu būdu užtikrinant pagrindinį laisvosios energetikos rinkos principą. Gaminantis vartotojas netolimoje ateityje bus toks vartotojas, kuris technologijų dėka galės valdyti savo energijos poreikius ir gaminti elektros energiją savo reikmėms ar parduoti pagamintos elektros energijos perviršį. Gaminantis vartotojas - ateitis šiuolaikiniame energetikos pasaulyje. Norint, kad kiekvienas vartotojas taptų gaminančiuoju ir taip pakeistų visą Lietuvos energetikos paveikslą, reikalinga suteikti skatinimą ir reikiamas galimybes. Decentralizuotos elektros energijos gamybos plėtra bus vykdoma keliais etapais[9]:

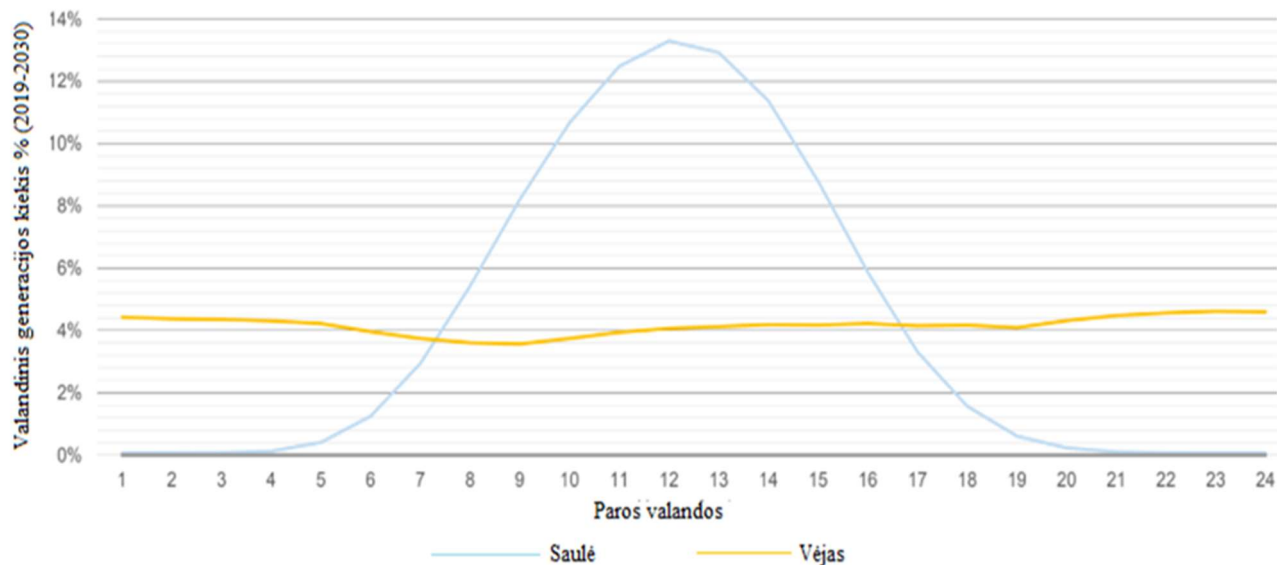
1. Elektros energiją gaminančių vartotojų plėtros skatinimas privačiuose namuose, kadangi juose lengviausia įdiegti atsinaujinančius energijos išteklius naudojančius gamybos įrenginius.

2. Elektros energiją gaminančių vartotojų plėtros skatinimas daugiabučiuose namuose, kad būtų išnaudotas naudingas plotas ant namų stogų, atlikus reikiamus skaičiavimus ir taip sumažinti centralizuotos energijos vartojimą.

3. Elektros energiją gaminančių vartotojų plėtros skatinimas, suteikiant galimybę geografiškai atskirti elektros gamybos ir vartojimo vietą. Šiuo etapu siekiama, kad būtų skatinamas naujų atsinaujinančių elektrinių statymas neišnaudotuose žemės plotuose.

4. Elektros energiją gaminančių vartotojų įtraukimas į sisteminių paslaugų teikimo rinką. Siekiama, kad stambesni energijos gamintojai galėtų dalyvauti elektros energijos rinkoje ir taip konkuruoti su tradiciniais tiekėjais.

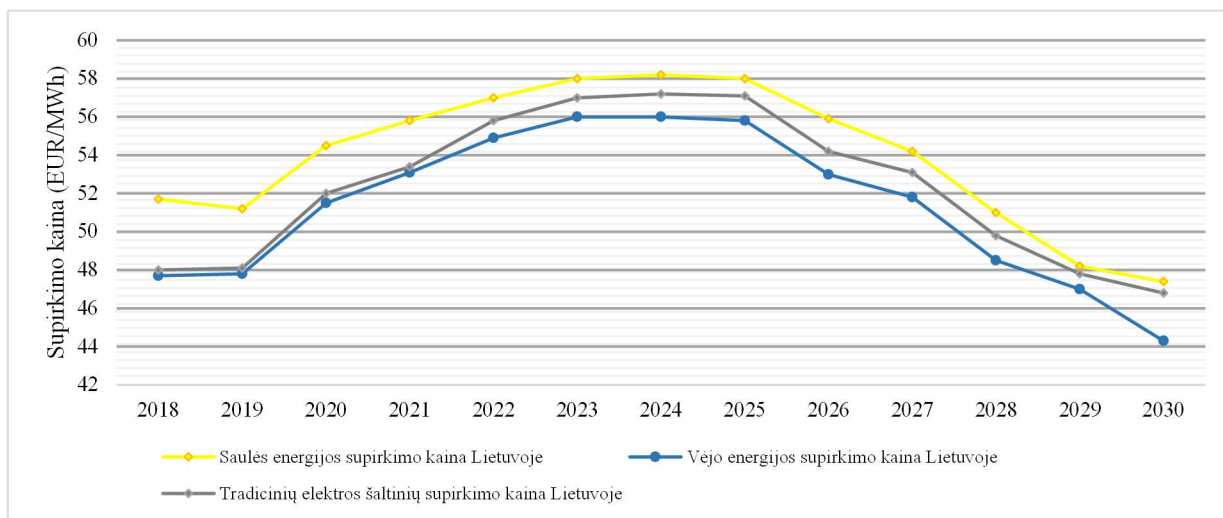
Nuosekliai pingančios atsinaujinančios elektros energijos gamybos technologijos sukuria galimybes tiek vartotojui, tiek valstybei pasiekti strateginius tikslus (mažesnės išlaidos energijai, didesnis energetinis saugumas, privačių investicijų pritraukimas į energijos gamybą, naujų darbo vietų sukūrimas ir papildomų mokesčių surinkimas) investuojant į decentralizuotos atsinaujinančios elektros energijos gamybos pajėgumus. Atliktos studijos, kuriose energetikos ekspertai siekia nustatyti koks energijos kiekis bus generuojamas Europos Sąjungoje ir Lietuvoje, tam tikru laiku leidžia nustatyti gaires, kuriomis turėtų vystytis atsinaujinančių energijos išteklių gamybiniai pajėgumais. Energetikos ekspertų įmonė ICIS, kuri yra didžiausia pasaulyje naftos, chemijos rinkos informacijos teikėja, turinti energijos vertinimo specialistus savo ataskaitose pateikia duomenis dėl saulės ir vėjo valandinės generacijos kiekių 2019-2030 metų laikotarpiui:



1 pav. Valandinis generacijos kiekis % (Eurostat, 2018)

Vadovaujantis 1 pav. pateiktais duomenimis galima konstatuoti, kad vėjo energija yra generuojama nuolatos ir vėjo gamyba yra nenutrūkstama visą parą, tačiau vidutiniškai generuoja apie 4-5% visų savo pajėgumų. Tuo tarpu saulės elektrinės didžiausią savo piką pasiekia dienos viduryje, kai saulės šviesa intensyviausia.

Žinoma, vienas didžiausių stimulų įrenginėti ne tik pavienius namus, kurie galėtų būti gaminantieji vartotojai, bet ir didesnius saulės energijos parkus yra uždirbti iš to pinigų. Didesniems saulės energijos parkams yra būtinas didesnis žemės plotas, tačiau šiuo metu, verslo atstovai pradeda vis labiau ant valdomų pastatų stogų įrenginėti saulės elektrines, taip siekdami tapti ne tik žaliosios energetikos ambasadoriais, bet ir sumažinti išėkvotos energijos sąskaitas. Didžiųjų saulės jėgainių parkų valdytojai savo pagamintą elektros energiją gali pardavinėti rinkoje už nustatytą supirkimo kainą, kuri artėjančiais metais turėtų kilti:



2 pav. Lietuvoje esančios supirkimo kainos (Eur/MWh) (Eurostat, 2018)



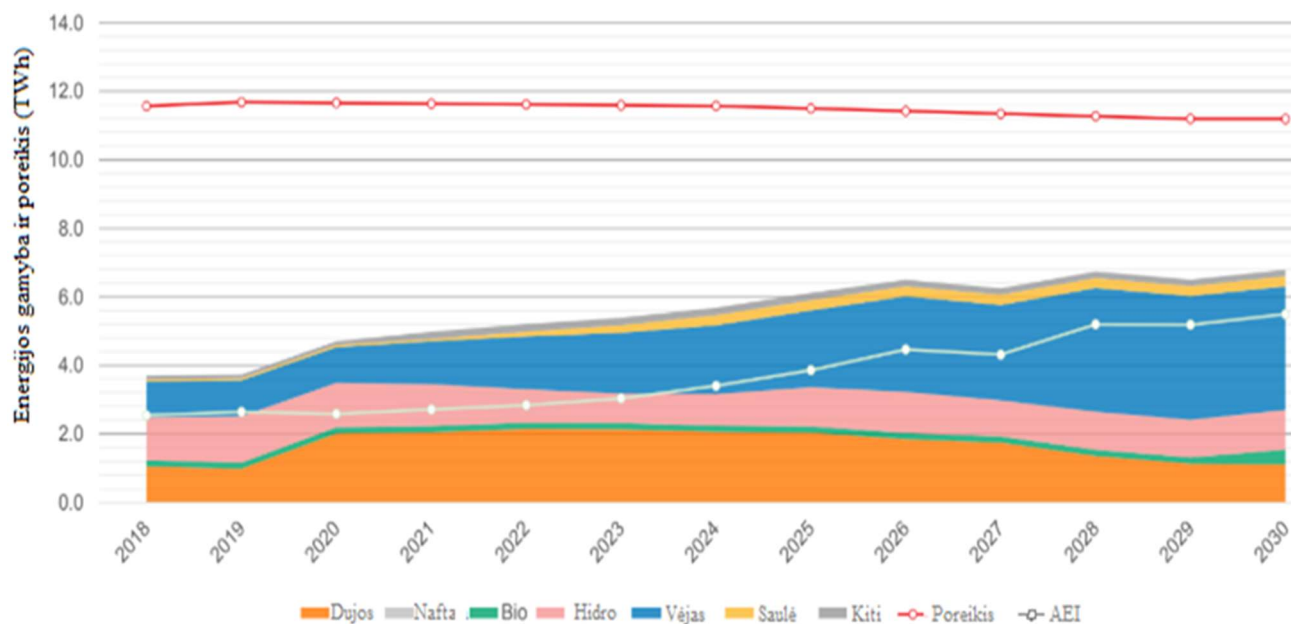
Iš diagramos galima daryti išvadą, kad saulės energija yra superkama brangiausiai iš visų energijos šaltinių. Lietuvoje vėjo jėgainių parkui iki 2020 metų yra numatyta papildoma 250 MW kvota, o nuo 2021 metų bus siekiama plėtoti vėjo jėgainių parkus Baltijos jūroje, kas ateityje lemtų mažėjančias elektros energijos supirkimo kainas.

Šiuo metu, pagal VKEKK (Valstybės kainų ir energetikos kontrolės komisijos) duomenis [10] nepriklausomi energijos gamintojų kiekiai:

Lentelė Nr. 2 Žaliosios energijos gamintojų kiekiai Lietuvoje

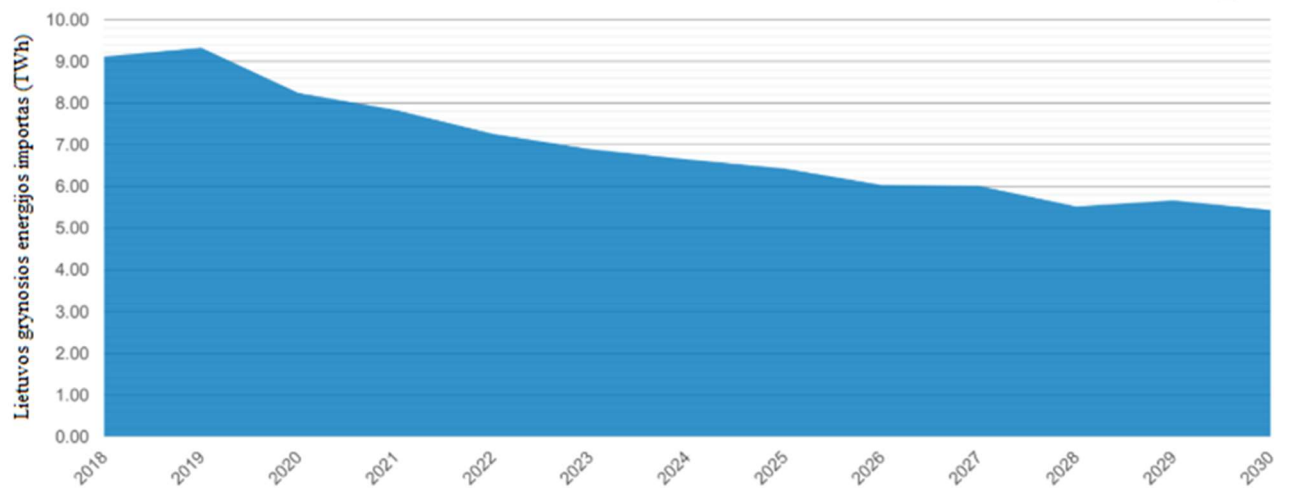
Rūšis	Kiekis, vnt.
Saulės energija	2000
Vėjo energija	120
Hidroenergija	95
Biomasės	9
Biodujų	27

Atsinaujinančių energijos išteklių gamintojų skaičius turėtų augti, kadangi pasaulinės tendencijos, energetikos ekspertų prognozės ir Europos Sąjungos šalių leidžiami įstatymai atsinaujinančių energijos išteklių plėtrai skatina tai daryti. Pateikiama Lietuvos energijos gamybos ir poreikio (TWh) diagrama:



3 pav. Energijos gamyba ir poreikis (Eurostat, 2018)

Pastebima, kad Lietuva 10 metų laikotarpyje negalės pilnai užsitikrinti savo energijos poreikio iš atsinaujinančių energijos išteklių. Prognozuojama, kad atsinaujinančių energijos išteklių pagaminama elektros energija didėja tendencingai, todėl galima daryti išvadą, kad Lietuvos energijos poreikio užtikrinimui reikės importuoti mažiau elektros energijos iš užsienio šalių. Atlikus energijos poreikio analizę pagal veidrodinę metodiką, pateikiama galima Lietuvos grynosios energijos importo diagrama:



**4 pav.** Lietuvos grynosios elektros energijos importas (Eurostat, 2018)

Atsižvelgiant į tai, kad 2018 m. priimtoje Nacionalinės Energetikos Nepriklausomybės Strategijoje [9] numatyta, kad iki 2020 m. gaminantys vartotojai turėtų sudaryti 2 % visų elektros energijos vartotojų, 2030 m. – 30 %, 2050 – 50 %. Įgyvendinus decentralizuotos elektros energijos gamybos plėtros priemones, netolimoje ateityje Lietuvoje tapti „žaliosios“ energijos gamintoju vartotojams turėtų būti paprasčiau bei pigiau. Be to, siekiama, kad būtų mažinami finansiniai apribojimai elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių gamybai be valstybės paramos, sudarant ilgalaikius elektros pirkimo-pardavimo sandorius tarp gamintojo ir vartotojo.

#### 4. Kainų taikymas gaminantiems vartotojams

Gaminančio vartotojo kainų taikymas energetikos sistemoje susideda iš kelių dalių. Reikiamą dalį energijos vartotojas savo reikmėms gali sunaudoti iš karto, tačiau, kai dienos metu yra sugeneruojamas didesnis kiekis elektros energijos nei suvartojama, vartotojas nepanaudotą energiją perduoda į tinklą. Norėdamas atgauti tinklui perduotą elektros energiją, vartotojas turi sumokėti nustatytą elektros energijos procentą už susigražintą elektros energiją iš tinklo. Gaminančio vartotojo patiekta į skirstymo tinklą energijos kiekio dalis, kurią gaminantis vartotojas panaudoja kaip atsiskaitymo priemonę už pasinaudojimą skirstomaisiais tinklais, vertė turi būti lygi skirstomojo tinklo operatoriaus kaštams, kurie patiriami gaminančiam vartotojui naudojantis skirstomaisiais tinklais, kai susigražinamas likęs elektros energijos kiekis. Atgautos iš tinklo energijos procentinė reikšmė nustatoma pagal formules [11]:

$$koef = \frac{vertė_{kaštai}}{vertė_{kaštai} + vertė_{nauda}} \quad (1.1)$$

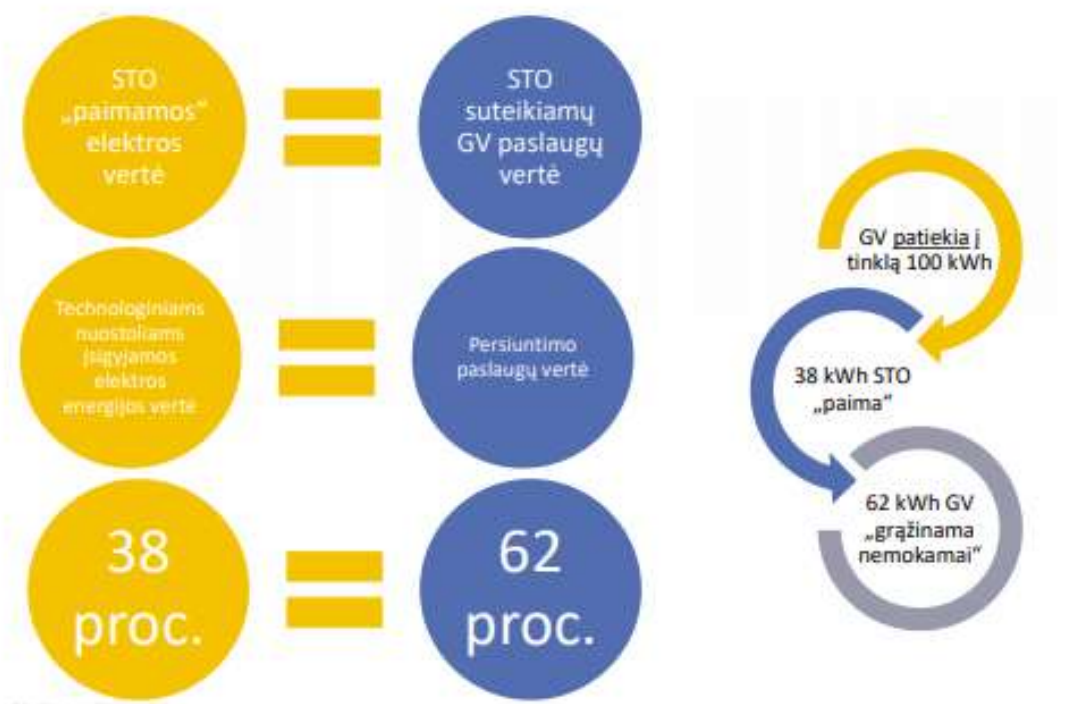
Žemosios įtampos naudotojo procentinės reikšmių vertės sudedamosios dalys:

$$vertė_{nauda} = kint.perd. + rinkos\ kaina + skirstymas\ V\ I$$

$$vertė_{kaštai} = kint.perd. + skirstymas\ V\ I + skirstymas\ Ž\ I$$

$$koef_{ži} = \frac{kint.perd. + skirstymas\ V\ I + skirstymas\ Ž\ I}{kint.perd. + skirstymas\ V\ I + skirstymas\ Ž\ I + kint.perd. + rinkos\ kaina + skirstymas\ V\ I} \quad (1.2)$$

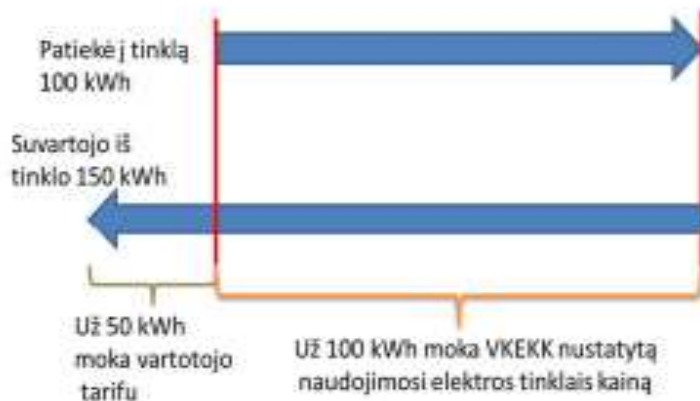
Pateikiama skirstomojo tinklo operatoriaus paslaugų kainos ir gražinamos elektros energijos kiekio ryšio schema, kurioje priimama, kad gaminantysis vartotojas į tinklą patiekia 100 kWh pagamintos elektros energijos [11]:



3 pav. Schematiškas kainos paaiškinimas

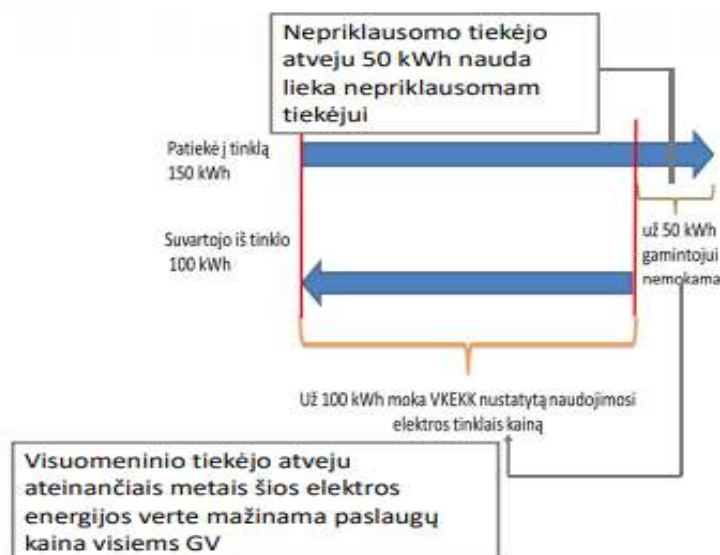
Iš schemos matoma, kad skirstomojo tinklo operatorius savo reikmėms ir technologiniams poreikiams dengti pasilieka apie 38% patiektos elektros energijos. Verta pažymėti, kad skirstomojo tinklo operatorius neprekiauja gauta elektros energija biržoje ir iš esančio kainų skirtumo naudos negauna.

Atsiranda situacijų, kai pagaminamos elektros energijos kiekis yra mažesnis nei suvartojamas, tokiu atveju, gaminantis vartotojas elektros energiją gali įsigyti iš tinklo ir mokėti vartotojo tarifu:



4 pav. Elektros energijos skirtumo atvejis Nr.1

Jeigu gaminantysis vartotojas į elektros tinklą sugeneruotos elektros energijos patiekia daugiau nei suvartoja per metus yra vienas svarbus aspektas – kokį tiekėją gaminantysis vartotojas yra pasirinkęs. Pasirinkus nepriklausomą tiekėją, patiekta elektros energija lieka tiekėjui, tačiau sutarties sudarymo metu gali būti numatyti tam tikri įkainių nustatymai. Tuo tarpu, pasirinkus visuomeninį tiekėją ateinančiais metais šios elektros energijos vertė mažinama teikiamų paslaugų kaina visiems gaminantiems vartotojams:



5 pav. Elektros energijos skirtumo atvejis Nr.2

## 5. Elektros energiją gaminančių vartotojų modeliai

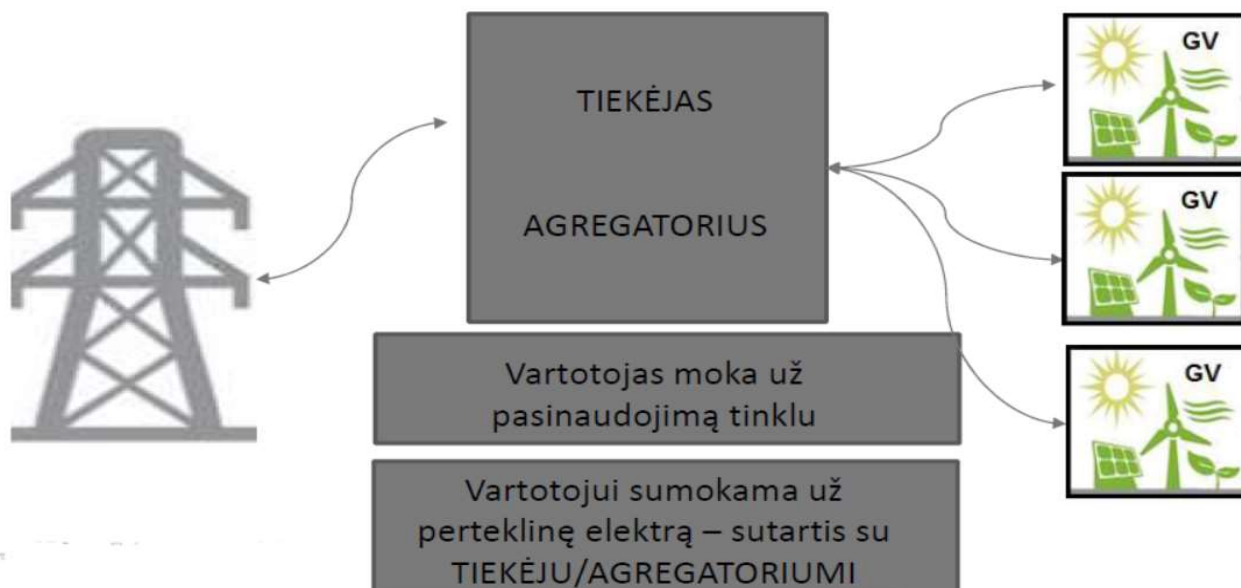
Svarbiausias tyrimo objektas – gaminančių vartotojų modeliai. Vartotojų modelių analizę galima atlikti remiantis AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ duomenimis, Energetikos ministerijos pranešimais, išleistais teisės aktais, statistikos departamento analizėmis, duomenimis gautais iš kitų institucijų. Vartotojai norėdami tapti gaminančiais turi sutvarkyti nemažai biurokratinių dalykų ir gauti leidimą iš tinklo operatoriaus tapti gaminančiuoju vartotoju. Žinoma, tai nėra sudėtinga ir brangu, jeigu nėra nustatoma tinklo infrastruktūros plėtra, už kurią sumokėti privalėtų vartotojas. Dažniausiai už tinklo plėtrą vartotojas moka 100 % darbų sumos, tačiau jeigu tinklo plėtos vieta priskiriama prie ateityje didesnę naudą teikiančios plėtos vietos, vartotojas apmoka tik 40% tinklo plėtos kainos. Tai yra dėl to, nes įtvirtinus skatinimo schemą gaminantiems vartotojams infrastruktūroje, gaminančiųjų vartotojų nepadengiami infrastruktūros kaštai būtų paskirstomi likusiems vartotojams, kuriems būtų nustatyta didėjanti galutinė elektros energijos kaina.

Energetikos ministerija siekia, kad vykdant atsinaujinančių išteklių plėtos galutinius etapus gaminantys vartotojai būtų atsakingi už sisteminių paslaugų (tretinio galios rezervo, reguliavimo, balansavimo elektros pirkimą/pardavimą) teikimo rinką. Kol kas Lietuvoje gaminantys vartotojai nėra įtraukiami į šią prievolę, kadangi tai stipriai galėtų paveikti atsinaujinančių elektrinių plėtra, nes balansavimas ir reguliavimas yra vienas iš kertinių veiksnių atsinaujinančių išteklių rinkoje. Atsinaujinančių išteklių praktiškai neįmanoma prognozuoti, o tikslus duomenų kiekis (kiek elektros pagaminama, kiek saulės jėgainės efektyviai dirbo, kiek valandų per metus švietė saulė) yra apskaičiuojamas tik praėjus ilgesniam laikui. Be to, gamintojams, naudojantiems atsinaujinančius energijos išteklius, visada reikalingas elektrinių galios rezervas, nebent gaminantys vartotojai turėtų akumuliatorius, baterijas ar kaupiklius, kurie didina elektrinės įsirengimo kainą. (Axel Gautier, Julien Jacqmin, Jean-Christophe Poudou, 2017)[27]

Nusprendus tapti gaminančiuoju vartotoju vėliau prasidedantys veiksniai priklauso nuo pačio vartotojo: kokia bus įrengta saulės elektrinės galia, kiek vartotojas pasiruošęs investuoti į technologijas, kur bus įrengiama ir t.t. Daugeliui privačių buitinių vartotojų dažniausiai siūloma įsirengti saulės elektrines iki 5 kW ant namų stogų, kadangi iki 5 kW galios saulės elektrinę galima įsirengti per mėnesį, tuo tarpu daugiabučių buitiniams vartotojams rekomenduojama įsirengti iki 3 kW galios saulės elektrines, kadangi butuose elektros energijos suvartojimas yra mažesnis [9]. Tačiau, daugelis energetikos ekspertų siūlo įsirengti galingesnę, apie 10 kW galios saulės elektrinę, kadangi yra generuojamas didesnis energijos kiekis ir taip vartotojas gali apsisaugoti nuo elektros energijos trūkumo.

### 5.1. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.1

Pirmasis modelis naudojamas, kai pasigaminama elektros energija yra naudojama savoms reikmėms, o perteklinė elektra patiekama į tinklą. Pagaminta elektros energija yra parduodama ir esant poreikiui perkama iš tiekėjo. Šis gaminančio vartotojo modelis yra pats paprasčiausias ir lengviausiai pritaikomas dabartinėje energetikos sistemoje, kadangi jau yra sukurti ir pradėti diegti dvipusės apskaitos įrenginiai [18]. Atvaizduojama pirmojo vartotojo schema[11]:



6 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.1

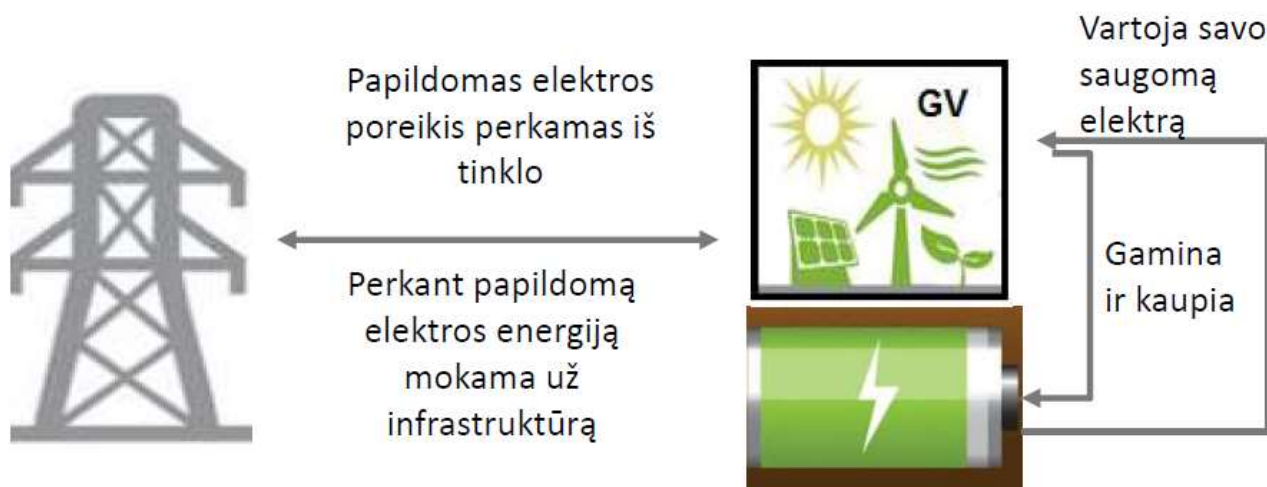
## 5.2. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.2

Šis modelis naudojamas, kai pasigaminta elektros energija yra saugojama ir vartojama paties vartotojo, bet jis taip pat turi galimybę tiekti arba vartoti elektrą iš tinklo. Modelis Nr.2 reikalauja papildomų investicijų, kadangi energijos kaupimo baterijos yra gana brangios. Vienas gamintojų - Tesla „Powerwall“, siūlo energijos kaupiklį už gan didelę 8419,60 eurų kainą, tačiau galima pažymėti, kad gamintojas energijos kaupiklio pagalba žada 100% elektros energijos užtikrinimą iš saulės kolektorių, be jokių tinklo sąsajų 100 kvadratinių metrų name. Tesla „Powerwall“ per dieną gali sukaupti ir naudojimui atiduoti apie 23 kWh elektros energijos. Pateikiami Tesla „Powerwall“ preliminarūs duomenys, kiek procentų elektros energijos būtų užtikrinta ir kokią sumą reikėtų sumokėti už energijos kaupiklį (priimama, kad vartotojas turi 100 kvadratinių metrų namus) [12]:

Lentelė Nr. 3 Tesla kaupiklio duomenys

Kaupiklio galia	Galios užtikrinimas	Suma
1kW	12% - kaupiklis / 88% - tinklas	1045 Eur.
2kW	23% - kaupiklis / 77% - tinklas	1864,4 Eur.
3kW	34% - kaupiklis / 66% - tinklas	2683,8 Eur.
4kW	45% - kaupiklis / 55% - tinklas	3503,2 Eur.
5kW	56% - kaupiklis / 44% - tinklas	4322,6 Eur.
6kW	66% - kaupiklis / 34% - tinklas	5142 Eur.
7kW	77% - kaupiklis / 23% - tinklas	5961,4 Eur.
8kW	87% - kaupiklis / 13% - tinklas	6780,8 Eur.
9kW	97% - kaupiklis / 3% - tinklas	7600,2 Eur.
10kW	100% - kaupiklis / 0% tinklas	8419,6

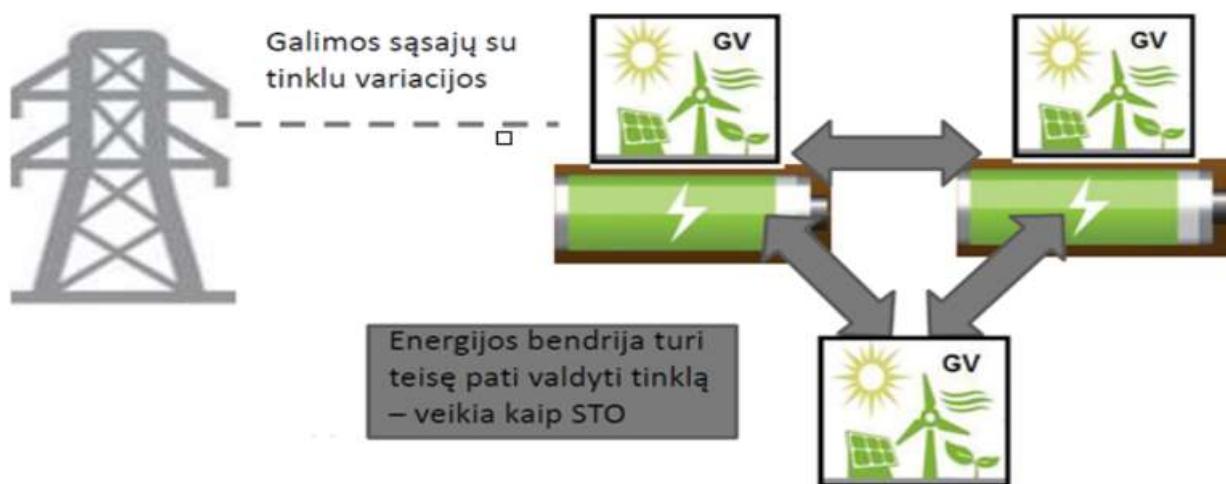
Priede Nr. 1 pateikiamos techninės Tesla „Powerwall“ charakteristikos. Atvaizduojama antrojo modelio vartotojo schema[11]



7 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.2

### 5.3. Gaminančio vartotojo Modelis Nr.3

Trečiasis modelis naudojamas, kai pasigaminta elektros energija vartojama ir saugojama energijos bendrijoje. Šis modelis didžiausią potencialą turėtų ir būtų naudingiausias jeigu būtų projektuojamas ir statomas naujas namų kvartalas, kuriame infrastruktūra ir namų ūkiai būtų pritaikyti ir išvystyti energijos kaupimui ir dalijimuisi tarpusavyje. Techniškai šis modelis reikalauja daugiausia iššūkių, kadangi reikalauja įdiegti atskirus skaitiklius, nustatančius, kiek kiekvienas vartotojas savo namų ūkiui panaudojo elektros energijos iš kaimyninio energijos kaupiklio, kai būtų apsprendžiama iškilęs energijos poreikio stygius ir kiek turėtų kiekvienas vartotojas sumokėti už elektros energiją. Žinoma, naudojant šį modelį nereikėtų pamiršti ir galimybės turėti sąsajos su tinklu, kuris iškilus stipriam gedimui vidiniame tinkle galėtų rezervuoti elektros energijos poreikį. Atvaizduojama trečiojo modelio vartotojo schema:



8 pav. Gaminančio vartotojo modelis Nr.3

## 6. Gaminančių vartotojų plėtros pokyčiai

2019-2030 žada daug pokyčių Lietuvos gaminančių vartotojų rinkoje. Energetikos ministerijos gairės ir įgyvendinti projektai leidžia teigti, kad elektros energetikos įstatymų pakeitimai, kuriais sudaromos palankios galimybės ne tik privačių namų ūkių turėtojams, bet ir daugiabučių gyventojams tapti elektros energiją gaminančiais vartotojais žada tikrai didelį atsinaujinančios energijos išteklių pritaikymą kasdienybėje. Įstatymų pakeitimais tikimasi, kad bus skatinamas žalios ir švarios energetikos plėtros vystymas ne tik privačių namų kvartaluose, bet ir miestuose.

Vienas iš Energetikos ministerijos pasiūlymų [6] – sudaryti sąlygas elektros energiją iš atsinaujinančių išteklių gaminantiems vartotojams gaminti ir vartoti ją geografiškai skirtingose vietose. Tai reiškia, kad tokie vartotojai galėtų pasistatyti elektrinę vienoje vietoje, o joje pagamintą energiją vartoti kitoje vietoje. Pavyzdžiui, daugiabučių namų gyventojai galėtų įsirengti atsinaujinančios energijos išteklių elektrines nuo gyvenamųjų namų nutolusiuose sklypuose, o pagamintą energiją patiekdami į tinklą ją „persirašyti“ savo gyvenamojo ploto elektros išlaidoms padengti. Iki šio pakeitimo daugiabučių gyventojai atsinaujinančių energijos išteklių elektrines galėjo įsirengti tik ant savo daugiabučio namo stogo, tačiau dėl ploto, biurokratinių sunkumų ir kitų techninių apribojimų, tokias elektrines įsirengti užtrukdavo daug laiko ir jos nepagamindavo pakankamai elektros energijos, kad galėtų reikšmingai sumažinti gyventojų sąskaitas už elektrą.

Taip pat, svarbus pakeitimas, kad gyventojų, kurie nori tapti gaminančiais vartotojais, elektrinės gali būti plėtojamos bei įrengiamos trečiųjų asmenų. Tai reiškia, kad individualaus ar daugiabučio namo gyventojai galėtų įsigyti savo elektros energijos vartojimo poreikius tenkinančią elektrinės įrengtąją galią iš atsinaujinančios energetikos projektus plėtojančių asmenų. Jiems nereikėtų įsirengti ar rūpintis jėgainės aptarnavimu ar priežiūra. Tokioje elektrinėje pagaminama elektros energija būtų patiekama į tinklą, o kiekvienas gyventojas galėtų iš tinklo susigražinti sutartą kiekį elektros energijos, sumokėdamas nustatytą pasinaudojimo elektros tinklais mokestį. Tokia sistema leis elektros energiją gaminančiais vartotojais tapti ne visam daugiabučiui, o individualiems butų gyventojams nepriklausomai nuo kitų daugiabučio namo gyventojų sprendimo. Jie galės įsirengti elektrines jiems priklausančiuose žemės sklypuose, pavyzdžiui, sodybose ar sodo sklypuose, arba galės išsipirkti jų poreikius tenkinančią elektrinės galią iš atsinaujinančios energetikos projektus vystančių asmenų. Šis pokytis atveria didelę rinką saulės elektrinių parkų statytojams, kadangi jie tampa tiesioginiais elektros energijos gamintojais nustatytam vartotojų kiekiui. Taip pat siekiama padidinti gaminančių vartotojų leidžiamą įsirengti elektrinių suminę galią nuo 100 MW iki 200 MW, paskirstant 100 MW buitiniams vartotojams ir 100 MW kitiems asmenims, kad būtų galima vystyti gaminančių vartotojų plėtrą sparčiau ir efektyviau.



## 7. Saulės elektrinių sistemos

Darbe nagrinėjami gaminantys vartotojai daugelyje atvejų įsirengia saulės elektrines, kadangi tai reikalauja mažiau kaštų ir tinkamos geografinės padėties. Visą saulės elektrinės sistemą galima skaidyti į atskiras dalis iš kurių ši susideda.

Lentelėje Nr. 4 aprašoma modeliuojamo gaminančio vartotojo sistema ir pagrindinės saulės elektrinės sudedamosios dalys [13]:

**Lentelė Nr. 4 Saulės elektrinės komponentai**

Eil. Nr.	Sudedamoji dalis	Aprašymas
1.	Saulės šviesos moduliai	Pagrindinis elektros energijos generavimo įrenginys.
2.	Keitiklis	Įrenginys reikalingas saulės modulių sugeneruotai nuolatinės srovės elektros energijai keisti į tinkle naudojamą kintamąją.
3.	Dvipusis skaitiklis	Elektros energijos skaitiklis matuojantis iš tinklo naudojamą ir į tinklą patiektą elektros energiją. Dvipusio skaitiklio pagalba yra įmanoma abipusės apskaitos sistema.
4.	Automatiniai jungikliai	Apsaugos įrenginys, saugantis nuo perkrovų ir trumpųjų jungimų.
5.	Kintamosios srovės laidai	Laidai perduodantys iš keitiklio į vartotojo namus/ tinklą
6.	Nuolatinės srovės laidai	Laidai perduodantys sugeneruotą elektros energiją iki keitiklio
7.	Tvirtinimo konstrukcija	Dalys, kuriomis moduliai tvirtinami prie stogo/metalinių konstrukcijų

Pabrėžtina, kad iš išvardintų sistemos dalių yra kintančios ir pastovios. Fotovoltiniai saulės modulių kiekis ir keitiklis, kuris tiesiogiai priklauso nuo instaliuotos galios bus kintamosios sistemos dalys. Pastoviosiomis dalimis laikomi kintamos srovės laidai, dvipusį skaitiklį ir automatinius jungiklius, ir šie komponentai yra parenkami visoms modeliuojamoms sistemoms. Nuolatinės srovės laidai ir tvirtinimo konstrukcija tiesiogiai nėra kintanti dalis, tačiau šių dalių parametrai priklauso nuo fotovoltinių modulių skaičiaus.

Norėdami suvienodinti skaičiavimus ir juos padaryti palyginamais pasirenkama tokie pat gamintojai kiekvienam iš komponentų. Saulės moduliai ir keitikliai tiriamoje dalyje yra parinkti atlikus Lietuvos gamintojų analizę. Renkantis modulius tiriamajai daliai taip pat buvo atsižvelgta į vidutinę rinkos kainą, taip pat buvo renkama didelę pasiūlą turintys, žinomi gamintojai. Lietuvoje populiariausi ir dažniausiai naudojami saulės moduliai „Solitek“, kurie ir bus naudojami tyrimo metu.

Keitikliai, kurie bus naudojami šio darbo tyrimui buvo parinkti plačiai Lietuvoje naudojami „Fronius“. Renkantis keitiklį buvo atsižvelgta į technines savybes, kad pagamintos nuolatinės srovės ir po keitiklio gaunamos kintamosios srovės santykis nebūtų didesnis nei 1,2 karto.

Nagrinėjamos 5 kW, 7 kW ir 10 kW saulės elektrines, kurios lyginamos tarpusavyje [13]:

5 kW saulės elektrinės komplektas:

1. Saulės modulis SoliTek 270W, Lietuva (18 vnt.)
2. 5 kW inverteris Fronius Symo 4.5-3-S, Austrija (1 vnt.)
3. Montavimo konstrukcijos (1 kompl.)
4. Kitos medžiagos: 100 metrų kabelio, 2xMC4 tipo jungtys

7 kW saulės elektrinės komplektas:

1. Saulės modulis SoliTek 270W, Lietuva (27 vnt.)
2. 7 kW inverteris Fronius Symo 7.0-3-S, Austrija (1 vnt.)
3. Montavimo konstrukcijos (1 kompl.)
4. Kitos medžiagos: 100 metrų kabelio, 2xMC4 tipo jungtys

10 kW saulės elektrinės komplektas:

1. Saulės modulis SoliTek 270W, Lietuva (36 vnt.)
2. 10 kW inverteris Fronius Symo 10.0-3-M, Austrija (1 vnt.)
3. Montavimo konstrukcijos (1 kompl.)
4. Kitos medžiagos: 100 metrų kabelio, 2xMC4 tipo jungtys

Tolesnėje tyrimo dalyje plačiau bus nagrinėjamos 5 kW, 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrinės ir aprašomos vyraujančios rinkos kainos. Taip pat, renkantis saulės elektrinės galią vertėtų atsižvelgti į elektros energijos poreikį ir planuojamą investuoti pinigų kiekį. Kadangi tiek reikalinga elektrinės galia tiek ir sumokami pinigai už ją yra labiausiai vartotojams aktualūs klausimai.

## 8. Tyrimo dalis

Šioje magistrinio darbo dalyje apžvelgiamas pirmasis gaminančio vartotojo modelis, kai bus instaliuota 5 kW, 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrinės ant gaminančio vartotojo namo stogo. Pateikiamos rinkoje esančios kainos ir nustatomas kiekvieno gaminančio vartotojo modelio ekonomiškumas, techninis išpildymas. Pateikiamos išvados, kurią elektrinę vertėtų rinktis vienu ar kitu atveju, kad būtų pasirinktas optimaliausias variantas. Pirmoje tyrimo dalyje nustatoma konkreči Lietuvoje esanti teritorijos vieta, kurioje bus vykdomas tyrimas ir kiek kiekvienu modeliu kainuotų įsirengti reikiamus komponentus norint tapti gaminančiu vartotoju. Antrojoje tyrimo dalyje remiantis generacija ir suvartojimu analizuojama kiekvienos saulės elektrinės ekonominis poveikis vartotojui. Trečiojoje tyrimo dalyje įvertinami antrojoje tyrimo dalyje gauti rezultatai.

Tyrimo rezultatams pasiekti yra pasitelkiama „PVWatts“ internetinė skaičiuoklė, skirta įvertinti saulės elektrinės generuojamą galią skirtingais metų laikotarpiais Lietuvos teritorijoje. Taip pat, yra naudojamos „MathCAD“ ir Microsoft Excel programos, siekiant atlikti veiksmus tinkamai ir pateikti aiškias vizualizacijas. Gaminančių vartotojų tyrimo metu atliekant veiksmus, kuriuose bus naudojama elektros energijos kainas, bus remtasi elektros rinkos 2019 metų pateiktais duomenimis.

## 9. Tyrimo objektai

Tiriamieji objektai, kurie bus apžvelgiami, yra gaminantys vartotojai įsirengę 5kW, 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrines. Pasirinkti elektrinių galingumai yra vieni populiariausių gaminančių vartotojų sistemose. Elementai, kurie reikalingi norint tapti gaminančiu vartotoju yra aprašyti šio darbo septintajame skyriuje, tačiau siekiant rasti optimaliausią variantą vienu ar kitu atveju elementus ir įrenginius su jų charakteristikomis bus aprašyti tyrime. Siekdami palyginti visus modelius būtina nustatyti vietą, kurios meteorologiniais duomenimis remiantis bus atliktas tyrimas.

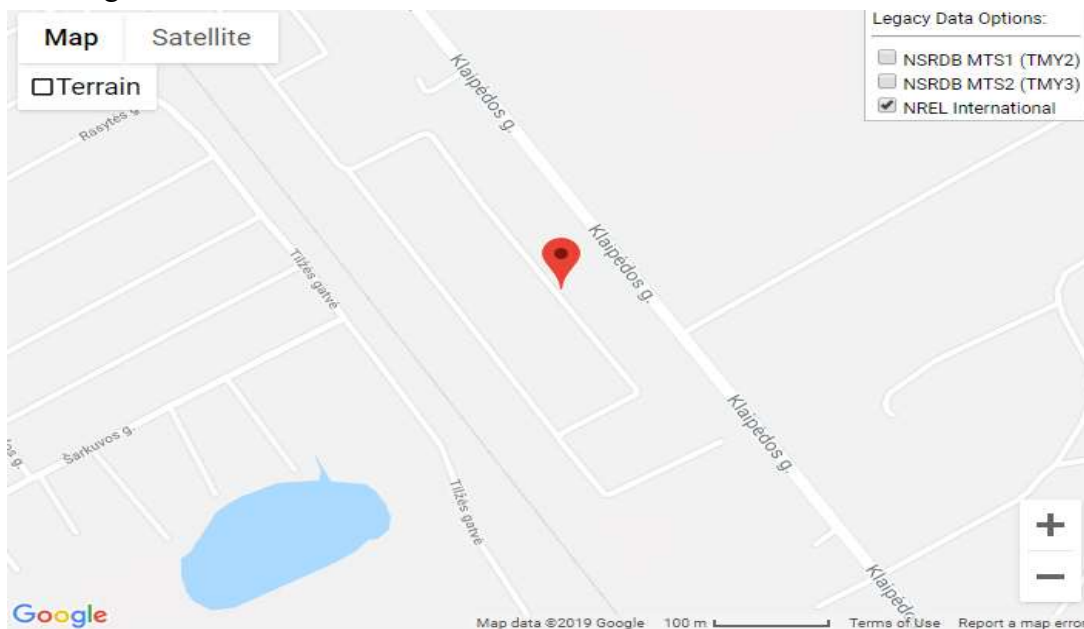
Tyrime yra naudojama „PVWatts Calculator“ internetinė skaičiuoklė. Ši skaičiuoklė suteikia puikią galimybę pasirinkti vietovę, kurioje yra prognozuojama saulės elektrinės sugeneruojama galia ir galima nustatyti saulės elektrinės parametrus: elektrinės galią, sistemos efektyvumą ir nuostolius, montavimo tipą ir kitus svarbius parametrus tinkamam saulės elektrinės plėtojimui. „PVWatts Calculator“ internetinės skaičiuoklės parametrų pasirinkimas yra tinkamas, norint nustatyti saulės elektrinių parametrus ir gauti reikiamus duomenis. Skaičiuoklė pagal užduotus parametrus ir parinktą vietą suprognozuoja elektrinės generavimą kalendorinių metų laikotarpyje, išskiria kiekvieno mėnesio generaciją ir iš saulės energijos pagamintos energijos kiekį paverčia pinigine išraiška remdamasi mūsų užduotu elektros energijos kainos tarifu.

Tyrimo vieta:

Dercekiai, Klaipėdos gatvė 25;

Platuma: 54,88° N ;

Ilguma: 23,88° E;



9 pav. Nustatytos tyrimo vietos lokacija

Tyrimo vietoje naudojantis palydoviniu vaizdu nustatomas naudojamas namo stogo plotas (82 m<sup>2</sup>) ant kurio bus sumontuoti darbe nurodyti saulės moduliai ir įrenginiai:

System Capacity: 12.4 kWdc (82 m<sup>2</sup>)



10 pav. Vaizdas iš palydovo

## 10. Gaminančio vartotojo tyrimas

Kaip ir minėta 5.1. skyriuje, gaminančio vartotojo modelis Nr.1 yra labiausiai išvystytas iš visų modelių, kuriuos siūlo plėtoti Energetikos ministerija. Atlikdami gaminančių vartotojų analizę yra tiriamas būtent gaminančio vartotojo modelį Nr.1, kadangi šis modelis yra lengviausiai pritaikomas dabartinėje energetikos sistemoje. Šiuo metu yra sukurti visi reikiami techniniai sprendimai leidžiantys šį modelį praktikoje išpildyti mažiausiais kaštais vartotojui. Plačiau gaminančio vartotojo modelis yra nagrinėjamas naudojantis „PVWatts Calculator“ internetine skaičiuokle. Tiriamosios vietos namo stogo naudingas plotas yra 82 kvadratiniai metrai. Mūsų pasirinkti saulės moduliai „SoliTek“ 270W, 5 kW galios saulės elektrinės įrengimo atveju užimama – 31 kvadratinį metrą stogo ploto, 7 kW galios saulės elektrinės įrengimo atveju užimama – 46 kvadratinis metrus stogo ploto, 10 kW – 62 kvadratinis metrus stogo ploto.



11 pav. 5 kW stogo ploto vizualizacija

System Capacity: 6.9 kWdc (46 m<sup>2</sup>)



12 pav. 7 kW stogo ploto vizualizacija

System Capacity: 9.4 kWdc (62 m<sup>2</sup>)



13 pav. 10 kW stogo ploto vizualizacija

Nagrinėdami gaminančiojo vartotojo modelį Nr.1 yra naudojama 7 skyriuje aprašytos saulės elektrinės sudedamosios dalys ir rinkoje šiuo metu esantys kainų vidurkiai kiekvienam iš komponentų[16],[17]:

**Lentelė Nr. 5 Saulės elektrinių komponentų kainos**

Eil.Nr.	Sudedamoji dalis	Kaina, Eur 5 kW	Kaina, Eur 7 kW	Kaina, Eur 10 kW
1.	Saulės šviesos moduliai	19 x 195 = 3 705	27 x 195 = 5 265	38 x 195 = 7 410
2.	Keitiklis	1 449	1 879	1 937,34
3.	Dvipusis skaitiklis	250	250	250
4.	Automatiniai jungikliai	15	19	25
5.	Kintamosios srovės laidai	20	21	25
6.	Nuolatinės srovės laidai	10	14	20
7.	Tvirtinimo konstrukcija	195	280	390
Iš viso:		5 644	7 728	10 057,34

Iš rinkoje vyraujančių kainų galima teigti, kad gaminantis vartotojas norėdamas įsirengti saulės elektrinę už 5 kW galios saulės elektrinę turėtų sumokėti – 5 644 eurus, 7 kW – 7 728 eurus, o už 10 kW – 10 057,34 eurus.

Vizualiai pateikiama gaminančio vartotojo Nr.1 sistema, kurioje galima matyti kokią vietą kiekvienas komponentas užima sistemoje ir kaip gali būti išdėstytas vartotojo tinklas:



**14 pav.** Gaminančio vartotojo vizualizacija [21]

Komponentai sistemoje:

1. Saulės moduliai „SoliTek“ 270W;
2. 5 kW keitiklis Fronius Symo 4.5-3-S arba 10 kW keitiklis Fronius Symo 10.0-3-M;
3. Paskirstymo dėžutė, kurioje montuojama visa reikalinga automatika;
4. Dvipusė elektros energijos apskaita.



Pasirinkę tiriamosios vietos koordinates ir žinodami saulės elektrinės galią ir leistiną modulių įrengimų plotą galima naudojantis „PVWatts Calculator“ skaičiuokle atlikti reikiamus skaičiavimus bei pavaizduoti aktualiausią informaciją grafiškai. Pateikiami tiriamosios vietos nustatyti duomenys programoje „PVWatts Calculator“ lentelėje Nr.6:

**Lentelė Nr. 6 Tiriamojo objekto Nr.1 duomenys**

Tiriamoji vieta:	Dercekiai, Klaipėdos gatvė 25
Oro prognozės duomenys:	Kaunas, Lietuva
Plokštuma (laipsniai N):	54.88
Ilguma (laipsniai E):	23.88
Aukštis lyginant su jūros lygiu (m):	15
Elektrinės galia (kW):	5
Modulio tipas:	Standartinis
Tvirtinimo tipas:	Fiksuotas (stoginis montavimas)
Masyvo kampas (laipsniais):	30
Azimuto masyvas (laipsniais):	180
Praradimai sistemoje (%):	14.08
Keitiklio efektyvumas:	96
DC į AC keitimo koeficientas:	1.2
Vidutinė elektros kaina skirstomajame tinkle (€/kWh):	0.13
Naudingumo koeficientas (%)	10.2

Sistemos elektrinės galia yra apskaičiuojama pagal formule:

$$\text{Elektrinės galia (kW)} = \text{Masyvo plotas (m}^2\text{)} \times 1 \text{ kW/m}^2 \times \text{Modulio efektyvumas (\%)}$$

Naudojami saulės moduliai „SoliTek“ 270W deklaruoja 16,6 % modulio efektyvumą [14].

Parenkant modulio tipą, atsižvelgiama į modulio celės medžiagas ir į efektyvumą:

**Lentelė Nr. 7 Saulės modulių tipai**

Modulio tipai	Celės medžiagos	Efektyvumas	Modulio paviršius
Standartinis	Kristalinas Silikonas	17%	Stiklas
Premium	Kristalinas Silikonas	19%	Stiklas su antirefleksine medžiaga

Tvirtinimo tipą galima rinktis tarp fiksuotos sistemos ant stogo arba atvirojo montavimo ant žemės paviršiaus. Šiuo tiriamuoju atveju yra naudojama stogo plokštumą, todėl tvirtinimo tipas yra parenkamas „Fiksuotas stoginis montavimas“. Šis montavimo tipas turi trūkumų lyginant su atvirojo montavimu, kadangi atramos esančios tarp modulio ir stogo paviršiaus neužtikrina geros ventilacijos tarp modulio ir stogo paviršiaus. Pagal tiriamojo objekto namo stogo kampą

pasirenkamas  $30^\circ$  saulės elektrinės kampa ir  $180^\circ$  plokštumos kampa, nes tiriamojo objekto stogo šlaitas yra orientuotas pietų kryptimi.

Nuostolius sistemoje galima išskirti į kelias specifines kategorijas (Ashish Verma, Shivya Singhal, 2015) [21]:

### **Užterštumas**

Šie sistemos praradimai atsiranda dėl nešvarumų, kurios padengdamos saulės elektrinės paviršių sumažina saulės elektrinių efektyvumą. Kadangi mūsų tiriamoji vieta yra tarp dviejų kelių (Klaipėda-Priekulė) ir neasfaltuoto kelio, ši kategorija mūsų sistemoje turės gana didelę reikšmę.

### **Šešėliai**

Siekiant, kad sistema veiktų kuo efektyviau turi būti užtikrinta, kad saulės moduliai nebus užstojami kaimyninių pastatų, medžių ar kaminų esančių aplinkui. Taip pat patartina įrengiant saulės modulius, palikti vietas tarp jų, kadangi arti vienas kito įrengti saulės moduliai gali sudaryti šešėlių šalia įrengtam saulės moduliui.

### **Sniegas**

Sniegas uždengdamas saulės elektrines jas gali visiškai paralyžiuoti, nuo energijos gamybos, todėl mūsų pasirinktas gamintojas deklaruoja, kad nuo saulės modulių sniegas nuslysta pats, be papildomo žmogaus įsikišimo. Todėl šiuo atveju praradimas sistemoje yra vertinamas .

### **Nesutapimai**

Tai elektrinių procesų praradimai, kurie atsiranda dėl gamybos klaidų ar nesutapimų tarp modelių. Vidutiniškai tai sudaro 2% sistemos praradimų.

### **Sujungimas**

Praradimai pasireiškiantys tarp DC ir AC sistemų sujungimo, keitiklio ir kitų sistemos dalių. Vidutiniškai tai sudaro 2% sistemos praradimų

### **Šviesos absorbcijos sumažėjimas**

Masyvo galios sumažėjimas per pirmuosius kelis veikimo mėnesius dėl šviesos sukeltos fotovoltinių elementų degradacijos. Numatytoji vertė yra 1,5%.

### **Gamintojo paklaida**

Paklaida atsiradusi dėl gamintojo klaidos gamybos procese. Numatoma vertė yra 1%.

### **Saulės modulių amžius**

Saulės modulių amžiaus įtaka generacijai. Šiuo metu praradimo vertę laikoma 0, kadangi yra deklaruojama, kad dėl modulių amžiaus energijos praradimas atsiranda prabėgus 25 modulių tarnavimo metams.

### **Veikimo trukdžiai**

Veikiančios sistemos patikra, neplanuoti išjungimai ar sistemos gedimai. Numatoma vertė yra 3%.

Visi nuostoliai sistemoje yra pateikiami lentelėje ir priede Nr. 2:

**Lentelė Nr. 8 Praradimai sistemoje**

Kategorija	Reikšmė (%)
Užterštumas	2.08
Šešėliai	3
Sniegas	0
Nesutapimai	2
Sujungimas	2
Šviesos absorbcijos sumažėjimas	1.5
Gamintojo paklaida	1
Saulės modulių amžius	0
Veikimo trukdžiai	3

Žinodami visus praradimus sistemoje, galima rasti sistemos praradimų procentą:

$$100\% \times [1 - (1 - 0.0208) \times (1 - 0.03) \times (1 - 0.02) \times (1 - 0.02) \times (1 - 0.01) \times (1 - 0.01) \times (1 - 0.03)] \sim 14.08\%$$

Keitiklio efektyvumas - 5kW Fronius Symo 4.5-3-S, 7 kW Fronius Symo 7.0-3-M ir 10 kW Fronius Symo 10.0-3-M koeficiento dydis yra pasirinkomas iš gamintojo pateiktų specifikacijų [14]. Nurodyta, kad pasirinkto keitiklio efektyvumas yra 96 %.

DC į AC keitimo koeficientas - parametras, kuris nurodo, kokia dalis elektros energijos AC yra paverčiama iš DC elektros energijos

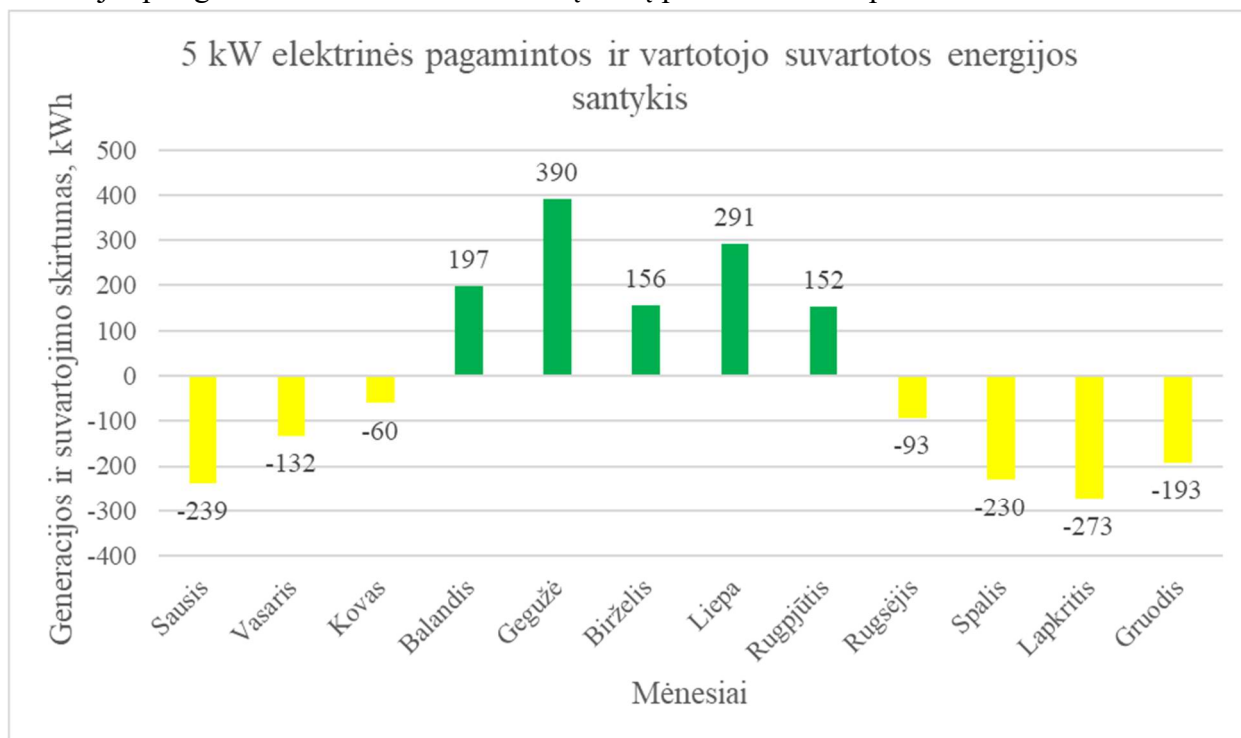
Naudodamiesi vartotojo 2018 metų elektros energijos suvartojimu, galima lengviau nustatyti, kuris modelis vartotojo poreikius tenkintų labiausiai. Nagrinėjamas vartotojas naudojasi standartiniais dviejų laiko zonų tarifais - *dieninė energijos dedamoji* ir *naktinė, šeštadienio ir sekmadienio energijos dedamoji*. Vartotojo energijos suvartojimą ir saulės elektrinės generaciją pateikiama lentelėje Nr.9:

**Lentelė Nr. 9 Vartotojo energijos suvartojimas ir 5 kW saulės elektrinės generacija**

Mėnuo	Suvaltos energijos kiekis dieną, kWh	Suvaltos energijos kiekis naktį, kWh	Bendrai suvaltos energijos kiekis, kWh	5 kW elektrinės pagaminta elektros energija, kWh
Sausis	166	174	340	101
Vasaris	162	154	316	184
Kovas	130	288	418	358
Balandis	164	130	294	491
Gegužė	187	83	270	660

Birželis	253	245	498	654
Liepa	175	178	353	644
Rugpjūtis	225	216	441	593
Rugsėjis	236	258	494	401
Spalis	241	227	468	238
Lapkritis	190	193	383	110
Gruodis	134	110	244	51

Remdamiesi priedu Nr.3 atliekami skaičiavimai, kurie parodo, kokį elektros energijos kiekį vartotojas pasigamina savo reikmėms ir kokį kiekį perka iš tinklo operatoriaus:



15 pav. 5 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos skirtumas

Priimdami sąlygą, kad vartotojas 50% pagamintos energijos sunaudoja esamuoju laiku, o 50% perduoda pasaugojimui į tinklą, galima apskaičiuoti preliminarią sumą, kurią vartotojas turėtų sumokėti tinklo operatoriui taikant gaminančių vartotojų kainodaros taisyklę (38-62), kuri aprašyta 4 skyriuje, ir kokį papildomą elektros energijos kiekį turėtų įsigyti siekiant patenkinti elektros poreikį:

Lentelė Nr. 10 5kW vartotojo elektros energijos metinė ataskaita

Mėnuo	Suvartotos energijos kiekis diena/naktį, kWh	Bendrai suvartotas energijos kiekis, kWh	5 kW elektrinės pagaminta elektros energija, kWh	Skirtumas tarp bendrai suvartotos ir pagamintos elektros energijos, kWh	Perkamas kWh kiekis, kWh	Tinklui sumokama suma už kWh, Eur
Sausis	166/174	340	101	-239	-258.19	28.40
Vasaris	162/154	316	184	-132	-166.96	18.37
Kovas	130/288	418	358	-60	-128.02	14.08

Balandis	164/130	294	491	197	103.71	-11.41
Gegužė	187/83	270	660	390	264.60	-29.11
Birželis	253/245	498	654	156	31.74	-3.49
Liepa	175/178	353	644	291	168.64	-18.55
Rugpjūtis	225/216	441	593	152	39.33	-4.33
Rugsėjis	236/258	494	401	-93	-169.19	18.61
Spalis	241/227	468	238	-230	-275.22	30.27
Lapkritis	190/193	383	110	-273	-293.90	32.33
Gruodis	134/110	244	51	-193	-202.69	22.30
Suma	2263/2256	4519	4485	-34	-886.15	97.47

Iš pateiktų duomenų 15 pav. galima daryti išvadą, kad vartotojas žiemos ir rudens laikotarpiais negeneruoja reikiamo kiekio elektros energijos, tačiau vasaros laikotarpiu reikiamas kiekis yra ženkliai viršijamas. Atvejus, kai iškyla tokia situacija aprašyta 4 šio darbo skyriuje „Kainų taikymas gaminantiems vartotojams“. Vartotojas pagaminęs elektros energiją ir jos nesuvartojęs esamu laiku ją perduoda tinklo operatoriui, kuris reikiamu metu ją vartotojui gražina, tačiau už suteiktą paslaugą yra taikomas 38% energijos mokestis. Iš pateikto pavyzdžio, matoma, kad vartotojo generacijos ir poreikio skirtumas yra -34 kWh elektros energijos, tačiau taikant anksčiau minėtą kainodaros modelį (38-62) ir priimant 50% suvartojimo sąlygą, vartotojui papildomai iš elektros tinklo operatoriaus reikia įsigyti 886 kWh elektros energijos. Galima teigti, kad remiantis 2019 m. Valstybės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nustatyti kainomis [14] vartotojas už papildomai pareikalautą elektros energiją per metus turėtų sumokėti apie 97,47 Eurus.

Išnagrinėję 5 kW saulės elektrinę, tokiu pat būdu yra apskaičiuojama ir 7 kW saulės elektrinė ir atliekami metodiniai skaičiavimai:

**Lentelė Nr. 11 Tiriamojo objekto Nr.2 duomenys**

Tiriami vieta:	Dercekiai, Klaipėdos gatvė 25
Oro prognozės duomenys:	Kaunas, Lietuva
Plokštuma (laipsniai N):	54.88
Ilguma (laipsniai E):	23.88
Aukštis lyginant su jūros lygiu (m):	15
Elektrinės galia (kW):	7
Modulio tipas:	Standartinis
Tvirtinimo tipas:	Fiksuotas (stoginis montavimas)
Masyvo kampas (laipsniais):	30
Azimuto masyvas (laipsniais):	180
Praradimai sistemoje (%):	13.8
Keitiklio efektyvumas:	96
DC į AC keitimo koeficientas:	1.15
Vidutinė elektros kaina skirstomajame tinkle (€/kWh):	0.13
Naudingumo koeficientas (%)	10.3

Nuostoliai sistemoje pateikiami lentelėje ir priede Nr. 4:

**Lentelė Nr. 12 7 kW jėgainės praradimai sistemoje**

Kategorija	Reikšmė (%)
Užterštumas	2
Šešėliai	3
Sniegas	0
Nesutapimai	2
Sujungimas	2.1
Šviesos absorbcijos sumažėjimas	0.5
Gamintojo paklaida	1
Saulės modulių amžius	0
Veikimo trukdžiai	3

Žinodami visus praradimus sistemoje, galima rasti bendrą sistemos praradimų procentą:

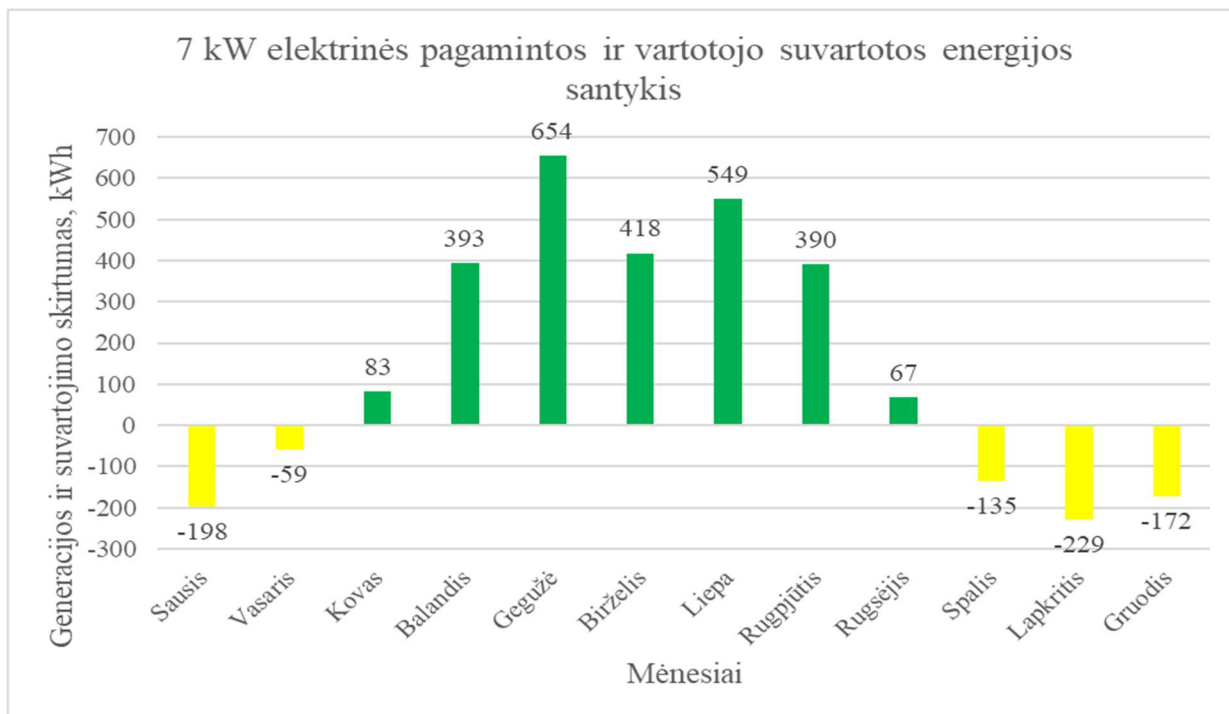
$$100\% \times [1 - (1 - 0.02) \times (1 - 0.03) \times (1 - 0.02) \times (1 - 0.021) \times (1 - 0.005) \times (1 - 0.01) \times (1 - 0.03)] \sim 13.8\%$$

Norėdami apskaičiuoti vartotojo elektros energijos suvartojimo ir 7 kW saulės elektrinės generacijos santykį naudosime vartotojo 2018 metų elektros energijos suvartojimą. Vartotojo energijos suvartojimą ir saulės elektrinės generaciją pateikiama lentelėje Nr.13 :

**Lentelė Nr. 13 Vartotojo energijos suvartojimas ir 7 kW saulės elektrinės generacija**

Mėnuo	Suvaltos energijos kiekis dieną, kWh	Suvaltos energijos kiekis naktį, kWh	Bendrai suvaltos energijos kiekis, kWh	7 kW elektrinės pagaminta elektros energija, kWh
Sausis	166	174	340	142
Vasaris	162	154	316	257
Kovas	130	288	418	501
Balandis	164	130	294	687
Gegužė	187	83	270	924
Birželis	253	245	498	916
Liepa	175	178	353	902
Rugpjūtis	225	216	441	831
Rugsėjis	236	258	494	561
Spalis	241	227	468	333
Lapkritis	190	193	383	154
Gruodis	134	110	244	72

Remdamiesi priedu Nr.5 atliekami skaičiavimai, kurie parodo, kokį elektros energijos poreikį per metus vartotojas galėtų pasigaminti savo reikmėms įsirengęs 7 kW saulės elektrinę ir kokį likusį kiekį vartotojas galėtų parduoti elektros rinkoje, jeigu būtų patvirtinti šiuo metu svarstomi įstatymai, leidžiantys gaminantiems vartotojams prekiauti arba kitaip gauti finansinę naudą iš pagamintos ir nepanaudotos elektros energijos:



16 pav. 7 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos skirtumas

Priimdami sąlyga, kad vartotojas 50% pagamintos energijos sunaudoja esamuoju laiku, o 50% perduoda pasaugojimui į tinklą, galima paskaičiuoti preliminarią sumą, kurią vartotojas turėtų sumokėti tinklo operatoriui taikant gaminančių vartotojų kainodaros taisyklę (38-62), kuri aprašyta 4 skyriuje ir kokį papildomą elektros kiekį turėtų įsigyti siekiant patenkinti elektros poreikį:

Lentelė Nr. 14 7 kW vartotojo elektros energijos metinė ataskaita

Mėnuo	Suvartotos energijos kiekis dieną/naktį, kWh	Bendrai suvartotas energijos kiekis, kWh	7 kW elektrinės pagaminta elektros energija, kWh	Skirtumas tarp bendrai suvartotos ir pagamintos elektros energijos, kWh	Perkamas kWh kiekis, kWh	Tinklui sumokama suma už kWh, Eur
Sausis	166/174	340	142	-198	-224.98	24.75
Vasaris	162/154	316	257	-59	-107.83	11.86
Kovas	130/288	418	501	83	-12.19	1.34
Balandis	164/130	294	687	393	262.47	-28.87
Gegužė	187/83	270	924	654	478.44	-52.63
Birželis	253/245	498	916	418	243.96	-26.84
Liepa	175/178	353	902	549	377.62	-41.54
Rugpjūtis	225/216	441	831	390	232.11	-25.53
Rugsėjis	236/258	494	561	67	-39.59	4.35

Spalis	241/227	468	333	-135	-198.27	21.81
Lapkritis	190/193	383	154	-229	-258.26	28.41
Gruodis	134/110	244	72	-172	-185.68	20.42
Suma	2263/2256	4519	6280	6280	1761	-62.46

Iš pateiktų duomenų 16 pav. akivaizdu, kad vartotojas žiemos ir rudens laikotarpiais negeneruoja reikiamo kiekio elektros energijos, tačiau kitais metų laikotarpiais reikiamą elektros kiekį viršija. Pagamintą ir nesuvargotą elektros energiją vartotojas galės padengti mėnesiais, kuriais generuos didesnę energijos kiekį nei suvargota savo reikmėms. Vartotojas pagaminęs elektros energiją ir jos nesuvargotą esamu laiku ją perduoda tinklo operatoriui, kuris reikiamu metu ją vartotojui grąžina, tačiau už suteiktą paslaugą yra taikomas 38% energijos mokestis. Iš pateikto pavyzdžio, galima apskaičiuoti, kad vartotojo generacija vartotojo poreikį viršija 1761 kWh elektros energijos, tačiau taikant 4 skyriuje minėtą kainodaros modelį (38-62) vartotojui po visų skaičiavimų nepanaudotas energijos kiekis atiduotas į tinklą sudaro 568 kWh elektros energijos. Galima teigti, kad remiantis šiuo metu Valstybės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nurodytomis kainomis [14] vartotojas už nepanaudotos elektros energiją galėtų uždirbti apie 23 eurus per metus, tačiau taip pat sutaupyti ir 62.5 eurus nepirkdamas elektros energijos iš tinklo operatoriaus.

Išnagrinėję 5 kW ir 7 kW saulės elektrines, tokiu pat būdu apskaičiuojama ir 10 kW saulės elektrinė ir atliekami metodiniai skaičiavimai:

**Lentelė Nr. 15 Tiriamojo objekto Nr.3 duomenys**

Tiriamoji vieta:	Dercekliai, Klaipėdos gatvė 25
Oro prognozės duomenys:	Kaunas, Lietuva
Plokštuma (laipsniai N):	54.88
Ilguma (laipsniai E):	23.88
Aukštis lyginant su jūros lygiu (m):	15
Elektrinės galia (kW):	10
Modulio tipas:	Standartinis
Tvirtinimo tipas:	Fiksuotas (stoginis montavimas)
Masyvo kampas (laipsniais):	30
Azimuto masyvas (laipsniais):	180
Praradimai sistemoje (%):	13.2
Keitiklio efektyvumas:	96
DC į AC keitimo koeficientas:	1.15
Vidutinė elektros kaina skirstomajame tinkle (€/kWh):	0.13
Naudingumo koeficientas (%)	10.3

Nuostoliai sistemoje pateikiami lentelėje ir priede Nr.6:

**Lentelė Nr. 16 10 kW jėgainės praradimai sistemoje**

Kategorija	Reikšmė (%)
Užterštumas	2.08



Šešėliai	3
Sniegas	0
Nesutapimai	2
Sujungimas	2
Šviesos absorbcijos sumažėjimas	1.5
Gamintojo paklaida	1
Saulės modulių amžius	0
Veikimo trukdžiai	3

Žinodami visus praradimus sistemoje, randamas bendras sistemos praradimų procentas:

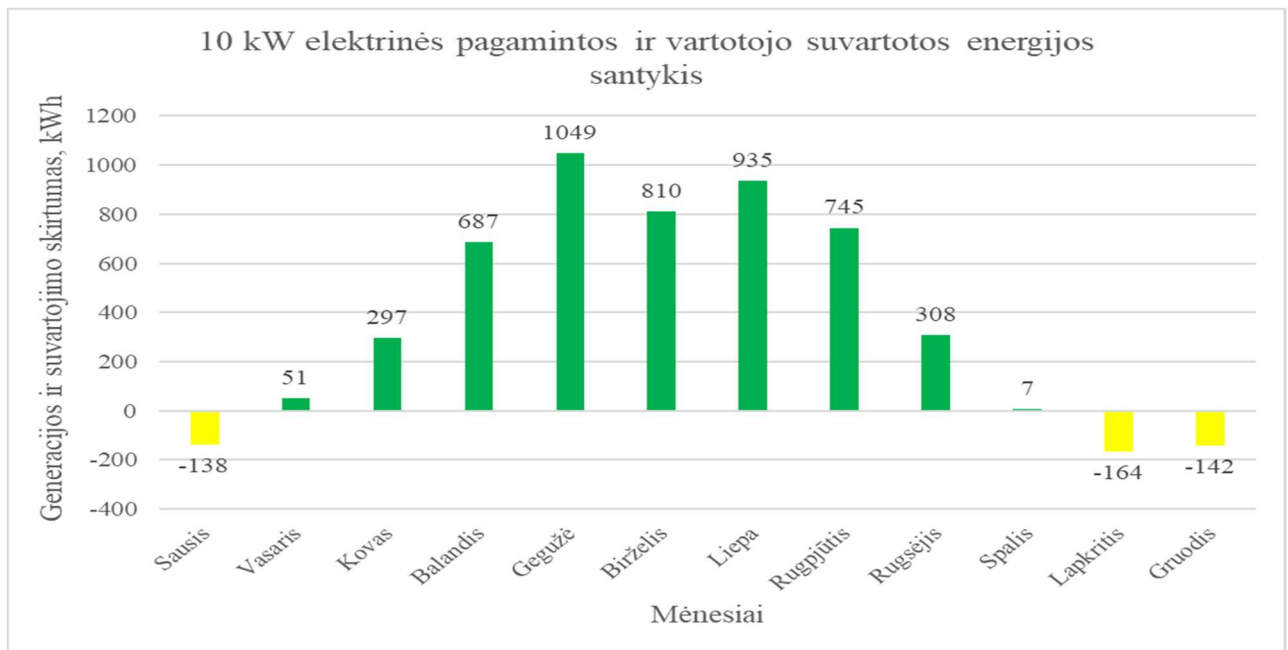
$$100\% \times [1 - (1 - 0.02) \times (1 - 0.03) \times (1 - 0.02) \times (1 - 0.015) \times (1 - 0.005) \times (1 - 0.01) \times (1 - 0.03)] \sim 13.2\%$$

Norint apskaičiuoti vartotojo elektros energijos suvartojimo ir 10 kW saulės elektrinės generacijos santykį yra naudojamas vartotojo 2018 metų elektros energijos suvartojimas. Vartotojo energijos suvartojimą ir saulės elektrinės generaciją pateikiama lentelėje Nr.17:

**Lentelė Nr. 17 Vartotojo energijos suvartojimas ir 10 kW saulės elektrinės generacija**

Mėnuo	Suvaltos energijos kiekis dieną, kWh	Bendrai suvaltos energijos kiekis, kWh	10 kW elektrinės pagaminta elektros energija, kWh	Skirtumas tarp bendrai suvaltos ir pagamintos elektros energijos, kWh	Perkamas kWh kiekis, kWh	Tinklui sumokama suma už kWh, Eur
Sausis	166/174	340	202	-138	-176.38	19.40
Vasaris	162/154	316	367	51	-18.73	2.06
Kovas	130/288	418	715	297	161.15	-17.73
Balandis	164/130	294	981	687	500.61	-55.07
Gegužė	187/83	270	1319	1049	798.39	-87.82
Birželis	253/245	498	1308	810	561.48	-61.76
Liepa	175/178	353	1288	935	690.28	-75.93
Rugpjūtis	225/216	441	1186	745	519.66	-57.16
Rugsėjis	236/258	494	802	308	155.62	-17.12
Spalis	241/227	468	475	7	-83.25	9.16
Lapkritis	190/193	383	219	-164	-205.61	22.62
Gruodis	134/110	244	102	-142	-161.38	17.75
Suma	2263/2256	4519	8964	4445	2742	-301.6

Remiantis priedu Nr.7 atliekami skaičiavimai, kurie parodo, kokį elektros energijos poreikį per metus vartotojas galėtų pasigaminti savo reikmėms įsirengęs 10 kW saulės elektrinę ir kokį likusį kiekį vartotojas galėtų parduoti elektros rinkoje. Žinoma, tam reikėtų, kad būtų patvirtinti šiuo metu svarstomi įstatymai, leidžiantys gaminantiems vartotojams prekiauti arba kitaip gauti finansinę naudą iš pagamintos ir nepanaudotos elektros energijos:



**17 pav.** 10 kW elektrinės pagamintos ir vartotojo suvartotos energijos santykis

Iš pateiktų duomenų 17 pav. galima daryti išvadą, kad vartotojas žiemos laikotarpiu negeneruoja reikiamo kiekio elektros energijos, tačiau visais kitais metų laikotarpiais reikiamą elektros kiekį viršija ženkliai ir perteklinę elektros energiją galėtų parduoti elektros rinkoje. Taip pat, pagamintą ir nesuvalytą elektros energiją vartotojas galės padengti mėnesiais, kuriais generuos didesnę energijos kiekį nei suvalyto savo reikmėms. Vartotojas pagaminęs elektros energiją ir jos nesuvalyto esamu laiku ją perduoda tinklo operatoriui, kuris reikiamu metu ją vartotojui grąžina, tačiau už suteiktą paslaugą yra taikomas 38% energijos mokestis. Iš pateikto pavyzdžio, galima apskaičiuoti, kad vartotojo generacija vartotojo poreikį viršija 4445 kWh elektros energijos, tačiau taikant 4 skyriuje minėtą kainodaros modelį (38-62) vartotojui po visų skaičiavimų nepanaudotas energijos kiekis atiduotas į tinklą sudaro 2742 kWh elektros energijos. Remiantis 2019 m. Valstybės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nustatytomis kainomis [14] vartotojas turėdamas galimybę prekiauti elektros biržoje už nepanaudotos elektros energiją galėtų uždirbti apie 110 Eurų per metus, o už tai, kad elektros energijos neperka iš tinklo operatoriaus papildomai sutaupyti 302 Eurų per metus.

### 10.1. Gaminančio vartotojo saulės elektrinių ekonominis vertinimas

Atlikdami saulės elektrinių ekonominę analizę yra apžvelgiami 5 kW, 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrinių skirtumai vertinant ekonominės ir finansinės analizės metodais: dabartinė grynoji vertė (PV), pajamų išlaidų santykį (B/C), vidinę pelno normą (IRR) ir projekto balansą (PB).

Remiantis moksliniais tyrimais, kurie nurodo, kad per pastaruosius kelis dešimtmečius saulės modulių gamintojai kruopščiai dirbo siekdami pagerinti savo produktų ilgalaikį patikimumą, todėl eksploatacinės savybės padidėjo iki 25 metų (Wei Luo; Yong Sheng Khoo; 2018) [22], todėl ekonominiai ir finansiniai metodai yra atliekami 25 metų laikotarpiui. Taip pat, ekonominio vertinimo dalyje privaloma vertinti keitiklio tarnavimo laikotarpį, papildomas investicijas ir šiuo metu teikiamas paramas gaminantiems vartotojams. Įsirengus saulės elektrinę iki 10 kW vartotojams yra numatomas fiksuotas paramos įkainis – 323 eurų už 1 kW galios [20]. Atlikdami

skaičiavimus, šis įkainis yra naudojamas kaip kompensacija įsigijant saulės elektrines, todėl jis bus atimamas nuo pradinės elektrinių įsigyjimo sumos:

**Lentelė Nr. 18 Elektrinių skaičiavimuose naudojamos sumos**

Elektrinės galia	Pradinė suma, Eur	Kompensacija, Eur	Galutinė suma, Eur
5 kW elektrinė	5644.00	1615.00	4029.00
7 kW elektrinė	7728.00	2261.00	5467.00
10 kW elektrinė	10057.34	3230.00	6827.34

### Diskonto normos skaičiavimas

Skaičiuojant ekonominius ir finansinius parametrus reikia nuspręsti, koks diskonto normos dydis bus naudojamas. Diskonto norma – tai procentinė išraiška kuria yra perskaičiuojami pinigai į dabartinę jų vertę. Remiantis ekonomikos pagrindais žinoma, kad pinigai esantys šiuo metu turi didesnę vertę nei toks pat pinigų kiekis ateityje, todėl būsimi pinigų srautai privalo būti diskontuojami. Siekdami, atlikti nuodugnų tyrimą yra taikomos labiausiai tikėtinos diskonto normos: 3%, 5% ir 7%. (Arthur E. Attema, Werner B. F. Brouwer, Karl Claxton, 2018)[23]

### Dabartinė grynoji projekto vertė

Vienas dažniausiai taikomų diskontuotų pinigų srautų metodų yra grynosios dabartinės vertės (NPV) metodas. Svarbiausios šio metodo teigiamybės – universalumas, tvirta metodologinė bazė ir platus pritaikymas. (Vladislav Tomaševič, 2010)[24]

Šis finansinis rodiklis parodo įgyvendinto projekto, šiuo atveju, įsirengtos atitinkamos galios saulės elektrinės projekto gautą viršpelnią per projekto laiką, dabartinės vertės metais. Grynosios dabartinės vertė (NPV) yra gaunama diskontuojant visus numatomus pinigų srautus, atimant išlaidų srauto dabartinę vertę iš pajamų srauto dabartinės vertės. Galima išskirti tokius investicinių projektų efektyvumo kriterijus pagal NPV reikšmes:

- 1) jei  $NPV > 0$  – investicinis projektas laikomas efektyviu;
- 2) jei  $NPV < 0$  – investicinis projektas laikomas nuostolingas ir nėra priimtinas;
- 3) jei  $NPV = 0$  – projektas negeneruos pelno, tačiau ir nebus nuostolingas (Vongai Maroyi, 2011) [25]

$$NPV = PVB - PVC$$

*PVC – išlaidų srauto dabartinė vertė*

*PVB – pajamų srauto dabartinė vertė*

Srauto dabartinė vertė skaičiuojama:

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

*CF<sub>t</sub>* - pinigų srautas laiko momentu;

*i* - diskonto norma;

*T* - projekto trukmė metais;

Atlikdami skaičiavimus įvertinami įrangos atnaujinimus ir komponentų pakeitimus 25 metų laikotarpyje. Skaičiavimai atliekami keičiant diskonto normas 3%, 5% ir 7%. 5 kW saulės elektrinės skaičiavimai pateikiami priedas Nr. 8, 7 kW saulės elektrinės skaičiavimai pateikiami priede Nr. 9, 10 kW saulės elektrinės skaičiavimai pateikiami priede Nr. 10.

Apibendrinti skaičiavimai pateikiami lentelėje Nr.19:

**Lentelė Nr. 19 Apibendrinti grynosios dabartinės vertės rezultatai**

Diskonto normos	5 kW PV, Eur	7 kW PV, Eur	10 kW PV, Eur
3%	2326	4247.01	7264.5
5%	1310	2669.93	6083.8
7%	-1052	1508.98	4193.4

Vertinant gaminančių vartotojų skirtingos galios saulės elektrinių dabartinės grynosios vertės metodiką, galima pastebėti, kad visi 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrinių projektai yra efektyvūs ir išlaikantys vertę, tuo tarpu 5 kW galios saulės elektrinių projektai su 7% diskonto norma yra nuostolingi.

### **Pajamų ir išlaidų santykis**

Pajamų ir išlaidų santykį galima vadinti investicijų rentabilumo indeksu. Investicinio rentabilumo indeksas naudojamas nustatyti dabartinės vertės pajamų ir dabartinės vertės išlaidų santykį.

$$B/C = \frac{PVB}{PVC}$$

*B/C – pajamų ir išlaidų santykis*

Atlikdami pajamų ir išlaidų santykio skaičiavimus yra naudojami duomenys, kurie apskaičiuoti dabartinės grynosios projekto vertės skyriuje, o gautą santykį vertiname šiais kriterijais:

1.  $B/C > 1$  – projektas priimtinas, PV yra teigiamas;
2.  $B/C < 1$ , projektas atmestinas, PV yra neigiamas;
3.  $B/C = 1$  ribinis variantas, projektas negeneruos pelno, tačiau ir nebus nuostolingas;

Projektų vertinimas pajamų ir išlaidų santykio metodu:

**Lentelė Nr. 20 5 kW pajamų ir išlaidų santykis**

Diskonto normos	PVB, Eur	PVC, Eur	5 kW B/C
3%	10,415.9	8,089.4	1.29
5%	8,607.1	7,297.0	1.18
7%	7,261.4	8,313.3	0.87

**Lentelė Nr. 21 7 kW pajamų ir išlaidų santykis**

Diskonto normos	PVB, Eur	PVC, Eur	7 kW B/C
3%	14,979.4	10,732.4	1.40

5%	12,374.7	9,704.8	1.28
7%	10,437.5	8,928.5	1.17

**Lentelė Nr. 22 10 kW pajamų ir išlaidų santykis**

Diskonto normos	PVB, Eur	PVC, Eur	10 kW B/C
3%	20,198	12933.4	1.56
5%	17,826	11741.7	1.52
7%	15,035	10841.5	1.39

Šis ekonominis vertinimo metodas patvirtino mūsų anksčiau atliktus grynosios dabartinės vertės skaičiavimus. 7 kW ir 10 kW galios saulės elektrinių projektai priimtini ir išlaikantys vertę, o 5 kW galios saulės elektrinių projektas ties 7% diskonto norma neatitinka sąlygos B/C>1, todėl yra nuostolingas.

### Vidinė pelno norma

Šis ekonominis rodiklis yra nustatomas prognozavimo metodu, kai kintamojo rodiklio reikšmė apytiksliai nustatoma remiantis žinomomis reikšmėmis, dar vadinamu interpoliacijos būdu. Taip pat, vidinė pelno norma nurodo investicijų rentabilumą ir leistiną investicijų kainų lygį. Vidinei pelno normai nustatyti yra naudojamos dvi diskonto normos: pirmoji diskonto norma, bus naudojama, kai  $NPV_1 > 0$ , antroji –  $NPV_2 < 0$ :

$$IRR = i_1 + [(i_2 - i_1) \left( \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right)]$$

$i_1$  - žemesnė diskonto norma;

$i_2$  - aukštesnė diskonto norma;

$NPV_1$  - grynoji dabartinė vertė prie žemesnės diskonto normos;

$NPV_2$  - grynoji dabartinė vertė prie aukštesnės diskonto normos;

Laikantis sąlygos  $NPV_1 > 0$  ir  $NPV_2 < 0$ , 5 kW sistemoje IRR apskaičiuojami naudojant 5% ir 7% diskonto normas:

$$IRR = 5 + \left[ (7 - 5) \left( \frac{1,310}{1310 - (-1052)} \right) \right] = 6.11\%$$

Laikantis sąlygos  $NPV_1 > 0$  ir  $NPV_2 < 0$ , 7 kW sistemoje IRR apskaičiuojami naudojant 5% ir 11% diskonto normas:

$$IRR = 5 + \left[ (11 - 5) \left( \frac{2,670}{2,670 - (-33)} \right) \right] = 10.93\%$$

Laikantis sąlygos  $NPV_1 > 0$  ir  $NPV_2 < 0$ , 10 kW sistemoje IRR apskaičiuojami naudojant 5% ir 20% diskonto normas:

$$IRR = 5 + \left[ (20 - 5) \left( \frac{6,084}{6,084 - (-596)} \right) \right] = 18.66\%$$

Apskaičiavus vidines pelno normas yra matomi maksimalūs leistini investicijų kainų lygiai. IRR rodiklis parodo investicijos metinį gražos lygį įvertinus kapitalo laiko kaštus, galima teigti, kad kuo IRR rodiklis didesnis, tuo projekto atsipirkimas yra greitesnis, o investicija patrauklesnė.

### Projekto balansas

Projekto balansas nurodo grynujų pinigų kiekį, kuris yra susietas kiekvienu laiko momentu, t.y. parodo projekto būsimąją vertę laiko momentu. Taip pat, projekto balansą galima naudoti nustatant projekto atsiperkamumą. Skaičiuodami 5 kW, 7 kW ir 10 kW saulės elektrinių projektų balansas, formulėse naudojoma 5 procentų diskonto norma:

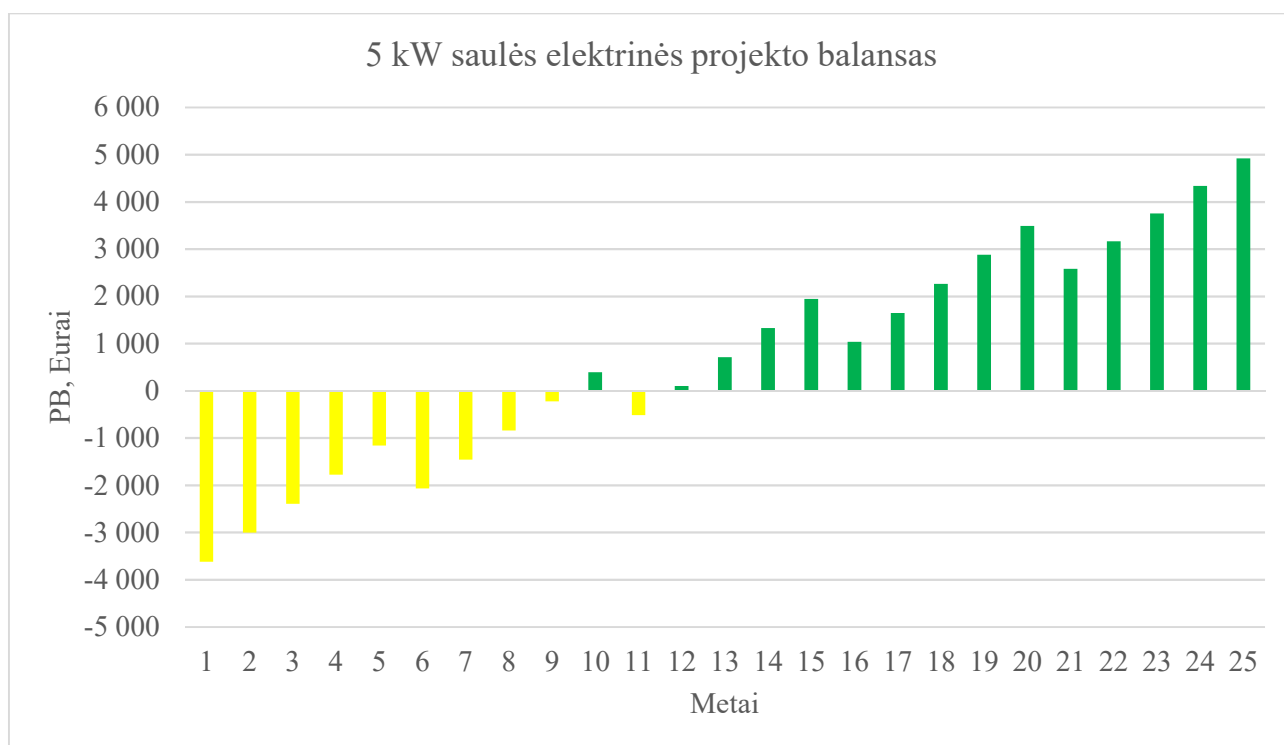
$$PB(k)_T = \sum_{t=0}^T CF_t (1 + i)^{T-t}$$

$i$  – diskonto norma (5%);

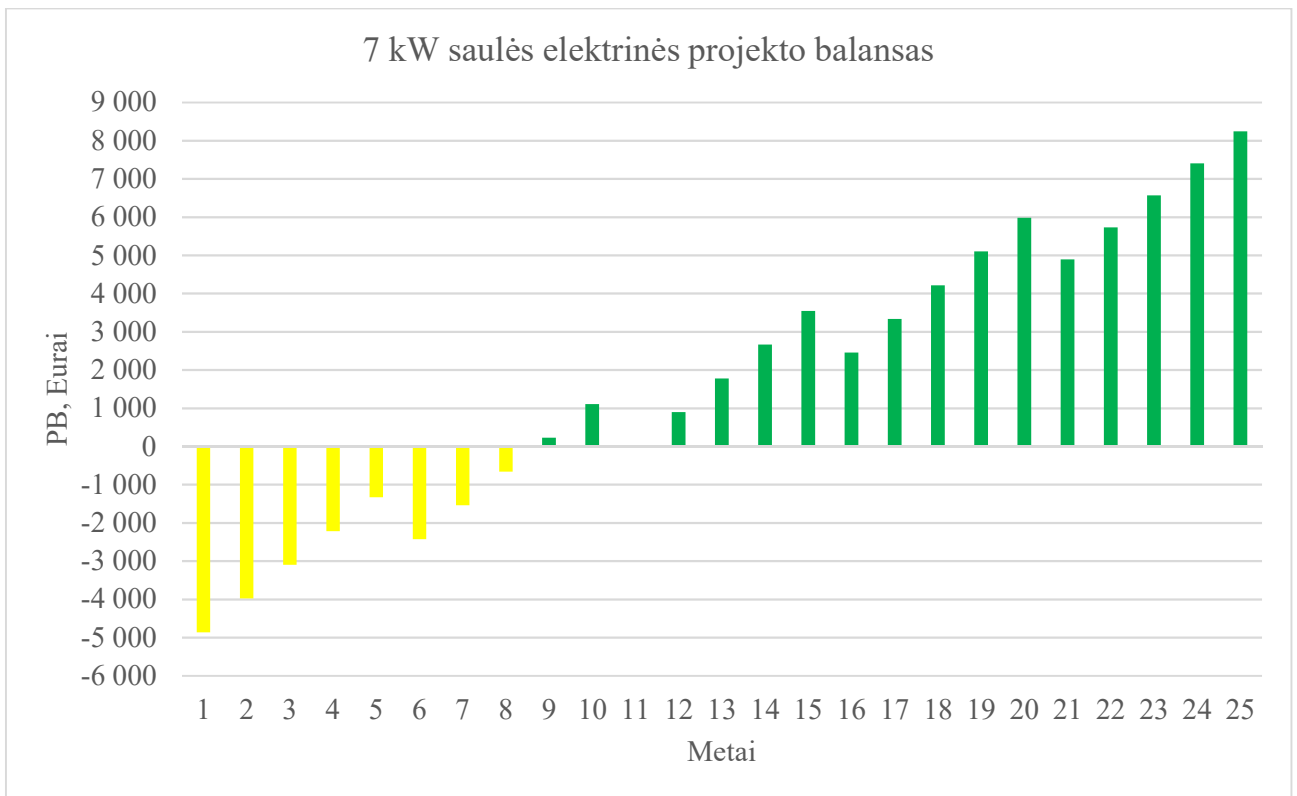
$CF_t$  – pinigų srautas laiko momentu  $t$ ;

$T$  – naudojimo trukmė;

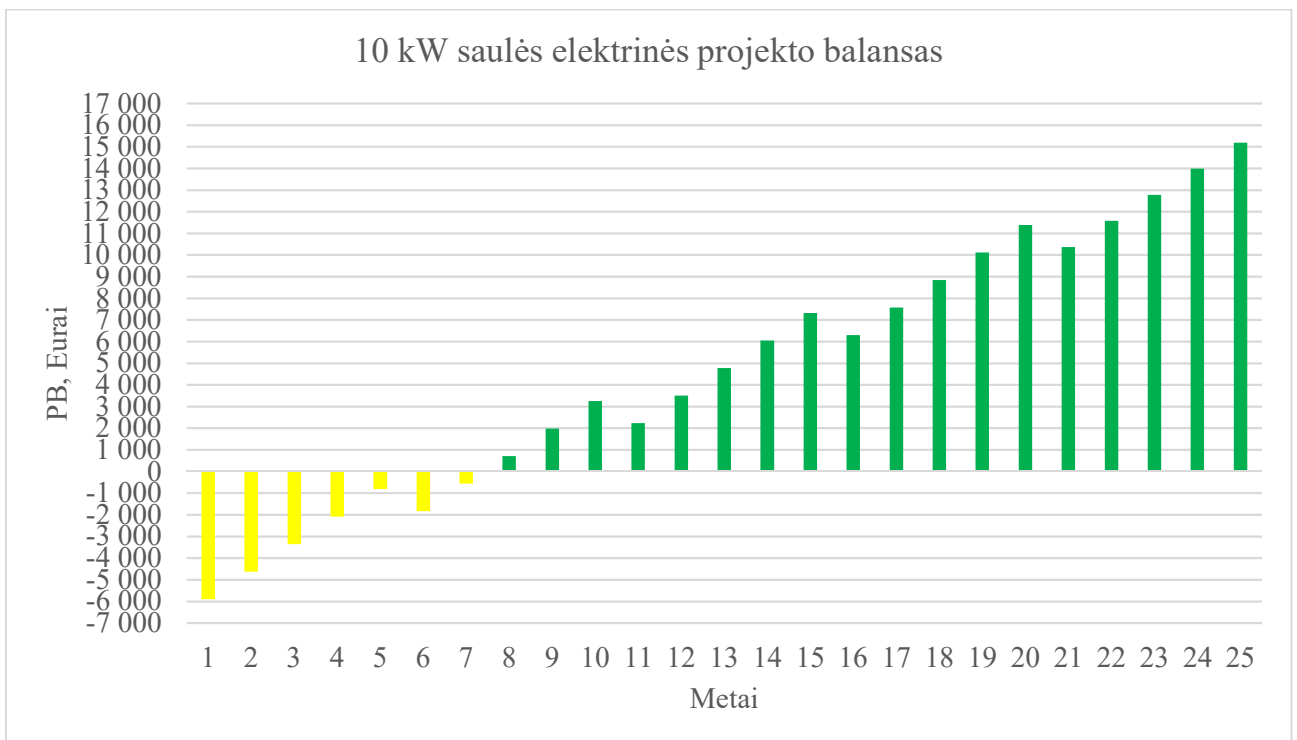
Skaičiavimų rezultatai pateikti priede Nr.11, priede Nr.12 ir priede Nr.13. Skaičiavimų rezultatai atvaizduojami diagramose:



18 pav. 5 kW saulės elektrinės projekto balansas



**19 pav.** 7 kW saulės elektrinės projekto balansas



**20 pav.** 10 kW saulės elektrinės projekto balansas

Skaičiavimai ir projekto balanso diagramos parodo, kuriais metais saulės elektrinės atsiperka ir pradeda generuoti papildomas pajamas, kurios padengia elektros energijos kaštus. 5 kW diagramoje galima išvelgti atvejį, kai projektas 10 egzistavimo metais pradeda atsipirkinėti, tačiau kitais metais jis vėl yra žemiau 0 padalos, ir tai nutinka, nes po planuojamo keitiklio pakeitimo 10 projekto

metais projektas pareikalauja papildomų investicijų. Tuo tarpu 7 kW ir 10 kW diagramose matomi kiekvienais metais augantys projekto balansai, kurie nurodo, kad 7 kW saulės elektrinės projektas atsiperka 8 projekto metais ir 10 kW saulės elektrinės projektas atsiperka 7 projekto metais.

### Palyginamoji ir jautrumo analizės

Jautrumo analizės taikymas yra naudojamas nustatyti skaičiavimo parametrų pokyčių priklausomybę galutiniams rezultatams. „Analizuojant tikrinama, ar atlikus nežymius pradinių duomenų, arba preferencijų, pakeitimus, galutinis sprendimo rezultatas pasikeis“ (Rūta Simanavičienė, Leonas Ustinovičius, 2011, p. 25)[26]. Analizuojant vartotojų modelius galima daryti prielaidą, kad jautrumo analizės tyrimo taikymas nėra tikslingas. Tačiau esant sąlygoms, kai pertekline elektros energija prekiaujama elektros biržoje, o vartotojas už pasinaudojimą elektros tinklais atsiskaito pateiktu elektros energijos kiekiu, o kalendorinių metų pabaigoje gauna papildomas pajamas už nesuvalytą elektros energiją, verta paminėti, kad gaunamam pajamų dydžiui didelę įtaką daro taikomas 4 skyriuje aprašytas (38% - 62%) kainodaros modelis. Lietuvos Respublikos Vyriausybė ir Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija diskutuoja dėl „Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo Nr. XI-1375 20<sup>1</sup>“ straipsnio pakeitimo, kuriuo siekiama, kad kainodaros modelis būtų patrauklesnis vartotojui ir sudarytų 20 procentų nuo kaupimo laikotarpiu gaminančio vartotojo į elektros tinklus patiektos elektros energijos kiekio lyginant su šiuo metu esančiais 38 procentais nuo patiektos elektros energijos į tinklą[28]. Remdamiesi šio įstatymo galimais pakeitimais galima atlikti palyginamąją analizę, kurioje nustatyti kaip pasikeis vartotojų perkamos elektros energijos kiekis ir kaip keisis tinklui sumokama suma už elektros energiją:

Atlikus pakeitimus 5 kW saulės elektrinės skaičiavimuose galima pastebėti atsiradusius skirtumus, kurie yra pateikti lentelėje Nr. 23:

**Lentelė Nr. 23 5 kW elektrinės 38% - 62% ir 20% - 80% kainodarų skirtumai**

Mėnuo	38% - 62% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	20% - 80% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	Skirtumas tarp perkamos elektros energijos, kWh	38% - 62% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	20% - 80% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	Sumokamos sumos skirtumas už kWh, Eur
Sausis	-258.19	-249.1	-9.09	28.4	27.4	1
Vasaris	-166.96	-150.5	-16.46	18.37	16.54	1.83
Kovas	-128.02	-95.8	-32.22	14.08	10.54	3.54
Balandis	103.71	147.9	-44.19	-11.41	-16.27	4.86
Gegužė	264.60	324	-59.4	-29.11	-35.64	6.53
Birželis	31.74	90.6	-58.86	-3.49	-9.97	6.48
Liepa	168.64	226	-57.36	-18.55	-24.93	6.38
Rugpjūtis	39.33	92.7	-53.37	-4.33	-10.2	5.87
Rugsėjis	-169.19	-133.1	-36.09	18.61	14.64	3.97
Spalis	-275.22	-253.8	-21.42	30.27	27.92	2.35
Lapkritis	-293.90	-284	-9.9	32.33	31.24	1.09
Gruodis	-202.69	-198.1	-4.59	22.30	21.79	0.51



Suma	-886.15	-483.2	-402.95	97.47	53.08	44.4
------	---------	--------	---------	-------	-------	------

Iš skaičiavimuose gautų duomenų galima teigti, kad 80 procentų grąžinimo kainodaros modelis vartotojui per metus leistų sutaupyti apie 44.4 eurus daugiau, nei esant 62 procentų grąžinimo kainodarai. Taip pat, esant 80 procentų grąžinimo kainodaros modeliui vartotojas iš tinklo pareikalautų 403 kWh mažiau elektros energijos, kadangi vartotojui būtų grąžinama didesnė dalis jo paties sugeneruotos elektros energijos.

Atlikus pakeitimus 7 kW saulės elektrinės skaičiavimuose galima pastebėti atsiradusius skirtumus, kurie pateikiami lentelėje Nr. 24:

**Lentelė Nr. 24 7 kW elektrinės 38% - 62% ir 20% - 80% kainodarų skirtumai**

Mėnuo	38% - 62% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	20% - 80% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	Skirtumas tarp perkamos elektros energijos, kWh	38% - 62% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	20% - 80% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	Sumokamos sumos skirtumas už kWh, Eur
Sausis	-224.98	-212.2	-12.78	24.75	23.34	1.41
Vasaris	-107.83	-84.7	-23.13	11.86	9.32	2.54
Kovas	-12.19	32.9	-45.09	1.34	-3.62	4.96
Balandis	262.47	324.3	-61.83	-28.87	-35.67	6.80
Gegužė	478.44	561.6	-83.16	-52.63	-61.78	9.15
Birželis	243.96	326.4	-82.44	-26.84	-35.90	9.07
Liepa	377.62	458.8	-81.18	-41.54	-50.47	8.93
Rugpjūtis	232.11	306.9	-74.79	-25.53	-33.76	8.23
Rugsėjis	-39.59	10.9	-50.49	4.36	-1.20	5.55
Spalis	-198.27	-168.3	-29.97	21.81	18.51	3.30
Lapkritis	-258.26	-244.4	-13.86	28.41	26.88	1.52
Gruodis	-185.68	-179.2	-6.48	20.42	19.71	0.71
Suma	567.8	1133	-565.2	-62.46	-124.63	62.17

Remiantis 7 kW saulės elektrinės apskaičiuotais duomenimis galima teigti, kad 80 procentų grąžinimo kainodaros modelis vartotojui per metus leistų sutaupyti apie 62.17 eurus daugiau, nei esant 62 procentų grąžinimo kainodarai. Taip pat, esant 80 procentų grąžinimo kainodaros modeliui vartotojas iš tinklo pareikalautų 565.2 kWh mažiau elektros energijos, kadangi vartotojui būtų grąžinama didesnė dalis jo paties sugeneruotos elektros energijos.

Atlikus pakeitimus 10 kW saulės elektrinės skaičiavimuose galima pastebėti atsiradusius skirtumus, kurie pateikiami lentelėje Nr. 25:

**Lentelė Nr. 25 10 kW elektrinės 38% - 62% ir 20% - 80% kainodarų skirtumai**

Mėnuo	38% - 62% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	20% - 80% sąlygos perkamas kWh kiekis, kWh	Skirtumas tarp perkamos elektros energijos, kWh	38% - 62% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	20% - 80% sąlygos tinklui sumokama suma už kWh, Eur	Sumokamos sumos skirtumas už kWh, Eur
Sausis	-176.38	-158.2	-18.18	19.40	17.40	2.00
Vasaris	-18.73	14.3	-33.03	2.06	-1.57	3.63
Kovas	161.15	225.5	-64.35	-17.73	-24.81	7.08
Balandis	500.61	588.9	-88.29	-55.07	-64.78	9.71
Gegužė	798.39	917.1	-118.71	-87.82	-100.88	13.06
Birželis	561.48	679.2	-117.72	-61.76	-74.71	12.95
Liepa	690.28	806.2	-115.92	-75.93	-88.68	12.75
Rugpjūtis	519.66	626.4	-106.74	-57.16	-68.90	11.74
Rugsėjis	155.62	227.8	-72.18	-17.12	-25.06	7.94
Spalis	-83.25	-40.5	-42.75	9.16	4.46	4.70
Lapkritis	-205.61	-185.9	-19.71	22.62	20.45	2.17
Gruodis	-161.38	-152.2	-9.18	17.75	16.74	1.01
Suma	2741.84	3548.6	-806.76	-301.6	-390.35	88.74

Remiantis 10 kW saulės elektrinės apskaičiuotų duomenų analize galima teigti, kad 80 procentų grąžinimo kainodaros modelis vartotojui per metus leistų sutaupyti apie 88.74 eurus daugiau, nei esant 62 procentų grąžinimo kainodarai. Taip pat, esant 80 procentų grąžinimo kainodaros modeliui vartotojas iš tinklo pareikalautų 806.76 kWh mažiau elektros energijos, kadangi vartotojui būtų grąžinama didesnė dalis jo paties sugeneruotos elektros energijos.

Apibendrinami gautus rezultatus galima teigti, kad metinėje elektros energijos išlaidų ataskaitoje, 80 procentų grąžinimo kainodaros modelis lyginant su 62 procentų grąžinimo kainodaros modeliu, vartotojams leistų sutaupyti dalį išlaidų už elektros energiją, kurios galėtų būti priskiriamos prie saulės elektrinių atsipirkimo laiko mažinimo ir didesnės gaunamos vertės vartotojui.

## Išvados

1. Lietuvos nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje yra iškelti aiškūs uždaviniai, kurie iki 2020 metų leistų pasiekti 2% gaminančių vartotojų kiekį Lietuvoje, 2030 metais, gaminančių vartotojų kiekis pasiektų 30% ribą, o 2050 m. – 50%. Vartotojai, tapdami gaminančiais vartotojais, prisidėtų prie Lietuvos galutinės elektros energijos kiekio pagaminimo vietinėje elektros energetikos sistemoje.
2. Nustatyti gaminančio vartotojo saulės elektrinių modelių generacijų kiekiai: 5 kW elektrinė užtikrina 3599 kWh, 7 kW – 5087 kWh, o 10 kW – 7261 kWh reikiamos elektros energijos veikiant 1850 darbo valandas per metus.
3. Nustatytos gaminančių vartotojų modelių sistemų kainos, gavus tikslinę valstybės paramą: 5 kW – 4029 Eur, 7 kW – 5467 Eur, 10 kW – 6827,34 Eur.
4. Diskonto normos ir pajamų ir išlaidų santykio ekonominiai skaičiavimai parodo, kad 25 metų laikotarpyje, 7 kW ir 10 kW elektrinių projektai yra pelningi, o esant 7% diskonto normai, 5 kW projektas yra nuostolingas.
5. Taikant vidinės pelno normos skaičiavimus gaunami rentabilumo rodikliai: 5 kW - 6.11%, 7 kW - 10.59%, o 10 kW - 18.66%.
6. Gaminančių vartotojų saulės elektrinių sistemų atsiperkamumas: 5 kW – 12 metų, 7 kW – 9 metai, 10 kW - 8 projekto vystymo metai.
7. Atlikus tyrimą nustatyta, kad 5 kW modelis reikalauja mažiausiai investicijų, tačiau atsiperkamumas yra ilgiausias bei užtikrina tik 80% vartotojo energijos poreikio, kai 7 kW – 113%, o 10 kW – 161%, kas leidžia perviršį parduoti elektros rinkoje. 10 kW modelis reikalauja didžiausių investicijų, tačiau atsiperkamumas laikotarpis yra 8 metai, rentabilumo rodiklis siekia 18.66%, bei geriausias pajamų ir išlaidų santykis 1.56 leidžia teigti, kad 10 kW modelis yra optimaliausias pasirinkimas gaminančiam vartotojui.

## Informacijos šaltinių sąrašas

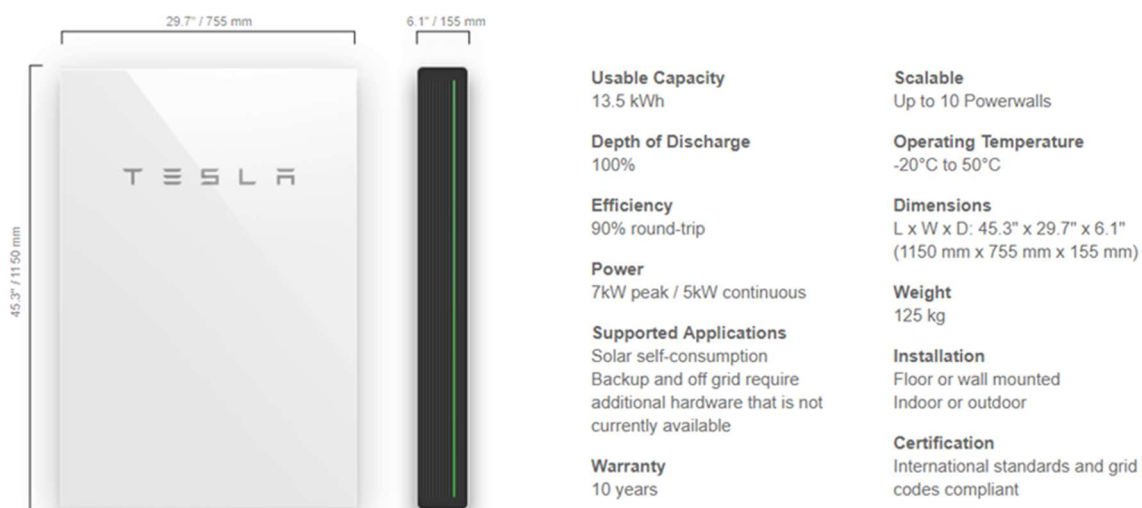
1. „Gaminantys vartotojai“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/elektros-energija-gaminantys-vartotojai>
2. „Gaminantys vartotojų įgyvendinimo planai ir siekiai“ [interaktyvus]. Prieiga per [https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/ENMIN\\_gaminantys\\_vartotojai\\_vizija.pdf](https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/ENMIN_gaminantys_vartotojai_vizija.pdf)
3. „Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FC7AB69BE291/EqZbgPGaMO>
4. „Dėl Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A644B5F0CCAE/HiHTzwESLR>
5. „Teisės aktai, energijos vartojimo efektyvumo rodikliai, atliktų taikomųjų mokslinių tyrimų ataskaitos, Energijos vartojimo“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/energijos-vartojimo-efektyvumas/teises-aktai-energijos-vartojimo-efektyvumas>
6. „Gaminančių vartotojų įkainiai už pasinaudojimą AB „Energijos skirstymo operatorius“ elektros tinklais“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2017-metai/2017-lapkritis/2017-11-30/nustatyta-kiek-elektros-energija-gaminantys-vartotojai-mokes-uz-pasinaudojima-eso-tinklais.aspx>
7. „Sąlygos norint tapti gaminančiu vartotoju“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.eso.lt/lt/namams/elektra/jei-elektra-gaminu-pats/kaip-prijungiamas-gaminantis-klientas.html>
8. „Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategija“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://enmin.lrv.lt/lt/teisine-informacija/teises-aktai/bendrieji-energetikos-strateginiai-dokumentai/nacionaline-energetines-nepriklausomybes-strategija-2018>
9. „Gaminančių vartotojų sąrašai“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/gamintoj%C5%B3-sarasas.aspx>
10. „Elektros energijos gaminančių vartotojų problematika ir pastebėjimai“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-geguze/2018-05-11/elektros-energija-gaminanciu-vartotoju-problematika-.aspx>
11. „Tesla Powerwall akumuliatorių techninės sąlygos“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.tesla.com/powerwall>
12. „Saulės elektrinių komponentai, sudedamosios dalys, techninės charakteristikos“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://greenup.lt/produktas/saules-elektrine/>
13. „Saulės modulių techninės charakteristikos, efektyvumo grafikai“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://solitek.eu/lt/product/standard-p60-silver-270w/>
14. „2019 metų AEI tarifai“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.regula.lt/SiteAssets/naujienu-medziaga/2018/2018-lapkritis/nutarimas+AEI+tarifai+2019+I+pusm.pdf>
15. „Saulės elektrinių rinkos kainų nustatymas“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.solar-nu-webshop.nl/webshop/bevestigingsmateriaal--clickfit/k2-systems/>
16. „Elektros laidų ir kabelių kainodara“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://www.kabelita.lt/elektros-laidai-ir-kabeliai/>
17. „Išmaniųjų skaitiklių projekto įgyvendinimas ir tikslai“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/p20/paaiskejo-kas-irengs-ismaniuosius-skaitiklius-3-tukst.-qq3.html>

18. „Elektros iš atsinaujinančių energijos išteklių rėmimas“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/informacija-apie-parama>
19. „Gaminančio vartotojo vizualizacija“ [interaktyvus]. Prieiga per <http://www.sinetech.co.za/solar-house-cross-section-grid-tie.html>
20. „Parama įsirengiant saulės elektrinę“ [interaktyvus]. Prieiga per <https://www.apva.lt/16-mln-euru-es-paramos-saules-elektrinems/>
21. Ashish Verma and Shivya Singhal. Solar PV Performance Parameter and Recommendation for Optimization of Performance. J. Energy Power Sources Vol. 2, No. 1, 2015, pp. 40-53 [interaktyvus]. Prieiga per <https://pdfs.semanticscholar.org/2f96/441201a8f5d9837a99273f6d92fbb392960e.pdf>
22. Wei Luo ,Yong Sheng Khoo, Peter Hacke ir kt. Analysis of the Long-Term Performance Degradation of Crystalline Silicon Photovoltaic Modules in Tropical Climates. IEEE Journal of Photovoltaics (Volume: 9,Issue: 1, Jan. 2019) [interaktyvus]. Prieiga per <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8520911/authors#authors>
23. Arthur E Attema, Werner B. F. Brouwer, Karl Claxton. Discounting in Economic Evaluations. PharmacoEconomics. DOI 10.1007/s40273-018-0672-z [interaktyvus]. Prieiga per [https://pure.york.ac.uk/portal/en/publications/discounting-in-economic-evaluations\(3184e4f9-305a-4a0b-972f-33f6c603378b\).html](https://pure.york.ac.uk/portal/en/publications/discounting-in-economic-evaluations(3184e4f9-305a-4a0b-972f-33f6c603378b).html)
24. Vladislav Tomaševič. Investicinių projektų efektyvumo vertinimas gryniosios dabartinės vertės metodu. Vilnius Gediminas Technical University. [interaktyvus] Prieiga per <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=266291>
25. Vongai Maroyi. Capital Budgeting Practices: A South African Perspective. [interaktyvus] Prieiga per <http://edepot.wur.nl/178383>
26. Rūta Simanavičienė, Leonas Ustinovičius. Jautrumo analizės metodai ir jų naudojimas Daugiakriteriniams sprendimams analizuoti. ISSN 2029-2252. [interaktyvus]. Prieiga per <https://journals.vgtu.lt/index.php/MLA/article/download/4986/4296>
27. Axel Gautier, Julien Jacqmin, Jean-Christophe Poudou. The Prosumers and the Grid. 2017. [interaktyvus]. Prieiga per <https://pdfs.semanticscholar.org/90db/e17dd39feaa9242acc02e2933daba9e916a.pdf>
28. Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo Nr. XI-1375 20(1) straipsnio pakeitimo įstatymo projekto lyginamasis variantas [interaktyvus]. Prieiga per <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAK/edc00670739b11e8a76a9c274644efa9?positionInSearchResults=3&sea>

## Priedai

### 1 priedas. „Tesla“ baterijos techninės specifikacijos

#### Technical Specs



### 2 priedas 5 kW gaminančio vartotojo parametrai

#### Location and Station Identification

Requested Location	Klaipėda
Weather Data Source	(INTL) KAUNAS, LITHUANIA 122 mi
Latitude	54.88° N
Longitude	23.88° E

#### PV System Specifications (Residential)

DC System Size	5 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
Array Tilt	30°
Array Azimuth	180°
System Losses	14.08%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

#### Economics

Average Retail Electricity Rate	0.13 €/kWh
---------------------------------	------------

#### Performance Metrics

Capacity Factor	10.3%
-----------------	-------

### 3 priedas 5 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis

## RESULTS

 Print Results

# 4,485 kWh/Year\*

Month	Solar Radiation ( kWh / m <sup>2</sup> / day )	AC Energy ( kWh )	Value ( \$ )
January	0.74	101	17
February	1.49	184	30
March	2.65	358	58
April	3.98	491	80
May	5.36	660	108
June	5.58	654	107
July	5.32	644	105
August	4.97	593	97
September	3.28	401	65
October	1.83	238	39
November	0.85	110	18
December	0.39	51	8
<b>Annual</b>	<b>3.04</b>	<b>4,485</b>	<b>\$ 732</b>

### 4 priedas 7 kW gaminančio vartotojo parametrai

#### Location and Station Identification

Requested Location	Klaipėda
Weather Data Source	(INTL) KAUNAS, LITHUANIA 122 mi
Latitude	54.88° N
Longitude	23.88° E

#### PV System Specifications (Residential)

DC System Size	7 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
Array Tilt	30°
Array Azimuth	180°
System Losses	14.08%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

#### Economics

Average Retail Electricity Rate	0.13 €/kWh
---------------------------------	------------

#### Performance Metrics

Capacity Factor	10.2%
-----------------	-------

## 5 priedas 7 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis

### RESULTS

 Print Results

**6,279** kWh/Year\*

Month	Solar Radiation ( kWh / m <sup>2</sup> / day )	AC Energy ( kWh )	Value ( \$ )
January	0.74	142	23
February	1.49	257	42
March	2.65	501	82
April	3.98	687	112
May	5.36	924	151
June	5.58	916	149
July	5.32	902	147
August	4.97	831	135
September	3.28	561	92
October	1.83	333	54
November	0.85	154	25
December	0.39	72	12
<b>Annual</b>	<b>3.04</b>	<b>6,280</b>	<b>\$ 1,024</b>

## 6 priedas 10 kW gaminančio vartotojo parametrai

### Location and Station Identification

Requested Location	Klaipėda
Weather Data Source	(INTL) KAUNAS, LITHUANIA 122 mi
Latitude	54.88° N
Longitude	23.88° E

### PV System Specifications (Residential)

DC System Size	10 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
Array Tilt	30°
Array Azimuth	180°
System Losses	13.20%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.15

### Economics

Average Retail Electricity Rate	0.13 €/kWh
---------------------------------	------------

### Performance Metrics

Capacity Factor	10.3%
-----------------	-------



## 7 priedas 10 kW modelio generacijos kiekis, sutaupomų pinigų kiekis

### RESULTS

 Print Results

# 9,057 kWh/Year\*

Month	Solar Radiation ( kWh / m <sup>2</sup> / day )	AC Energy ( kWh )	Value ( \$ )
January	0.74	204	33
February	1.49	371	60
March	2.65	722	118
April	3.98	991	162
May	5.36	1,333	217
June	5.58	1,322	215
July	5.32	1,301	212
August	4.97	1,198	195
September	3.28	810	132
October	1.83	480	78
November	0.85	222	36
December	0.39	103	17
<b>Annual</b>	<b>3.04</b>	<b>9,057</b>	<b>\$ 1,475</b>

## 8 priedas 5 kW modelio skaičiavimai

Norma 3 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	4,029	1	4,029	585.00	1	585
1	0	0.9709	0	585.00	0.9709	568
2	0	0.9426	0	585.00	0.9426	551
3	0	0.9151	0	585.00	0.9151	535
4	0	0.8885	0	585.00	0.8885	520
5	1,449	0.8626	1,250	585.00	0.8626	505
6	0	0.8375	0	585.00	0.8375	490
7	0	0.8131	0	585.00	0.8131	476
8	0	0.7894	0	585.00	0.7894	462
9	0	0.7664	0	585.00	0.7664	448
10	1,449	0.7441	1,078	585.00	0.7441	435
11	0	0.7224	0	585.00	0.7224	423
12	0	0.7014	0	585.00	0.7014	410
13	0	0.6810	0	585.00	0.6810	398
14	0	0.6611	0	585.00	0.6611	387
15	1,449	0.6419	930	585.00	0.6419	375
16	0	0.6232	0	585.00	0.6232	365
17	0	0.6050	0	585.00	0.6050	354
18	0	0.5874	0	585.00	0.5874	344
19	0	0.5703	0	585.00	0.5703	334
20	1,449	0.5537	802	555.75	0.5537	308
21	0	0.5375	0	555.75	0.5375	299
22	0	0.5219	0	555.75	0.5219	290
23	0	0.5067	0	555.75	0.5067	282
24	0	0.4919	0	555.75	0.4919	273
		<b>PVC</b>	<b>8,089</b>		<b>PVB</b>	<b>10,416</b>
					<b>PV</b>	<b>2,326.45 €</b>

Norma 5 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	4,029	1.0000	4,029	585.00	1.0000	585
1	0	0.9524	0	585.00	0.9524	557
2	0	0.9070	0	585.00	0.9070	531
3	0	0.8638	0	585.00	0.8638	505
4	0	0.8227	0	585.00	0.8227	481
5	1,449	0.7835	1,135	585.00	0.7835	458
6	0	0.7462	0	585.00	0.7462	437
7	0	0.7107	0	585.00	0.7107	416
8	0	0.6768	0	585.00	0.6768	396
9	0	0.6446	0	585.00	0.6446	377
10	1,449	0.6139	890	585.00	0.6139	359
11	0	0.5847	0	585.00	0.5847	342
12	0	0.5568	0	585.00	0.5568	326
13	0	0.5303	0	585.00	0.5303	310
14	0	0.5051	0	585.00	0.5051	295
15	1,449	0.4810	697	585.00	0.4810	281
16	0	0.4581	0	585.00	0.4581	268
17	0	0.4363	0	585.00	0.4363	255
18	0	0.4155	0	585.00	0.4155	243
19	0	0.3957	0	585.00	0.3957	232
20	1,449	0.3769	546	555.75	0.3769	209
21	0	0.3589	0	555.75	0.3589	199
22	0	0.3418	0	555.75	0.3418	190
23	0	0.3256	0	555.75	0.3256	181
24	0	0.3101	0	555.75	0.3101	172
		<b>PVC</b>	<b>7,297</b>		<b>PVB</b>	<b>8,607</b>
					<b>PV</b>	<b>1,310</b>

Norma 7 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	4,029	1.0000	5,644	585.00	1.0000	585
1	0	0.9346	0	585.00	0.9346	547
2	0	0.8734	0	585.00	0.8734	511
3	0	0.8163	0	585.00	0.8163	478
4	0	0.7629	0	585.00	0.7629	446
5	1,449	0.7130	1,033	585.00	0.7130	417
6	0	0.6663	0	585.00	0.6663	390
7	0	0.6227	0	585.00	0.6227	364
8	0	0.5820	0	585.00	0.5820	340
9	0	0.5439	0	585.00	0.5439	318
10	1,449	0.5083	737	585.00	0.5083	297
11	0	0.4751	0	585.00	0.4751	278
12	0	0.4440	0	585.00	0.4440	260
13	0	0.4150	0	585.00	0.4150	243
14	0	0.3878	0	585.00	0.3878	227
15	1,449	0.3624	525	585.00	0.3624	212
16	0	0.3387	0	585.00	0.3387	198
17	0	0.3166	0	585.00	0.3166	185
18	0	0.2959	0	585.00	0.2959	173
19	0	0.2765	0	585.00	0.2765	162
20	1,449	0.2584	374	555.75	0.2584	144
21	0	0.2415	0	555.75	0.2415	134
22	0	0.2257	0	555.75	0.2257	125
23	0	0.2109	0	555.75	0.2109	117
24	0	0.1971	0	555.75	0.1971	110
		<b>PVC</b>	<b>8,313</b>		<b>PVB</b>	<b>7,261</b>
					<b>PV</b>	<b>-1,052</b>

## 9 priedas 7 kW modelio skaičiavimai

Norma 3 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	5,467	1	5,467	840.00	1	840
1	0	0.9709	0	840.00	0.9709	816
2	0	0.9426	0	840.00	0.9426	792
3	0	0.9151	0	840.00	0.9151	769
4	0	0.8885	0	840.00	0.8885	746
5	1,879	0.8626	1,621	840.00	0.8626	725
6	0	0.8375	0	840.00	0.8375	703
7	0	0.8131	0	840.00	0.8131	683
8	0	0.7894	0	840.00	0.7894	663
9	0	0.7664	0	840.00	0.7664	644
10	1,879	0.7441	1,398	840.00	0.7441	625
11	0	0.7224	0	840.00	0.7224	607
12	0	0.7014	0	840.00	0.7014	589
13	0	0.6810	0	840.00	0.6810	572
14	0	0.6611	0	840.00	0.6611	555
15	1,879	0.6419	1,206	840.00	0.6419	539
16	0	0.6232	0	840.00	0.6232	523
17	0	0.6050	0	840.00	0.6050	508
18	0	0.5874	0	840.00	0.5874	493
19	0	0.5703	0	840.00	0.5703	479
20	1,879	0.5537	1,040	840.00	0.5537	465
21	0	0.5375	0	798.00	0.5375	429
22	0	0.5219	0	798.00	0.5219	416
23	0	0.5067	0	798.00	0.5067	404
24	0	0.4919	0	798.00	0.4919	393
		<b>PVC</b>	<b>10,732</b>		<b>PVB</b>	<b>14,979</b>
					<b>PV</b>	<b>4,247.01 €</b>

Norma 5 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	5,467	1.0000	5,467	840.00	1.0000	840
1	0	0.9524	0	840.00	0.9524	800
2	0	0.9070	0	840.00	0.9070	762
3	0	0.8638	0	840.00	0.8638	726
4	0	0.8227	0	840.00	0.8227	691
5	1,879	0.7835	1,472	840.00	0.7835	658
6	0	0.7462	0	840.00	0.7462	627
7	0	0.7107	0	840.00	0.7107	597
8	0	0.6768	0	840.00	0.6768	569
9	0	0.6446	0	840.00	0.6446	541
10	1,879	0.6139	1,154	840.00	0.6139	516
11	0	0.5847	0	840.00	0.5847	491
12	0	0.5568	0	840.00	0.5568	468
13	0	0.5303	0	840.00	0.5303	445
14	0	0.5051	0	840.00	0.5051	424
15	1,879	0.4810	904	840.00	0.4810	404
16	0	0.4581	0	840.00	0.4581	385
17	0	0.4363	0	840.00	0.4363	366
18	0	0.4155	0	840.00	0.4155	349
19	0	0.3957	0	840.00	0.3957	332
20	1,879	0.3769	708	840.00	0.3769	317
21	0	0.3589	0	798.00	0.3589	286
22	0	0.3418	0	798.00	0.3418	273
23	0	0.3256	0	798.00	0.3256	260
24	0	0.3101	0	798.00	0.3101	247
		<b>PVC</b>	<b>9,705</b>		<b>PVB</b>	<b>12,375</b>
					<b>PV</b>	<b>2,670</b>

Norma 7 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	5,467	1.0000	5,467	840.00	1.0000	840
1	0	0.9346	0	840.00	0.9346	785
2	0	0.8734	0	840.00	0.8734	734
3	0	0.8163	0	840.00	0.8163	686
4	0	0.7629	0	840.00	0.7629	641
5	1,879	0.7130	1,340	840.00	0.7130	599
6	0	0.6663	0	840.00	0.6663	560
7	0	0.6227	0	840.00	0.6227	523
8	0	0.5820	0	840.00	0.5820	489
9	0	0.5439	0	840.00	0.5439	457
10	1,879	0.5083	955	840.00	0.5083	427
11	0	0.4751	0	840.00	0.4751	399
12	0	0.4440	0	840.00	0.4440	373
13	0	0.4150	0	840.00	0.4150	349
14	0	0.3878	0	840.00	0.3878	326
15	1,879	0.3624	681	840.00	0.3624	304
16	0	0.3387	0	840.00	0.3387	285
17	0	0.3166	0	840.00	0.3166	266
18	0	0.2959	0	840.00	0.2959	249
19	0	0.2765	0	840.00	0.2765	232
20	1,879	0.2584	486	840.00	0.2584	217
21	0	0.2415	0	798.00	0.2415	193
22	0	0.2257	0	798.00	0.2257	180
23	0	0.2109	0	798.00	0.2109	168
24	0	0.1971	0	798.00	0.1971	157
		<b>PVC</b>	<b>8,928</b>		<b>PVB</b>	<b>10,437</b>
					<b>PV</b>	<b>1,509</b>

## 10 priedas 10 kW modelio skaičiavimai

Norma 3 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	6,827	1	6,827	1,210.00	1	1,210
1	0	0.9709	0	1,149.50	0.9709	1,116
2	0	0.9426	0	1,092.03	0.9426	1,029
3	0	0.9151	0	1,149.50	0.9151	1,052
4	0	0.8885	0	1,092.03	0.8885	970
5	2,179	0.8626	1,880	1,149.50	0.8626	992
6	0	0.8375	0	1,092.03	0.8375	915
7	0	0.8131	0	1,149.50	0.8131	935
8	0	0.7894	0	1,092.03	0.7894	862
9	0	0.7664	0	1,149.50	0.7664	881
10	2,179	0.7441	1,621	1,092.03	0.7441	813
11	0	0.7224	0	1,149.50	0.7224	830
12	0	0.7014	0	1,092.03	0.7014	766
13	0	0.6810	0	1,149.50	0.6810	783
14	0	0.6611	0	1,092.03	0.6611	722
15	2,179	0.6419	1,399	1,149.50	0.6419	738
16	0	0.6232	0	1,092.03	0.6232	681
17	0	0.6050	0	1,149.50	0.6050	695
18	0	0.5874	0	1,092.03	0.5874	641
19	0	0.5703	0	1,149.50	0.5703	656
20	2,179	0.5537	1,206	1,092.03	0.5537	605
21	0	0.5375	0	1,149.50	0.5375	618
22	0	0.5219	0	1,092.03	0.5219	570
23	0	0.5067	0	1,149.50	0.5067	582
24	0	0.4919	0	1,092.03	0.4919	537
		<b>PVC</b>	<b>12,933</b>		<b>PVB</b>	<b>20,198</b>
					<b>PV</b>	<b>7,264.49 €</b>

Norma 5 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	6,827	1.0000	6,827	1,210.00	1.0000	1,210
1	0	0.9524	0	1,210.00	0.9524	1,152
2	0	0.9070	0	1,210.00	0.9070	1,098
3	0	0.8638	0	1,210.00	0.8638	1,045
4	0	0.8227	0	1,210.00	0.8227	995
5	2,179	0.7835	1,707	1,210.00	0.7835	948
6	0	0.7462	0	1,210.00	0.7462	903
7	0	0.7107	0	1,210.00	0.7107	860
8	0	0.6768	0	1,210.00	0.6768	819
9	0	0.6446	0	1,210.00	0.6446	780
10	2,179	0.6139	1,338	1,210.00	0.6139	743
11	0	0.5847	0	1,210.00	0.5847	707
12	0	0.5568	0	1,210.00	0.5568	674
13	0	0.5303	0	1,210.00	0.5303	642
14	0	0.5051	0	1,210.00	0.5051	611
15	2,179	0.4810	1,048	1,210.00	0.4810	582
16	0	0.4581	0	1,210.00	0.4581	554
17	0	0.4363	0	1,210.00	0.4363	528
18	0	0.4155	0	1,210.00	0.4155	503
19	0	0.3957	0	1,210.00	0.3957	479
20	2,179	0.3769	821	1,210.00	0.3769	456
21	0	0.3589	0	1,149.50	0.3589	413
22	0	0.3418	0	1,149.50	0.3418	393
23	0	0.3256	0	1,149.50	0.3256	374
24	0	0.3101	0	1,149.50	0.3101	356
		<b>PVC</b>	<b>11,742</b>		<b>PVB</b>	<b>17,826</b>
					<b>PV</b>	<b>6,084</b>

Norma 7 %						
Metai	Investicijos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)	Bendrosios pajamos (EUR)	Diskonto koef.	Dabartinė vertė (EUR)
0	6,827	1.0000	6,827	1,210.00	1.0000	1,210
1	0	0.9346	0	1,210.00	0.9346	1,131
2	0	0.8734	0	1,210.00	0.8734	1,057
3	0	0.8163	0	1,210.00	0.8163	988
4	0	0.7629	0	1,210.00	0.7629	923
5	2,179	0.7130	1,554	1,210.00	0.7130	863
6	0	0.6663	0	1,210.00	0.6663	806
7	0	0.6227	0	1,210.00	0.6227	754
8	0	0.5820	0	1,210.00	0.5820	704
9	0	0.5439	0	1,210.00	0.5439	658
10	2,179	0.5083	1,108	1,210.00	0.5083	615
11	0	0.4751	0	1,210.00	0.4751	575
12	0	0.4440	0	1,210.00	0.4440	537
13	0	0.4150	0	1,210.00	0.4150	502
14	0	0.3878	0	1,210.00	0.3878	469
15	2,179	0.3624	790	1,210.00	0.3624	439
16	0	0.3387	0	1,210.00	0.3387	410
17	0	0.3166	0	1,210.00	0.3166	383
18	0	0.2959	0	1,210.00	0.2959	358
19	0	0.2765	0	1,210.00	0.2765	335
20	2,179	0.2584	563	1,210.00	0.2584	313
21	0	0.2415	0	1,149.50	0.2415	278
22	0	0.2257	0	1,149.50	0.2257	259
23	0	0.2109	0	1,149.50	0.2109	242
24	0	0.1971	0	1,149.50	0.1971	227
		<b>PVC</b>	<b>10,841</b>		<b>PVB</b>	<b>15,035</b>
					<b>PV</b>	<b>4,193</b>

### 11 priedas 5 kW projekto balanso skaičiavimas

PB, Eur	Metai	Diskonto norma	CFt
-3,616	1	1.00	-3444.00
-3,002	2	1.05	-2859.00
-2,388	3	1.16	-2274.00
-1,773	4	1.22	-1689.00
-1,159	5	1.28	-1104.00
-2,066	6	1.34	-1968.00
-1,452	7	1.41	-1383.00
-838	8	1.48	-798.00
-224	9	1.55	-213.00
391	10	1.63	372.00
-517	11	1.71	-492.00
98	12	1.80	93.00
712	13	1.89	678.00
1,326	14	1.98	1263.00
1,940	15	2.08	1848.00
1,033	16	2.18	984.00
1,647	17	2.29	1569.00
2,262	18	2.41	2154.00
2,876	19	2.53	2739.00
3,490	20	2.65	3324.00
2,583	21	2.79	2460.00
3,167	22	2.93	3015.75
3,750	23	3.07	3571.50
4,334	24	3.23	4127.25
4,917	25	3.39	4683.00

### 12 priedas 7 kW projekto balanso skaičiavimas

PB, Eur	Metai	Diskonto norma	CFt
-4,858	1	1.00	-4627.00
-3,976	2	1.05	-3787.00
-3,094	3	1.16	-2947.00
-2,212	4	1.22	-2107.00
-1,330	5	1.28	-1267.00
-2,421	6	1.34	-2306.00
-1,539	7	1.41	-1466.00
-657	8	1.48	-626.00
225	9	1.55	214.00
1,107	10	1.63	1054.00
16	11	1.71	15.00
898	12	1.80	855.00
1,780	13	1.89	1695.00
2,662	14	1.98	2535.00
3,544	15	2.08	3375.00
2,453	16	2.18	2336.00
3,335	17	2.29	3176.00
4,217	18	2.41	4016.00
5,099	19	2.53	4856.00
5,981	20	2.65	5696.00
4,890	21	2.79	4657.00
5,728	22	2.93	5455.00
6,566	23	3.07	6253.00
7,404	24	3.23	7051.00
8,241	25	3.39	7849.00

### 13 priedas 10 kW projekto balanso skaičiavimas

PB, Eur	Metai	Diskonto norma	CFt
-5,898	1	1.00	-5617.00
-4,627	2	1.05	-4407.00
-3,357	3	1.16	-3197.00
-2,086	4	1.22	-1987.00
-816	5	1.28	-777.00
-1,833	6	1.34	-1746.00
-563	7	1.41	-536.00
708	8	1.48	674.00
1,978	9	1.55	1884.00
3,249	10	1.63	3094.00
2,231	11	1.71	2125.00
3,502	12	1.80	3335.00
4,772	13	1.89	4545.00
6,043	14	1.98	5755.00
7,313	15	2.08	6965.00
6,296	16	2.18	5996.00
7,566	17	2.29	7206.00
8,837	18	2.41	8416.00
10,107	19	2.53	9626.00
11,378	20	2.65	10836.00
10,360	21	2.79	9867.00
11,567	22	2.93	11016.50
12,774	23	3.07	12166.00
13,981	24	3.23	13315.50
15,188	25	3.39	14465.00